

Materialflussanalyse und Optimierung in einem mittelständischen Industriebetrieb

Georg Mitterer

Diplomarbeit am Institut für Technische Logistik
der Technischen Universität Graz



Fakultät Maschinenbau

Institutsvorstand:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Jodin

Betreuer:

Univ.-Ass. Mag.rer.soc.oec. Daniel Tinello

Graz, April 2013

Deutsche Fassung:

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008

Genehmigung des Senates am 1.12.2008

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Englische Fassung:

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

.....

date

.....

(signature)

Danksagung

Die vorliegende Diplomarbeit wurde im Winter- und Sommersemester 2012/13 am Institut für Technische Logistik an der TU Graz, sowie bei der Firma ELAN Sportartikelerzeugungs- und Handelsgesellschaft m.b.H. verfasst.

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Jodin bedanken, der mir die Möglichkeit gegeben hat, eine praxisorientierte Diplomarbeit am Institut für Technische Logistik durchzuführen.

Auch Herrn Dipl.-Ing Josef Hrovath, ehemaliger Geschäftsführer der Firma ELAN, der durch sein großes Interesse an dieser Diplomarbeit stets für ein freundliches Arbeitsklima gesorgt hat, möchte ich danken.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, Herrn Univ.-Ass. Mag.rer.soc.oec. Daniel Tinello. Durch sein Engagement und seine zahlreichen aufmunternden Worte trug er wesentlich zum erfolgreichen Abschluss dieser Diplomarbeit bei. Auch für sein nettes und freundliches Auftreten sei ihm an dieser Stelle gedankt.

Ganz besonders und herzlich möchte ich mich bei meiner Freundin Katharina für ihre mentale Unterstützung und ihre Geduld bedanken. Auf sie konnte ich mich, nicht nur während der Diplomarbeitsphase, sondern auch während einiger Semester meines Studiums in jeder Hinsicht verlassen. Mit ihr an meiner Seite war das Erstellen dieser Diplomarbeit erheblich erleichtert. Vielen Dank dafür.

Auch bei meiner Schwester Anja möchte ich mich nochmals für das Korrekturlesen der Diplomarbeit, sowie für die finanzielle Unterstützung während der gesamten Studienzeit bedanken.

Vor allem möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken. Sie gaben mir den Anstoß dazu, ein technisches Studium zu absolvieren. In allen Lebensphasen haben sie mich stets unterstützt, gefördert und angetrieben, alle Höhen und Tiefen während der gesamten Studiendauer mit mir gemeinsam durchlebt und mir in schwierigen Zeiten stets den Rücken gestärkt. Ohne ihre Unterstützung wäre es wohl unmöglich gewesen, jetzt an dieser Stelle meines Lebens zu stehen. Aus diesem Grund möchte ich diese Diplomarbeit auch meinen Eltern widmen.

Graz, April 2013

Georg Mitterer

Kurzfassung

Bei dem Snowboardhersteller Elan Sportartikelerzeugungs- und Handelsgesellschaft m.b.H. kam es im Laufe der letzten Jahre, durch das Aufkommen neuer Innovationen und der damit verbundenen Anschaffung von Fertigungsmaschinen, zu einer räumlichen Enge und somit zu einer negativen Beeinflussung des Materialflusses.

Das Ziel dieser Diplomarbeit bestand in der Durchführung einer Materialflussanalyse und -optimierung des Unternehmens. Hierzu wurde, aufbauend auf den Erkenntnissen der theoretischen Grundlagen, der aktuelle Materialfluss mittels einer IST-Datenaufnahme analysiert und anschließend mit geeigneter Darstellungsmethoden visualisiert. Anhand dieser IST-Zustandsanalyse wurde in weiterer Folge ein Ideallayout entworfen. Hierbei zeigte sich, dass durch eine ideale Anordnung der einzelnen Abteilungen und Betriebsmittel zueinander eine Reduktion des Transportaufwandes von 31,13% erzielt werden kann. Dies hätte Einsparungen von rund 22.000 Euro pro Jahr zur Folge. Ergänzend wurde im Rahmen der IST-Datenerhebung auch eine Schwachstellenanalyse durchgeführt und dabei 15 relevante Problemstellen im Transportgeschehen erkannt.

Derzeit kommen zur Produktion von Snowboards zwei unterschiedliche Herstellungsverfahren zum Einsatz. Eine Energieprüfung der KELAG (Kärntner-Elektrizitäts AG) erbrachte das Ergebnis, dass eines der beiden Verfahren sehr hohe Energiekosten verursacht. Durch diese Energieprüfung ergab sich eine weitere Aufgabe: Die Untersuchung des Materialflusses bei einer Produktionsumstellung auf nur mehr ein einziges Herstellungsverfahren. Hierzu wurden verschiedene Konzepte erarbeitet und anschließend die Auswirkungen auf das innerbetriebliche Transportgeschehen untersucht.

Den Abschluss dieser Arbeit bildete die Erhebung der prozentuellen und monetären Einsparungspotentiale der erarbeiteten Konzepte. Hierbei zeigte sich, dass jede erarbeitete Variante, wenn zum Teil auch nur im geringen Ausmaß, zu einer Verbesserung des Materialflusses führen würde.

Abstract

In the course of the recent years, the emergence of new innovations and the related purchase of manufacturing machinery, not only led to a narrow space in the snowboard production company Elan Sportartikelerzeugungs- und Handelsgesellschaft m.b.H., but also the material flow was negatively effected.

The target of this study was to conduct a material flow analysis and -optimization in the company. For this purpose, built on theoretical foundations and based on a data recording, the current material flow was analysed and subsequently an ideal layout was designed. It was found that by an ideal arrangement of the individual departments and their resources, a reduction of the transport costs of 31,13% can be achieved. This ideal arrangement would save around 22.000 euro per year. Additional to the actual state analysis, a deficiency analysis was performed and 15 appreciable problem areas were perceived.

Currently, two different manufacturing processes are used for the production of snowboards. An energy examination of KELAG (Carinthian Electricity AG) yielded the result that one of the two methods gives very high energy costs. This resulted in the need for a further analysis of the material flow in relation to a change in production to only a single manufacturing process. For this, various concepts were developed. Then, the impact on the internal transport events were examined.

The conclusion of this work was the collection of the potential expressed in percentage and monetary savings of the developed concepts. The results of this analysis showed that each variant developed, would lead, if in part only to a small extent, to an improvement of the material flow.

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung</i>	1
1.1	Die Firma Elan	2
1.1.1	Historische Entwicklung	2
1.1.2	Zahlen und Fakten.....	4
1.2	Snowboardproduktion	4
1.2.1	Allgemeiner Aufbau.....	5
1.2.2	Herstellungsverfahren	5
1.2.2.1	Sandwichbauweise.....	5
1.2.2.2	PU-Schäumverfahren.....	6
1.2.3	Abteilungen.....	7
2	<i>Problemstellung</i>	8
3	<i>Entwicklung von Maßnahmen – Vorgehensweise</i>	11
3.1	Fabrikplanung	11
3.2	Materialflussplanung.....	13
3.2.1	Durchführung einer Materialflussanalyse.....	14
3.2.2	Vorbereitung (Problemstrukturierung)	15
3.2.2.1	Anlass und Zielsetzung	16
3.2.2.2	Organisation der Materialflussuntersuchung	17
3.2.2.3	Erarbeitung eines Strukturplans	17
3.3	Datenermittlung und –auswertung	17
3.3.1	Aufnahme des IST-Zustandes	17
3.3.1.1	Primärerhebung.....	19
3.3.1.2	Sekundärerhebung.....	20
3.3.2	Darstellung des IST-Zustandes	20
3.3.2.1	Isometrische Zeichnungen	21
3.3.2.2	Materialflussmatrizen	22
3.3.2.3	Flussdiagramme (Sankey-Diagramm)	24
3.4	Schwachstellenanalyse.....	25
3.5	Durchführung einer Materialflussplanung	26
3.5.1	Grobplanung/Groblayout	26
3.5.2	Idealplanung/Ideallayout.....	27
3.5.3	Realplanung/Reallayout	28

3.5.4	Detailplanung/Detaillayout	28
4	Methodik der Vorgehensweise	29
4.1	Problemstrukturierung	29
4.2	IST-Datenanalyse und Darstellung	30
4.2.1	Bauteile	30
4.2.1.1	Lauffläche	30
4.2.1.2	Gelege und Lamine	31
4.2.1.3	Kern	31
4.2.1.4	Stahlkanten.....	32
4.2.1.5	Seitenwangen	33
4.2.1.6	Inserts.....	33
4.2.1.7	Oberfläche.....	33
4.2.2	Abteilungen	33
4.2.2.1	Wareneingangslager.....	34
4.2.2.2	Siebdruckerei	34
4.2.2.3	Digitaldruckerei	35
4.2.2.4	Direkt-Digitaldruck.....	35
4.2.2.5	Sublimation.....	35
4.2.2.6	Furnierkaschiererei	36
4.2.2.7	Schutzfolie aufziehen.....	36
4.2.2.8	Oberfläche coronieren.....	36
4.2.2.9	Ultraschallschneidmaschine GFM 1&2	36
4.2.2.10	Kaschiererei	37
4.2.2.11	PU-Schäumerei	37
4.2.2.12	Stanzerei.....	37
4.2.2.13	SWN-Laminierung.....	37
4.2.2.14	Schleiferei	37
4.2.2.15	PLT-Anlage	38
4.2.2.16	Finish	38
4.2.2.17	Warenausgangslager	38
4.2.2.18	Produktionsflächen	39
4.2.3	Arbeitsabläufe	40
4.2.3.1	Adjazenzmatrix	41
4.2.3.2	Abbildung des Materialflusses mittels Auto-CAD	43
4.2.4	Ermittlung des Transportaufwandes	44
4.2.4.1	Materialflusstabelle.....	45
4.2.4.2	Materialflussmatrix (in Stück/Jahr)	47

4.2.5	Analyse der verwendeten Transportmittel	47
4.2.5.1	Transportwagen TW 01	48
4.2.5.2	Transportwagen TW 02	48
4.2.5.3	Transportwagen TW 03	49
4.2.5.4	Transportwagen TW 04	49
4.2.5.5	Transportwagen TW 05	50
4.2.5.6	Transportwagen TW 06	50
4.2.5.7	Gabelstapler GST 01 (Dieselstapler)	50
4.2.5.8	Gabelstapler GST 02 (Elektrostapler).....	51
4.2.5.9	Gabelstapler GST 03 (Elektro-Hochhubwagen)	51
4.2.5.10	Gabelstapler GST 04 (Handhubwagen)	51
4.2.6	Erweiterte Materialflusstabelle	52
4.2.6.1	Materialflussmatrix	53
4.2.6.2	Entfernungsmatrix.....	54
4.2.6.3	Transportintensitätsmatrix	54
4.2.7	Sankey-Diagramme.....	55
4.2.7.1	Sankey-Diagramm (in Stück/Jahr).....	56
4.2.7.2	Sankey-Diagramm (in Transporte/Jahr).....	57
4.2.8	Analyse der Problembereiche und Schwachstellen	58
4.2.8.1	Produktionstechnische Schwachstellen.....	58
4.2.8.1.1	Papierzuschnitt Digitaldruckerei	58
4.2.8.1.2	Schutzfolienzuschnitt	59
4.2.8.1.3	Siebdruckerei	59
4.2.8.1.4	Folienabziehmaschine Finish	59
4.2.8.2	Materialflusstechnische Schwachstellen.....	60
4.2.8.2.1	Transport Halle A - Halle B	60
4.2.8.2.2	Holzkerne biegen und bestücken	61
4.2.8.2.3	Weg der Oberflächen bis zur SWN-Laminierung	63
4.2.8.2.4	Wegstück zwischen der Stanzerei und SWN-Laminierung	63
4.2.8.2.5	Kaschiererei-Trockenkammer	64
4.2.8.2.6	PU-Schäumerei-Trockenkammer	64
4.2.8.2.7	Weg Schleiflinie bis zur Finish-Abteilung	64
4.2.8.3	Kombinierte Schwachstellen	65
4.2.8.3.1	Finish Fertigungslinie	65
4.2.8.3.2	Verpackungsmaschine-Warenausgangslager	67
4.2.8.3.3	Diecut bzw. Intarsia	68
4.2.8.3.4	PU-Snowboards und PU-Schäumerei	70
4.3	Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498.....	71

4.3.1	Optimierte Materialflussmatrix.....	72
4.3.2	Ideallayout der Firma Elan.....	73
4.4	Konzeptvarianten	76
4.4.1	Materialflussanalyse ohne Snowboards der PU-Bauweise.....	77
4.4.1.1	Materialflussanalyse ohne Snowboards der PU-Bauweise, bei gleichbleibender Produktionsmenge an Sandwichboards	78
4.4.1.2	Materialflussanalyse ohne Snowboards der PU-Bauweise, PU- Snowboards durch Sandwich-Bauweise kompensiert.....	80
4.4.2	Variante A	81
4.4.3	Variante B	83
4.4.3.1	Allgemeines	83
4.4.3.2	Problematik.....	84
4.4.4	Variante C	85
4.5	Konzeptbewertung	86
4.5.1	Abschätzung der Transportkosten.....	87
4.5.1.1	Bestimmung der Transportkosten durch Firmenunterlagen.....	87
4.5.1.2	Bestimmung der Transportkosten durch die mittlere Transportgeschwindigkeit	87
4.5.2	Einsparungspotentiale	88
4.5.3	Gegenüberstellung der erarbeiteten Konzepte	90
4.6	Kostenabschätzung	90
4.6.1	Abschätzung der Kosten zur Umsetzung der Variante A	92
4.6.2	Abschätzung der Kosten zur Umsetzung der Variante B	92
4.6.3	Abschätzung der Kosten zur Umsetzung der Variante C	93
5	<i>Bewertung/Beurteilung der Vorgehensweise</i>	94
6	<i>Zusammenfassung und Ausblick.....</i>	96
7	<i>Quellenverzeichnisse</i>	99
7.1	Literaturquellen.....	99
7.2	Internetquellen	101
7.3	Sonstige Quellen	101
7.4	Abbildungsverzeichnis.....	102
7.5	Tabellenverzeichnis	104
8	<i>Anhang.....</i>	105
8.1	Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498.....	105
8.2	Materialflusstabelle vom Ideallayout.....	111

8.2.1	Materialflussmatrix (in Stück/Jahr) vom Ideallayout	112
8.2.2	Materialflussmatrix (in Transporte/Jahr) vom Ideallayout	112
8.2.3	Distanzmatrix (in Meter) vom Ideallayout	112
8.3	Materialflusstabelle ohne PU-Snowboards	113
8.3.1	Materialflussmatrix (in Stück/Jahr)	114
8.3.2	Materialflussmatrix (in Transporte/Jahr)	114
8.3.3	Distanzmatrix (in Meter).....	114
8.4	Materialflusstabelle (PU-SB kompensiert durch SW-SB).....	115
8.4.1	Materialflussmatrix (in Stück/Jahr)	116
8.4.2	Materialflussmatrix (in Transporte/Jahr)	116
8.4.3	Distanzmatrix (in Meter).....	116
8.5	Materialflusstabelle (Variante A).....	117
8.5.1	Materialflussmatrix (in Stück/Jahr)	118
8.5.2	Materialflussmatrix (in Transporte/Jahr)	118
8.5.3	Distanzmatrix (in Meter).....	118
8.6	Materialflusstabelle (Variante C).....	119
8.6.1	Materialflussmatrix (in Stück/Jahr)	120
8.6.2	Materialflussmatrix (in Transporte/Jahr)	120
8.6.3	Distanzmatrix (in Meter).....	120
8.7	Datenstruktur der beigelegten DVD	121

Abkürzungen

AB	Ablängerei
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol
AUS	Ausfall
AV	Arbeitsvorbereitung
BM	Betriebsmittel
BR_STANZ	Brückenstanze
BV	Bauteilevorbereitung
DIG_DRUCK	Digitaldruckerei
FIN	Finish
FK	Furnierkaschiererei
GFM_1	Ultraschallschneidmaschine GFM 1
GFM_2	Ultraschallschneidmaschine GFM 2
HOLZ_BIEG	Holzkerne biegen
HRC	Härte Rockwell C
INS_BEST	Insert bestücken
INS_BOHR	Insert bohren
ISO	International Organization for Standardization
KANT_BIEG	Kantenbiegerei
KASCH	Kaschiererei
LFL	Lauffläche
LL	Lacklager
OFL	Oberfläche
OFL_COR	Oberfläche coronieren
PE	Polyethylen
PLT	Pure Liquide Technologie
PU	Polyurethan
RR_OFL_BE	Reinraum-Oberflächenbeschichtung
SB	Snowboard
SCH	Schäumerei
SCH_AZ	Schutzfolie aufziehen
SCHL_LIN1	Schleiflinie 1
SCHL_LIN2	Schleiflinie 2

SD_01	Siebdruckerei
STANZ	Stanzerei
ST_SCHL	Steinschliff
SUB_01	Sublimation
SW	Sandwich
SW_FRÄS	Seitenwangen fräsen
SWN	Sandwich-Nass
SWN_L	Sandwich-Nass-Laminierung
TEm	Transporteinheiten x Meter
TR	Trockenkammer
TR_SD	Trockenkammer Siebdruck
TW	Transportwagen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WA	Warenausgangslager
WE	Wareneingangslager

1 Einleitung

Aufgrund der fortschreitenden Globalisierung wird es für Unternehmen immer wichtiger, sich von den Mitbewerbern zu unterscheiden. Um dem internationalen Konkurrenzkampf stand zu halten, werden Sortimente erweitert und die Variantenvielfalt erhöht. Ziel ist es, innovative Produkte möglichst schnell, kostengünstig, in optimaler Qualität und in ausreichender Anzahl auf den Markt zu bringen. Um das langfristige Überleben zu sichern, müssen entweder Umsätze gesteigert oder Kosten gesenkt werden. Ein großes Kostensenkungspotential liegt in der Optimierung des Materialflusses. Auch bei dem Snowboardhersteller Elan Sportartikelerzeugungs- und Handelsgesellschaft m.b.H. kam es im Laufe der Jahre, durch Erweiterung des Sortimentes und Anschaffung neuer Fertigungsmaschinen, zu einer negativen Beeinflussung des Materialflusses.

Das Ziel dieser Diplomarbeit bestand darin, eine Untersuchung des Materialflusses in der Firma Elan durchzuführen und mögliche Schwachstellen im Produktionsablauf zu analysieren. Im Anschluss daran sollten Lösungsvorschläge erarbeitet und deren Auswirkungen auf den Materialfluss untersucht werden.

Zum besseren Verständnis der Thematik wird im ersten Teil dieser Arbeit ein grober Einblick in die Firma Elan gegeben. Neben Informationen über Elan im Allgemeinen wird ein Überblick über die Bestandteile eines Snowboards, sowie die unterschiedlichen Herstellungsverfahren gegeben.

Im Anschluss daran erfolgt im Kapitel 2 die Beschreibung der Problemstellung mit der näheren Erörterung des Zwecks und der Ziele dieser Diplomarbeit.

Im darauffolgenden Kapitel 3 werden theoretische Hintergrundinformationen der Materialflussanalyse behandelt. Nach der Erörterung einzelner Begriffe, welche für das Verständnis dieser Arbeit von Nutzen sind, erfolgt eine Beschreibung der einzelnen Phasen einer Materialflussanalyse.

Kapitel 4 umfasst den praktischen Teil dieser Arbeit. Das Vorgehen, sowie die konkrete Durchführung, unter Verwendung der in Kapitel 3 erörterten Vorgangsweise, werden beschrieben. Dazu werden zuerst die Fertigungsverfahren und die einzelnen Arbeitsschritte, welche ein Snowboard vom Wareneingangslager bis zum Warenausgangslager durchläuft, dokumentiert. Nach Erarbeitung einer Materialflusstabelle wird der Materialfluss mittels geeigneter Darstellungsmethoden visualisiert. Im Anschluss daran werden die

Transportmittel näher erörtert und der Transportaufwand errechnet. Einen weiteren Punkt dieses Kapitels bildet die Schwachstellenanalyse. Den Abschluss dieses Kapitels bildet die Erarbeitung und Bewertung von Konzepten und Varianten zur Materialflussoptimierung. Ein kritischer Rückblick über die verwendete Literatur erfolgt in Kapitel 5.

Abschließend bildet Kapitel 6 eine Zusammenfassung der Arbeit, sowie einen Ausblick in die Zukunft des Unternehmens.

1.1 Die Firma Elan

Die Firma Elan ist ein slowenisches Unternehmen aus Begunje, welches sich auf die Produktion von Sportartikeln, mit dem Hauptaugenmerk auf den Wintersport, spezialisiert hat. Während in Slowenien hauptsächlich Skier hergestellt werden, konzentriert sich die Tochterfirma, mit dem Firmensitz in Fürnitz (Kärnten), ausschließlich auf die Produktion von Snowboards [WIK12].

1.1.1 Historische Entwicklung

Am 24. September 1945 gründete der Schreiner und Skispringer Rudi Finzgar das Unternehmen und fing an Skier zu produzieren.

In den anfänglichen Jahren wurde hauptsächlich für den slowenischen Markt produziert. Elan galt als Billigmarke und war für viele Konsumenten die einzig leistbare Skimarke [WEB12]. Einen zunehmenden internationalen Bekanntheitsgrad erlangte die Firma erst in den späten 70er Jahren, nachdem der schwedische Skirennläufer Ingemar Stenmark (siehe Abbildung 1-1) Skier der Firma Elan für ein Rennen verwendete [WIK12].



Abbildung 1-1: Ingemar Stenmark

(erfolgreichster alpiner Skirennläufer seit der Einführung des Weltcups 1967) [DEL12]

In den 80er Jahren waren schon 80% der Produktion für den internationalen Markt bestimmt. Mit der stetigen Schrumpfung des Weltmarktes schrieb das Unternehmen nur noch rote Zahlen, bis 1990 eine Übernahme durch mehrere halbstaatliche slowenische Investmentfonds erfolgte. Heute hält die staatlichen Holdinggesellschaft PDP mit 66,3% den Großteil der Anteile. Weitere Besitzer sind die zum Staatsfonds KAD gehörende Versicherung Modra Zavarovalnica mit 8,6%, sowie Triglav Nalobe mit 25% [KAE12].

Der österreichische Firmensitz, ELAN Sportartikelerzeugungs- und Handelsgesellschaft m.b.H., wurde im Jahr 1978 als Tochtergesellschaft des slowenischen Ski-Herstellers Elan in Fürnitz gegründet [WIK12]. (Standort: Kärntnerstraße 48, 9586 Fürnitz, Kärnten, Österreich, siehe Abbildung 1-2)



Abbildung 1-2: Luftbild, Standort Firma Elan

In den Jahren 1978 bis 1987 lag das Hauptaugenmerk in der Produktion von hochwertigen Skiern. Erst in den späten 80er Jahren wurde mit der Produktion von Snowboards begonnen. Im Jahre 1996 wurde dann die gesamte Produktion ausschließlich auf Snowboards umgestellt.

Mit einem Weltmarktanteil von 19% ist die Firma Elan heute einer der größten Snowboardproduzenten der Welt. Neben der eigenen Herstellung von Snowboards produziert sie auch Produkte für rund 10 internationale Snowboardmarken [FIN12].

Eine Übersicht ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



Abbildung 1-3: Kunden der Firma Elan

Das Erfolgskonzept des Unternehmens liegt in der Kombination aus langjähriger Erfahrung, sowie kontinuierlicher Innovation und feinsten Handarbeit. Rund 200.000 Snowboards verlassen jedes Jahr das Werk [FIN12].

1.1.2 Zahlen und Fakten

- Gesamtfläche: 15.000 m²
- Bebaute Fläche: 8.200 m²
- Produktionsfläche: 4.500 m²
- Mitarbeiterzahl: 150
- Energieverbrauch: ca. 1.500 lt. Heizöl/Tag
- Jahresumsatz (2012) 14.000.000 €
- Produzierte Snowboards: ca. 200.000 Stück/Jahr
ca. 350.000 Stück im Jahr 2009
in Spitzenzeiten bis zu 1.500 Stück/Tag

1.2 Snowboardproduktion

Eine kurze Einführung in die Thematik der Snowboardproduktion der Firma Elan wird im Folgenden gegeben. Eine detaillierte Beschreibung erfolgt im praktischen Teil dieser Arbeit (siehe Abschnitt 4.2).

1.2.1 Allgemeiner Aufbau

Während die ersten Snowboards lediglich aus einer Spanplatte, Pferdezügeln und Wäscheleinen bestanden, sind bei heutigen modernen Boards eine Vielzahl von Einzelkomponenten zu finden [WIK13]. Ein grober Überblick über den aktuellen Aufbau ist in Abbildung 1-4 ersichtlich.

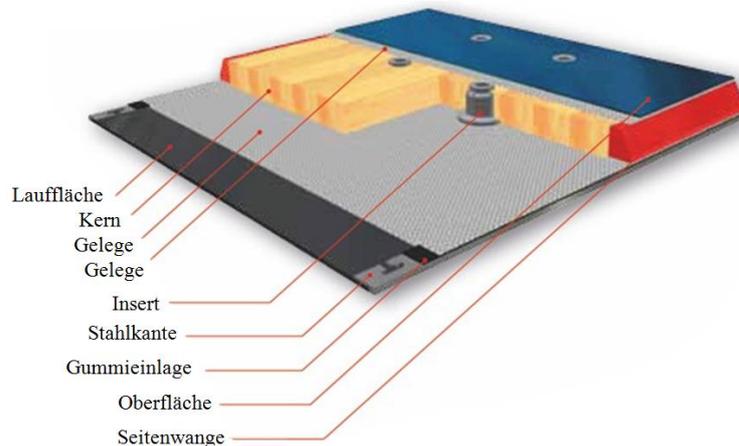


Abbildung 1-4: Aufbau eines Snowboards (in Anlehnung an: [SPO12])

Lauffläche und Gelege werden Obergurt, Oberfläche und Gelege Untergurt genannt. Zwischen Ober- und Untergurt befindet sich der Kern des Snowboards. Dieser besteht, je nach Herstellungsverfahren, aus Holz oder PU-Schaum. In den Kern werden Inserts eingearbeitet, welche der späteren Bindungsbefestigung dienen. Den seitlichen Abschluss eines Snowboards bilden die Seitenwangen. Um ein besseres Dämpfungsverhalten zu gewährleisten, wird, je nach Kundenwunsch, eine Gummieinlage verarbeitet.

1.2.2 Herstellungsverfahren

In Bezug auf die Herstellungsweise wird zwischen zwei verschiedenen Verfahren unterschieden:

- die Sandwichbauweise
- das PU-Schäumverfahren

1.2.2.1 Sandwichbauweise

Bei der Sandwichbauweise besteht das Board, wie der Name schon sagt, aus mehreren Schichten. Hierzu werden die einzelnen Schichten per Handarbeit übereinandergelegt, wobei zwischen jede Lage ein Klebstoff eingearbeitet wird. Den Kern eines solchen Boards bildet

meist Holz. Durch den Holzkern und die Seitenwangen wird der Kraftfluss von der Bindung direkt auf die Stahlkante geleitet, was für eine hohe Laufruhe sorgt. Der größte Vorteil dieser Bauweise liegt im geringen Gewicht und der langen Haltbarkeit aufgrund der Verwendung von hochwertigen Materialien. Jene Abteilung, in welcher Snowboards der Sandwichbauweise hergestellt werden, wird Sandwich-Nass-Laminierung genannt. In Abbildung 1-5 ist eine hydraulische Presse, welche zur Herstellung von Snowboards der Sandwichbauweise benötigt wird, ersichtlich.



Abbildung 1-5: SWN-Laminierung

1.2.2.2 PU-Schäumverfahren

Im Gegensatz dazu wird im Zuge des PU-Schäumverfahrens zwischen Ober- und Untergurt PU-Schaum eingespritzt, welcher anschließend aushärtet. Zur Verbesserung der Steifigkeit können hierbei auch Holzstreifen in den Schaum eingearbeitet werden. Snowboards, welche in der PU-Schäumerei (siehe Abbildung 1-6) durch das PU-Schäumverfahren hergestellt werden, sind kostengünstiger, aber dafür auch schwerer und weniger langlebig.



Abbildung 1-6: PU-Schäumerei

Der Gewichtsunterschied zwischen den beiden Herstellungsverfahren beträgt bei gleicher Snowboardlänge und -breite in etwa 250 Gramm. Rein optisch sind die beiden Bauweisen auf Grund ihres beinahe identischen Aufbaus für einen Laien aber kaum voneinander zu unterscheiden.

1.2.3 Abteilungen

In Abbildung 1-7 ist ein grober Bebauungsplan mit den einzelnen Abteilungen der Firma Elan ersichtlich. In der Halle A befinden sich Abteilungen für die Arbeitsvorbereitung. Die eigentlichen Produktionsstätten, wie PU-Schäumerei und SWN-Laminierung, sind in der Halle B untergebracht. Das Wareneingangslager, die Schleiferei, die Finish-Abteilung und das Warenausgangslager befinden sich ebenfalls in dieser Halle.

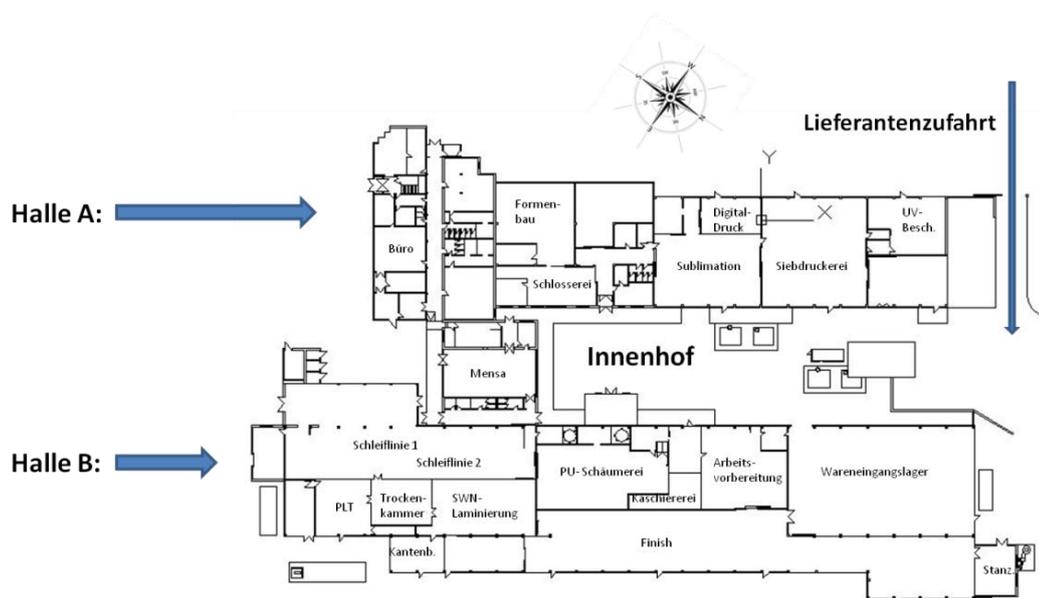


Abbildung 1-7: Grundriss der Firma Elan

Dieser Überblick über den allgemeinen Aufbau eines Snowboards, die zwei unterschiedlichen Herstellungsverfahren und die einzelnen Produktionsstätten, wie sie beim Snowboardhersteller Elan vorzufinden sind, soll zu einem besseren Verständnis der weiteren Diplomarbeit dienen. Eine detaillierte Beschreibung aller Bauteile, Bauweisen und Abteilungen erfolgt im Kapitel 4 (Methodik der Vorgehensweise). In weiterer Folge wird auf die Problem- bzw. Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit eingegangen.

2 Problemstellung

Laut den VDI-Richtlinien 2689 hängt der wirtschaftliche Erfolg eines Unternehmens nicht alleine von der Verwendung rationeller Fertigungsverfahren ab. Eine viel größere Bedeutung wird dem schnellen, reibungslosen und kostengünstigen Materialfluss durch Produktion und Lager zugeschrieben [VDI10].

Die Bedeutung der Materialflussplanung und deren Kostensenkungspotential wird auch durch Untersuchungen von Günthner und Kettner bestätigt [GÜN95, KET84]. In Abbildung 2-1 sind die gesamten Logistikkosten eines Unternehmens ersichtlich.

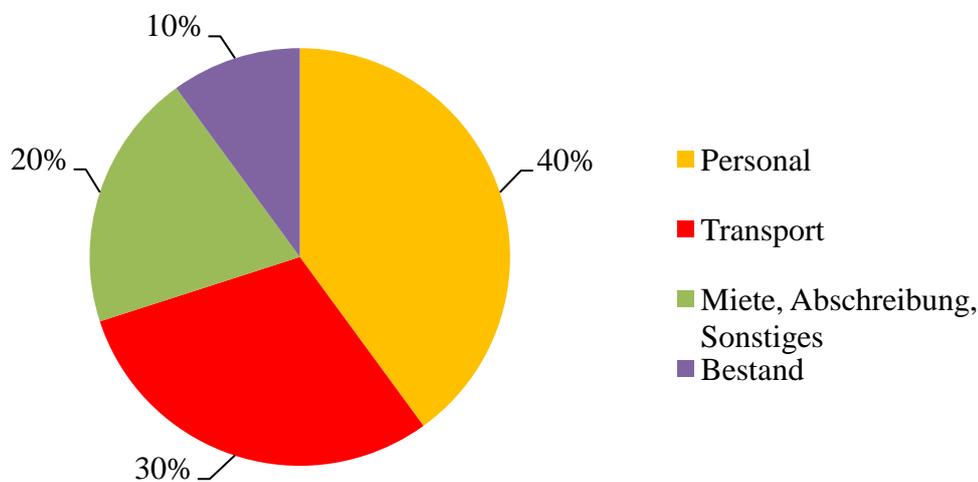


Abbildung 2-1: Aufteilung der Logistikkosten (in Anlehnung an: [LOG02])

Hierbei zeigt sich, dass 30% der gesamten Logistikkosten auf den Transport entfallen. Durch eine gezielte Materialflussplanung können laut Kettner jedoch nicht nur die Transportkosten gesenkt, sondern auch ein schneller und störungsfreier Produktionsablauf erzielt werden. Dies führt zu einer höheren Kapazitätsauslastung und einer geringeren Kapitalbindung [KET84]. Somit stellt die Materialflussplanung ein wichtiges Werkzeug zur Erhöhung der Rentabilität dar.

Bei dem Snowboardhersteller Elan kam es im Laufe der letzten 20 Jahre, durch das Aufkommen neuer Innovationen und der damit verbundenen Anschaffung von Fertigungsmaschinen, zu einer räumlichen Enge und somit zu einer negativen Beeinflussung des Materialflusses. Um diesen zusätzlichen Platzbedarf abdecken zu können, wurde das Unternehmen ständig umgebaut und durch Zubauten von Produktionshallen erweitert. Trotz der ständigen baulichen Umstrukturierungen stellt sich das Platzangebot auch heute als nicht ausreichend dar. So wird zum Beispiel ein Großteil der beladenen Transportwägen, aus

Mangel an Zwischenlagerplätzen, seitlich in den Gängen abgestellt (siehe Abbildung 2-2 und Abbildung 2-3), um anschließend weiterbearbeitet zu werden. Dadurch kommt es zu Behinderungen der Transportwege und damit verbundenen Erhöhung der Transportzeiten.



Abbildung 2-2: Transporterschwernis durch abgestellte Transportwagen



Abbildung 2-3: Behinderung der Transportwege

Ein weiteres Problem ergibt sich dadurch, dass eine Vielzahl der Transporte über den Innenhof, welcher keine Überdachung bietet, stattfinden (siehe Abbildung 2-4). So sind sowohl die zu transportierenden Materialien, als auch die Mitarbeiter allen Witterungen ausgesetzt.



Abbildung 2-4: Innenhof

Aus diesen Gründen besteht die Aufgabe dieser Diplomarbeit in der Durchführung einer Materialflussanalyse bei der Firma Elan. Hierzu soll aufbauend auf den Erkenntnissen der

theoretischen Grundlagen das **gesamte Transportaufkommen** analysiert, und Schwachstellen aufgezeigt werden. Ziel ist die aktuelle Transportintensität zu bestimmen und Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten.

Eine weitere Aufgabe dieser Diplomarbeit ergab sich durch eine Energieprüfung der KELAG (Kärntner-Elektrizitäts AG), welche beim Snowboardhersteller durchgeführt wurde. Diese Energieprüfung erbrachte den Nachweis, dass Snowboards, welche in der PU-Bauweise hergestellt werden, höhere Energiekosten in der Herstellung und damit verbunden auch höhere Produktionskosten verursachen, als jene der Sandwichbauweise. Hierbei sei zu erwähnen, dass Snowboards, welche in der PU-Bauweise hergestellt werden, für den Endkunden kostengünstiger angeboten werden, als jene der hochwertigeren Sandwichbauweise.



Abbildung 2-5: PU-Schäumerei

Die Hintergründe werden im weiteren Verlauf dieser Diplomarbeit noch näher erörtert (siehe Abschnitt 4.2.8.3.4). Durch diese Energieprüfung ergibt sich eine weitere Aufgabe dieser Diplomarbeit. Diese besteht in der Untersuchung des Materialflusses bei Umstellung der Produktion auf ausschließlich Snowboards der Sandwichbauweise. Hierzu soll das gesamte Transportaufkommen analysiert und anschließend eine Aussage darüber getroffen werden, ob sich der Materialfluss durch die Produktionsumstellung verschlechtert bzw. verbessert. Des Weiteren soll eine Evaluierung der aktuellen innerbetrieblichen Transportkosten erfolgen. Im Anschluss daran sollen mögliche Einsparungspotentiale sowohl in Prozent, als auch monetär erarbeitet werden.

Um diese Problemstellungen zu lösen, werden im anschließenden Kapitel dieser Diplomarbeit die theoretischen Grundlagen zur Durchführung einer Materialflussanalyse näher erörtert.

3 Entwicklung von Maßnahmen – Vorgehensweise

In diesem Kapitel wird zunächst näher auf die Fabrikplanung eingegangen, da die Materialflussplanung einen wesentlichen Teil der Fabrikplanung darstellt. Eine Übersicht über die einzelnen Teilplanungen, welche im Rahmen einer Fabrikplanung durchgeführt werden, ist in Abbildung 3-1 ersichtlich. Im Anschluss daran erfolgt neben der Erklärung relevanter fachspezifischer Begriffe eine Beschreibung der einzelnen Schritte, welche zur Durchführung einer Materialflussanalyse verwendet werden.

3.1 Fabrikplanung

Die Fabrikplanung hat die Aufgabe, unter Berücksichtigung zahlreicher Rahmen- und Randbedingungen, die Voraussetzung für die Erfüllung der betrieblichen Ziele, sowie der sozialen und volkswirtschaftlichen Funktionen einer Fabrik zu schaffen. Somit ist das Ziel der Fabrikplanung, einen technisch einwandfreien, wirtschaftlichen Ablauf des Produktionsprozesses bei guten Arbeitsbedingungen für die Angestellten zu ermöglichen [KSG84].

Beweggründe zur Durchführung einer Fabrikplanung [VDI08]:

- Neuplanung
- Umbau
- Erweiterung

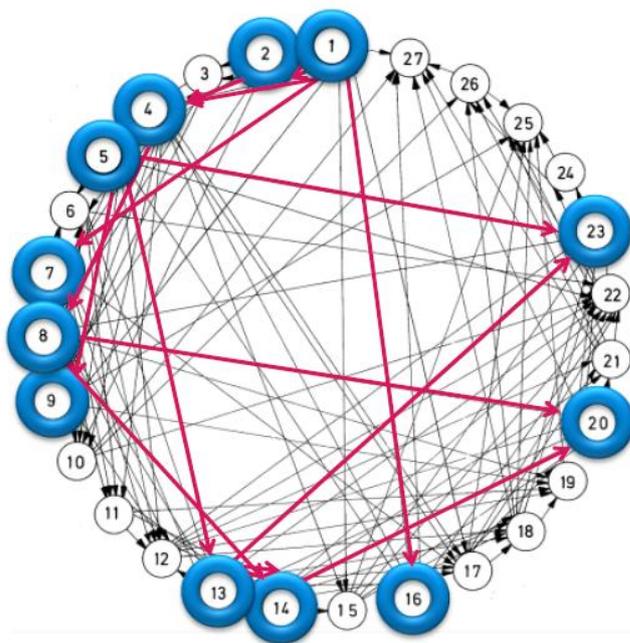
Neben einer Neuplanung einer Fabrik sind auch Umbauten und Erweiterungen Beweggründe zur Durchführung einer Fabrikplanung. Eine bestehende Fabrik kann je nach Flexibilitätsgrad auf eine Veränderung mit unterschiedlichen Kosten und Geschwindigkeit reagieren [WIE00]. Hingegen kann eine Fabrik auf der „grünen Wiese“ von Anfang an neue technische und organisatorische Konzepte übernehmen und somit auch gleich davon profitieren [SCH97].

Die Fabrikplanung lässt sich laut Kettner et al. in vier Hauptziele unterteilen [KSG84]:

1. günstiger Produktions- bzw. Fertigungsfluss
2. Menschengerechte Arbeitsbedingungen
3. Gute Flächen- und Raumnutzungen
4. Hohe Flexibilität der Bauten, Anlagen und Einrichtungen

Als Produktionsfluss ist der Produktionsablauf gemeint, welcher neben dem Materialfluss auch den Informations-, Personal- und Energiefluss beinhaltet. Menschengerechte Arbeitsbedingungen setzen sich aus günstigem Arbeitsplatz bzw. Arbeitsraum, wie z.B. Beleuchtung, Farbgestaltung und Lärmschutz, als auch abwechslungsreiche Arbeitsabläufe und Betriebsmitteln, welche der Arbeitssicherheit entsprechen, zusammen. Durch gute Arbeitsbedingungen kann sowohl die Arbeitsbereitschaft, als auch die Leistungsfähigkeit eines Angestellten erhöht und somit Ausfälle und Krankenstände verringert werden. Maßgebend für die Rentabilität eines Betriebes ist auch die optimale Flächen- und Raumnutzung. Deshalb sollte schon in der Planungsphase eine sorgfältige Flächenbedarfsermittlung vollzogen werden. Als letztes Hauptziel der Fabrikplanung gelten eine hohe Flexibilität der Bauten, Anlagen und Einrichtungen. Ziel ist es, auf technische, soziale, wie auch wirtschaftliche Entwicklungen möglichst schnell und kostengünstig zu reagieren [KSG84].

Wie in nachfolgender Abbildung ersichtlich, besteht eine Fabrikplanung immer, egal ob es sich um eine Neuplanung, einen Umbau oder eine Erweiterung handelt, aus mehreren eng miteinander verbundenen Teilplanungen.



Wechselbeziehungen:

- 1) IST-Zustand
- 2) Prognose
- 3) Produktionsprogramm
- 4) Produktionsverfahren
- 5) Standortwahl
- 7) Flächenbedarfsschätzung
- 8) Materialflussplanung
- 9) Wirtschaftlichkeitsuntersuchung
- 10) Termschätzung
- 13) Transportplanung
- 14) Detailplanung
- 16) Personalbedarf
- 20) Maschinenaufstellung
- 23) Baustatik

Abbildung 3-1: Teilaufgaben in der Fabrikplanung [TJT13]

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist die Durchführung einer Materialflussanalyse und Optimierung beim Snowboardhersteller Elan. Aufgrund dessen sind speziell die Teilplanungen IST-Zustand (1), Produktionsprogramm (3), Produktionsverfahren (4),

Materialflussplanung (8), Wirtschaftlichkeitsuntersuchung (9) und Transportplanung (13) und deren Zusammenwirken im Rahmen der vorliegenden Arbeit von Bedeutung.

3.2 Materialflussplanung

Nachfolgend wird nun näher auf die Materialflussplanung, als Teil der Fabrikplanung, eingegangen. Im Rahmen einer Fabrikplanung werden inner- wie auch außerbetriebliche Einflüsse, wie Produktionsverfahren, Personalbedarf, Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Energiebedarf usw. berücksichtigt. Hingegen wird bei der Materialflussplanung der innerbetriebliche Materialfluss, wie Anzahl der Materialrückflüsse, Transportmittel und Arbeitsplätze etc., berechnet [TJT13].

Der Begriff Materialfluss wird laut den VDI 2411 Richtlinien folgend beschrieben:

„Materialfluss ist die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten, sowie bei der Verteilung von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche. Zum Materialfluss gehören alle Formen des Durchlaufes von Arbeitsgegenständen (z.B. Material, Stoffmengen, Datenträger) durch ein System“ ([NES74], S.1-2).

Weiteres kann der Materialfluss, wie in nachfolgender Abbildung ersichtlich, in sechs Grundvorgänge unterteilt werden:

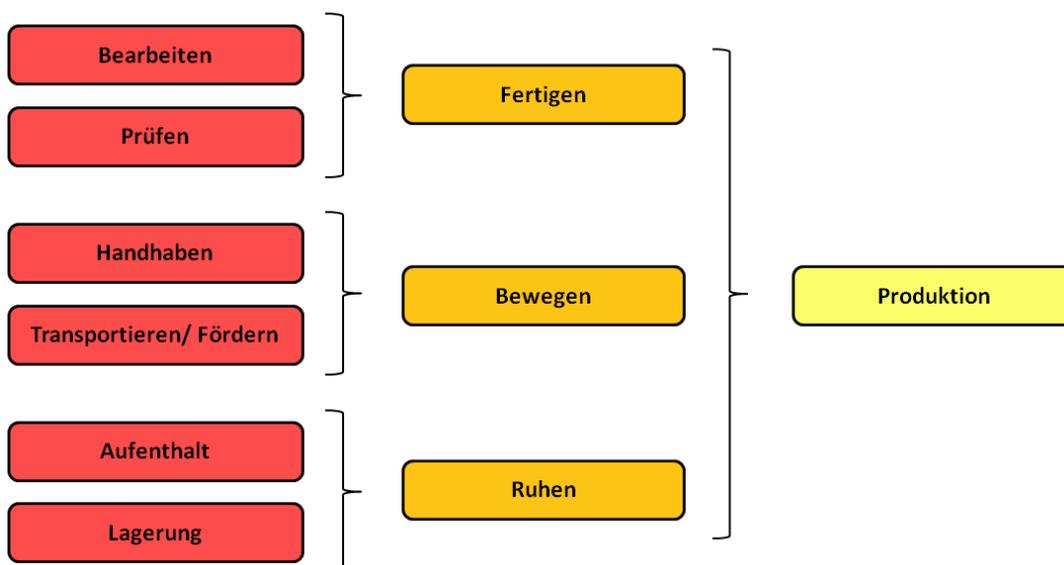


Abbildung 3-2: Materialflussgrundvorgänge (in Anlehnung an: [NES74], S.2)

In den VDI 2411 Richtlinien werden diese Begriffe wie folgt erklärt ([NES74], S.2):

Bearbeiten: Vorgang, bei dem ein Arbeitsgegenstand dem Zustand näher gebracht wird, in dem er das System verlassen soll.

Prüfen: Jeder Kontrollvorgang im Materialfluss.

Handhaben: Manuelle Bewegungen beim Einleiten oder Beenden von Vorgängen des Bearbeitens, Prüfens, Förderns, Aufenthalts und Lagerns.

Fördern (bzw. Transportieren): Fortbewegen von Arbeitsgegenständen oder Personen in einem System.

Aufenthalt: Nicht geplantes Liegen des Arbeitsgegenstandes im Materialfluss.

Lagern: Geplantes Liegen des Arbeitsgegenstandes im Materialfluss.

Wie in Abbildung 3-3 ersichtlich, haben verschiedenen Untersuchungen gezeigt, dass ein Transportgut bis zu 85% seiner Durchlaufzeit in Liege- oder Wartezeit verbringt [AF06, ZÄP82].

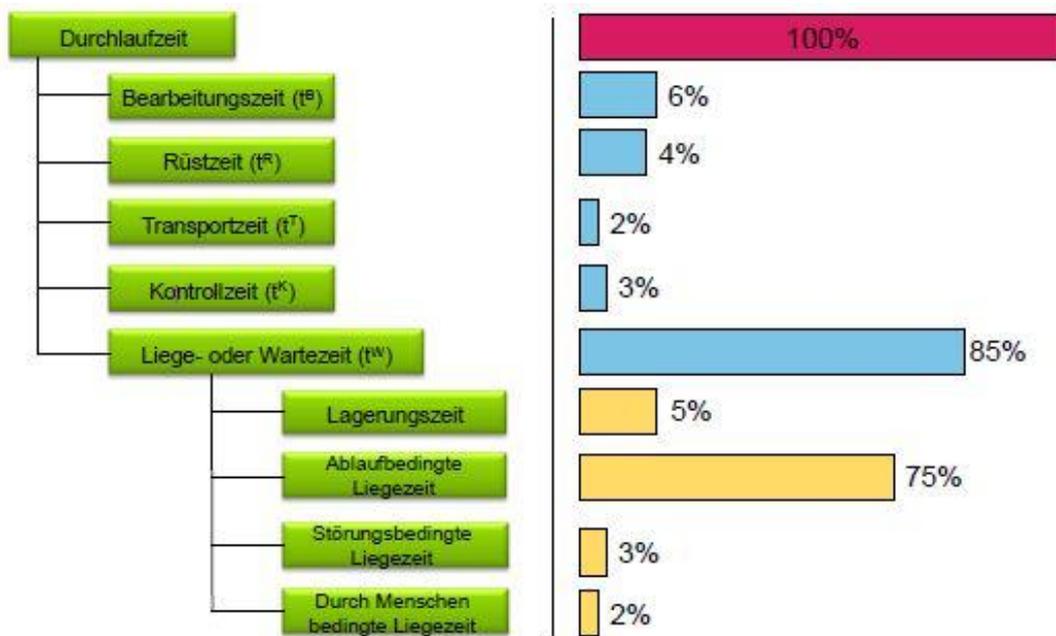


Abbildung 3-3: Durchlaufzeiten [TJT13]

3.2.1 Durchführung einer Materialflussanalyse

Für die Durchführung einer Materialflussanalyse gibt es eine Reihe von Vorgehensweisen. Eine davon bietet Nestler. Auch wenn der Leitfaden von 1974 schon etwas in die Jahre

gekommen ist, bildet er eine gute Ausgangsbasis für die vorliegende Diplomarbeit. Nach Nestler setzt sich eine Materialflussanalyse, wie in Abbildung 3-4 ersichtlich, aus drei Phasen mit neun Untersuchungsschritten zusammen.

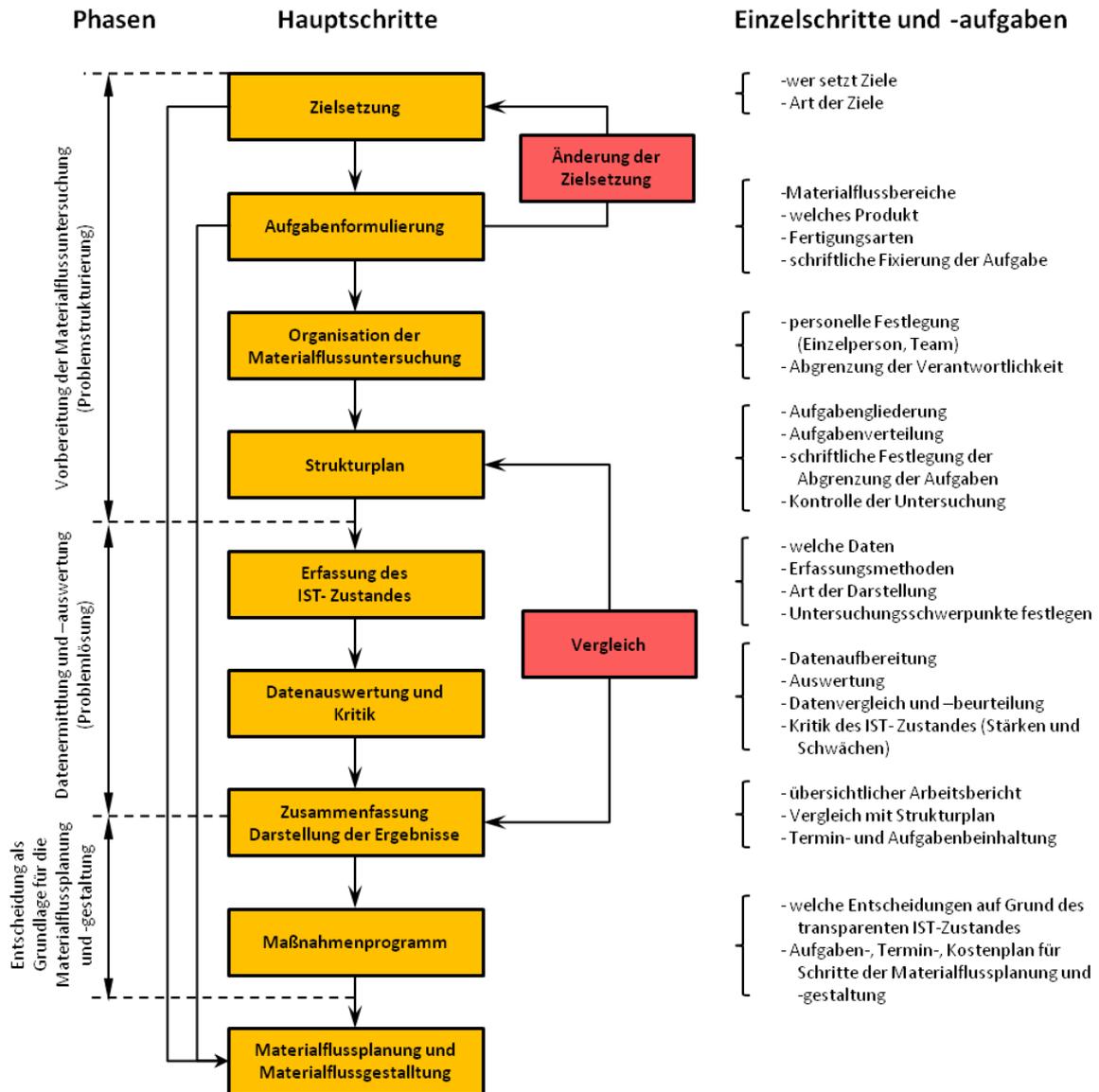


Abbildung 3-4: Durchführung einer Materialflussplanung (in Anlehnung an: [NES74], S.26)

3.2.2 Vorbereitung (Problemstrukturierung)

Um einen schnellen Untersuchungsablauf zu gewährleisten, muss eine ausführliche Vorbereitung erfolgen. Laut Nestler erleichtert eine gewissenhafte Vorarbeit nicht nur das zielorientierte Begrenzen des Aufwandes, sondern auch einen schnellen Untersuchungsablauf ([NES74], S.29).

Die Vorbereitung sollte sich auf folgende drei Probleme konzentrieren [NES74]:

- Anlass und Zielsetzung
- Organisation der Materialflussuntersuchung
- Erarbeitung eines Strukturplans

3.2.2.1 **Anlass und Zielsetzung**

Im ersten Schritt einer Materialflussplanung gilt es zu klären, welche Umstände zur Notwendigkeit der Durchführung einer Materialflussanalyse geführt haben und welche Ziele durch die Untersuchung erreicht werden sollen.

Primär kann zwischen drei Anlässen zur Durchführung einer Materialflussplanung unterschieden werden ([VDI78], S.2):

- Materialflussplanung zur Verbesserung des vorhandenen Materialflusses
- Materialflussplanung für eine Erweiterung
- Materialflussplanung für einen Neubau

Gründe zur Verbesserung des vorhandenen Materialflusses sind folgende ([VDI78], S.2):

- Räumliche Enge durch Erweiterung der Produktion
- Produktionsumstellungen
- Hohe Kapitalbindung der einzelnen Güter
- Einführung neuer Produkte
- Hohe Transport- und Lagerkosten

Viel wichtiger als die Definierung eines Anlasses ist die Erörterung eines Untersuchungszieles.

Ziele einer Materialflussuntersuchung können sein ([VDI08], Blatt 1, S.3):

- Senken der Betriebskosten
- Reduzierung der Durchlaufzeiten
- Senkung der Transport- und Lagerkosten
- Geringere Warte- und Liegezeiten
- Beseitigung von Schwachstellen
- Erhöhung der Flexibilität

Die Definierung eines Zieles spielt vor allem bei der abschließenden Bewertung und Problemlösung eine entscheidende Rolle.

3.2.2.2 Organisation der Materialflussuntersuchung

Vor der Durchführung einer jeden Materialflussplanung sollte die Organisation der mitwirkenden Instanzen geregelt und Abgrenzungen der Verantwortlichkeit eruiert werden. Primär gilt es zu klären, wer die Untersuchung durchführt. Die Planungsgruppe setzt sich aus einem Team von ernannten Personen zusammen. Jedes dieser Mitglieder muss über Fortschritte und Ideen regelmäßig informiert werden. Des Weiteren ist es sinnvoll eine Entscheidungsinstanz zu benennen, welche Entscheidungen über notwendige Investitionen trifft. Diese Aufgabe kann durch die Betriebs- oder Geschäftsleitung übernommen werden. Um einen Einblick in die verschiedenen Abteilungen und Arbeitsvorgänge zu erlangen, sollten auch Fachleute, die sogenannte Beratungskompetenz, nominiert werden. Dadurch kommt es zu einer Bindung der Planung an die Realität. Fachleute der einzelnen Abteilungen wissen am besten über die Durchführbarkeit von Veränderungen Bescheid ([VDI08], Blatt 1, S.3). Letztendlich gilt es noch einen Informationskreis, welchem regelmäßig über den Fortschritt der Planung berichtet wird, zu ernennen. Diese Position wird meist von den Leitern der einzelnen Abteilungen, wie auch vom Betriebsrat besetzt ([VDI78], S.3).

3.2.2.3 Erarbeitung eines Strukturplans

Am Ende der Vorbereitungsphase gilt es, einen Struktur- bzw. Arbeitsplan für die vorliegende Untersuchung zu erstellen. Dieser enthält alle Arbeitsschritte, die Aufgabenverteilungen, sowie eine Zeitplan zur lückenlosen Durchführung der Materialflussanalyse ([NES], S.28).

3.3 Datenermittlung und –auswertung

In der zweiten Phase der Materialflussplanung muss der aktuelle Materialfluss durch eine IST-Datenaufnahme analysiert und die erarbeiteten Werte anschließend, mittels geeigneter Darstellungsmethoden, visualisiert werden.

3.3.1 Aufnahme des IST-Zustandes

Zu Beginn einer Materialflussplanung ist es notwendig, den IST-Zustand eines Betriebes zu erfassen. Diese Datenermittlung bildet dann den Grundstein für alle weiteren Maßnahmen.

Laut Arnold et al. nimmt die Beschaffung, Aufbereitung und Pflege der Daten einen erheblichen Teil der Planungsarbeit ein ([AF06], S.233).

Daraus resultiert, dass nur eine genaue Ermittlung der Daten auch zu einem brauchbaren Ergebnis führt. Die einzelnen Punkte der Fragen- und Datensammlung einer IST-Zustandsanalyse sind in Abbildung 3-5 ersichtlich.

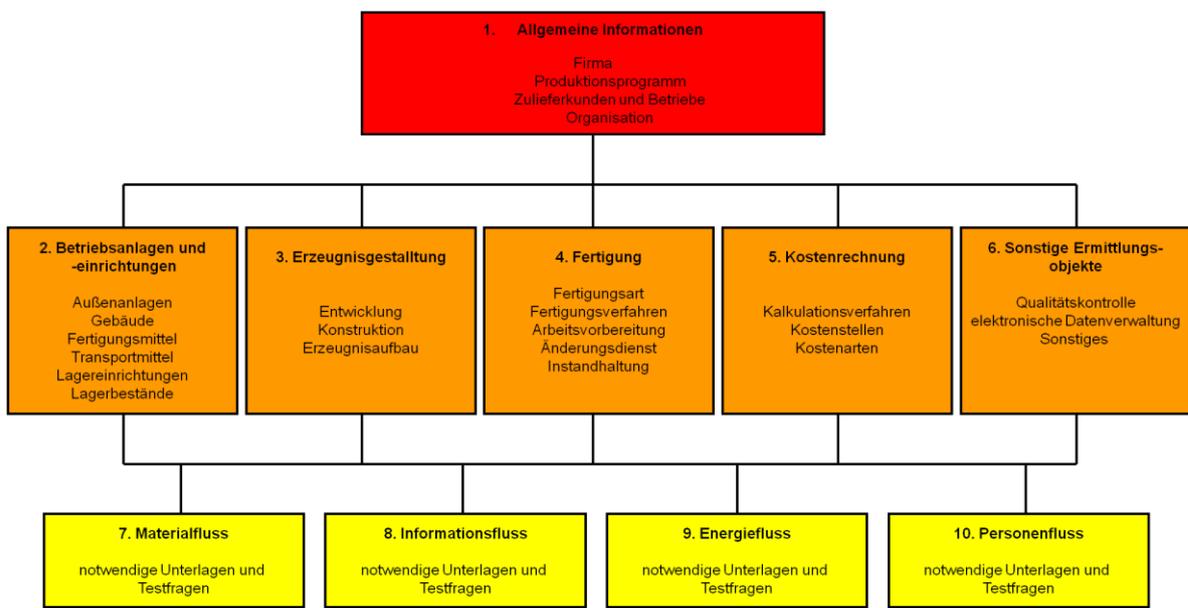


Abbildung 3-5: IST-Zustandsanalyse (in Anlehnung an: [AF06], S.252)

Arnold erklärt eine IST-Datenaufnahme als:

„...das Ermitteln oder Erfassen und Beurteilen des aktuellen Zustands eines Materialflußsystems“ ([AF06], S.234).

Zudem beschreibt er das Ziel einer IST-Analyse in der Realisierung eines wirtschaftlichen Material- und Datenflusses durch Entwicklung neuer Konzepte, Planung von Arbeiten und Auswahl von Betriebsmitteln ([AF06], S.234).

Um den Materialfluss eines Unternehmens bestimmen zu können, ist es primär erforderlich, alle Abteilungen, Arbeitsabläufe und Bearbeitungsschritte zu analysieren. Je genauer die Erarbeitung und Analyse des Materialtransportes durch die einzelnen Abteilungen und zwischen den Bearbeitungsschritten durchgeführt wird, desto aussagekräftiger ist das Endergebnis.

Bevor der Materialfluss in Stück und Transporte pro Jahr bestimmt werden kann, müssen alle Transportbeziehungen bekannt sein. Hierzu werden die einzelnen Arbeitsschritte mittels Datenerhebungsmethoden, wie nachfolgend beschrieben, ermittelt und anschließend in eine Materialflusstabelle eingetragen. Die zu ermittelnden Daten beinhalten die einzelnen

Bearbeitungsschritte, sowie die produzierten Stück pro Jahr (siehe Tabelle 3-1). Neben der fortlaufenden Nummerierung ist die jeweilige Transportbeziehung zwischen den einzelnen Unternehmensbereichen einzutragen.

Die Abkürzungen dienen für die spätere Erstellung der Sankey-Diagramme. In der letzten Spalte werden die transportierten Mengen in Stück pro Produktionsjahr angegeben.

ID_ Transport	von	nach	von	nach	Komponente	Menge (Stk)
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069

Tabelle 3-1: Materialflusstabelle

Um eine zielgerichtete Informationsgewinnung für Planungsaufgaben zu erhalten, sind Verfahren und Methoden notwendig, welche in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung geeignete Daten- und Informationsquellen detektieren ([HJR07], S.3).

Prinzipiell stehen zwei Möglichkeiten der Datenerhebung zur Verfügung:

- Primärerhebung
- Sekundärerhebung

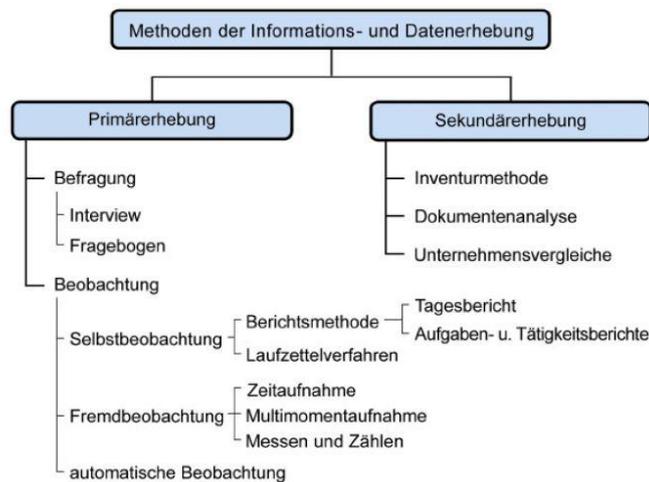


Abbildung 3-6: Datenerhebungsmethoden ([HJR07], S.6)

3.3.1.1 Primärerhebung

Wie in Abbildung 3-6 ersichtlich, werden bei der Primärerhebung die für die IST-Aufnahme benötigten Daten eigens durch verschiedene Methoden ermittelt. Hierbei wird zwischen direkten und indirekten Analysen unterschieden [HJR07].

1. Direkte Analysen:

- Dauerbeobachtung und Zeitaufnahmen (Beobachtung über einen längeren Zeitraum, Materialflussbogen VDI 3300a)
- Kurzzeitbeobachtungen (stichprobenweises Beobachten, Multimoment-Verfahren)

2. Indirekte Analysen:

- Befragungen (Gespräche, Interview, Fragebogen)
- Erhebung, Erfassung, Ermittlung (Materialflussmatrix, ABC-/XYZ-Analysen)

3.3.1.2 **Sekundärerhebung**

Im Rahmen einer Sekundärerhebung werden bereits vorhandene Daten verwendet und ausgewertet. Hierzu können neben veröffentlichten Daten von Institutionen, wie z. B. dem Statistischen Bundesamt, den Handelskammern oder Verbänden, außerdem alle kommerziellen Daten, wie z.B. Markt- und Meinungsforschungsinstitute, branchenspezifische Informationen oder Fachzeitschriften, verwendet werden. Außerdem liefern unternehmensinterne Aufzeichnungen, wie Geschäftsberichte, Produkte, Umsatzdaten und Bauzeichnungen, brauchbare Daten.

Neben der Identifizierung der richtigen Quellen muss auch eine ausreichende Qualität der Unterlagen gewährleistet sein. Prinzipiell sollten Unterlagen hinsichtlich ihrer Plausibilität (realistische Daten), Vollständigkeit (alle notwendigen Felder gefüllt), Redundanz (keine Widersprüchlichkeit und Wiederholung) und Konsistenz (Zuordnung von Auftragsdaten) untersucht werden ([HJR07], S.23).

Bei Vorliegen der Daten in brauchbarer Qualität sollte die Sekundärerhebung der Primärerhebung aus Kostengründen vorgezogen werden [HJR07].

Im Gegensatz zur Primärerhebung müssen bei der Sekundärerhebung keine eigenen Untersuchungen durchgeführt werden, wodurch der zeitliche Aufwand hierbei geringer ist.

3.3.2 **Darstellung des IST-Zustandes**

Nach der Aufnahme der IST-Daten müssen die erarbeiteten Daten mit Hilfe von verschiedenen Methoden visualisiert werden. Zur Darstellung und Auswertungen von

Materialflussbeziehungen stehen laut VDI-Richtlinien 3596, wie in Abbildung 3-7 ersichtlich, unterschiedliche Darstellungsformen zur Verfügung.

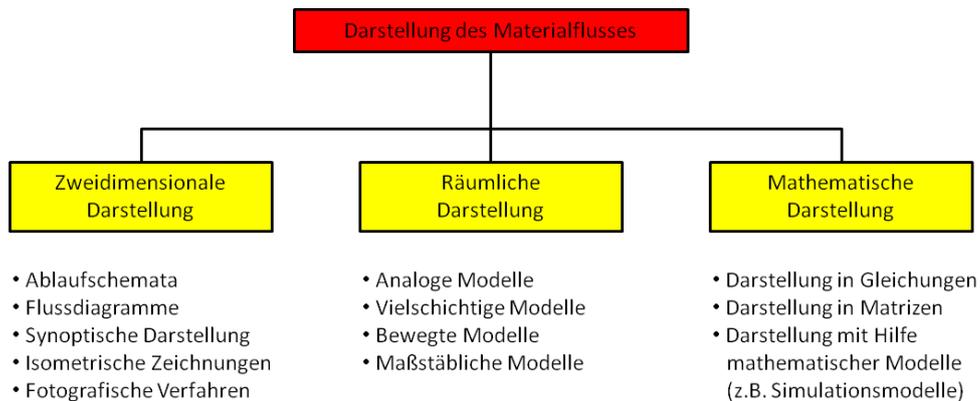


Abbildung 3-7: Darstellungsformen des IST-Zustandes (in Anlehnung an: [AF06], S.252)

Die Auswahl der Darstellungsform hängt vom Zweck der Materialflussuntersuchung, sowie von den verfügbaren Daten ab. Im Nachfolgenden soll nun auf einige Darstellungsformen näher eingegangen werden.

3.3.2.1 Isometrische Zeichnungen

Durch ihre Anschaulichkeit erleichtern bildhafte Modelle laut Schmigalla das Erfassen von schwierigen Zusammenhängen. Der Vorteil liegt hierbei in der relativ leichten und schnellen Aufnahme der Bildinformation [SCH95]. Aus diesem Grund haben bildhafte, räumliche Modelle einen besonderen Stellenwert in der Darstellung von Materialflüssen.

Eine zweidimensionale Darstellung der Arbeitsabläufe kann mit Hilfe geeigneter Computerprogramme, wie z.B. Auto-CAD Architecture 2011, erfolgen. Hierzu werden die Materialflussbeziehungen in einem Gebäudeplan mit einem vordefiniertem Maßstab visualisiert. In Abbildung 3-8 ist eine isometrische Ansicht eines Gebäudeplans mit eingezeichnetem Materialfluss (rote Verbindungslinien) zwischen den einzelnen Betriebsmittel ersichtlich.

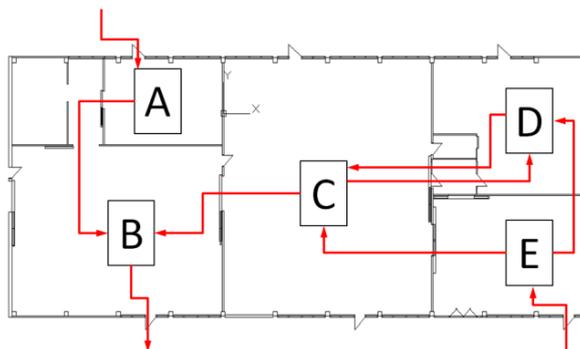


Abbildung 3-8: Isometrische Darstellung des Materialflusses

3.3.2.2 Materialflussmatrizen

Matrizen dienen der quantitativen Darstellung von umfangreichen Materialflusssystemen. Hierzu werden alle Stellen, die am Materialfluss beteiligt sind, erfasst und gegenübergestellt. Matrixdarstellungen werden vor allem dann eingesetzt, wenn die Daten zur elektronischen Weiterverarbeitung zur Verfügung stehen sollen [TJT13].

Die einfachste Form der Materialflussdarstellung in Matrixform stellt die Adjazenzmatrix dar. Durch sie können Nachbarschaftsbeziehungen visualisiert und Struktur, sowie Flussrichtung in einem Zahlenschema festgehalten werden. Hierzu werden in einer Von-Nach-Tabelle die Beziehungen der einzelnen Werkstätten zueinander mit 0 und 1 gekennzeichnet (siehe Tabelle 3-2) [AF06].

0... es besteht keine Materialflussbeziehung zwischen den Abteilungen

1... es besteht eine Materialflussbeziehung zwischen den Abteilungen

Transport nach von	WE	LL	DIG_DRUCK	SUB_01
WE		0	1	1
LL	0		0	0
DIG_DRUCK	0	0		1
SUB_01	0	0	0	
SD_01	0	0	0	0
TR_SD	0	0	0	1

Tabelle 3-2: Adjazenzmatrix

Eine weitere Darstellungsform bieten Transportmatrizen. Sie dienen der übersichtlichen Darstellung von Materialflussabläufen. Hierzu werden die Bewegungen der Betriebsmittel in einer Von-Nach-Tabelle eingetragen. Im Gegensatz zur Adjazenzmatrix werden hierbei auch die Stückzahlen berücksichtigt. Des Weiteren wird zwischen der Orientierung des Materialflusses, entweder „in Flussrichtung“ oder „im Rückfluss“, unterschieden. Die Rückflüsse erscheinen in den Feldern unter der Diagonale und ergeben sich z.B. durch Leergutrücksendungen oder auch zweizeitige Bearbeitungen. Durch Summierung der einzelnen Transporte kann die Anzahl der Transporte oberhalb der Diagonale, als Transporte in Flussrichtung, und unterhalb der Diagonale, also Transportrückflüsse, ermittelt werden (siehe Tabelle 3-3). Ein optimierter Materialfluss wird durch Minimierung der Materialrückflüsse erreicht ([VDI08], Blatt 2, S.2).

Transport nach von	WE	LL	DIG_DRUCK	SUB_01	SD_01
WE		0	450	69681	342891
LL	0		0	0	1200
DIG_DRUCK	0	0		143119	0
SUB_01	0	0	0		30484
SD_01	0	0	0	0	
TR_SD	0	0	0	60221	0

Tabelle 3-3: Materialflussmatrix (in Stück)

Um auf die Anzahl der Transporte pro Jahr rückrechnen zu können, ist eine Analyse der zur Verfügung stehenden Transportmittel notwendig. Hierzu wird eine Transportmittelanalyse durchgeführt. Es gilt alle zur Verfügung stehenden Transportmittel und deren Ladekapazität zu erarbeiten.

Danach wird die Materialflusstabelle um das verwendete Transportmittel und die Einheiten je Transportmittel erweitert (siehe Tabelle 3-4).

ID_Transport	von	nach	von	nach	Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387

Tabelle 3-4: Materialflusstabelle II

Durch Division der transportierten Stück pro Jahr durch die Einheiten je Transportmittel, kann die Anzahl der Transporte pro Jahr für die einzelnen Materialflussbeziehungen errechnet werden.

Mit Hilfe von isometrischen Zeichnungen in einem vordefinierten Maßstab kann zusätzlich jeder Transportweg gemessen und in die Tabelle eingetragen werden (siehe Tabelle 3-5).

ID_Transport	von	nach	von	nach	Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220	69
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95	64
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52	69
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387	69

Tabelle 3-5: Materialflusstabelle III

Unter Verwendung der ermittelten Transportwege kann anschließend eine Distanzmatrix (siehe Tabelle 3-6) erstellt werden. Sie dient zur Visualisierung der Entfernungen der einzelnen Werkstätten zueinander in Form einer Matrixdarstellung.

Transport nach von	WE	LL	DIG_DRUCK	SUB_01	SD_01
WE		0	79	64	69
LL	0		0	0	62
DIG_DRUCK	0	0		15	0
SUB_01	0	0	0		16,5
SD_01	0	0	0	0	
TR_SD	0	0	0	23	0

Tabelle 3-6: Distanzmatrix (in Meter)

Durch Multiplikation der Materialflussmatrix in Stück oder Transporteinheiten und der Distanz- bzw. Entfernungsmatrix kann eine Transportintensitätsmatrix erstellt werden, welche als Darstellung der Transportintensität zwischen den Betriebsmitteln dient. Durch anschließende Aufsummierung aller in dieser Matrix vorkommenden Werte wird ein Zielwert errechnet, welcher als Ausgangswert für alle weiteren Vergleiche dient ([VDI08], Blatt 2, S.10-11).

Um eine materialflussgerechte Anordnung der Betriebsmittel zu erarbeiten ist es unabdinglich, die Transportintensität zu ermitteln. Laut VDI-Richtlinien 3595 ist die Transportintensität:

„... die in einem Zeitraum charakteristische Transportgröße zwischen zwei BM. Sie kann ausgedrückt werden durch z.B. die Anzahl der Fahrten zwischen den BM, das Gewicht der zu transportierenden Mengen, die Häufigkeit der Kontakte oder durch die Kosten, die zur Überwindung der Entfernung zwischen den BM entstehen“ ([VDI99], S.2-3).

3.3.2.3 Flussdiagramme (Sankey-Diagramm)

Eine weitere einfache und übersichtliche Darstellungsform des Materialflusses bieten Sankey-Diagramme.

Hierbei werden die Transportintensitäten durch die Breite der Verbindungslinien symbolisiert. Die verwendeten Ausgangsdaten werden aus der Materialflussmatrix entnommen. Bei diesem Verfahren wird nur die Reihenfolge der einzelnen Betriebsstätten, nicht aber deren tatsächliche räumliche Anordnung berücksichtigt ([NES74], S.154).

Knoten: Abteilungen und Bearbeitungsschritte

Kanten: Die Breite der Verbindungslinien ist von der Materialflussmenge abhängig

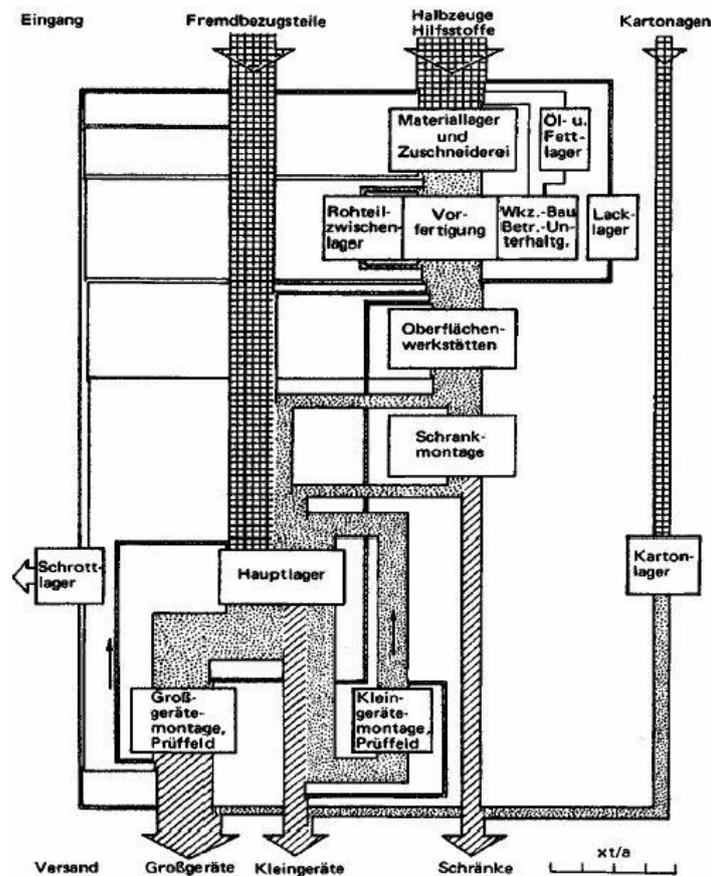


Abbildung 3-9: Sankey-Diagramm [VDI10]

Nach der Visualisierung des Materialflusses mittels verschiedener Darstellungsmethoden liegt eine weitere Aufgabe der Materialflussuntersuchung in der Aufdeckung von Schwachstellen, welche im Zuge der IST-Analyse erkannt werden.

3.4 Schwachstellenanalyse

„Schwachstellen sind (offensichtliche) Mängel innerhalb des zu untersuchenden Prozesses und können sowohl die Beteiligten, die Ergebnisse, den Prozess und das Unternehmen betreffen [SCH95, S.99].“

Im Rahmen einer Schwachstellenanalyse werden alle Daten, welche durch die IST-Analyse erhoben wurden, auf mögliche Verbesserungspotentiale untersucht. Hierbei kann zwischen technischen, personellen und organisatorischen Problemen unterschieden werden [HtH11]. Laut Brunner et al. beinhaltet das Ergebnis der Schwachstellenanalyse eine Beschreibung der Schwachstellen und deren Ursachen, sowie deren mögliche Auswirkungen. Des Weiteren wird die Notwendigkeit zur Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen und Vorschläge für selbige beschrieben ([BW08], S.67).

3.5 Durchführung einer Materialflussplanung

Laut den VDI-Richtlinien 2498 erfolgt nach der Aufnahme der IST-Daten die Durchführung der Materialflussplanung.

Hierbei wird in folgende Planungsstufen unterteilt [VDI78]:

- Stufe 1: Grobplanung
- Stufe 2: Idealplanung
- Stufe 3: Realplanung
- Stufe 4: Detailplanung

3.5.1 Grobplanung/Groblayout

Eine Grobplanung ist sowohl kurz- und mittelfristig, als auch langfristig aufzustellen.

Ziele der Grobplanung sind [VDI78]:

- Erarbeitung von Materialflusskonzepten
- Aufzeigen von Alternativen
- Vorbereitung von Grundsatzentscheidungen der Unternehmensleitung (Kosten, Kapazitäten,...)

Eine wichtige Aufgabe der Grobplanung ist es, die einzelnen Werkstätten in eine funktions- und materialflusstechnisch günstige Anordnung zu bringen. Hierbei wird versucht, durch Änderung der Anordnung von Betriebsmitteln, eine Optimierung des Materialflusses zu erzielen. Ein Hilfsmittel bietet die Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498 Blatt 2. Hierzu wird aus der bestehenden Materialflussmatrix zuerst jeweils die Zeilen- und Spaltensumme gebildet. Anschließend wird der jeweilige Quotient aus Zeilen- und Spaltensumme je Matrixelement ermittelt. Zeilen und Spalten mit dem größten Quotienten werden aus der Matrix eliminiert und der Algorithmus wiederholt. Ziel ist die Minimierung von Materialrückflüssen, also die Reduktion der Werte unter der Diagonale ([VDI08], Blatt 2, S.2). In Abbildung 3-10 ist eine schematische Durchführung einer Reihenfolge-optimierung ersichtlich. Die Buchstaben A, B, C und D stellen in obiger Abbildung Betriebsmittel dar, die in gegenseitiger Transportbeziehung stehen.

Transport nach von	A	B	C	D
A	0	521	372	408
B	18	0	0	123
C	0	0	0	692
D	0	299	0	0

Summe der Werte oberhalb der Diagonale:	2116
Summe der Werte unterhalb der Diagonale:	317

Reihenfolge vor der Optimierung:
 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$

Transport nach von	A	B	C	D	Summe von
A	0	521	372	408	1301
B	18	0	0	123	141
C	0	0	0	692	692
D	0	299	0	0	299
Summe nach	18	820	372	1223	
Quotient	72,28	0,17	1,86	0,24	

Transport nach von		B	C	D	Summe von
		0	0	123	123
B		0	0	123	123
C		0	0	692	692
D		299	0	0	299
Summe nach		299	0	815	
Quotient		0,41	unendlich	0,37	

Transport nach von		B		D	Summe von
		0		123	123
B		0		123	123
D		299		0	299
Summe nach		299		123	
Quotient		0,41		2,43	

Transport nach von		B			Summe von
		0			0
B		0			0
Summe nach		0			
Quotient		0,00			

Transport nach von	A	C	D	B
A	0	372	408	521
C	0	0	692	0
D	0	0	0	299
B	18	0	123	0

Summe der Werte oberhalb der Diagonale:	2292
Summe der Werte unterhalb der Diagonale:	141

Reihenfolge nach der Optimierung:
 $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$

Reduktion der Materialrückflüsse von
 317 auf 141 Einheiten

Abbildung 3-10: Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498

Nach Durchführung einer Reihenfolgeoptimierung ergibt sich eine ideale Anordnung der BM in der Reihenfolge A, C, D und B. Hierbei wird eine Reduktion der Materialrückflüsse erreicht.

3.5.2 Idealplanung/Ideallayout

Der nächste Schritt der Materialflussoptimierung liegt in der Erstellung eines Ideallayouts. Dieses bietet eine graphische Darstellung von einer materialflussoptimierten, räumlichen Anordnung der einzelnen Werkstätten. Hierbei wird keine Rücksicht auf Bedingungen, wie Grundrissform oder Gebäuderaster, gelegt ([AF06], S.282).

Somit stellt das Ideallayout eine bestmögliche Anordnungslösung, unter Berücksichtigung rein materialflussbezogener Aspekte, dar. Das Ziel liegt in der Minimierung des Transportaufwandes. Zur Erstellung eines Ideallayout werden Daten aus der zuvor ermittelten Reihenfolgeoptimierung (optimale Abfolge der Abteilungen) und dem bestehenden Fabriklayout (Flächenbedarf der Abteilungen) entnommen. Anschließend wird ein Layout mit optimalen Materialflussbeziehungen der einzelnen Abteilungen zueinander,

meistens in Form eines Rechtecks, erstellt (siehe Abbildung 4-43). Da das Ideallayout keine Restriktionen, wie Form vorgegebener Flächen, Gebäude oder Grundstücken, berücksichtigt, ist eine Realisierung meist nur in Form eines Neubaus möglich ([AF06], S.273).

3.5.3 Realplanung/Reallayout

Ein Reallayout stellt im Gegensatz zum Ideallayout eine realisierbare räumliche Anordnung der Struktureinheiten dar. Hierbei werden alle bisher vernachlässigten Restriktionen berücksichtigt. Ziel ist es, die Daten aus den beiden vorangegangenen Planungsmethoden weiter zu verarbeiten und an vorhandene Gegebenheiten anzupassen. Das endgültige Ergebnis der Realplanung stellt die beste Variante als Lösung der ursprünglich aufgestellten Planungsaufgabe dar ([AF06], S.274).

3.5.4 Detailplanung/Detaillayout

In diesem letzten Schritt, auch Feinplanung genannt, werden alle Realisierungsvorbereitungen für das endgültig ausgewählte Materialflusssystem getroffen.

Hierbei werden ([AF06], S.274-275):

- Technische Daten auf Vollständigkeit überprüft
- Funktionsabläufe festgelegt und geprüft
- Fragen hinsichtlich Bautechnik, Haustechnik und Steuerungstechnik geklärt
- Terminpläne erstellt
- Ausschreibungsunterlagen für die geplante Umstrukturierung vorbereitet

Basierend auf diesen theoretischen Grundlagen der Materialflussanalyse wird im nachfolgenden Kapitel 4 (Methodik der Vorgehensweise) der praktische Teil der Diplomarbeit präsentiert.

4 Methodik der Vorgehensweise

In diesem Kapitel werden das Vorgehen, sowie die konkrete Durchführung, unter Verwendung der in Kapitel 3 erörterten Vorgangsweise, beschrieben. Nach dem Verfassen einer Problemstrukturierung erfolgt unter Abschnitt 4.2 die IST-Datenanalyse. Hierbei werden die einzelnen Bestandteile eines Snowboards, sowie die Abteilungen der Firma Elan beschrieben. Ergänzend werden die verschiedenen Arbeitsabläufe, welche ein Snowboard vom Wareneingangslager zum Warenausgangslager durchläuft, näher erörtert. Diese Hintergrundinformationen sind zum Verständnis der weiteren Materialflusserhebungen von besonderer Bedeutung. Auch eine Analyse der Schwachstellen, welche im Rahmen der IST-Analyse erkannt wurden, ist in diesem Abschnitt ersichtlich. Im Anschluss daran erfolgt die Erstellung eines Ideallayouts mit Hilfe der Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498 (siehe Abschnitt 4.3). In Abschnitt 4.4 sind Konzeptstellungen zur Minimierung des Transportaufwandes zu finden. Eine Bewertung und anschließende Gegenüberstellung dieser Konzepte erfolgt in den darauf folgenden Abschnitten.

4.1 Problemstrukturierung

Wie unter Abschnitt 3.2.1 erwähnt, liegt der erste Schritt einer Materialflussanalyse in der Erarbeitung der Problemstrukturierung.

Durch die Erweiterung der Produktion, sowie Anschaffung von neuen Fertigungsanlagen, kam es in der Firma Elan im Laufe der Jahre zu einer räumlichen Enge und einer damit verbundenen negativen Beeinflussung des Materialflusses.

Wie schon im Kapitel 2 genau definiert, bestand das Ziel dieser Diplomarbeit darin, den aktuellen Materialfluss der Firma Elan zu analysieren, Schwachstellen zu erarbeiten und einen Zielwert, welcher das gesamte Transportaufkommen in der Firma präsentiert, zu errechnen. Im Anschluss daran sollten Konzepte erarbeitet werden, durch welche eine Reduktion des Transportaufwandes erreicht werden kann. Diese sollten dann auf ihre Auswirkungen auf den Materialfluss mit Hilfe des errechneten Zielwertes untersucht werden. Durch den Vergleich der Zielwerte kann eine Aussage darüber getroffen werden, ob sich das Transportaufkommen verbessert bzw. verschlechtert.

Wie ebenfalls im Kapitel 2 erörtert, erbrachte eine Energieprüfung der KELAG (Kärntner-Elektrizitäts AG) den Nachweis, dass Snowboards, welche in der PU-Bauweise hergestellt werden, höhere Energiekosten in der Herstellung verursachen, als jene der

Sandwichbauweise. Durch diese Energieprüfung ergab sich ein weiteres Ziel dieser Diplomarbeit, den Materialflusses, nach Umstellung der Produktion auf eine reine Sandwichbauweise, zu untersuchen. Hierzu sollten verschiedene Konzepte erarbeitet und neue Transportintensitäten nach Wegfall der PU-Snowboards errechnet werden. In weiterer Folge sollten eventuelle Einsparungspotentiale und eine Kostenabschätzung für die Umsetzung der einzelnen Konzepte errechnet werden.

4.2 IST-Datenanalyse und Darstellung

Nach der Problemstrukturierung bildet die IST-Datenermittlung den nächsten Schritt. Sie bildet den Grundstein für alle weiteren Maßnahmen. Wie bereits in Abschnitt 3.3.1 beschrieben, bildet eine ausführliche Datenaufnahme den Grundstein für eine aussagekräftige Materialflussanalyse. Dafür ist eine genaue Kenntnis über das zu produzierende Produkt, als auch über die einzelnen Produktionsstätten und Arbeitsabläufe unabdinglich. Diese werden im nachfolgenden Teil näher erörtert.

4.2.1 Bauteile

Ein Snowboard besteht im Wesentlichen aus sieben Einzelteilen.

4.2.1.1 Lauffläche

Die Lauffläche, auch Fahrbelag oder englisch Base genannt, ist ein sehr wichtiger Bestandteil eines Snowboards. Sie muss zahlreiche Anforderungen, wie eine gute Gleiteigenschaft, Verschleißfestigkeit, Widerstandsfähigkeit und Wachsaufnahmefähigkeit, erfüllen. Ein Material, das diesen Belastungen standhält, ist Polyethylen, kurz PE. Polyethylen wird durch Polymerisation von Ethylen hergestellt und ist ein thermoplastischer Kunststoff. Es zeichnet sich vor allem durch seine Temperaturbeständigkeit bis -85°C , sowie seine hohe Zähigkeit aus. Ein weiterer positiver Aspekt ist sein gutes Gleitverhalten und seine geringe Wasseraufnahme.

Ein wesentlicher Nachteil ist die Versprödung von PE durch Sonneneinstrahlung. Zur Vermeidung dieses Problems werden UV-Stabilisatoren, wie z.B. Ruß, eingesetzt.

Grundsätzlich können zwei verschiedene Produktvarianten unterschieden werden:

- Laufflächen aus Sinterbelag
- Laufflächen aus extrudierten Belag

Bei Laufflächen aus gesintertem Belag wird Polyethylen-Granulat mit Hilfe von Hitze und Druck zu einer Folie verschmolzen. Durch dieses Verfahren eignen sie sich besonders gut für höhere Geschwindigkeiten, besitzen eine sehr gute Widerstandsfähigkeit und eine perfekte Wachaufnahme.

4.2.1.2 Gelege und Lamine

Ober- und Untergurt bestehen bei Snowboards der Sandwichbauweise aus verschiedenen Glasfasermaterialien, welche als Gelege oder Gewebe verarbeitet werden. Sie haben eine entscheidende Auswirkung auf das Fahrverhalten, das Gewicht und die Durchbiegung des Snowboards. Bei der PU-Konstruktion werden statt Gelege oder Gewebe Lamine verwendet. Dabei handelt es sich um Gewebe, welche bereits mit Harz getränkt und ausgehärtet sind.

4.2.1.3 Kern

Der eigentliche Kern des Snowboards besteht aus Holz oder PU-Schaum. Snowboards, welche in der Sandwichbauweise hergestellt werden, besitzen einen Kern aus Vollholz (siehe Abbildung 4-1). Verschiedene Holzarten wie Pappel, Buche, Fichte und auch exotische Hölzer, wie Paulownia oder Bambus, werden in 18-22 mm breite Streifen geschnitten und abwechselnd, in entgegengesetzter Faserrichtung, miteinander verleimt. Es sind alle Kombinationen untereinander möglich. Dadurch entsteht eine Vielzahl von Holzkern-Varianten mit den unterschiedlichsten physikalischen Eigenschaften, wie Gewicht, Steifigkeit, Durchbiegung, Zug- und Druckfestigkeit.



Abbildung 4-1: Holzkerne

Pappel bietet einen Gewichts- und Preisvorteil, es kann aber grundsätzlich jedes Holz verwendet werden. Bei PU-Snowboards besteht der Kern meist aus einfachen Holzstreifen und PU-Schaum.

4.2.1.4 **Stahlkanten**

Stahlkanten werden im Snowboard verbaut, um dem Snowboarder einen guten Halt im Schnee und auf Eis zu gewährleisten und stabile Kurvenfahrten zu ermöglichen. Auch die Haltbarkeit des Snowboards wird durch die Stahlkanten wesentlich beeinflusst.

Anforderungen:

- Verschleißfestigkeit
- Hohe Härte
- Gute Kaltverformungseigenschaften
- Geringe Zähigkeit

Folgende Werkstoffe kommen bei der Produktion zum Einsatz:

- CDW SE 67: Werkstoff C67
 Kaltgewalzter Federbandstahl
- CDW SE 100: Werkstoff: 100Cr6
 Wälzlagerstahl für die Wälzlagerindustrie, Härtegrade bis zu 60
 HRC, besonders geeignet für stoßartige Belastungen
 verschleißbeständiger Skikanten-Werkstoff
- CDW SE 35: Werkstoff: X35CrMo17
 korrosionsbeständiger martensitischer Chromstahl

Alle verwendeten Materialien müssen einen Mindesthärtegrad von 47 +/- 2 HRC aufweisen. In der Produktion von PU-Snowboards kommen Rundumkanten (siehe Abbildung 4-2), für die Sandwichbauweise geteilte Kanten, zum Einsatz. Rundumkanten bieten einen optischen Vorteil und sind für den Mitarbeiter in der PU-Abteilung leichter zu handhaben.



Abbildung 4-2: Rundum-Stahlkanten

Die Stahlkanten werden mit der gewünschten Länge zugeliefert, in der Kantenbiegerei sandgestrahlt und anschließend in die gewünschte Form gebogen. Werden Stahlkanten

eingesetzt, die aus einem rostbaren Material bestehen, so müssen diese bei der Endkontrolle mit einem entsprechenden Lack oder Öl gegen Verrostung versiegelt werden.

4.2.1.5 Seitenwangen

Den seitlichen Abschluss eines Snowboards bilden die Seitenwangen. Sie werden zusammen mit den anderen Bauteilen verklebt und verhindern das Eintreten von Wasser ins Board. Außerdem beeinflussen die Seitenwangen maßgeblich das Dämpfungsverhalten und die Lebensdauer des Snowboards. Der verwendete Werkstoff hierbei heißt ABS.

4.2.1.6 Inserts

Inserts sind kleine Gewindehülsen (metrisches ISO-Gewinde M6), an denen die Snowboardbindung befestigt wird. Je nach Kundenwunsch werden 20-28 Inserts pro Snowboard verbaut, wobei lediglich 8 Inserts für die Montage der Snowboardbindung verwendet werden. Die restlichen Inserts dienen zur individuellen Positionierung der Bindung am Snowboard. In Bezug auf das Gewinde, die Einbautiefe und den Ausreißwiderstand gibt es eine für Snowboards vorgegebene ISO-Norm.

4.2.1.7 Oberfläche

Die oberste Schicht eines Snowboards bildet eine 0,5 mm starke, transparente, glänzende und UV-beständige Folie aus dem Werkstoff ABS-Polyamid. Im Gegensatz zur Lauffläche weist die Oberfläche eine geringere Widerstandsfähigkeit auf, da sie wesentlich geringeren mechanischen Belastungen standhalten muss. Nachdem die einzelnen Bauteile eines Snowboards näher erklärt wurden, erfolgt im nächsten Teil dieser Arbeit eine Beschreibung der einzelnen Abteilungen der Firma Elan.

4.2.2 Abteilungen

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, besteht die Firma Elan aus zwei Hallen. In Halle A befinden sich Abteilungen für die Arbeitsvorbereitung. Die eigentlichen Produktionsstätten, wie PU-Schäumerei und SWN-Laminierung, sind in der Halle B untergebracht. Des Weiteren befinden sich das Wareneingangslager, die Schleiferei, die Finish-Abteilung und das Warenausgangslager in dieser Halle (siehe Abbildung 4-3).

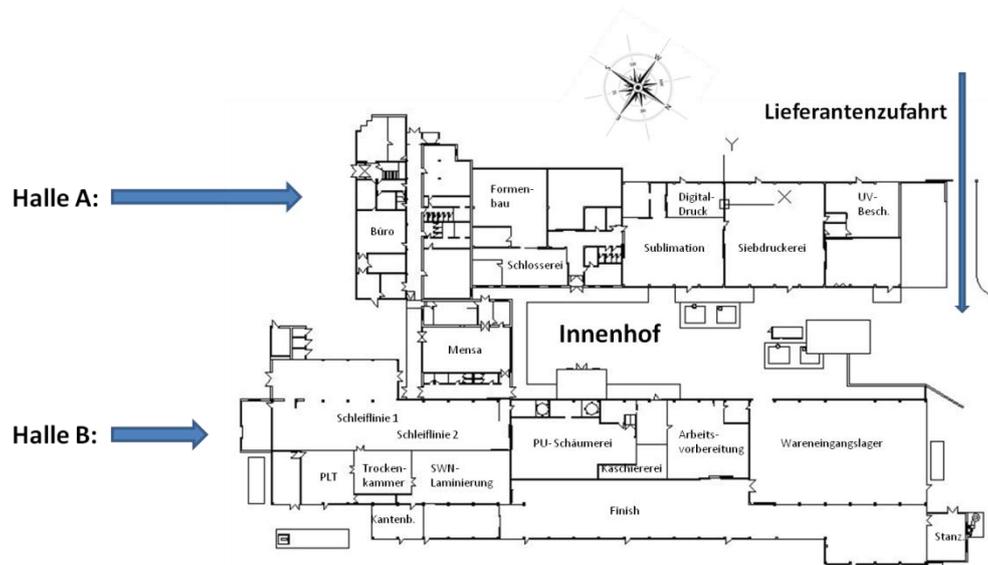


Abbildung 4-3: Produktionsstätten der Firma Elan

4.2.2.1 Wareneingangslager

Über zahlreiche Zulieferer wird hier das gesamte zur Produktion eines Snowboards notwendige Material gelagert, wie:

- Oberflächenmaterial, transparent auf Rollen oder vom Hersteller bereits abgelängt
- Laufflächenmaterial, transparent oder bunt, auf Rollen oder vom Hersteller bereits abgelängt
- Gewebe/Gelege in Rollenform
- Lamine auf Rollen
- Holzkerne, unbestückt, auf Paletten
- Holzkerne, bestückt, auf Paletten
- ABS-Seitenwangen, ABS-Spitze-Ferse Rohmaterial
- Inserts in Kartons
- Diverse Kleinleinlege-teile
- Kleber in Stahlfässer (300 lt.)

4.2.2.2 Siebdruckerei

Der Siebdruck ist ein Verfahren, bei dem Farben mit Hilfe einer Gummirakel durch ein feinmaschiges Gewebe auf das zu bedruckende OFL- oder LFL-Material gedruckt werden. Siebgedruckt werden Oberflächen und Laufflächen. Nachdem die OFL und LFL im Wareneingangslager auf die gewünschte Länge zugeschnitten wurden, werden sie an die Siebdruckerei geliefert.

Alle Oberflächenrohmaterialien müssen wegen dem Schrumpf vor dem Druckvorgang einen Trockner durchlaufen. Das heißt, nach dem einmaligen Durchlauf sind die Materialien gegenüber ihrer Ausgangsgröße um einige Hundertstel mm kleiner, was spätere Drücke maßgeblich beeinflusst. Je nach Kundenwunsch werden 1-5 Siebdrücke auf die Oberfläche und Lauffläche gedruckt. Alle siebgedruckten OFL gelangen nach dem Druck für einige Stunden in die Trockenkammer (SD).

Nach der Trockenkammer werden die Oberflächen:

- sublimiert (siehe Abschnitt 4.2.2.5)
- mit einer Schutzfolie versehen,
- mit einem Diecut versehen (siehe Abschnitt 4.2.2.9) oder
- mit einem UV beständigen Lack gegen Vergilben durch Sonnenlicht versiegelt (dies geschieht in der Reinraum-Oberflächenbeschichtung)

4.2.2.3 **Digitaldruckerei**

In der Digitaldruckerei wird ein Digitaldruck mit einer Übersättigung von 300% auf eine Papierrolle gedruckt. Anschließend müssen die einzelnen Drücke und Motive per Hand ausgeschnitten werden. Nach dem Schneiden gelangen die bedruckten Papierstreifen zur Sublimation.

4.2.2.4 **Direkt-Digitaldruck**

Bei diesem Verfahren wird ein Digitaldruck direkt auf das Oberflächenmaterial gedruckt. Direkt digitalbedruckte Oberflächen werden von einer externen Firma gefertigt und geliefert.

4.2.2.5 **Sublimation**

Sublimieren bedeutet, dass ein Stoff direkt vom festen in den gasförmigen Zustand übergeht, ohne sich dabei zu verflüssigen. Bei der Sublimation werden die Digitaldrücke auf Papierstreifen mit einer transparenten (oder bereits siebgedruckten) Oberfläche bzw. Lauffläche zusammengelegt. Unter Druck und Temperatur (160°C) wird das Motiv des Digitaldruckes auf die OFL bzw. LFL sublimiert. Ein Nachteil beim Sublimationsverfahren ist, dass die Oberflächen hitzebedingt ihren Glanz verlieren. Im Produktionsjahr 2011 wurden nur Oberflächen sublimiert. Erst 2012 wurde mit der Laufflächensublimierung begonnen. Zwischen Sublimation und Siebdruckerei besteht je nach Kundenwunsch ein Wechselspiel.

4.2.2.6 **Furnierkaschiererei**

In der Furnierkaschiererei wird ein Echtholz furnier zusammen mit einer sublimierten und/oder siebgedruckten Oberfläche zusammengeklebt. Für Snowboards der PU-Bauweise wird zusätzlich das Laminat eingearbeitet.

Vom Wareneingangslager gelangen die Echtholz furniere, welche bereits abgelängt der Firma Elan zugeliefert werden, direkt zur Furnierkaschiererei. Eine Zwischenlagerung in der Trockenkammer ist bei furnierkaschierten Oberflächen nicht notwendig. Sie können gleich nach dem Furnierkaschieren in der Produktion weiter verarbeitet werden.

4.2.2.7 **Schutzfolie aufziehen**

Bei diesem Arbeitsschritt wird auf die bedruckten und/oder sublimierten Oberfläche eine dünne, selbstklebende Folie aufgezogen. Sie verhindert, dass die Oberflächen im weiteren Produktionsverlauf zerkratzt oder beschädigt werden, wie z.B.:

- beim Transport
- beim Einlegen
- in der Schleiflinie durch Schleifspäne, Schleiffunken und Niederhalterollen
- bei der Lagerung
- in der Insertbohranlage

4.2.2.8 **Oberfläche coronieren**

Das gesamte Oberflächenflächenmaterial wird für kurze Zeit einer elektrischen Coronaentladung ausgesetzt. Dabei entstehen an der Oberfläche polare Moleküle, an denen sich Lacke und Klebstoffe besser anbinden können [DIR12]. Dadurch wird eine optimale Haftung des Klebers und der Lacke gewährleistet.

4.2.2.9 **Ultraschallschneidmaschine GFM 1&2**

Mit Hilfe einer digitalen Schneidemaschine werden Logos, Schriftzüge und Motive, sogenannte Diecuts, aus einer transparenten, eingefärbten oder bereits bedruckten Lauffläche geschnitten. Aus einer zweiten Lauffläche werden die passenden Negative ausgeschnitten. Anschließend werden die einzelnen Teile wie ein Puzzle zusammengefügt. So kann eine Lauffläche aus bis zu 40 Einzelteilen bestehen. Oftmals wird dieses Verfahren mittels einer Flip-Flop-Technik umgesetzt. Dies spart sehr viel Zeit und Arbeit und reduziert den Abfall auf ein Minimum.

4.2.2.10 **Kaschiererei**

In der Kaschiererei wird das Laminat und die Oberfläche bzw. Lauffläche mit einem speziellen Kleber zusammengeklebt. Dieses Verfahren wird nur bei Snowboards der PU-Bauweise eingesetzt. Bauteile mit der OFL werden Obergurt, Bauteile mit der LFL werden Untergurt genannt.

4.2.2.11 **PU-Schäumerei**

Mit Hilfe von beheizten und pneumatischen Pressen werden in dieser Abteilung Snowboards der PU-Bauweise hergestellt. Über eine automatische Schäumenanlage wird PU-Schaum in den Raum zwischen Ober- und Untergurt einarbeitet.

4.2.2.12 **Stanzerei**

Gestanzt werden:

- Laufflächen in Outletform (typische Form eines Snowboards)
 - Gelege für den Untergurt in Outletform
 - Oberflächen in Rechteckform
 - Gelege für den Obergurt in Rechteckform
- (2 Kanten werden gefast, ca. 40x45°, sonst ist der Verschluss der Form in der SWN Abteilung nicht möglich!!)

Ebenfalls werden einige Klein-Einlegeteile, wie Bindungsverstärkungen, diverse Fasermaterialien, Carbonverstärkungen, Titanaleinlagen, zur Erhöhung der Steifigkeit und Gummieinlagen in Form gestanz. Die Stanzerei ist nur für die Snowboards der SW-Bauweise von Bedeutung.

4.2.2.13 **SWN-Laminierung**

Durch 7 Pressen, welche hydraulisch angetrieben und mittels Warmwasser beheizt werden, erfolgt in dieser Abteilung die Herstellung von Snowboards der Sandwichbauweise. In einem speziellen Verfahren werden die einzelnen Schichten in eine Form eingelegt, wobei zwischen den Schichten ein Kleber eingearbeitet wird. Bei hohen Drücken und Temperaturen härtet der Kleber schließlich vollständig aus.

4.2.2.14 **Schleiferei**

Nach der SWN-Laminierung und der PU-Schäumerei bzw. Trockenkammer gelangen die Snowboards in die Schleiferei. Am Anfang dieser Abteilung, der Schleiflinie 1, wird der

Fahrbelag geschliffen. Anschließend werden die Seitenwangen gefräst. Nach diesem Bearbeitungsschritt wird die Lauffläche, je nach Kundenwunsch, entweder band- oder steingeschliffen. Die Bearbeitung der Stahlkanten erfolgt letztendlich in der Schleiflinie 2.

4.2.2.15 PLT-Anlage

Einen besonderen Stellenwert hat das Verfahren der Oberflächenverklebung. Auf einer eigens für Elan entwickelten Anlage namens PLT (Pure Liquid Technologie) werden die Oberflächen auf bereits gefertigte Rohlinge der Sandwichbauweise geklebt. Bei der klassischen Herstellung von Sandwich-Snowboards ist meist das Gelege, welches sich direkt unter der Oberfläche befindet, zu sehen. Dies ist auf den hohen Druck und die hohe Temperatur beim Verpressen in der SWN-Abteilung zurückzuführen. Mittels der PLT-Oberflächenverklebung kann diesen optischen Nachteil Abhilfe geschafft werden. Außerdem bleibt der Glanz der Oberflächen mit diesen Verfahren besser erhalten.

Wichtig beim PLT Verfahren:

Nach dem Einlegen in der SWN-Abteilung beträgt die Stehzeit der Snowboards 7 Tage, bevor sie mittels PLT Verfahrens weiter verarbeitet werden können. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Haftungsprobleme bei den aufgeklebten Oberflächen auftreten.

4.2.2.16 Finish

In der Finish-Abteilung werden die Snowboards nachbearbeitet und für den Versand vorbereitet. Am Anfang der Finish-Fertigungslinie werden die Inserts aufgebohrt und die Schutzfolien abgezogen. Nach der Endkontrolle werden sie in eine Kunststofffolie eingeschweißt, kartoniert und an das Warenausgangslager übergeben.

4.2.2.17 Warenausgangslager

Aufgrund der hohen Produktionsmengen von Snowboards befindet sich das eigentliche Warenausgangslager bzw. Fertigwarenlager 2 km vom Standort der Firma Elan entfernt. Für die innerbetriebliche Materialflussanalyse ist es dennoch wichtig, ein Warenausgangslager zu definieren. Der Transport zu diesem Lager mittel LKWs wurde in weiterer Folge bei der Materialflussanalyse nicht berücksichtigt, d.h. der Materialfluss endet bei der Verladerampe.

4.2.2.18 Produktionsflächen

Tabelle 4-1 bietet eine Übersicht über die Produktionsflächen der Firma Elan.

Warenausgangslager	1.500 m ²
Wareneingangslager	735 m ²
Finish-Abteilung	690 m ²
Schleiflinie 1&2	452 m ²
Siebdruckerei	415 m ²
Sublimation	281 m ²
PU-Schäumerei	277 m ²
AV (GFM 1, GFM 2...)	255 m ²
SWN-Laminierung	216 m ²
Schleiferei (Seitenwangen fräsen)	198 m ²
Reinraum-Oberflächenbeschichtung	142 m ²
Kaschiererei	116 m ²
PLT-Anlage	112 m ²
Trockenkammer	100 m ²
Digitaldruck	79 m ²
Stanzerei	74 m ²
Kantenbiegerei	70 m ²
Zuschnitt Digitaldruckerei	61 m ²
Lacklager	40 m ²
PU-Bauteilevorbereitung	29 m ²

Tabelle 4-1: Größe der Produktionsflächen

Nachdem eine Beschreibung der einzelnen Abteilungen der Firma Elan erfolgte, werden im Nachfolgenden die verschiedenen Bearbeitungsschritte, die ein Snowboard vom Wareneingangslager bis zum Warenausgangslager durchläuft, beschrieben.

4.2.3 Arbeitsabläufe

Um den Materialfluss eines Unternehmens bestimmen zu können, ist es erforderlich, alle Abteilungen, Arbeitsabläufe und Bearbeitungsschritte zu analysieren. Je genauer die Erarbeitung und Analyse des Materialtransportes durch die einzelnen Abteilungen und zwischen den Bearbeitungsschritten durchgeführt wird, desto aussagekräftiger ist das Endergebnis. Bevor jedoch eine Bestimmung des Materialflusses in Stück und Transporte pro Jahr erfolgen kann, müssen alle Transportbeziehungen bekannt sein.

Zusammenfassend sieht dieser in der Firma Elan wie folgt aus:

Im Wareneingangslager werden sämtliche Materialien, die zur Erzeugung von Snowboards notwendig sind, eingelagert. Die im Wareneingangslager (WE) befindliche Ablängemaschine kürzt das auf Rollen aufgespulten Oberflächen- und Laufflächenmaterial auf die gewünschte Länge ab. Danach gelangt ein Teil der Oberflächen in die Siebdruckerei (SD_01), der andere Teil in die Sublimation (SUB_01). Beide Abteilungen befinden sich in der Halle A (siehe Abbildung 4-3) und stehen untereinander in einer Wechselbeziehung. Je nach Kundenwunsch wird die Oberfläche zuerst siebgedruckt und im Anschluss sublimiert oder umgekehrt. Das Laufflächenmaterial ist wegen seiner physikalischen Eigenschaften nicht zum Sublimieren geeignet (Stand 2011).

Nach der Siebdruckerei (SD_01) müssen die Oberflächen für 24 Stunden in eine Trockenkammer (TK). Danach gelangt wiederum ein Teil der Oberflächen in die Reinraum-Oberflächenbeschichtung (RR_OFL_BESCH.), ein Teil zur Ultraschallschneidmaschine (GFM1), und ein Teil zur Schutzfolie-Aufziehvorrichtung (SCH_AZ). Auf die Laufflächen wird keine Schutzfolie aufgezo-gen. Sie gelangen von der Siebdruckerei (SD_01) in die Halle B (siehe Abbildung 4-3), wo sie, je nach Herstellungsverfahren, weiter verarbeitet werden. Holzkerne, welche für die Snowboards der Sandwichbauweise benötigt werden, gelangen vom Wareneingangslager (WE) zur Abteilung „Insert bestücken“ (INS_BEST.) Danach werden die Holzkerne in der Holzkern-Biegerei (HOLZ_BIEG.) in die gewünschte Form gebogen und anschließend im Wareneingangslager (WE) zwischengelagert oder direkt zur SWN-Laminierung (SWN_L) transportiert.

In der Halle B befindet sich die eigentliche Produktionsstätte. Die PU-Schäumerei (PU_SCH) zur Herstellung von PU-Snowboards und die SWN-Laminierung (SWN_L) zur Herstellung von Snowboards der Sandwichbauweise. In der PU-Schäumerei (PU_SCH) wird das gesamte Material, welches für die Herstellung von PU-Snowboards benötigt wird, in eine Form, bestehend aus 2 Teilen, eingelegt. Der Zwischenraum wird mit PU-Schaum

gefüllt. Nach dem Schäumen werden die Snowboards für 12 Stunden in der PU-Schäumerei (PU_SCH), und im Anschluss für 48 Stunden in der Trockenkammer (TK_PU) zwischengelagert. Alle PU-Snowboards werden danach in der Schleiferei geschliffen. Snowboards, welche in der Sandwichbauweise hergestellt werden, gelangen von der SWN-Laminierung (SWN_L) zunächst in die Finish-Abteilung (FIN) und von dort aus zur Schleiferei. Die Schleiferei besteht aus mehreren Abteilungen, der Schleiflinie 1 (SCH_LIN1), der Schleiflinie 2 (SCH_LIN2), der Seitenwangen-Fräsmaschine (SW_FRÄS) und der Steinschliffmaschine (ST_SCHL). Nachdem die Snowboards auf der Schleiflinie 1 (SCH_LIN1) bearbeitet worden sind, gelangen sie entweder zur Seitenwangen-Fräsmaschine (SW_FRÄS), zur Steinschliffmaschine (ST_SCHL) oder zur PLT-Anlage (PLT).

Danach werden sie auf der Schleiflinie 2 (SCHL_LIN2) weiterverarbeitet. Ein kleiner Anteil von Snowboards, welcher Schleiffehler aufweist, gelangt wieder zur Schleiflinie 1 (SCHL_LIN1), der andere Teil wird zur Finish-Abteilung (FIN) transportiert. In dieser Abteilung wird zunächst die Schutzfolie abgezogen. Im Anschluss wird das Snowboard auf eventuelle Fehler, wie Kratzer oder Beschädigungen kontrolliert, die Oberfläche gereinigt und die Lauffläche mit einem speziellen Wachs versiegelt. Beim letzten Bearbeitungsschritt werden die Snowboards in einer Kunststoffolie eingeschweißt und jeweils 6 Stück in einem Karton verpackt. Danach gelangen sie ins Warenausgangslager (WA).

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass ein Snowboard vom Wareneingangslager bis zum Warenausgangslager 32 Arbeitsschritte durchläuft.

Nachdem nun die einzelnen Bearbeitungsschritte eines Snowboards erarbeitet wurden, bestand die nächste Aufgabe in der Erörterung der Transportbeziehungen der einzelnen Werkstätten zueinander.

Dies erfolgte mit Hilfe von zwei unterschiedlichen Methoden:

1. Mathematische Darstellung in Matrizenform durch eine Adjazenzmatrix
2. Zweidimensionale Darstellung durch eine isometrische Zeichnung

4.2.3.1 Adjazenzmatrix

Mit Hilfe der unter Abschnitt 3.3.2 erklärten Methoden erfolgte die mathematische Visualisierung der Arbeitsabläufe mit Hilfe einer Adjazenzmatrix. Hierzu wurden, wie in Tabelle 4-2 ersichtlich, die zur Erstellung der Adjazenzmatrix verwendeten Bearbeitungsschritte und Abteilungen zuerst tabellarisch aufgelistet.

1	Wareneingangslager	17	Trockenkammer (PU)
2	Lacklager	18	Brückenstanze
3	Digitaldruckerei	19	Insert bohren
4	Sublimation	20	Ultraschallschneidmaschine GFM 2
5	Siebdruckerei	21	PU-Bauteilvorbereitung
6	Trockenkammer (Siebdruckerei)	22	PU-Schäumerei
7	Reinraum-Oberflächenbeschichtung	23	Kantenbiegerei
8	Furnierkaschiererei	24	SWN-Laminierung
9	Oberfläche coronieren	25	Schleiflinie 1
10	Schutzfolie aufziehen	26	PLT-Anlage
11	Ultraschallschneidmaschine GFM 1	27	Seitenwangen fräsen
12	Holzkerne biegen	28	Stein-Schleifmaschine
13	Insert bestücken	29	Schleiflinie 2
14	Stanzerei (SWN)	30	Finish-Abteilung
15	Ablängerei (PU)	31	Totalausfall
16	Kaschiererei (PU)	32	Warenausgangslager

Tabelle 4-2: Abteilungen und Bearbeitungsschritte

Im Anschluss daran wurden diese, wie in Abschnitt 3.3.2.2 beschrieben, in einer Von-Nach Matrix, auch Adjazenzmatrix (siehe Tabelle 4-3) genannt, eingetragen. Hierbei gilt:

- 1... es besteht eine Beziehung zwischen den Abteilungen
- 0... es besteht keine Beziehung zwischen den Abteilungen

Zur besseren Veranschaulichung wurden alle bestehenden Beziehungen mit gelber Farbe hinterlegt.

Erreicht nach	WEG	KL	ENG_DRUCK	ENG_DR	SO_DR	TR_DR	TR_DRF_DR	FR	DRF_DR	SOH_AZ	STPL_1	HOLZ_BEG	INS_BEST	STANZ_SWN	HL_PU	KASCH_PU	TR_PU	BL_STANZ	HL_BOHR	GFM_2	PU_BV	PU_SCH	KANT_BEG	SWN_1	SCH_LIN1	PLT	SW_FRAG	ST_SCHL	SCH_LIN2	FIN	AUS	WA
WEG	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
KL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ENG_DRUCK	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ENG_DR	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SO_DR	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TR_DR	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TR_DRF_DR	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FR	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DRF_DR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SOH_AZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
STPL_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HOLZ_BEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
INS_BEST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
STANZ_SWN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HL_PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
KASCH_PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TR_PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BL_STANZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HL_BOHR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GFM_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PU_BV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PU_SCH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
KANT_BEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
SWN_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
SCH_LIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
PLT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
SW_FRAG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
ST_SCHL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
SCH_LIN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
FIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
AUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
WA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabelle 4-3: Adjazenzmatrix

4.2.3.2 Abbildung des Materialflusses mittels Auto-CAD

Ergänzend erfolgte die Darstellung des Materialflusses mittels Auto-CAD Architecture 2011. Mit Hilfe dieser isometrischen Darstellungsform im Maßstab 1:1 können die einzelnen Transportwege aus der Zeichnung gemessen werden.

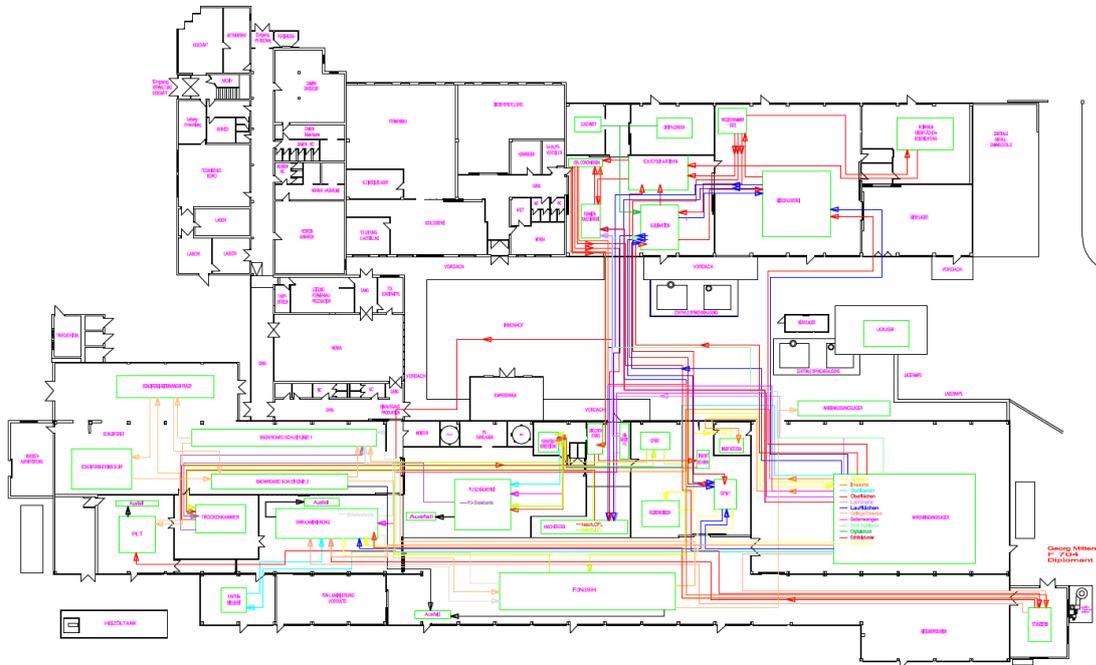


Abbildung 4-4: Materialfluss

In Abbildung 4-4 ist der gesamte Materialfluss der Firma Elan ersichtlich. Über die Funktionen „Layer Frieren/Tauen“ können die einzelnen Materialströme ein- bzw. ausgeblendet werden. Eine Übersicht über die verwendeten Layer ist in Tabelle 4-4 ersichtlich.

Layer 01	Grundmauern
Layer 02	Abteilungen
Layer 03	Beschriftung
Layer 04	Holzkerne
Layer 05	Inserts
Layer 06	Stahlkanten
Layer 07	Oberflächen
Layer 08	Laminate
Layer 09	Laufflächen
Layer 10	Gelege-Gewebe
Layer 11	Seitenwangen

Layer 12	Direkt Digitaldruck
Layer 13	Digitaldruck
Layer 14	Kaschierte Oberflächen
Layer 15	Kaschierte Laufflächen
Layer 16	PU-Snowboards
Layer 17	SW-Snowboards
Layer 18	PU- u. SW-Snowboards
Layer 19	Echtholz furnier
Layer 20	Totalausfall
Layer 21	ABS-Spitze-Ferse
Layer 22	Furnierkaschierte OFL

Tabelle 4-4: Layer

Mit Hilfe der beiden Darstellungsmethoden konnten die Arbeitsabläufe visualisiert werden. Der nächste Schritt der Materialflussanalyse bestand in der Ermittlung des Transportaufwandes. Hierzu wurden die Produktionszahlen des Produktionsjahres 2011 verwendet, da zu Beginn dieser Diplomarbeit die Jahresproduktion von 2012 noch nicht abgeschlossen war.

4.2.4 Ermittlung des Transportaufwandes

Im Produktionsjahr 2011 wurden 206.286 Snowboards produziert. Der dabei entstandene Totalausfall von 6.508 Stück entspricht einem Anteil von 3,15%.

199.778 Snowboards wurden im Warenausgangslager eingelagert und schließlich an die jeweiligen Kunden verkauft. Da die Produktion von Snowboards sehr viel Handarbeit erfordert, spielt der Faktor "menschliches Versagen" eine übergeordnete Rolle.

Hauptfaktoren für einen Ausfall von 3,15%, bezogen auf die Gesamtproduktion:

- Menschliches Versagen
- Falsche Maschineneinstellungen
- Maschinenfehler
- Bedienfehler

Insgesamt wurden in der PU-Schäumerei 79.207 Snowboards, mit einem Anteil von 38,40% der Gesamtproduktion, und in der SWN-Laminierung 127.079 Snowboards, mit einem Anteil von 61,60% der Gesamtproduktion, hergestellt.

Der Totalausfall von 6.509 Snowboards wurde prozentuell auf 4 Abteilungen aufgeteilt:

1. PU-Schäumerei	30%	(1.952 Snowboards)
2. SWN-Laminierung	30%	(1.952 Snowboards)
3. Schleiferei	25%	(1.627 Snowboards)
4. Finish-Abteilung	15%	(976 Snowboards)

Für die weiteren Materialflusserhebungen bedeutet dies, dass nur mehr 77.255 Snowboards aus der PU-Schäumerei und 125.127 Snowboards aus der SWN-Laminierung in weiterer Folge in die Schleiferei gelangen. Insgesamt wurden in der Schleiferei 202.382 Snowboards bearbeitet, jedoch gelangten nur 200.755 Snowboards in die nachgereichte Finish-Abteilung. In dieser Abteilung wurden sie auf eventuelle Beschädigungen kontrolliert, fehlerhafte Snowboards aussortiert und verschrottet. Nach dem Verpacken und Kartонieren wurden

schließlich 199.779 Snowboards im Warenausgangslager eingelagert. Diese Erkenntnisse sind für eine lückenlose Durchführung einer Materialflussanalyse von besonderer Bedeutung.

4.2.4.1 Materialflusstabelle

Anschließend wurden die gesamten Materialflüsse der Firma Elan in eine Materialflusstabelle, erstellt mit Microsoft Excel, eingetragen (siehe Tabelle 4-5 und Tabelle 4-6). Neben der fortlaufenden Nummerierung ist die jeweilige Transportbeziehung zwischen den einzelnen Unternehmensbereichen ersichtlich. Die Abkürzungen dienen für die spätere Erstellung der Sankey-Diagramme. In der Spalte Komponente sind die jeweilig transportierten Bauteile eingetragen. Die rechte Spalte beinhaltet die transportierte Menge in Stück pro Produktionsjahr.

ID_ Transport	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)
	von	nach	von	nach		
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	13217
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	190620
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	63538
8	Wareneingangslager	Ablängerei PU	WE	AB_PU	Laminat/Kaschierstreifen	2640
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	13015
10	Wareneingangslager	PU Schäumerei	WE	PU_SCH	Stahlkanten	79207
11	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	254158
12	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	127079
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	91829
14	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	254158
15	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Seitenwangen	158414
16	Wareneingangslager	GFM 1	WE	GFM_1	ABS-Spitze-Ferse	5000
17	Wareneingangslager	Insert bestücken	WE	INS_BEST.	Inserts	31
18	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Inserts	20
19	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Kleber + Härter	77
20	Wareneingangslager	Schutzfolie aufziehen	WE	SCH_AZ	Schutzfolien	100
21	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Kleber	600
22	Wareneingangslager	PLT	WE	PLT	Kleber	85
23	Wareneingangslager	Kaschiererei (PU)	WE	KASCH_PU	Kleber	532
24	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	diverse Kleineinlegeteile	100
25	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	diverse Kleineinlegeteile	100
26	Wareneingangslager	Digitaldruckerei	WE	DIG_DRUCK	Papier	450
27	Lacklager	Siebdruckerei	LL	SD_01	Farben&Lacke	1200
28	Ablängerei PU	Kaschiererei (PU)	AB_PU	KASCH_PU	Laminat/Kaschierstreifen	157146
29	Ablängerei PU	Furnierkaschiererei	AB_PU	FK	Laminat/Kaschierstreifen	1268
30	Digitaldruckerei	Sublimation	DIG_DRUCK	SUB_01	Digitaldrücke	143119
31	Siebdruckerei	Trockenkammer (SD)	SD_01	TR_SD	siebgedruckte Oberflächen	180306
33	Siebdruckerei	Kaschiererei (PU)	SD_01	KASCH_PU	siebgedruckte Laufflächen (PU)	72600
34	Siebdruckerei	GFM 1	SD_01	GFM_1	siebgedruckte Laufflächen (SWN)	120469
35	Sublimation	Schutzfolie aufziehen	SUB_01	SCH_AZ	sublimierte Oberflächen	86201
36	Sublimation	Siebdruckerei	SUB_01	SD_01	sublimierte Oberflächen	30484
37	Sublimation	Kaschiererei (PU)	SUB_01	KASCH_PU	sublimierte Laufflächen	6607
38	Sublimation	GFM 1	SUB_01	GFM_1	sublimierte Laufflächen	6610
39	Trockenkammer (SD)	Reinraum- OFL- Besch.	TR_SD	RR_OFL_BE	siebgedruckte Oberflächen	104221
40	Trockenkammer (SD)	Schutzfolie aufziehen	TR_SD	SCH_AZ	siebgedruckte Oberflächen	10235
41	Trockenkammer (SD)	GFM 1	TR_SD	GFM_1	siebgedruckte Oberflächen	5629
42	Trockenkammer (SD)	Sublimation	TR_SD	SUB_01	siebgedruckte Oberflächen	60221
43	Reinraum- OFL- Besch.	Schutzfolie aufziehen	RR_OFL_BE	SCH_AZ	UV besch. Oberflächen	104221

Tabelle 4-5: Materialflussbeziehungen in Stück/Jahr (Teil 1)

44	Schutzfolie aufziehen	Furnierkaschiererei	SCH_AZ	FK	OFL mit Schutzfolie	13015
45	Schutzfolie aufziehen	OFL coronieren	SCH_AZ	OFL_COR	OFL mit Schutzfolie	193271
46	Furnierkaschiererei	OFL coronieren	FK	OFL_COR	furnierkaschierte Oberflächen	13015
47	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanztes Gelege/Gewebe	190620
48	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanzte Oberflächen	127079
49	OFL coronieren	PLT	OFL_COR	PLT	coronierte Oberflächen	24760
50	OFL coronieren	Kaschiererei (PU)	OFL_COR	KASCH_PU	coronierte Oberflächen	77939
51	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	coronierte Oberflächen	90572
52	OFL coronieren	Brückenstanze	OFL_COR	BR_STANZ	furnierkaschierte Oberflächen	1268
53	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	furnierkaschierte Oberflächen	11747
54	Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	KASCH_PU	TR_PU	kaschierte Oberflächen	77939
55	Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	KASCH_PU	TR_PU	kaschierte Laufflächen	79207
56	Trockenkammer	Brückenstanze	TR_PU	BR_STANZ	kaschierte Oberflächen	77939
57	Trockenkammer	GFM 2	TR_PU	GFM_2	kaschierte Laufflächen	79207
58	Trockenkammer	Schleiflinie 1	TR_PU	SCHL_LIN1	PU Snowboards	77255
59	Brückenstanze	Insert bohren	BR_STANZ	INS_BOHR.	kaschierte Oberflächen	79207
60	Insert bohren	PU Bauteilvorbereitung	INS_BOHR.	PU_BV	gebohrte kaschierte OFL	79207
61	GFM 2	Finish	GFM_2	FIN	kaschierte LFL mit outline	11677
62	GFM 2	PU Bauteilvorbereitung	GFM_2	PU_BV	kaschierte LFL mit outline	67530
63	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	Laufflächen	127079
64	GFM 1	Kaschiererei (PU)	GFM_1	KASCH_PU	Laufflächen	11677
65	GFM 1	Schutzfolie aufziehen	GFM_1	SCH_AZ	Oberflächen mit Diecut	5629
66	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	ABS-Spitze-Ferse	254158
67	Holzkerne biegen	Insert bestücken	HOLZ_BIEG	INS_BEST.	bestückte Holzkerne	127079
68	Insert bestücken	Wareneingangslager	INS_BEST.	WE	bestückte Holzkerne	91829
69	Insert bestücken	SWN- Laminierung	INS_BEST.	SWN_L	bestückte Holzkerne	35250
70	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	fertige Oberflächen	79207
71	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	fertige Laufflächen	79207
72	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	Seitenwangen	158414
73	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	diverse Kleineinlegeteile	100
74	Kantenbiegerei	SWN- Laminierung	KANT_BIEG	SWN_L	gebogene Stahlkanten	254158
75	PU Schäumerei	Trockenkammer	PU_SCH	TR_PU	PU Snowboards	77255
76	PU Schäumerei	Ausfall	PU_SCH	AUS	PU Snowboards	1952
77	SWN- Laminierung	Schleiflinie 1	SWN_L	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	61176
78	SWN- Laminierung	Finish	SWN_L	FIN	SWN- Snowboards	63951
79	SWN- Laminierung	Ausfall	SWN_L	AUS	SWN- Snowboards	1952
80	Schleiflinie 1	Seitenwangen fräsen	SCHL_LIN1	SW_FRÄS	PU u SWN- Snowboards	177622
81	Schleiflinie 1	PLT	SCHL_LIN1	PLT	PU u SWN- Snowboards	24760
82	PLT	Seitenwangen fräsen	PLT	SW_FRÄS	PU u SWN- Snowboards	24760
83	PLT	Ausfall	PLT	AUS	PU u SWN- Snowboards	0
84	Seitenwangen fräsen	Schleiflinie 2	SW_FRÄS	SCHL_LIN2	PU u SWN- Snowboards	141682
85	Seitenwangen fräsen	Steinschliff	SW_FRÄS	ST_SCHL	PU u SWN- Snowboards	60700
86	Steinschliff	Schleiflinie 2	ST_SCHL	SCHL_LIN2	PU u SWN- Snowboards	60700
87	Schleiflinie 2	Ausfall	SCHL_LIN2	AUS	PU u SWN- Snowboards	1627
88	Schleiflinie 2	Finish	SCHL_LIN2	FIN	PU u SWN- Snowboards	200754
89	Schleiflinie 2	Schleiflinie 1	SCHL_LIN2	SCHL_LIN1	PU u SWN- Snowboards	10038
90	Finish	Ausfall	FIN	AUS	PU u SWN- Snowboards	976
91	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	PU u SWN- Snowboards	4015
92	Finish	PU Bauteilvorbereitung	FIN	PU_BV	kaschierte Laufflächen	11677
93	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	63951
94	Finish	Wareneingangslager	FIN	WA	PU u SWN- Snowboards	199778

Gesamtschrott: 6508

Gesamtanzahl der im Produktionsjahr 2011 produzierten Snowboards (1.W,2.W und Ausfall):

206286

Tabelle 4-6: Materialflussbeziehungen in Stück/Jahr (Teil 2)

Die Aufnahme der IST-Daten erfolgte durch Primär- und Sekundärerhebungen. Neben Befragungen von Mitarbeitern und Beobachtungen der einzelnen Arbeitsschritte wurden auch vorhandene Aufzeichnungen der Transporte zur Erstellung der Materialflusstabelle genutzt. Diese Werte (in Stück/Jahr) konnten anschließend in eine Transportmatrix eingetragen werden (siehe Tabelle 4-7).

4.2.4.2 Materialflussmatrix (in Stück/Jahr)

Fertigstellungs- jahr	WE	LA	BELEGARBEIT	WAL_01	GL_01	TR_02	BR_01_02	FR	GL_02	SCH_02	GM_03	WOLZ.BELEG	HE.BEST	STANZ.WAHR	AL.FU	KASCH.FU	TR.FU	BR.STANZ	HE.SCHN	GM_02	PU.BV	PU.SCH	KANT.BELEG	WAL_03	SCH.LIN1	PUT	SW.FRAS	ST.SCH	SCH.LIN2	FRN	ALU	WA	Summe von
2011			1000	1000	1000																												10000

Tabelle 4-7: Materialflussmatrix (Stück/Jahr)

Aus der Transportmatrix konnten folgende Werte ermittelt werden:

- Gesamtanzahl der transportierten Stück/Jahr: 6.530.430
- Summe der Werte oberhalb der Diagonale: 5.998.261 (Materialflüsse)
- Summe der Werte unterhalb der Diagonale: 532.169 (Materialrückflüsse)

Zusammengefasst erfolgte in diesem Kapitel eine Aufnahme des Produktionsablaufes. Nach dem Erfassen aller Transportbeziehungen zwischen den einzelnen Abteilungen und Bearbeitungsschritten wurden sie in eine Adjazenzmatrix eingetragen und anschließend der Materialfluss mit Hilfe von Auto CAD visualisiert. Im Anschluss daran wurden die Materialflussdaten in Stück/Jahr erhoben und in eine Materialflusstabelle bzw. Materialflussmatrix eingetragen. Für das Produktionsjahr 2011 wurde somit eine Anzahl von 6.530.430 transportierten Stück (Bauteile und Fertigwaren) errechnet.

4.2.5 Analyse der verwendeten Transportmittel

Bislang wurde der Materialfluss in Stück pro Produktionsjahr bestimmt. Um auf die Anzahl der Transporte pro Jahr rückrechnen zu können, ist eine Analyse der zur Verfügung stehenden Transportmittel notwendig. Um das gesamte Material zwischen den einzelnen Abteilungen transportieren zu können, stehen 10 verschiedene Transportmittel zur Verfügung. Die Transportmengen sind sehr stark vom jeweiligen Arbeitsauftrag abhängig. Eine detaillierte Auflistung aller verwendeten Transportwägen und Transportmengen ist in Tabelle 4-9 ersichtlich.

4.2.5.1 Transportwagen TW 01

Transport von:

- Oberflächen- und Laufflächenmaterial
- Gelege und Gewebe
- Laminate/Kaschierstreifen
- Stahlkanten, Seitenwangen
- Kleber und Härter
- diverse Kleineinlegeteile

Ladekapazität:

- OFL und LFL durchschnittlich 350 Stück/TW
- Gelege bis zu 600 Stück/TW
- Stahlkanten und Seitenwangen bis zu 1.000 Stück/TW

Transport zwischen:

- Wareneingangslager und Siebdruckerei
- Wareneingangslager und Sublimation
- Ablängerei und Stanzerei
- ...(siehe Tabelle 4-8 und Tabelle 4-9)



Abbildung 4-5: TW 01

4.2.5.2 Transportwagen TW 02

Transport von:

- PU- und SW-Snowboards
- Ausfall-Snowboards
- Stahlkanten
- teilweise Holzkerne

Ladekapazität:

- im Durchschnitt 60 Snowboards

Transport zwischen:

- PU-Schäumerei und Trockenkammer
- Trockenkammer und Schleiferei
- SWN-Laminierung und Schleiferei
- Schleiflinie 1 und PLT, PLT und Schleiflinie 2
- Schleiflinie 2 und Finish
- ...(siehe Tabelle 4-8 und Tabelle 4-9)



Abbildung 4-6: TW 02

4.2.5.3 Transportwagen TW 03

Transport von:

- abgelängten Oberflächen
- abgelängten Laufflächen

Ladekapazität:

- Bei LFL 150-200 Stück/Fach
- Bei OFL bis zu 250 Stück/Fach
- Max. Zuladung: 2.000 Stück/TW

Transport zwischen:

- Ablängerei und Siebdruckerei
- Ablängerei und Sublimation



Abbildung 4-7: TW 03

Dieser Transportwagen steht auch teilweise für die Zwischenlagerung von bereits abgelängten Materialien zur Verfügung.

4.2.5.4 Transportwagen TW 04

Transport von:

- PU-Snowboards
- SW-Snowboards

Ladekapazität:

- max. 100 Snowboards bei einfacher Lagerung
- 300 Snowboards bei dreischichtiger Lagerung

Transport zwischen:

- Schleiflinie 1 und Schleiflinie 2
- Schleiflinie 2 und Finish
- Schleiflinie 1 und Seitenwangen-Fräsmaschine



Abbildung 4-8: TW 04

Dieser Transportwagen steht auch für die Zwischenlagerung der Snowboards in der Finish-Abteilung und SWN-Laminierung zur Verfügung.

4.2.5.5 Transportwagen TW 05

Transport von:

- Digitaldrücke auf Papierstreifen
- Oberflächen- und Laufflächenmaterial

Ladefähigkeit:

- OFL- u. LFL-Rohmaterial bis zu 500 Stück/TW
- Digitaldrücke bis zu 1.500 Stück/TW

Transport zwischen:

- Digitaldruckerei und Sublimation
- Halle A und Halle B



Abbildung 4-9: TW 05

4.2.5.6 Transportwagen TW 06

Transport von:

- Siebgedruckten Oberflächen und Laufflächen
- Digitaldrücke

Ladefähigkeit:

- Beim Transport von siebgedruckten OFL und LFL maximal 1.500 Stück/TW

Transport zwischen:

- Sublimation und Siebdruckerei
- Zuschnitt Digitaldruckerei und Sublimation
- Halle A und Halle B
- Transporte in der Kaschiererei



Abbildung 4-10: TW 06

4.2.5.7 Gabelstapler GST 01 (Dieselstapler)

Verwendungsbereich:

- Be- und entladen von LKWs externer Lieferanten
- Ladetätigkeiten im Innenhof
- Ladetätigkeiten im Außenlager und am gesamten Betriebsgelände
- Heben und transportieren schwerer Lasten



Abbildung 4-11: GST 01

4.2.5.8 Gabelstapler GST 02 (Elektrostapler)

Verwendungsbereich:

- im Wareneingangslager
- teilweise auch am Betriebsgelände
- Be- und entladen von LKWs



Abbildung 4-12: GST 02

4.2.5.9 Gabelstapler GST 03 (Elektro-Hochhubwagen)

Verwendungsbereich:

- im Wareneingangslager
- am Betriebsgelände
- in der PU-Schäumerei
- Heben und transportieren schwerer Lasten



Abbildung 4-13: GST 03

4.2.5.10 Gabelstapler GST 04 (Handhubwagen)

Verwendungsbereich:

- Transport von Holzkernen und kaschierten OFL u. LFL
- Transport von kaschierten LFL u. OFL zur Trockenkammer
- Transport von kaschierte LFL u. OFL von der Trockenkammer zur Brückenstanze und Ultraschallschneidmaschine GFM 2



Abbildung 4-14: GST 04

Auf einer Palette werden durchschnittlich 500 kaschierte OFL und LFL transportiert. Beim Transport von Holzkernen können bis zu 400 Stück/Palette gleichzeitig bewegt werden.

Zusammenfassend stehen in der Firma Elan 10 Transportmittel (siehe Abbildung 4-5 bis Abbildung 4-14) zur Verfügung. Nach Erarbeitung dieser Daten bestand der nächste Schritt

in der Erweiterung der Materialflusstabelle um die Transportmittel und die jeweilig transportierten Stück.

4.2.6 Erweiterte Materialflusstabelle

Tabelle 4-8 und Tabelle 4-9 wurde jeweils um das verwendete Transportmittel und die Einheiten je Transportmittel erweitert. Eine Division der transportierten Stück pro Jahr durch die Anzahl je Transportmittel ergibt die Anzahl der Transporte pro Jahr für die jeweilige Transportbeziehung. Mit Hilfe der erstellten Auto-CAD Zeichnung im Maßstab 1:1 wurde jeder Transportweg in Meter gemessen und in die Tabelle eingetragen.

ID, Transport	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220	69
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95	64
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52	69
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387	69
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	13217	TW 01	200	67	64
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	190620	TW 01	500	382	59,5
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	63538	TW 01	500	128	77,5
8	Wareneingangslager	Ablängerei PU	WE	AB_PU	Laminat/Kaschierstreifen	2640	GST 04	8	330	45
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	13015	TW 01	250	53	61
10	Wareneingangslager	PU Schäumerei	WE	PU_SCH	Stahlkanten	79207	TW 02	600	133	64,5
11	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	254158	TW 02	1200	212	88,5
12	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	127079	GST 04	320	398	41,5
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	91829	GST 04	320	287	77,5
14	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	254158	TW 01	1024	249	77,5
15	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Seitenwangen	158414	TW 01	1024	155	58,5
16	Wareneingangslager	GFM 1	WE	GFM_1	ABS-Spitze-Ferse	5000	TW 01	150	34	31
17	Wareneingangslager	Insert bestücken	WE	INS_BEST.	Inserts	31	Hand	1	31	36,5
18	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Inserts	20	Hand	1	20	58,5
19	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Kleber + Härter	77	TW 01	4	20	61
20	Wareneingangslager	Schutzfolie aufziehen	WE	SCH_AZ	Schutzfolien	100	GST 04	8	13	69,5
21	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Kleber	600	GST 04	2	300	63,5
22	Wareneingangslager	PLT	WE	PLT	Kleber	85	TW 01	3	29	105,5
23	Wareneingangslager	Kaschiererei (PU)	WE	KASCH_PU	Kleber	532	GST 04	8	67	53
24	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	diverse Kleinleinlegeteile	100	TW 01	2	50	77,5
25	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	diverse Kleinleinlegeteile	100	TW 01	2	50	58,5
26	Wareneingangslager	Digitaldruckerei	WE	DIG_DRUCK	Papier	450	TW 01	5	90	79
27	Lacklager	Siebdruckerei	LL	SD_01	Farben&Lacke	1200	GST 04	8	150	62
28	Ablängerei PU	Kaschiererei (PU)	AB_PU	KASCH_PU	Laminat/Kaschierstreifen	157146	TW 01	350	449	14
29	Ablängerei PU	Furnierkaschiererei	AB_PU	FK	Laminat/Kaschierstreifen	1268	TW 01	100	13	31,5
30	Digitaldruckerei	Sublimation	DIG_DRUCK	SUB_01	Digitaldrucke	143119	TW 06	450	319	15
31	Siebdruckerei	Trockenkammer (SD)	SD_01	TR_SD	siegedruckte Oberflächen	180306	TW 06	500	361	14,5
33	Siebdruckerei	Kaschiererei (PU)	SD_01	KASCH_PU	siegedruckte Laufflächen (PU)	72600	TW 01	400	182	68,5
34	Siebdruckerei	GFM 1	SD_01	GFM_1	siegedruckte Laufflächen (SWN)	120469	TW 01	400	302	69,5
35	Sublimation	Schutzfolie aufziehen	SUB_01	SCH_AZ	sublimierte Oberflächen	86201	TW 06	600	144	11
36	Sublimation	Siebdruckerei	SUB_01	SD_01	sublimierte Oberflächen	30484	TW 06	600	51	16,5
37	Sublimation	Kaschiererei (PU)	SUB_01	KASCH_PU	sublimierte Laufflächen	6607	TW 01	250	27	46
38	Sublimation	GFM 1	SUB_01	GFM_1	sublimierte Laufflächen	6610	TW 01	250	27	52
39	Trockenkammer (SD)	Reinraum- OFL- Besch.	TR_SD	RR_OFL_BE	siegedruckte Oberflächen	104221	TW 01	350	298	33,5
40	Trockenkammer (SD)	Schutzfolie aufziehen	TR_SD	SCH_AZ	siegedruckte Oberflächen	10235	TW 01	150	69	12
41	Trockenkammer (SD)	GFM 1	TR_SD	GFM_1	siegedruckte Oberflächen	5629	TW 01	150	38	74,5
42	Trockenkammer (SD)	Sublimation	TR_SD	SUB_01	siegedruckte Oberflächen	60221	TW 01	300	201	23
43	Reinraum- OFL- Besch.	Schutzfolie aufziehen	RR_OFL_BE	SCH_AZ	UV besch. Oberflächen	104221	TW 01	350	298	31,5
44	Schutzfolie aufziehen	Furnierkaschiererei	SCH_AZ	FK	OFL mit Schutzfolie	13015	TW 01	100	131	7
45	Schutzfolie aufziehen	OFL coronieren	SCH_AZ	OFL_COR	OFL mit Schutzfolie	193271	TW 06	450	430	5
46	Furnierkaschiererei	OFL coronieren	OFL_COR	FK	furnierschierte Oberflächen	13015	TW 06	450	29	5
47	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanztes Gelege/Gewebe	190620	TW 05	400	477	105,5
48	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanzte Oberflächen	127079	TW 05	250	509	105,5
49	OFL coronieren	PLT	OFL_COR	PLT	coronierete Oberflächen	24760	TW 05	250	100	120,5
50	OFL coronieren	Kaschiererei (PU)	OFL_COR	KASCH_PU	coronierete Oberflächen	77939	TW 05	250	312	42
51	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	coronierete Oberflächen	90572	TW 05	250	363	110
52	OFL coronieren	Brückenstanze	OFL_COR	BR_STANZ	furnierkaschierte Oberflächen	1268	TW 01	80	16	36
53	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	furnierkaschierte Oberflächen	11747	TW 01	200	59	110
54	Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	KASCH_PU	TR_PU	kaschierte Oberflächen	77939	TW 06	500	156	73
55	Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	KASCH_PU	TR_PU	kaschierte Oberflächen	79207	TW 06	500	159	73
56	Trockenkammer	Brückenstanze	TR_PU	BR_STANZ	kaschierte Oberflächen	77939	TW 06	500	156	66
57	Trockenkammer	GFM 2	TR_PU	GFM_2	kaschierte Laufflächen	79207	TW 06	500	159	73
58	Trockenkammer	Schleiflinie 1	TR_PU	SCHL_LIN1	PU Snowboards	77255	TW 02	60	1288	34
59	Brückenstanze	Insert bohren	BR_STANZ	INS_BOHR.	kaschierte Oberflächen	79207	TW 01	400	199	14,5
60	Insert bohren	PU Bauteilvorbereitung	INS_BOHR.	PU_BV	gebohrte kaschierte OFL	79207	TW 01	400	199	21,5
61	GFM 2	Finish	GFM_2	FIN	kaschierte LFL mit outline	11677	TW 01	250	47	38
62	GFM 2	PU Bauteilvorbereitung	GFM_2	PU_BV	kaschierte LFL mit outline	67530	TW 01	350	193	17,5
63	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	Laufflächen	127079	TW 01	350	364	61,5
64	GFM 1	Kaschiererei (PU)	GFM_1	KASCH_PU	Laufflächen	11677	TW 01	250	47	25
65	GFM 1	Schutzfolie aufziehen	GFM_1	SCH_AZ	Oberflächen mit Diecut	5629	TW 01	100	57	56
66	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	ABS-Spitze-Ferse	254158	Karton/Hand	3000	85	61,5
67	Holzkerne biegen	Insert bestücken	HOLZ_BIEG	INS_BEST.	bestückte Holzkerne	127079	GST 04	400	318	21
68	Insert bestücken	Wareneingangslager	INS_BEST.	WE	bestückte Holzkerne	91829	GST 04	400	230	33
69	Insert bestücken	SWN- Laminierung	INS_BEST.	SWN_L	bestückte Holzkerne	35250	GST 04	400	89	62,5
70	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	fertige Oberflächen	79207	TW 01	300	265	10
71	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	fertige Laufflächen	79207	TW 01	300	265	10
72	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	Seitenwangen	158414	TW 01	800	199	10
73	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	diverse Kleinleinlegeteile	100	Hand	2	50	10
74	Kantenbiegerei	SWN- Laminierung	KANT_BIEG	SWN_L	gebogene Stahlkanten	254158	TW 01	1000	255	10
75	PU Schäumerei	Trockenkammer	PU_SCH	TR_PU	PU Snowboards	77255	TW 02	60	1288	51,5
76	PU Schäumerei	Ausfall	PU_SCH	AUS	PU Snowboards	1952	TW 02	80	25	97

Tabelle 4-8: Materialflusstabelle (Teil 1)

77	SWN- Laminierung	Schleiflinie 1	SWN_L	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	61176	TW 02	60	1020	30
78	SWN- Laminierung	Finish	SWN_L	FIN	SWN- Snowboards	63951	TW 02	60	1066	28
79	SWN- Laminierung	Ausfall	SWN_L	AUS	SWN- Snowboards	1952	TW 02	80	25	130
80	Schleiflinie 1	Seitenwangen fräsen	SCHL_LIN1	SW_FRÄS	PU u SWN- Snowboards	177622	TW 04	300	593	10
81	Schleiflinie 1	PLT	SCHL_LIN1	PLT	PU u SWN- Snowboards	24760	TW 02	60	413	17
82	PLT	Seitenwangen fräsen	PLT	SW_FRÄS	PU u SWN- Snowboards	24760	TW 04	200	124	75
83	PLT	Ausfall	PLT	AUS	PU u SWN- Snowboards	0	TW 02	1	0	155
84	Seitenwangen fräsen	Schleiflinie 2	SW_FRÄS	SCHL_LIN2	PU u SWN- Snowboards	141682	TW 04	300	473	21,5
85	Seitenwangen fräsen	Steinschliff	SW_FRÄS	ST_SCHL	PU u SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	16
86	Steinschliff	Schleiflinie 2	ST_SCHL	SCHL_LIN2	PU u SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	9
87	Schleiflinie 2	Ausfall	SCHL_LIN2	AUS	PU u SWN- Snowboards	1627	TW 02	80	21	127
88	Schleiflinie 2	Finish	SCHL_LIN2	FIN	PU u SWN- Snowboards	200754	TW 04	100	2008	28
89	Schleiflinie 2	Schleiflinie 1	SCHL_LIN2	SCHL_LIN1	PU u SWN- Snowboards	10038	TW 02	60	168	5
90	Finish	Ausfall	FIN	AUS	PU u SWN- Snowboards	976	TW 02	60	17	92
91	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	PU u SWN- Snowboards	4015	TW 02	60	67	32
92	Finish	PU Bauteilvorbereitung	FIN	PU_BV	kaschierte Laufflächen	11677	TW 01	250	47	61
93	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	63951	TW 02	60	1066	32
94	Finish	Warenausgangslager	FIN	WA	PU u SWN- Snowboards	199778	Hand	6	33297	4
Gesamtschritt:						6508				
Gesamtanzahl der im Produktionsjahr 2011 produzierten Snowboards (1.W,2.W und Ausfall):						206286				

Tabelle 4-9: Materialflusstabelle (Teil 2)

4.2.6.1 Materialflussmatrix

Nachdem die Materialflusstabelle um die oben genannten Daten erweitert wurde, erfolgte anschließend eine Visualisierung der Transporte pro Jahr mit Hilfe einer Materialflussmatrix (siehe Tabelle 4-10).

Transport nach	SW	LL	DLG_DRUCK	SAB_D1	SD_D1	TR_S0	ML_DSL_W	FIN	DLG_LIN	SDI_A2	GM_1	MOZ_BEG	ML_BEG	STANZ_SWN	AL_PU	MOSE_PU	TR_PU	ML_STANZ	ML_BOH	GM_2	PU_BV	PU_S01	MANT_BEG	SWN_2	SCHL_LIN1	PLT	SW_FRÄS	ST_SCHL	SCHL_LIN2	FIN	AUS	WA	Summe von				
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
LL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
DLG_DRUCK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
SAB_D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
SD_D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TR_S0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
ML_DSL_W	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
FIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
DLG_LIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
SDI_A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
GM_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MOZ_BEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ML_BEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
STANZ_SWN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AL_PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MOSE_PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TR_PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ML_STANZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ML_BOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
GM_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PU_BV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PU_S01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
MANT_BEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SWN_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SCHL_LIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PLT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SW_FRÄS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST_SCHL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCHL_LIN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe nach	230	0	90	392	390	361	298	227	659	191	462	398	340	824	130	1884	1603	172	159	109	164	922	212	2760	3009	142	717	203	476	1621	18	10207	0	0			

Tabelle 4-10: Materialflussmatrix (Transporte/Jahr)

Aus dieser Matrix konnten folgende Werte ermittelt werden:

- Gesamtanzahl der Transporte/Jahr: 56.111
- Summe der Werte oberhalb der Diagonale: 52.413 Transporte/Jahr
- Summe der Werte unterhalb der Diagonale: 3.698 Transporte/Jahr

Mit Hilfe dieser Untersuchungen hat sich gezeigt, dass im Produktionsjahr 2011 beim Snowboardhersteller Elan 56.111 Transporte stattgefunden haben. Davon sind 3.698 Transporte den Materialrückflüssen zuzuordnen.

4.2.6.2 Entfernungsmatrix

Im nächsten Schritt erfolgte eine Darstellung der Entfernungen der einzelnen Abteilungen zueinander. Die hierfür benötigten Wegstrecken wurden aus der isometrischen Zeichnung (siehe Abbildung 4-4), welche im Maßstab 1:1 erarbeitet wurde, gemessen und anschließend in eine Entfernungsmatrix eingetragen (siehe Tabelle 4-11).

Tabelle 4-11: Entfernungsmatrix (in Meter)

4.2.6.3 Transportintensitätsmatrix

Eine Multiplikation der Werte aus der Materialflussmatrix (in Transporte/Jahr) mit den Werten aus der Distanzmatrix ergibt die Transportintensitätsmatrix (siehe Tabelle 4-12).

Tabelle 4-12: Transportintensitätsmatrix

Werden alle Werte in der Transportintensitätsmatrix aufsummiert, ergibt sich eine Transportintensität von

1.088.590 Transporteinheiten x Meter (TEM)

Diese ermittelte Zahl beschreibt den gesamten Transportaufwand (2011) der Firma Elan.

ZIEL: Minimierung dieser Größe → Optimierung des Transportaufwandes

Die Bestimmung dieser Zielgröße ist bei der IST-Analyse von großer Bedeutung, da sich alle weiteren Schritte in der Materialflussoptimierung an dieser Größe orientieren. Im Falle einer Veränderung am bestehenden System, z.B. durch Versetzen einzelner Abteilungen, kann sofort eine Aussage darüber getroffen werden, ob sich der Transportaufwand dabei verbessert oder verschlechtert.

Nach der mathematischen Visualisierung der Materialflussdaten mittels Matrizen erfolgt im anschließenden Abschnitt eine graphische Darstellung durch Sankey-Diagramme.

4.2.7 Sankey-Diagramme

Wie schon in Abschnitt 3.3.2.3 erwähnt, stellen Sankey-Diagramme eine weitere Form der Visualisierung des Materialflusses dar. Sie bestehen aus Knoten und Kanten.

- Knoten: Abteilungen und Bearbeitungsschritte
- Kanten: Die Breite der Verbindungslinien ist von der Materialflussmenge abhängig

In Rahmen dieser Diplomarbeit wurden zwei verschiedene Sankey-Diagramme zur Veranschaulichung des Materialflusses in Stück/Jahr und Transporte/Jahr erarbeitet. Die hierzu verwendeten Daten wurden aus der Materialflussmatrix entnommen. Erstellt wurden die beiden Sankey-Diagramme mit Hilfe von Microsoft Visio.

4.2.7.1 Sankey-Diagramm (in Stück/Jahr)

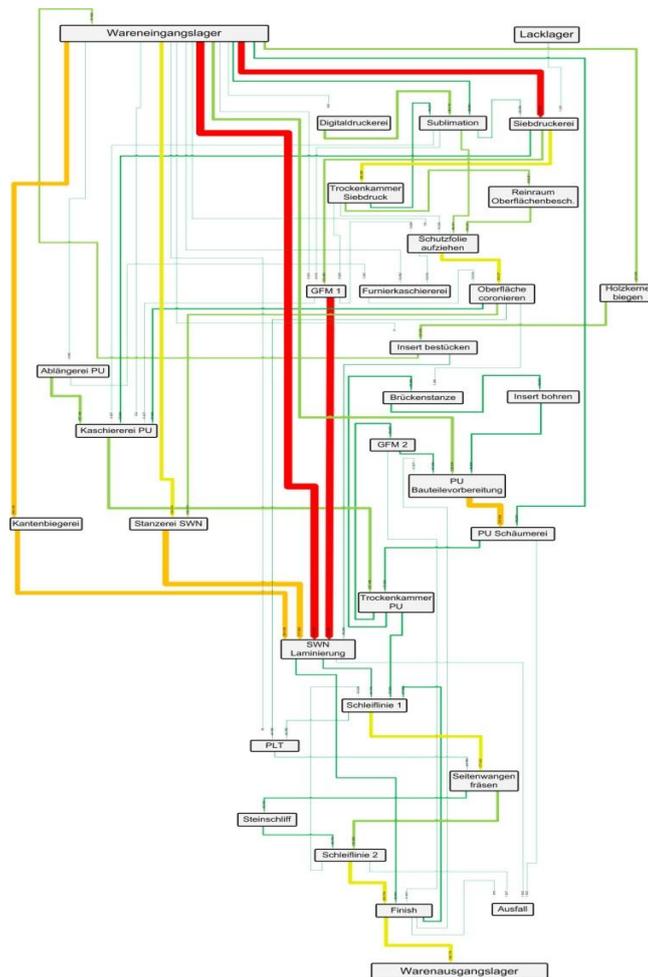


Abbildung 4-15: Sankey-Diagramm (Stück/Jahr)

Aus diesem Sankey-Diagramm (siehe Abbildung 4-15) konnten die Beziehungen der einzelnen Abteilungen und Betriebsmittel zueinander bezüglich der Stücktransporte pro Jahr veranschaulicht werden. Hierbei zeigte sich, dass zwischen dem Wareneingangslager und der SWN-Laminierung, dem Wareneingangslager und der Siebdruckerei bzw. zwischen der Ultraschallschneidmaschine GFM 1 und der SWN-Laminierung eine rege Transportbeziehung herrscht. Auch zwischen der PU-Bauteilvorbereitung und PU-Schäumerei bzw. der Stanzerei SWN und der SWN-Laminierung werden eine hohe Anzahl von Stücken pro Jahr transportiert. Im Gegensatz dazu ist der Materialfluss zwischen dem Wareneingangslager und der Digitaldruckerei von untergeordneter Bedeutung.

4.2.7.2 Sankey-Diagramm (in Transporte/Jahr)

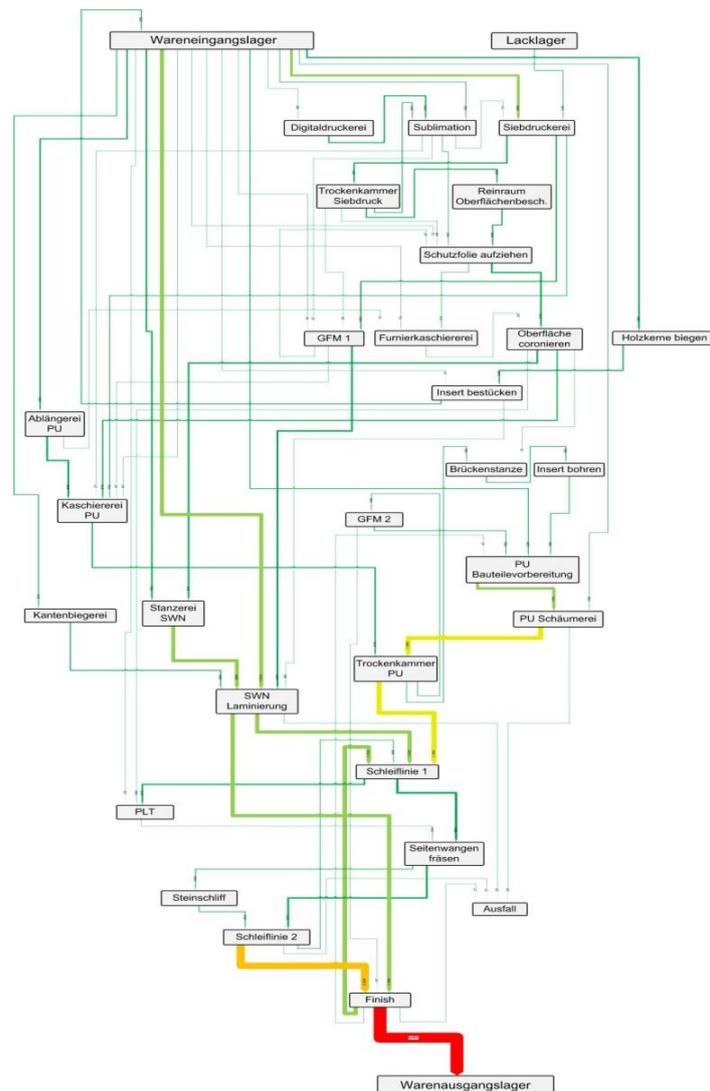


Abbildung 4-16: Sankey-Diagramm (Transporte/Jahr)

Grundsätzlicher Arbeitslauf in der Snowboardproduktion:

Nach der PU-Schäumerei und der SWN-Laminierung gelangen die Snowboards in die Schleiflinie, in welcher der Farbbelag und die Stahlkanten geschliffen werden. Anschließend erfolgt die Endkontrolle in der Finish-Abteilung. In dem vorliegenden Sankey-Diagramm in Transporte/Jahr (siehe Abbildung 4-16) ist jedoch ersichtlich, dass ein erheblicher Anteil an Transporten direkt von der SWN-Laminierung in die Finish-Abteilung führt. Daraus resultiert ein anschließender Materialrückfluss in die Schleiferei zur Schleiflinie 1. Dies ist auf die Entfernung des Klebbandes der Laufflächen mit Diecuts (siehe Schwachstellenanalyse Abschnitt 4.2.8.3.3) zurückzuführen.

Mit der Erstellung der Sankey-Diagramme endet die IST-Datenaufnahme für die Materialflussanalyse der Firma Elan. Im nächsten Abschnitt werden einzelne Problembereiche, welche während der Datenerhebung erkannt wurden, näher erörtert.

4.2.8 Analyse der Problembereiche und Schwachstellen

Eine weitere Aufgabe dieser Diplomarbeit bestand in der Analyse von Schwachstellen. Hierzu wurden im Zuge der IST-Datenaufnahme Schwachstellen im Materialfluss, welche sich im Laufe der Jahre durch die Erweiterung der Produktion, sowie durch die Anschaffung neuer Produktionsmaschinen entwickelt haben, erarbeitet. Hierbei wurden folgende Schwachstellen erkannt und analysiert:

- **Produktionstechnische Schwachstellen**
- **Materialflusstechnische Schwachstellen**
- **Kombinierte Schwachstellen (produktions- und materialflusstechnischer Natur)**

Insgesamt wurden 15 relevante Schwachstellen im Zuge der IST-Analyse erkannt. Der Problembereich PU-Snowboards und PU-Schäumerei (siehe Abschnitt 4.2.8.3.4) wies das größte Entwicklungspotential auf, weshalb in weiterer Folge der Diplomarbeit konkret auf diesen Punkt eingegangen wurde.

4.2.8.1 Produktionstechnische Schwachstellen

4.2.8.1.1 Papierzuschnitt Digitaldruckerei

Die zur Sublimation von Oberflächen und Laufflächen benötigten Drücke werden auf sieben Digitaldruckern gedruckt. Anschließend werden die Drücke automatisch auf Rollen aufgespult. Der Zuschnitt der einzelnen Drücke aus dem Endlospapier erfolgt allerdings durch einen Mitarbeiter per Hand mittels Lineal und scharfen Messer. Versuche, diesen Arbeitsschritt weitgehend durch eine Schnitvorrichtung zu automatisieren, verliefen jedoch negativ. In Abbildung 4-17 ist die bestehende Digitaldruck-Zuschnittvorrichtung zu sehen.



Abbildung 4-17: Bestehende Zuschnittvorrichtung

4.2.8.1.2 Schutzfolienzuschnitt

Jede Oberfläche wird zum Schutz gegen Beschädigungen mit einer Schutzfolie versehen. Da die Schutzfolie immer etwas breiter als die Oberfläche ist, muss diese nach dem Aufbringen in der Länge und Breite zugeschnitten werden. Dieser Arbeitsschritt erfolgt durch einen Mitarbeiter per Hand.



Abbildung 4-18: Schutzfolienaufziehvorrichtung

4.2.8.1.3 Siebdruckerei

Alle verwendeten Materialien wie Oberflächenmaterial, Laufflächenmaterial, Farbe, Härter und Verdünnung müssen vor dem ersten Druckvorgang für 24 Stunden in der Siebdruckerei gelagert werden (siehe Abbildung 4-19). Dadurch ergeben sich ein Platzproblem und ein sehr hoher logistischer Aufwand.



Abbildung 4-19: Zwischenlagerung in der Siebdruckerei

4.2.8.1.4 Folienabziehmaschine Finish

Um die Oberseite der Snowboards vor Beschädigungen zu schützen, wird am Anfang des Produktionszyklus eine Schutzfolie auf die bereits bedruckte Oberfläche aufgezogen. Diese dient vor allem dem Schutz des Snowboards vor Beschädigungen durch Niederhalterollen, Schleifspäne und Schleiffunken in der Schleiflinie. Am Ende des Produktionszyklus wird

diese Schutzfolie in der Finish-Abteilung wieder abgezogen. Dies geschieht per Hand mit Hilfe einer kleinen, von der Betriebsschlosserei Elan selbst konstruierten, Folienabziehmaschine (siehe Abbildung 4-20).



Abbildung 4-20: Folienabziehmaschine

Die Firma Mechatronic Systemtechnik GmbH versuchte bereits im Jahr 2005 eine geeignete Lösung zu finden, um auch diesen Arbeitsschritt weitgehend zu automatisieren. Zu diesem Zweck entwickelte sie eine sehr komplexe Fertigungsmaschine (siehe Abbildung 4-21). Zahlreiche Versuche und Testläufe verliefen jedoch negativ und erbrachten nicht den gewünschten Erfolg. Heute dient diese Anlage lediglich als "Lückenfüller" zwischen der Insertbohranlage und dem nachfolgenden Bearbeitungsschritt.



Abbildung 4-21: Konzept Mechatronic Systemtechnik GmbH

4.2.8.2 Materialflusstechnische Schwachstellen

4.2.8.2.1 Transport Halle A - Halle B

In der Halle A werden Oberflächen und Laufflächen sublimiert und/oder siebgedruckt. Nach einer Verweildauer von ca. 12 Stunden in einer Trockenkammer bekommt die Oberfläche eine Schutzfolie aufgezogen. Danach gelangen die Laufflächen zur Arbeitsvorbereitung in

die Halle B. Der Transport erfolgt durch Mitarbeiter auf Liegewagen über den Innenhof. Die Oberflächen gelangen, nachdem die Schutzfolie aufgezogen wurde, entweder in die SWN-Stanzerei, in die Arbeitsvorbereitung zum Diecut schneiden, oder in die PU-Kaschiererei. Alle diese Abteilungen befinden sich in der Halle B. Wie in nachfolgender Abbildung ersichtlich, erfolgt der Transport ebenfalls auf Liegewagen über den Innenhof. Dadurch sind alle Materialien den bestehenden Witterungsverhältnissen ausgesetzt. Auch die zurückgelegten Wege sind extrem lang.

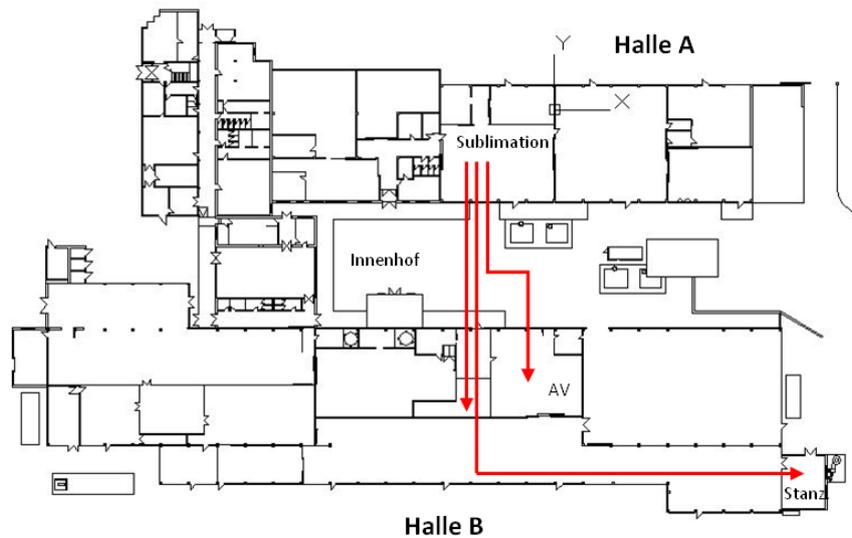


Abbildung 4-22: Transport Halle A - Halle B

4.2.8.2.2 Holzkerne biegen und bestücken

Holzkerne für Snowboards der Sandwichbauweise werden von den Firmen Elan Begunje und Dedra Slovenija gefertigt und zugeliefert. Bei der Firma Elan Fürnitz werden die Holzkerne dann unter Hitzeeinwirkung in die gewünschte Form gebogen und anschließend mit Inserts bestückt. Inserts sind kleine Gewindeeinsätze und dienen der späteren Montage von Bindungen. Die angelieferten Holzkerne werden im Wareneingangslager deponiert. Von dort aus gelangen sie auf Paletten in die Abteilung „Arbeitsvorbereitung“. Nach dem Biegevorgang und der Insertbestückung (siehe Abbildung 4-23) werden die Holzkerne wieder zurück ins Wareneingangslager gebracht. Hier ergibt sich ein Materialrückfluss, da die Holzkerne nicht verbrauchsorientiert vorbereitet werden.

Die Holzfeuchte oder Holzfeuchtigkeit beeinflusst maßgeblich die technologischen und mechanischen Eigenschaften des Holzes. So bewirkt eine Verringerung der Luftfeuchtigkeit von 1% eine Verringerung der Breite des Holzernes von etwa 1 mm. Bevor die Holzkerne in der Sandwich-Nass-Abteilung in die Form eingelegt werden können, werden sie in der

Klimakammer für 48 Stunden bei konstanter Raumtemperatur und konstanter Luftfeuchte eingelagert.



Abbildung 4-23: Biegevorrichtung (links), Holzkerne (rechts)

Folgende Schwachstellen wurden bei der IST-Analyse erkannt:

1. Materialrückfluss ins Wareneingangslager (siehe Abbildung 4-24)
2. Keine konstanten Klimaverhältnisse im Wareneingangslager, meist sind die Lagertüren geöffnet und es herrschen im Sommer, sowie im Winter Außenbedingungen im Lager (sehr ungünstige Bedingungen für das Holz bezüglich Ausdehnung, Schrumpfung, Feuchtigkeit)
3. Holzkerne werden auf Paletten per Hubwagen bis zur SWN-Abteilung transportiert. (sehr schmale Wege und Verwinkelungen)

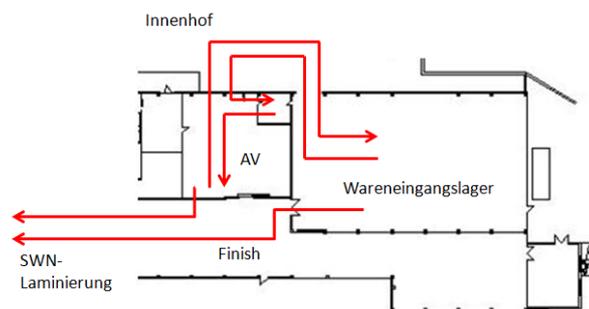


Abbildung 4-24: Materialrückfluss ins Wareneingangslager

Materialfluss der Holzkerne:

- Lagerung im Wareneingangslager
- Holzkerne mit Inserts bestücken
- Bestückte Holzkerne biegen
- Rücktransport ins Wareneingangslager
- Transport zur SWN-Laminierung
- Lagerung für 48 Std. in der Klimakammer
- Einlegen in der SWN-Laminierung

4.2.8.2.3 Weg der Oberflächen bis zur SWN-Laminierung

Nach dem Siebdrucken und Sublimieren in der Halle A werden die Oberflächen in der Stanzerei in die gewünschte Form gestanzt. Von der Stanzerei gelangen die Oberflächen auf Liegewagen in die SWN-Laminierung. Der gesamte zurückgelegte Weg beträgt bei diesem Arbeitsschritt ca. 220 Laufmeter. In nachfolgender Abbildung ist der Materialfluss der Oberflächen dargestellt.



Abbildung 4-25: Weg der Oberflächen zur SWN-Laminierung

4.2.8.2.4 Wegstück zwischen der Stanzerei und SWN-Laminierung

Im nördlichsten Teil der Firma Elan befindet sich die Stanzerei. Hier werden alle Materialien, die zur Produktion von SW-Snowboards benötigt werden, in Form gestanzt. Früher befand sich die SWN-Laminierung direkt neben der Stanzerei, was materialflusstechnisch optimal war. Durch die immer weiter fortschreitende Globalisierung und der damit verbundenen Forderung nach Individualität und Flexibilität wurde die Firma Elan jedoch ständig umgebaut und vergrößert. Heute befindet sich die SWN-Abteilung ca. 110 Laufmeter von der Stanzerei entfernt. Der Transport in diese Abteilung erfolgt auf Liegewagen durch die gesamte Finish-Abteilung. Wie in Abbildung 4-27 ersichtlich, wird der Transport durch einen sehr schmalen Durchgang (siehe Markierung in nachfolgender Abbildung) behindert. Diese Problematik wird in Abschnitt 4.2.8.3.2 näher erörtert.



Abbildung 4-26: Materialfluss Gelege und Oberflächen nach dem Stanzen



Abbildung 4-27: Wegstück zwischen Stanzerei und der SWN-Laminierung

4.2.8.2.5 Kaschiererei-Trockenkammer

Nach dem Kaschieren verweilen die kaschierten Lauf- und Oberflächen für 12 Stunden in der PU-Schäumerei. Anschließend erfolgt eine 48-stündige Aushärtung des Klebers in der Trockenkammer bei ca. 45°C.

Die kaschierten Laufflächen gelangen von der Trockenkammer zur Ultraschallschneidemaschine GFM 2. Die kaschierten Oberflächen werden auf der Brückenstanze in der Kaschiererei in die gewünschte Form gestanzt. Wie in Abbildung 4-28 ersichtlich, ergeben sich hierbei sehr lange Transportwege und ein Materialrückfluss in die Kaschiererei.

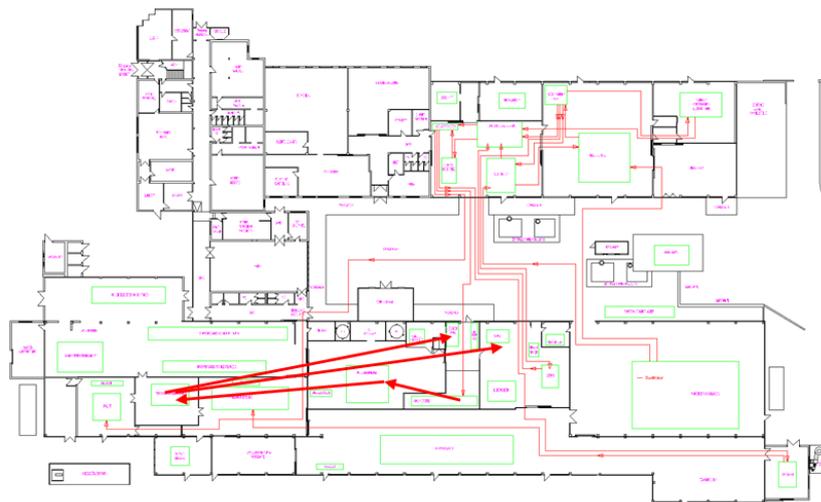


Abbildung 4-28: Materialfluss zwischen Kaschiererei und Trockenkammer

4.2.8.2.6 PU-Schäumerei-Trockenkammer

Nach dem Schäumen werden die PU-Snowboards für 12 Stunden in der Trockenkammer zwischengelagert. Diese Zeit ist für die Aushärtung des PU-Schaumes äußerst wichtig. Hier ergibt sich ebenfalls ein langer Transportweg und großer Zwischenlagerbedarf.

4.2.8.2.7 Weg Schleiflinie bis zur Finish-Abteilung

Nachdem die Kanten und Laufflächen in der Schleiflinie bearbeitet wurden, gelangen die Snowboards in die Finish-Abteilung. Die Distanz beträgt ca. 30 Laufmeter, jedoch

erschweren, wie in den beiden Abbildungen ersichtlich, viele Verwinkelungen und enge Durchlässe den Transport.

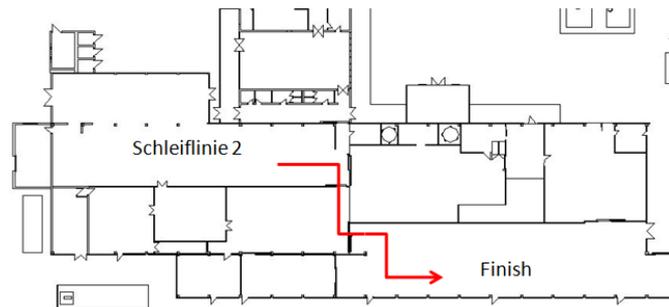


Abbildung 4-29: Materialfluss Schleiflinie-Finish



Abbildung 4-30: Transporterschwernis aufgrund enger Durchlässe

4.2.8.3 Kombinierte Schwachstellen

4.2.8.3.1 Finish Fertigungslinie

In der Finish-Abteilung werden die Snowboards nachbearbeitet und für den Versand vorbereitet. Am Anfang der Fertigungslinie werden die Inserts aufgebohrt. Danach sollte eigentlich vollautomatisch die Schutzfolie abgezogen werden. Wie schon in Abschnitt 4.2.8.1.4 näher erörtert, ist diese Anlage jedoch nicht funktionstüchtig. Nach dem Aufbohren der Inserts erfolgt eine Nachbearbeitung dieser. Dabei werden Schmutzpartikel und Späne mittels Druckluft beseitigt und die Inserts auf ihre Funktion geprüft. Erst im Anschluss erfolgt das Abziehen der Schutzfolie, allerdings wie schon erwähnt, durch einen Mitarbeiter per Hand. Zwischen "Insert bearbeiten" und "Schutzfolie abziehen" erfolgt der Transport nicht wie ursprünglich geplant auf dem bestehenden Förderband, sondern auf Transportwägen. Erst nach dem Prägedruck gelangen die Snowboards wieder auf die Fertigungslinie. Der Materialfluss der Snowboards durch die Finish-Abteilung ist in nachfolgender Abbildung ersichtlich.

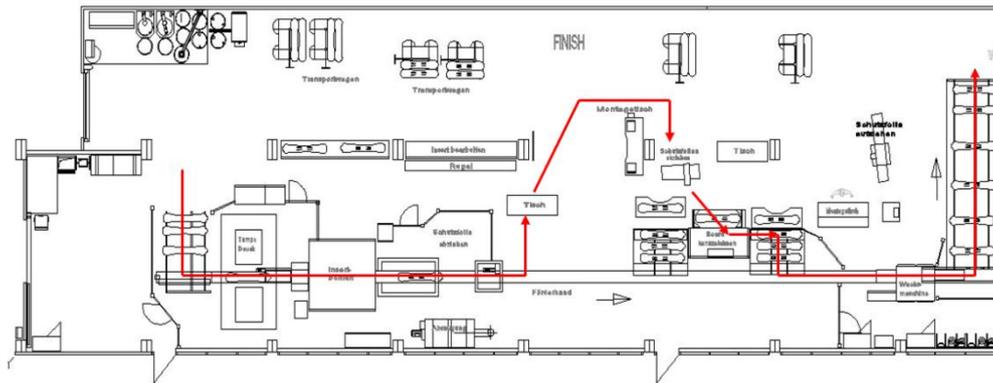


Abbildung 4-31: Transport der Snowboards durch die Finish-Abteilung

Auch wenn es möglich wäre, die Schutzfolien automatisch mit der bestehenden Anlage abzuziehen, ist diese Maschine völlig falsch in den Fertigungsablauf integriert. Durch die Insertnachbearbeitung mit Druckluft, Gewindebohrer und sonstigen Hilfsmittel besteht immer die Gefahr die Oberfläche zu beschädigen. Erst nach diesem Arbeitsschritt ist das Entfernen der Schutzfolie sinnvoll.

Insgesamt weist die Finish-Abteilung eine Gesamtfläche von 690 m² auf. Durch die Problematik der automatischen Folienabziehmaschine und der Übergehung des Förderbandes entsteht eine ungenutzte Produktionsfläche von ca. 60 m². Lediglich die Insertnachbearbeitung erfolgt innerhalb dieser Fläche (siehe folgende Abbildungen).

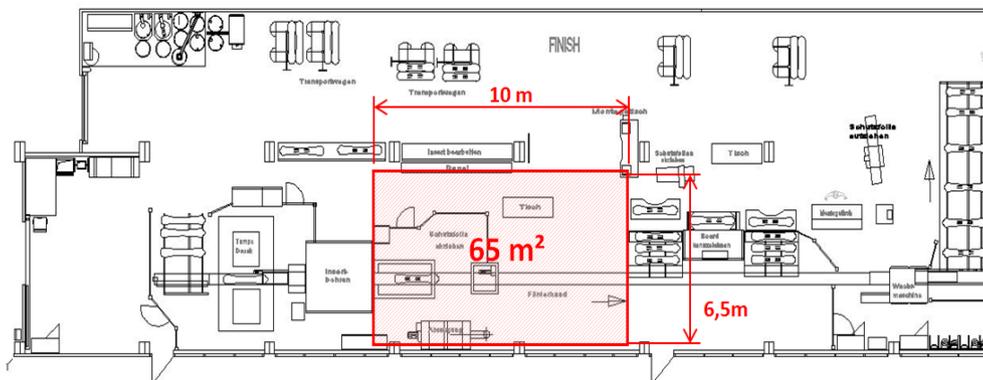


Abbildung 4-32: Ungenutzte Produktionsfläche (1)



Abbildung 4-33: Ungenutzte Produktionsfläche (2)

4.2.8.3.2 Verpackungsmaschine-Warenausgangslager

Nach der Endkontrolle in der Finish-Abteilung wird jedes Snowboard in eine Kunststoffolie eingeschweißt. Jeweils 6 Snowboards der gleichen Serie werden zusammengelegt und gelangen danach ins Warenausgangslager.

Zwischen dem Kartonieren und dem Warenausgangslager muss jede 6er-Packung à 15 kg einen Weg von ca. 3 m zurücklegen (siehe Abbildung 4-35). Diese Strecke wird jedoch nicht über ein automatisches Fördersystem, sondern durch einen Mitarbeiter per Hand, von Punkt A nach Punkt B befördert. Bei einer Jahresproduktion von ca. 200.000 Snowboards bedeutet dies 3.333 Arbeitsschritte und insgesamt ca. 700.000 kg, die ein Mitarbeiter in einem Produktionsjahr transportieren muss.



Abbildung 4-34: Verpackungsmaschine-Warenausgangslager

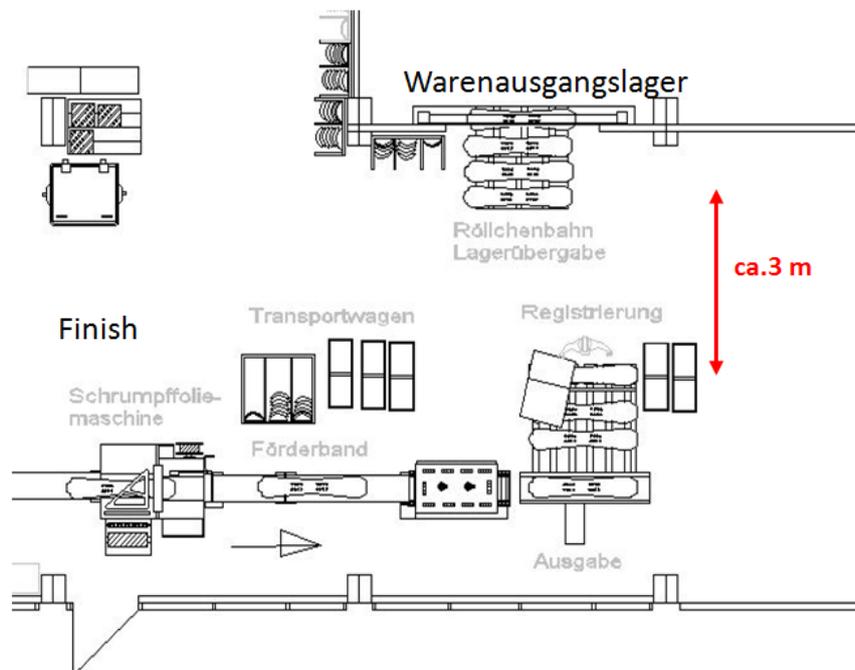


Abbildung 4-35: Übergabestation ins Warenausgangslager

4.2.8.3.3 Diecut bzw. Intarsia

Mittels einer digitalen Schneidemaschine, genannt GFM 1 (siehe Abbildung 4-38), werden Logos, Schriftzüge und Motive, sogenannte Diecuts (siehe Abbildung 4-37), aus einer bereits bedruckten Lauffläche geschnitten. Aus einer zweiten Lauffläche werden die passenden Negative ausgeschnitten. Anschließend werden die einzelnen Teile wie ein Puzzle zusammengesetzt. So kann z.B. eine Lauffläche aus bis zu 40 Einzelteilen bestehen. Oftmals wird dieses Verfahren mittels einer Flip-Flop-Technik (siehe Abbildung 4-36) umgesetzt. Dies spart sehr viel Zeit und Arbeit und reduziert den Abfall auf ein Minimum.



Abbildung 4-36: Flip-Flop-Technik



Abbildung 4-37: Diecut



Abbildung 4-38:
Ultraschallschneidmaschine GFM 1

Allerdings hat dieses Verfahren einen Nachteil:

Mittels Klebebandstreifen werden die Intarsiateile in der Lauffläche fixiert. Bevor ein Snowboard die Schleiflinie durchläuft, müssen diese Klebebandstreifen jedoch wieder von Hand entfernt werden. Ansonsten verkleben die Schleifbänder in der Schleiferei sofort und sind innerhalb kürzester Zeit unbrauchbar. In nachfolgender Abbildung ist die Fixierung der Einzelzeile mittels Klebeband ersichtlich.



Abbildung 4-39: Fixierung der Einzelteile mittels Klebeband

Entfernt werden die Klebebandstreifen immer in der Finish-Abteilung durch einen Mitarbeiter. Jedoch gibt es hier einen Unterschied zwischen den PU-Snowboards und jenen, die in der Sandwichbauweise hergestellt werden.

Vorgehensweise bei Snowboards der Sandwichbauweise:

Entfernung des Klebebandes nach dem Verpressen, das heißt, die Lauffläche wird samt Klebeband in das Modell eingelegt. Da in der SWN-Laminierung mit einem speziellen Kleber gearbeitet wird, müssen alle SW-Snowboards, auch jene ohne Diecut, nach dem Einlegen für 48 Std. in die Finish-Abteilung, in der dann auch das Klebeband entfernt wird.

Vorgehensweise bei Snowboards der PU-Bauweise:

Entfernung des Klebebandes von der kaschierten Lauffläche, das heißt, die Lauffläche wird ohne Klebeband in das Modell eingelegt.

Dabei ergeben sich speziell für die LFL der PU-Snowboards sehr lange Wege:

1. Intarsia kleben in der Arbeitsvorbereitung
2. Lauffläche kaschieren in der Kaschiererei
3. Trockenzeit 12 Stunden in der PU-Schäumerei
4. Trockenzeit 48 Stunden in der Trockenkammer
5. Outline schneiden in der Arbeitsvorbereitung (GFM 2)
6. Abziehen der Klebebandstreifen in der Finish-Abteilung
7. Zwischenlagerung der fertigen Laufflächen in der PU-Bauteilvorbereitung
8. Einlegen der Laufflächen in der PU-Schäumerei

In Abbildung 4-40 ist der Materialfluss der Laufflächen (LFL), die zur Produktion von PU-Snowboards benötigt werden, ersichtlich.

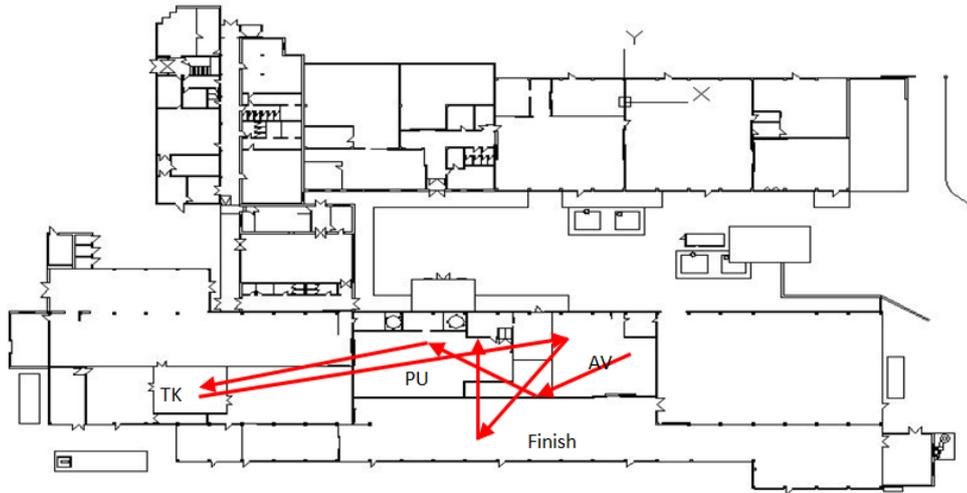


Abbildung 4-40: zurückgelegter Weg der PU-LFL mit Diecut

Im Produktionsjahr 2011 wurden 11.677 PU-Snowboards und 63.951 SW-Snowboards mit Diecut-Laufflächen produziert. Das heißt, dass bei insgesamt 75.628 Snowboards das Klebeband in einem eigenen, sehr aufwändigen Arbeitsschritt entfernt werden musste. Der Transport innerhalb der einzelnen Abteilungen erfolgt durch Mitarbeiter auf Liege- oder Stehwagen, allerdings besteht hier das unter Punkt 4.2.8.2.1 beschriebene Problem (Transport Halle A - Halle B) nicht.

Wird zwischen dem Aufbringen und dem Entfernen des Klebebandes eine Zeit von 7 Tagen überschritten, kann es nicht mehr vollständig von der Lauffläche gelöst werden. Eine Nacharbeit mit einem scharfen Lösungsmittel ist dann zwingend erforderlich.

4.2.8.3.4 PU-Snowboards und PU-Schäumerei

Zeitgleich zur Erstellung der Diplomarbeit wurde eine Energieprüfung durch die KELAG (Kärntner Elektrizitäts Aktiengesellschaft) durchgeführt. Diese erbrachte das Ergebnis, dass Snowboards der PU-Bauweise höhere Produktionskosten in der Herstellung verursachen, als jene der Sandwichbauweise. Dies ist auf den hohen Energiebedarf zur Beheizung der Pressen und der Trockenkammer zurückzuführen. Beide Vorgänge werden ausschließlich für die Produktion von PU-Snowboards benötigt.

Diese Schwachstelle weist laut eigenem Ermessen und Meinung der technischen Entwicklungsabteilung der Firma Elan das meiste Optimierungspotential auf. Deshalb bestand eine weitere Aufgabe der Diplomarbeit darin, Konzepte zur Minimierung dieses Problems zu erarbeiten. Abbildung 4-41 zeigt eine Presse, die zur Herstellung von PU-Snowboards benötigt wird.



Abbildung 4-41: PU-Schäumerei

Nachdem der aktuelle Materialfluss der Firma aufgenommen und Schwachstellen erarbeitet wurden, lag der nächste Schritt dieser Diplomarbeit in der Durchführung einer Reihenfolgeoptimierung.

4.3 Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498

Im Zuge der Reihenfolgeoptimierung galt die Frage zu beantworten, wie die Anordnung der einzelnen Abteilungen beim Snowboardhersteller Elan sein sollte, um bessere Materialflussbeziehungen zu erhalten. (Vorgehensweise siehe Abschnitt 3.5.1) In Tabelle 4-13 ist ein Ausschnitt aus der durchgeführten Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498 ersichtlich.

Flusswert nach		DIG_DRUCK	SKL_01	SKL_02	TR_03	HL_DR_04	PL	DR_LDR	SCHL_02	GM_03	HOZ_DRG	HL_BEST	STANZ_SWAN	HL_PU	KANT_LV	TR_PU	BL_STANZ	HL_BOH	GM_02	PL_BW	PL_SCH	KANT_DRG	SKL_03	SCHL_01	PLT	SW_FRAS	ST_SCH	SCHL_02	FIN	AUS	WA	Summe von	
HL_DRG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SKL_01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SKL_02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR_03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HL_DR_04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DR_LDR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCHL_02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GM_03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HOZ_DRG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HL_BEST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STANZ_SWAN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HL_PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KANT_LV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TR_PU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BL_STANZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HL_BOH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GM_02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PL_BW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PL_SCH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KANT_DRG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SKL_03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCHL_01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW_FRAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ST_SCH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCHL_02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe von	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quotient	unendlich	unendlich	unendlich	0,48	16,57	1,68	1,00	0,20	1,85	0,98	1,51	unendlich	0,28	2,34	unendlich	0,31	1,00	1,10	1,00	1,11	1,77	1,69	unendlich	1,10	0,28	0,24	0,94	1,00	1,21	1,10	0,00	0,00	

Tabelle 4-13: Ausschnitt aus der Reihenfolgeoptimierung

Im Rahmen der Reihenfolgeoptimierung wurden die Abteilungen Digitaldruckerei, Holzkernbiegerei, Ablängerei (PU) und Kantenbiegerei aus der Matrix entfernt und in der optimierten Materialflussmatrix hintereinander angeordnet. Danach wurden neue Zeilen- und Spaltensummen gebildet und anschließend wieder der größte Quotient ermittelt.

Wie schon im Kapitel 3 erwähnt, ergibt sich nach der Reihenfolgeoptimierung die ideale Anordnung der einzelnen Abteilungen und Betriebsmittel zueinander. Durch diese Anordnung würden sich ideale Entfernungen ergeben und damit verbunden auch eine Reduktion der Transportintensität. Als Beweis wurde hierzu ein Ideallayout einer Snowboardfabrik erstellt, die Entfernungen ermittelt und eine neue Transportintensität errechnet.

4.3.2 Ideallayout der Firma Elan

Mit Hilfe der Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498 und der Sankey-Diagramme wurde folgendes Ideallayout der Firma Elan (siehe Abbildung 4-43) erstellt. Die Größe der Abteilungen und die Raumausnutzung ist vom bestehenden Layout übernommen worden.

- 1... Verladerampe
- 2... Wareneingangslager
- 3... Lacklager
- 4... Digitaldruckerei
- 5... Kantenbiegerei
- 6... Holzkerne biegen und bestücken
Ablängerei PU
- 7... Sublimation
- 8... Siebdruckerei
- 9... Reinraum-
Oberflächenbeschichtung,
Siebelager
- 10... GFM 1, GFM 2, Stanzerei
- 11... Lager SWN
- 12... SWN-Laminierung
- 13... Kaschiererei
- 14... PU-Schäumerei
PU-Bauteilevorbereitung
- 15... Trockenkammer
- 16... Schleiflinie 1&2, Steinschliff
- 17... PLT-Anlage
- 18... Finish-Abteilung
- 19... Warenausgangslager
- 20... Heizraum
- 21... Zwischenlager

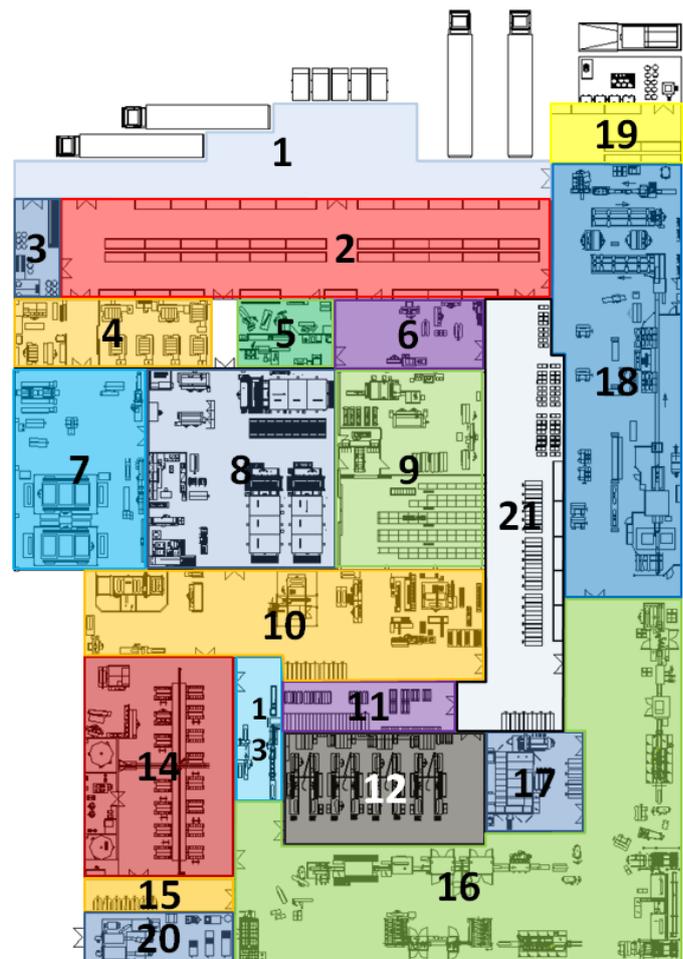


Abbildung 4-43: Ideallayout

Nach dem Wareneingangslager und Lacklager folgen die Abteilungen Digitaldruckerei (4), Kantenbiegerei (5), die Abteilung für Holzkerne biegen und bestücken (6) und die Ablängerei PU (6). Die Trennung der beiden Ultraschallschneidmaschinen GFM 1&2 (10) wäre bezüglich des Materialflusses (wie aus der Reihenfolgeoptimierung ersichtlich) optimal, jedoch aus technischer Sicht nicht sinnvoll, da beide Maschinen die gleichen Betriebseinrichtungen, wie z.B. die Vakuumpumpe nutzen.

Da zwischen der Trockenkammer (15) und der Schleiflinie 1 (16) ein reges Transportaufkommen herrscht, wurde diese unmittelbar neben der Schleiferei angeordnet. Die Stanzerei (10), in welcher sämtliches Material für die Snowboards der Sandwich-Bauweise gestanzt wird, ist neben der SWN-Laminierung (12) platziert. Für die Lagerung von Halbfertigwaren wurde ein zentrales Zwischenlager mit einer Fläche von 375 m² ins Ideallayout integriert. Ebenfalls befindet sich, wie beim bestehenden Layout der Firma Elan, das Fertigwarenlager außerhalb des Firmengeländers. Lediglich ein Warenausgangslager (19) für die Lagerung der Tagesproduktion ist am Ende des Fertigungsprozesses angeordnet. Das Ideallayout, wie in Abbildung 4-43 ersichtlich, wurde im Maßstab 1:1 mit der Software Auto-CAD Architecture 2011 erstellt. Dadurch konnten die Entfernungen zwischen den Abteilungen und Betriebsmittel problemlos bestimmt und in die Materialflusstabelle eingetragen werden (siehe Tabelle 4-15).

• **Materialflusstabelle:**

ID_Transport	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220	20
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95	25
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52	20
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387	20
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	13217	TW 01	200	67	25
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	190620	TW 01	500	382	45
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	63538	TW 01	500	128	50
8	Wareneingangslager	Ablängerei PU	WE	AB_PU	Laminat/Kaschierstreifen	2640	GST 04	8	330	12
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	13015	TW 01	250	53	23
10	Wareneingangslager	PU Schäumerei	WE	PU_SGH	Stahlkanten	79207	TW 02	600	133	70
11	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	254158	TW 02	1200	212	15
12	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	127079	GST 04	320	398	15
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	91829	GST 04	320	287	50
14	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	254158	TW 01	1024	249	50
15	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Seitenwangen	158414	TW 01	1024	155	70
16	Wareneingangslager	GFM 1	WE	GFM_1	ABS-Spitze-Ferse	5000	TW 01	150	34	60
17	Wareneingangslager	Insert bestücken	WE	INS_BEST.	Inserts	31	Hand	1	31	15
18	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Inserts	20	Hand	1	20	70
19	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Kleber + Härter	77	TW 01	4	20	23
20	Wareneingangslager	Schutzfolie aufziehen	WE	SCH_AZ	Schutzfolien	100	GST 04	8	13	26
21	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Kleber	600	GST 04	2	300	50
22	Wareneingangslager	PLT	WE	PLT	Kleber	85	TW 01	3	29	60
23	Wareneingangslager	Kaschiererei (PU)	WE	KASCH_PU	Kleber	532	GST 04	8	67	65
24	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	diverse Kleinleinlegeteile	100	TW 01	2	50	50
25	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	diverse Kleinleinlegeteile	100	TW 01	2	50	70
26	Wareneingangslager	Digitaldruckerei	WE	DIG_DRUCK	Papier	450	TW 01	5	90	10
27	Lacklager	Siebdruckerei	LL	SD_01	Farben&Lacke	1200	GST 04	8	150	41
28	Ablängerei PU	Kaschiererei (PU)	AB_PU	KASCH_PU	Laminat/Kaschierstreifen	157346	TW 01	350	449	80
29	Ablängerei PU	Furnierkaschiererei	AB_PU	FK	Laminat/Kaschierstreifen	1268	TW 01	100	13	56
30	Digitaldruckerei	Sublimation	DIG_DRUCK	SUB_01	Digitaldrücke	143319	TW 06	450	319	15
31	Siebdruckerei	Trockenkammer (SD)	SD_01	TR_SD	siebgedruckte Oberflächen	180306	TW 06	500	361	14,5
33	Siebdruckerei	Kaschiererei (PU)	SD_01	KASCH_PU	siebgedruckte Laufflächen (PU)	72600	TW 01	400	182	24
34	Siebdruckerei	GFM 1	SD_01	GFM_1	siebgedruckte Laufflächen (SWN)	120469	TW 01	400	302	22
35	Sublimation	Schutzfolie aufziehen	SUB_01	SCH_AZ	sublimierte Oberflächen	86201	TW 06	600	144	11
36	Sublimation	Siebdruckerei	SUB_01	SD_01	sublimierte Oberflächen	30484	TW 06	600	51	16,5
37	Sublimation	Kaschiererei (PU)	SUB_01	KASCH_PU	sublimierte Laufflächen	6607	TW 01	250	27	41
38	Sublimation	GFM 1	SUB_01	GFM_1	sublimierte Laufflächen	6610	TW 01	250	27	38
39	Trockenkammer (SD)	Reinraum- OFL- Besch.	TR_SD	RR_OFL_BE	siebgedruckte Oberflächen	104221	TW 01	350	298	33,5
40	Trockenkammer (SD)	Schutzfolie aufziehen	TR_SD	SCH_AZ	siebgedruckte Oberflächen	10235	TW 01	150	69	12

Tabelle 4-15: Ausschnitt aus der Materialflusstabelle des Ideallayouts

Die vollständige Materialflusstabelle ist im Anhang (Abschnitt 8.2) ersichtlich.

- Vergleich der beiden Layouts:

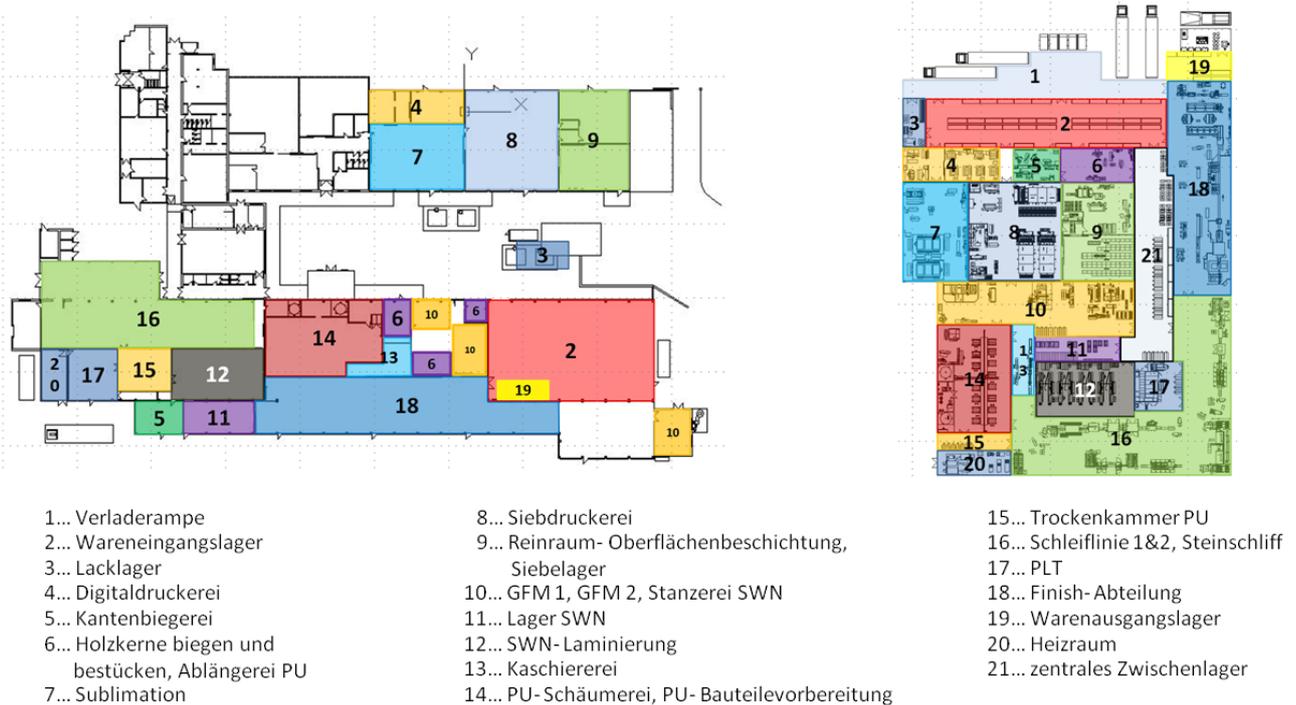


Abbildung 4-44: Vergleich der beiden Layouts

In Abbildung 4-44 ist ein direkter Vergleich der Layouts ersichtlich. Die linke Abbildung zeigt das bestehende Layout der Firma Elan. Mit Hilfe der Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498 konnte ein Ideallayout erstellt werden. Dieses Layout ist in der rechten Abbildung ersichtlich. Es zeigt die ideale Anordnung der Abteilungen und Betriebsmittel zueinander.

Nach der Erstellung des Ideallayouts mit Hilfe der Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498 werden nachfolgend verschiedene Konzepte zur Optimierung des bestehenden Transportaufkommens erklärt.

4.4 Konzeptvarianten

Wie bereits in Abschnitt 4.2.8.3.4 (PU-Snowboards und PU-Schäumerei) erwähnt, zeigte eine Energieprüfung der KELAG, dass Snowboards, welche in der PU-Bauweise hergestellt werden, höhere Herstellungskosten verursachen, als Snowboards der Sandwichbauweise. Aus diesem Grund wurden die nachfolgenden Konzepte erarbeitet und der Materialfluss dahingehend untersucht (ausschließlich Variante C, Abschnitt 4.4.4).

4.4.1 Materialflussanalyse ohne Snowboards der PU-Bauweise

Im diesem Abschnitt werden zuerst die Problematiken und die Vorteile, welche sich durch der Produktion von PU-Snowboards ergeben, erörtert. Im Anschluss daran erfolgt eine Materialflussanalyse ohne Snowboards der PU-Bauweise. Hier wurde zum Einen eine Transportintensität des Transportaufkommens ohne die Snowboards der PU-Bauweise, zum Anderen eine Transportintensität bei Kompensation der PU-Snowboards durch die Sandwichbauweise, errechnet. Durch den Wegfall einzelner Abteilungen und den damit verbundenen Gewinn an Produktionsflächen werden anschließend zwei Optimierungsvorschläge bei der Umstellung auf eine reine Sandwichbauweise präsentiert.

Nachteile der PU-Snowboards im Vergleich zur SW-Bauweise:

- Sehr hohe Energiekosten durch die durchgehende Beheizung der Pressen mittels Warmwasser auf 70°C (Produktionszeit beträgt 8 Stunden/Tag)
- Sehr hohe Energiekosten durch die ständige Beheizung der Trockenkammer, welche zur Aushärtung des PU-Schaumes unabdinglich ist
- Aufwändige Materialvorbereitung (Kaschiererei, Inserts bohren, Inserts stanzen,...)
- Lange Transportwege (Kaschiererei - Trockenkammer, Trockenkammer – Finish,...)
- Materialrückflüsse (Kaschiererei - Trockenkammer, Trockenkammer - Kaschiererei)
- Ökologischer Gedanke (PU-Schaum ist ein chemisches Produkt, Holz hingegen, welches zur Herstellung von SW-Snowboards verwendet wird, ist ein Naturprodukt)
- Hohe Herstellungskosten für die Modelle, welche für die Produktion von PU-Snowboards benötigt werden

Um diese Nachteile zu minimieren stehen folgende Möglichkeiten zur Auswahl:

Variante 1: Optimierung des bestehenden Konzeptes:

- Umbau der PU-Schäumerei auf ein effizienteres Heizsystem (z.B. elektrische Heizplatten, welche nur eingeschaltet werden, wenn auch produziert wird)
- Materialeinsparungen
- Energierückgewinnung (Reaktionstemperatur des PU-Schaumes kurzfristig bis zu 120°C)
- Optimierung der Transportwege

Um dieses Konzept zu realisieren, wären Umbaumaßnahmen und ein erheblicher Investitionsaufwand erforderlich! Im weiteren Verlauf dieser Diplomarbeit wird auf diese Möglichkeit jedoch nicht näher eingegangen.

Variante 2: Umstellung der Produktion auf eine reine Sandwich-Bauweise:

Die eigentliche Produktion von Snowboards der PU-Bauweise findet in der PU-Schäumerei statt. Bei einer Umstellung auf eine reine Sandwichbauweise würde diese Abteilung nicht mehr benötigt werden. Auch alle anderen Abteilungen zur Herstellung von PU-Snowboards wären im Zuge dieses Konzeptes überflüssig. In nachfolgender Abbildung ist die PU-Bauteilvorbereitung (1), die PU-Schäumerei (2), die Kaschiererei und Ablängerei (3), die Ultraschallschneidmaschine GFM (4) und die zur Aushärtung des PU-Schaumes notwendige Trockenkammer (5) ersichtlich. Diese Abteilungen und Betriebsmittel sind für die Produktion von Sandwich-Snowboards nicht von Bedeutung.

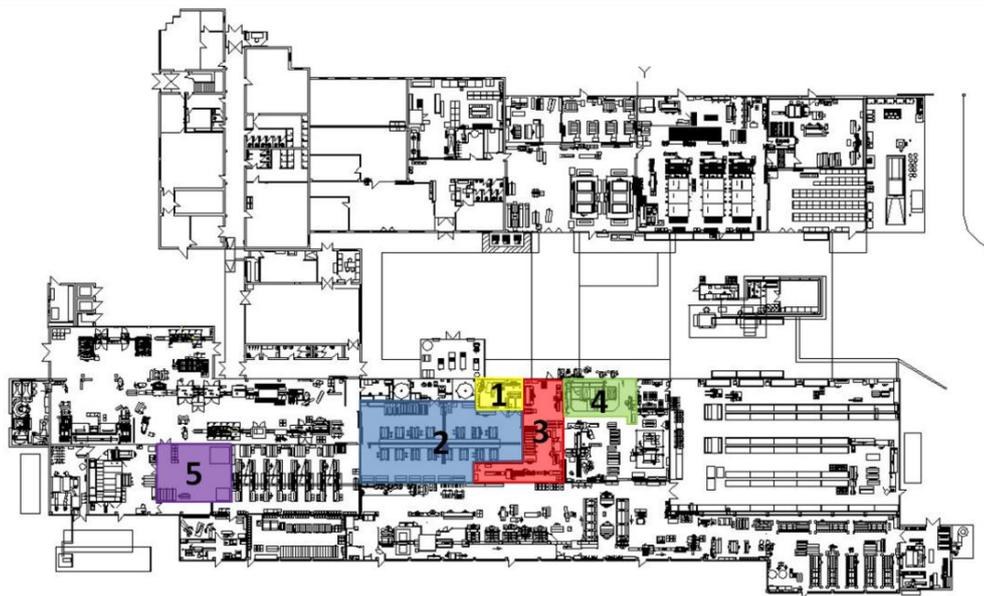


Abbildung 4-45: Abteilungen

In weiterer Folge dieser Diplomarbeit wurde die Variante 2, also die Umstellung der Snowboard-Produktion auf ausschließlich Sandwichbauweise, gewählt und die dabei entstehenden Veränderungen im Transportaufkommen untersucht.

4.4.1.1 Materialflussanalyse ohne Snowboards der PU-Bauweise, bei gleichbleibender Produktionsmenge an Sandwichboards

Nachfolgend wurde der Materialfluss ohne Snowboards der PU-Bauweise analysiert. Tabelle 4-18 zeigt die erstellte Materialflusstabelle der Firma Elan bei Wegfall der PU-Snowboards und gleichbleibender Produktionsmenge an Sandwich-Snowboards. Mit Hilfe der in Tabelle

4-19 ersichtlichen Transportintensitätsmatrix wurde die dazugehörige Transportintensität dieses Konzeptes errechnet.

• **Materialflusstabelle:**

ID_T	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	81162	TW 03	600	136	69
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	34784	TW 03	600	58	64
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	11135	TW 01	350	32	69
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	118937	TW 03	500	238	69
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	8143	TW 01	200	41	64
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	177911	TW 01	500	356	59,5
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	76248	TW 01	500	153	77,5
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	8018	TW 01	250	33	61
10	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	254159	TW 02	1200	212	88,5
11	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	127080	GST 04	320	398	41,5
12	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	88956	GST 04	320	278	77,5

Tabelle 4-18: Ausschnitt aus der Materialflusstabelle (ohne PU-Snowboards)

• **Transportintensitätsmatrix:**

Transport nach von	WE	LL	DIG_DRUCK	SUB_01	SD_01	TR_SD	RR_OFL_BE	FK	OFL_COR	SCH_AZ	GFM_1	HOLZ_BIEG	INS_BEST	STANZ_SWN	KANT_BIEG	SWN_L	SCHL_LIN1	PLT	SW_FRAS	ST_SCHL	SCHL_LIN2	FIN	AUS	WA	Summe von	
WE	0	0	4424	6336	28014	0	0	2745	0	566	961	10517	1131,5	2182	18762	75485	0	1889	0	0	0	0	0	0	0	178022,5
LL	0	0	0	1766	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1766
DIG_DRUCK	0	0	0	2940	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2940
SUB_01	0	0	0	0	528	0	0	0	0	979	3791	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5221
SD_01	0	0	0	0	0	13184,5	0	0	0	0	20711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23944,5
TR_SD	0	0	0	0	2852	0	0	0	0	526	1788	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11320
RR_OFL_BE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5786
FK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
OFL_COR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5741
SCH_AZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	567	1325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1893
GFM_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2388,5
HOLZ_BIEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6678
INS_BEST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13359
STANZ_SWN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94211,5
KANT_BIEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2550
SWN_L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21976
SCHL_LIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6898
SCHL_LIN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4805
PLT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5175
SW_FRAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1321
ST_SCHL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1125
SCHL_LIN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3754
FIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10942
AUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe nach	7359	0	4424	12120	34308	3233,5	6364	3312	1415	10122	25170	16517	7909,5	71412	18762	205860	66178	11705	9455	2000	7446	56504	6212	82048	671590	

Tabelle 4-19: Transportintensitätsmatrix

Werden alle Werte in der Transportintensitätsmatrix aufsummiert, ergibt sich eine Transportintensität von

671.590 TEM

• **Vergleich der Zielgrößen:**

Transportaufwand vom bestehenden Layout: 1.088.590 TEM

Transportaufwand dieses Konzeptes: 671.590 TEM

Reduktion des Transportaufwandes um 417.000 TEM

Einsparung: 38,31%

Die Berechnung erfolgte mit 127.080 Snowboards der Sandwichbauweise. Daraus ist auch die enorme Reduktion des Transportaufwandes zu erklären. Im nächsten Schritt wurden die

Snowboards der PU-Bauweise durch Snowboards der Sandwichbauweise kompensiert und die Berechnungen erneut durchgeführt.

4.4.1.2 Materialflussanalyse ohne Snowboards der PU-Bauweise, PU-Snowboards durch Sandwich-Bauweise kompensiert

Als Berechnungsgrundlage diente die Produktion von 206.286 Snowboards. Alle PU-Snowboards wurden durch Snowboards der Sandwichbauweise kompensiert. Somit konnte in weiterer Folge eine Aussage getroffen werden, ob sich der Transportaufwand bei Umstellung auf eine reine Sandwichbauweise verbessert oder verschlechtert. Hierzu wurde zuerst eine Materialflusstabelle (siehe Tabelle 4-20) erstellt und mit Hilfe der Transportintensitätsmatrix (siehe Tabelle 4-21) eine neue Transportintensität errechnet.

- **Materialflusstabelle:**

ID_Transport	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220	69
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95	64
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52	69
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387	69
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	13217	TW 01	200	67	64
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	288800	TW 01	500	578	59,5
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	123772	TW 01	500	248	77,5
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	13015	TW 01	250	53	61
10	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	412572	TW 02	1200	344	88,5
11	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	206286	GST 04	320	645	41,5
12	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	144400	GST 04	320	452	77,5
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	412572	TW 01	1536	269	77,5

Tabelle 4-20: Ausschnitt aus der Materialflusstabelle

- **Transportintensitätsmatrix:**

Transport nach von	WE	LL	DIG_DRUCK	SUB_01	SD_01	TR_SD	RR_OFL_BE	FK	OFL_CDR	SCH_AZ	GFM_L	HOLZ_BIEG	INS_BEST	STANZ_SWN	KANT_BIEG	SWN_L	SCH_LIN1	PLT	SW_FRAS	ST_SCHL	SCH_LIN2	FIN	AUS	WA	Summe von
WE	0	0	7110	18068	15471	0	0	4453	0	963,5	980	20767,5	1525	94291	30484	111910	0	20915	0	0	0	0	0	0	277522,5
LL	0	0	0	15500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15500
DIG_DRUCK	0	0	0	4735	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4735
SUB_01	0	0	0	0	841,5	0	0	0	0	1384	2752	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5181,5
SD_01	0	0	0	0	0	5284,5	0	0	0	0	13568,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18853
TR_SD	0	0	0	4621	0	0	9981	0	0	828	2831	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18255
RR_OFL_BE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1987
FK	0	0	0	0	0	0	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145
OFL_CDR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62250
SCH_AZ	0	0	0	0	0	0	0	917	2150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3067
GFM_L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48477
HOLZ_BIEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10816	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10816
INS_BEST	11218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21016,5
STANZ_SWN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82817,5
KANT_BIEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2950
SWN_L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103648
SCH_LIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52991
PLT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9100
SW_FRAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131001,5
ST_SCHL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1827
SCH_LIN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62943
FIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177648
AUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe nach	11218	0	7110	19776	15662,5	5284,5	9981	6170	2295	16407,5	40385,5	30767,5	12664	86644	30484	212137	374148	20382	15270	3248	12822,5	91728	9905	133188	975359

Tabelle 4-21: Transportintensitätsmatrix

Werden alle Werte in der Transportintensitätsmatrix aufsummiert, ergibt sich eine Transportintensität von

975.359 TEm

- **Vergleich der Zielgrößen:**

Transportaufwand vom bestehenden Layout: 1.088.590 TEM

Transportaufwand dieses Konzeptes: 975.359 TEM

Reduktion des Transportaufwandes um 113.231 TEM

Einsparung: 10,40%

Diese Berechnungen haben gezeigt, dass eine Produktionsumstellung auf ausschließlich Snowboards der Sandwichbauweise zu niedrigeren Transportintensitäten führen würde. Im Nachfolgenden werden zwei verschiedene Varianten (Variante A und B) zur Nutzung der Produktionsfläche, die sich durch den Wegfall der PU-Snowboards ergeben würden, behandelt.

4.4.2 Variante A

Bei dieser Variante wird die gesamte Produktion auf Snowboards der SW-Bauweise umgestellt und alle Abteilungen, die für die Produktion von PU-Snowboards benötigt werden, entfernt. Dadurch entsteht eine freie Produktionsfläche von 530 m². Diese Flächen sind in Abbildung 4-46 ersichtlich und in roter Farbe hinterlegt. Durch das hohe Transportaufkommen zwischen Stanzerei und SWN-Laminierung und den langen Transportwegen im aktuellen Firmenlayout, wird bei dieser Variante, wie in Abbildung 4-47 ersichtlich, die Stanzerei in die PU-Schäumerei verlagert. Diese Abteilung befindet sich direkt neben der SWN-Laminierung, was zu einer erheblichen Reduktion des Transportweges führt. Als Berechnungsgrundlage dienen wiederum 206.286 Snowboards.

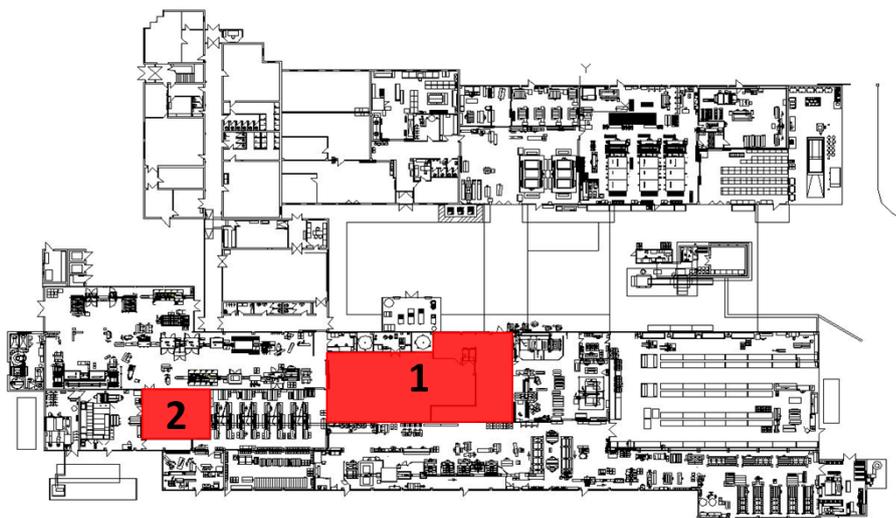


Abbildung 4-46: Ungenutzte Produktionsfläche

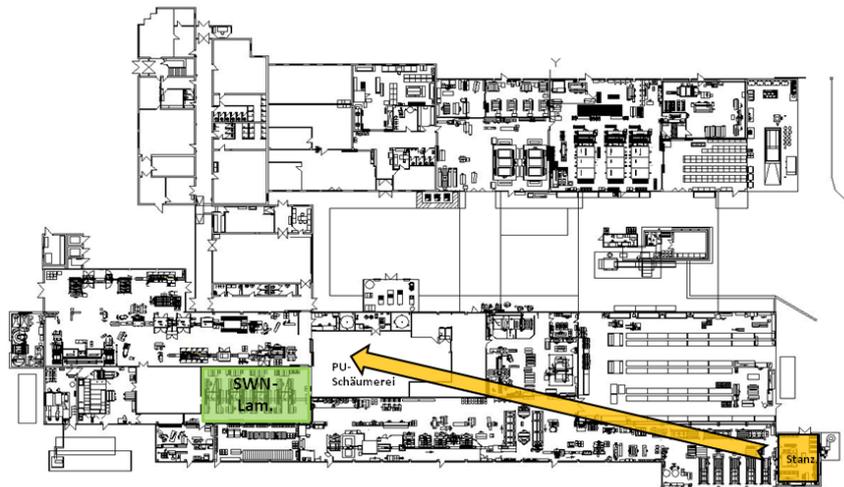


Abbildung 4-47: Verlagerung der Stanzerei in die PU-Schäumerei

Durch den Eintrag der neuen Entfernungen in die Materialflusstabelle konnte in weiterer Folge eine Distanzmatrix und schließlich eine Transportintensitätsmatrix abgeleitet werden. Alle dafür benötigten Tabellen sind dem Anhang zu entnehmen.

• **Transportintensitätsmatrix:**

Transportnach- ort:	WE	LL	DIG_DRUCK	SUB_DE	SD_01	TR_SD	RIE_OPL_BE	FK	OPL_COR	SCH_AZ	GFML1	HOLZ_BIEG	INS_BEST	STANZ_SWN	KANT_BIEG	SWN_LL	SCH_LIN1	FLT	SW_FRAS	ST_SCHL	SCH_LIN2	FIN	AUS	WA	Summe von
WE	0	0	7110	1088	45471	0	0	4453	0	963,5	990	26767,5	912,5	52776	30444	136795	0	3059,5	0	0	0	0	0	0	269990
LL	0	0	0	0	2300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2300
DIG_DRUCK	0	0	0	0	4785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4785
SUB_DE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1884	2340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4765,5
TR_SD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26880
RIE_OPL_BE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18240
FK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145
OPL_COR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38501,5
SCH_AZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3067
GFML1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48477
HOLZ_BIEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10836
INS_BEST	11913	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21600,5
STANZ_SWN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20410
KANT_BIEG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2950
SWN_LL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103648
SCH_LIN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12990
FLT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9300
SW_FRAS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15552,5
ST_SCHL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1827
SCH_LIN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62943
FIN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177648
AUS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe nach ort:	11913	0	7110	10776	55612,5	5234,5	9983	5370	2295	16407,5	39669,5	26767,5	11748,5	61276	30444	184611,5	107418	20362	11270	3248	12082,5	91728	9605	133188	881143

Tabelle 4-22: Transportintensitätsmatrix (Stanzerei verlagert)

Werden alle Werte in der Transportintensitätsmatrix aufsummiert, ergibt sich eine Transportintensität von

881.143 TEM

• **Vergleich der Zielgrößen:**

Transportaufwand vom bestehenden Layout: 1.088.590 TEM

Transportaufwand der Variante A: 881.143 TEM

Reduktion des Transportaufwandes um 207.447 TEM

Einsparung: 19,06%

4.4.3 Variante B

Die Grundlage dieser Variante bildet eine erweiterte Kiteboardproduktion. Da der Aufbau eines Kiteboards sehr dem des Snowboards ähnelt, wurde im Jahr 2011 mit der Produktion von Kiteboards begonnen. Damals verließen rund 4.500 Stück das Werk. In der gesamten Materialflussbeziehung wurden sie jedoch nicht berücksichtigt, da der Anteil, bezogen auf die Produktion von 206.286 Snowboards, ca. 2% beträgt. Dies hätte das Gesamtergebnis, also die Zielgröße des Transportaufwandes, minimal beeinflusst. Der Aufwand, die Kiteboardproduktion in die Materialflussuntersuchung miteinzubeziehen, wäre hingegen um ein Vielfaches höher gewesen. Im darauffolgenden Produktionsjahr wurden schon 7.700 Kiteboards produziert.

4.4.3.1 Allgemeines

Beim Kiteboarden steht der Sportler auf einem Board und wird mittels eines Lenkdrachen, genannt Kite, über die Wasseroberfläche gezogen (siehe Abbildung 4-48).



Abbildung 4-48: Kiteboarding

Die Hauptproduktionszeit von Snowboards findet in den Monaten März bis Oktober statt. In den Wintermonaten ist die Produktion auf Muster-Snowboards für die nachfolgende Wintersaison konzentriert. Dabei ergibt sich eine geringere Auslastung der Produktionsstätten. Diese könnte durch die Produktion von Kiteboards erhöht werden, da die Hauptproduktion jener in den Monaten September bis April stattfindet.

In Abbildung 4-49 ist die aktuelle Produktionsstätte der Kiteboards ersichtlich und durch das rote Fenster markiert.

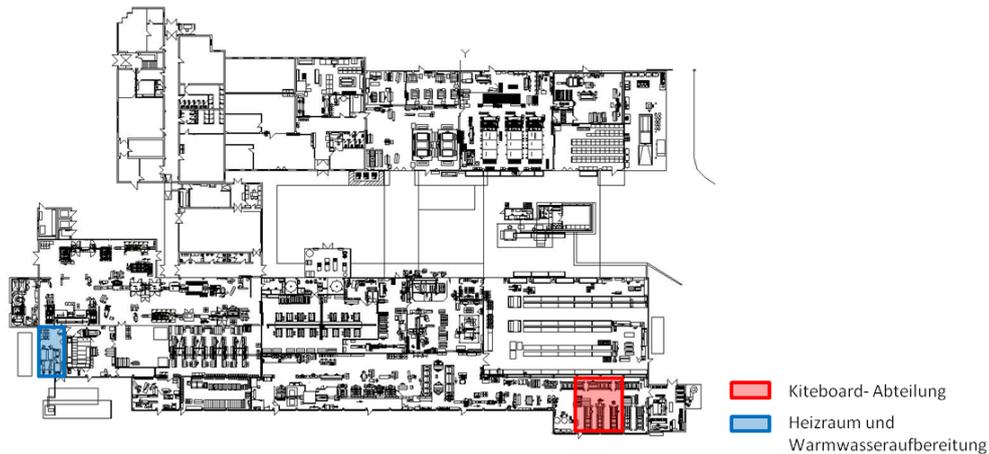


Abbildung 4-49: Aktuelle Produktionsstätte der Kiteboards

4.4.3.2 Problematik

Die zur Produktion von Kiteboards benötigten Pressen werden mittels Warmwasser beheizt. Dies ist für die Aushärtung des Klebers notwendig, da die optimale Aushärte-Temperatur bei ca. 105°C liegt. Der Heizraum bzw. die Warmwasseraufbereitung befinden sich jedoch 125 Meter Luftlinie von der Kiteboard-Produktionsstätte entfernt. Dadurch ergeben sich hohe Wärmeverluste in den Wasserleitungen. Momentan ist die Warmwasseraufbereitung auf über 130°C notwendig, um die Wärmeverluste zu überwinden.

Im Zuge der Variante B wird die Produktion ebenfalls auf eine reine Sandwichbauweise umgestellt. Durch den Wegfall der PU-Snowboards wird auch die Trockenkammer nicht mehr benötigt. Diese Variante baut auf der Variante A (siehe Abschnitt 4.4.2) auf, mit dem Unterschied, dass nach dem Versatz der Stanzerei in die PU-Schäumerei auch eine Verlagerung der Kiteboardproduktion in die Trockenkammer erfolgt (siehe Abbildung 4-50).

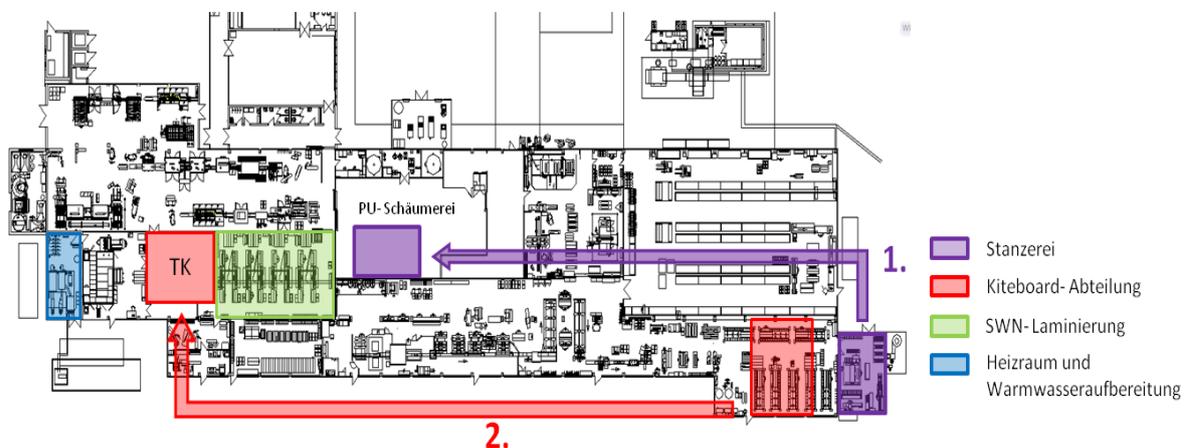


Abbildung 4-50: Variante B

- **Vergleich der Zielgrößen:**

Transportaufwand vom bestehenden Layout: 1.088.590 TEm

Transportaufwand der Variante C: 1.032.062 TEm

Reduktion des Transportaufwandes um 56.528 TEm

Einsparung: 5,19%

Nach der Erarbeitung der verschiedenen Konzepte erfolgt im anschließenden Teil der Diplomarbeit die Bewertung dieser anhand einer Kostenabschätzung. Diese beinhaltet sowohl die monetären Einsparungen, als auch die Kosten, welche sich durch eine Umsetzung der erarbeiteten Konzepte und Varianten ergeben würden.

4.5 Konzeptbewertung

Da alle erarbeiteten Konzepte und Varianten (ausgenommen Variante C) auf einem Wegfall der PU-Snowboards basieren, werden nachfolgend die Vor- und die Nachteile dieser Bauweise aufgelistet.

Vorteile der PU-Snowboards im Vergleich zur SW-Bauweise:

- Billigboards, Kunden kann eine breite Preisschiene angeboten werden (sonst ev. Abwanderung der Kunden in Billiglohnländer)
- Niedrigere Materialkosten
- Kürzere Prozesszeiten (7 min PU, 15 min SW)
- Elastischer als SW-Bauweise (wichtig für Fahrten in Fun-Parks)

Nachteile der PU-Snowboards im Vergleich zur SW-Bauweise:

- Sehr hohe Energiekosten aufgrund der durchgehenden Beheizung der Pressen mittels Warmwasser auf 70°C (Produktionszeit beträgt 8 Stunden/Tag)
- Sehr hohe Energiekosten durch die ständige Beheizung der Trockenkammer, welche zur Aushärtung des PU-Schaumes unabdinglich ist
- Aufwändige Materialvorbereitung (Kaschiererei, Inserts bohren, Inserts stanzen,...)
- Lange Transportwege (Kaschiererei - Trockenkammer, Trockenkammer – Finish,...)
- Materialrückflüsse (Kaschiererei - Trockenkammer, Trockenkammer - Kaschiererei)
- Ökologischer Gedanke (PU-Schaum ist ein chemisches Produkt, Holz hingegen, welches zur Herstellung von SW-Snowboards verwendet wird, ist ein Naturprodukt)

- 50% höhere Herstellkosten für die Modelle, welche für die Produktion von PU-Snowboards benötigt werden.

4.5.1 Abschätzung der Transportkosten

Bislang wurden die Einsparungen der verschiedenen Konzepte in Prozent errechnet. Um auf die monetären Einsparungen rückrechnen zu können, müssen die Kosten für den gesamten Transportaufwand bekannt sein. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden die Transportkosten für den gesamten innerbetrieblichen Materialfluss auf zwei unterschiedliche Arten bestimmt.

4.5.1.1 Bestimmung der Transportkosten durch Firmenunterlagen

Durch die Befragung einzelner Mitarbeiter der Firma Elan wurden die innerbetrieblichen Transportkosten je Snowboard mit 40-50 Cent beziffert. Dies bedeutet bei einer produzierten Menge von 206.000 Snowboards im Jahr 2011 eine Gesamtsumme von 82.500 Euro bis ca. 103.000 Euro für den Transportaufwand. Diese Bestimmung ist jedoch aufgrund fehlender Aufzeichnungen sehr ungenau. Aufgrund dessen wurden die Transportkosten auf eine zweite Art ermittelt.

4.5.1.2 Bestimmung der Transportkosten durch die mittlere Transportgeschwindigkeit

Hierbei wurden zur Ermittlung der Transportkosten Zeitaufnahmen mit dem Transportwagen TW 01 durchgeführt. Die Entfernungen wurden aus der erstellten Auto-CAD Datei ermittelt und die effektive Transportzeit durch Begehen der Wegstrecken mit einer Stoppuhr gemessen. Je nach Transportweg ergeben sich unterschiedliche Wartezeiten. Da die Ermittlung der Transportgeschwindigkeiten nicht mehr bei voller Auslastung der Produktion durchgeführt werden konnte, wurde eine Wartezeit von 4 Minuten für längere Transportwege, bzw. 2 Minuten für kürzere Transportwege, eingerechnet. Diese Zeit ergibt sich aus dem Öffnen und Schließen von Türen, sowie die Blockierung der Wegstrecke durch beladene Transportwagen, welche den Transport verzögern.

Aus diesen Erkenntnissen konnte schließlich eine mittlere Transportgeschwindigkeit von 0,213 m/s bzw. 0,767 km/h errechnet werden (siehe Tabelle 4-24).

Transport von	Transport nach	Distanz doppelt (m)	Transportzeit (s)	Wartezeit (s)	Entladezeit (s)	v (m/s)	v (km/h)
Wareneingangslager	Siebdruckerei	138	312	240	180	0,189	0,679
OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	220	400	240	130	0,286	1,029
OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	300	370	240	130	0,405	1,459
Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	210	356	240	175	0,272	0,981
Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	146	258	240	80	0,253	0,909
OFL coronieren	PLT	240	410	240	120	0,312	1,122
Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	176	260	240	100	0,293	1,056
Sublimation	Siebdruckerei	38	184	120	80	0,099	0,356
GFM 1	SWN- Laminierung	124	244	240	160	0,193	0,693
Finish	Schleiflinie 1	110	238	240	80	0,197	0,710
Schleiflinie 2	Finish	56	220	240	80	0,104	0,373
PLT	Schleiflinie 1	84	204	120	80	0,208	0,749
Wareneingangslager	PU Schäumerei	100	234	240	100	0,174	0,627
Wareneingangslager	GFM 1	86	210	240	120	0,151	0,543
GFM 1	Schutzfolie aufziehen	112	280	240	160	0,165	0,593
Sublimation	Digitaldruckerei	30	70	120	80	0,111	0,400

mittlere Geschwindigkeit:	0,213	0,767
---------------------------	-------	-------

Tabelle 4-24: mittlere Transportgeschwindigkeit

Durch die Multiplikation aller getätigten Transporte mit den entsprechenden Distanzen kann die gesamte zurückgelegte Wegstrecke errechnet werden. Dabei ist zu bedenken, dass jeder Transport einen Rücktransport erfordert.

Einfache Wegstrecke: 1.088.590 m

Doppelte Wegstrecke: 2.177.180 m

Um die doppelte Wegstrecke von 2.177,180 km zurück zu legen, würde die Transportzeit bei einer mittleren Geschwindigkeit von 0,767 km/h 2.834 Stunden betragen. Von der Firmenleitung wurde ein mittlerer Stundensatz/Mitarbeiter von 25 € genannt. Das ergibt Transportkosten von **70.925 €/Jahr**.

Basierend auf diesem Ergebnis konnten anschließend die Einsparungen der einzelnen Konzepte in Eurobeträge umgerechnet werden.

4.5.2 Einsparungspotentiale

Wie schon oben erwähnt, konnte ein Zielwert des bestehenden Materialflusssystemes mit 1.088.590 Einheiten ermittelt und die gesamten innerbetrieblichen Transportkosten mit 70.925 Euro errechnet werden. Im Idealfall, also bei Umsetzung des Ideallayouts und

Planung des Unternehmens auf der „grünen Wiese“, könnte eine Einsparung von 31,13% erzielt werden, was einer Summe von 22.079 €/Jahr entspricht.

Durch eine Umstellung der Produktion auf ausschließlich SW-Snowboards, bei gleichbleibender Produktionsmenge an Snowboards der SW-Bauweise, könnte eine Einsparung von 38,31%, das entspricht 27.171 €/Jahr, erzielt werden. Diese Verbesserung lässt sich durch die verminderte Anzahl an produzierten Snowboards erklären. Eine geringere Produktionsmenge führt unweigerlich auch zu verminderten Transportkosten. Im Gegensatz dazu würde eine reine SW-Produktion mit Kompensation der PU-Snowboards durch SW-Snowboards eine Einsparung von 10,40%, das entspricht 7.376,20 €/Jahr, ergeben.

Variante A:

Bei der Variante A wird, wie bereits oben erörtert, die gesamte Produktion auf Snowboards der SW-Bauweise umgestellt und alle Abteilungen, die für die Produktion von PU-Snowboards benötigt werden, geräumt. Im Zuge dieser Variante wird die Stanzerei, welche sich in weiter Entfernung von der nachgereihten SWN-Laminierung befindet, in die PU-Schäumerei versetzt. Durch die daraus entstehende Verkürzung des Transportweges kann eine Reduktion des Transportaufwandes von 19,06% erreicht werden. Dies ergibt Einsparungen von 13.518 €/Jahr

Variante B (erweiterte Kiteboardproduktion):

Dieses Konzept baut auf den Ideen der Variante A auf. Durch die Verlagerung der Stanzerei in die PU-Schäumerei könnte eine Reduktion des Transportaufwandes von 19,06% erreicht werden. Wegen sehr geringer Produktionsmengen im Produktionsjahr 2011 wurden die Kiteboards nicht in die Materialflussanalyse einbezogen. Eine Gesamtabschätzung der Einsparung dieses Konzeptes, bezogen auf den Materialfluss, ist daher nicht möglich. Allerdings stellt diese Variante ein enormes Energieeinsparungspotential dar (siehe Abschnitt 4.4.3.2).

Variante C:

Im Zuge dieses Konzeptes wurde eine Materialflussoptimierung am bestehenden System erarbeitet. Da in der Sublimation ausreichend Platz vorhanden ist, könnte die Stanzerei in die Sublimation verlagert werden. Dies hätte eine Reduktion des Transportaufwandes von 5,19% und eine Einsparung von 3.681 €/Jahr zur Folge.

4.5.3 Gegenüberstellung der erarbeiteten Konzepte

In Tabelle 4-25 ist eine Gegenüberstellung der erarbeiteten Konzepte und Varianten ersichtlich.

	Transportintensität	prozentuelle Einsparung	monetäre Einsparung
Gesamt (Produktionsjahr 2011)	1.088.590 TEm		
Ideallayout	749.726 TEm	31,13 %	22.079 €
Ohne PU- Snowboards (Konzept 1)	671.590 TEm	38,31 %	27.171 €
Ohne PU- Snowboards (Konzept 2)	975.359 TEm	10,40 %	22.079 €
Variante A	881.143 TEm	19,06 %	13.518 €
Variante B	keine Transportintensität berechnet (siehe Abschnitt 4.4.3)		
Variante C	1.032.062 TEm	5,19 %	3.681 €

Tabelle 4-25: Gegenüberstellung und Zusammenfassung

Mit Hilfe der errechneten Transportintensitäten konnten die möglichen prozentuellen Einsparungen in Bezug auf den gesamten Transportaufwand vom Produktionsjahr 2011 errechnet werden. Nach der Ermittlung der innerbetrieblichen Transportkosten konnten in weiterer Folge die monetären Einsparungspotentiale ermittelt werden. So konnte gezeigt werden, dass der Transportaufwand des Ideallayouts um etwa ein Drittel geringer ist, als jener vom bestehenden Fabriklayout. Dadurch wären Einsparungen von 22.079 Euro pro Jahr erzielbar. Im Anschluss erfolgt eine Abschätzung der Kosten, welche sich bei einer Realisierung der verschiedenen Konzepte und Varianten ergeben würden.

4.6 Kostenabschätzung

Bei einer Umstellung der gesamten Produktion von PU-Snowboards auf Snowboards der Sandwich-Bauweise würde eine Vielzahl von Kosten durch Umstrukturierung der Produktionsstätten anfallen.

1.) Räumung der PU-Bauteilvorbereitung:

- Demontage der Stanze zur Bestückung der Inserts
- Abbau sämtlicher Regale
- Demontage der Kleberauftragmaschine

Arbeitsaufwand: 2 Schlosser (2 Tage à 7,70 Stunden)

Insgesamt: 30,8 Arbeitsstunden à € 23,00

Kosten: € **708,40** für den Arbeitsaufwand

2.) Räumung der PU-Schäumerei:

- Demontage der Schäumenanlage
- Abbau sämtlicher Stellagen und Regale

Arbeitsaufwand: 2 Schlosser, 1 Hilfsarbeiter für ca. 10 Tage

Insgesamt: 231 Arbeitsstunden à € 23,00

Kosten: € **5.313,00** für den Arbeitsaufwand

Beim Verkauf der kompletten PU-Schäumenanlage kann mit einer Einnahme von etwa 20.000 Euro gerechnet werden. Besteht keine Nachfrage, so könnte diese Anlage an einen Alteisenentsorger verkauft werden. Bei einer geschätzten Masse von 6.000 kg würde dies bei einem Preis von 180 Euro pro Tonne Alteisen (Auskunft Firma Peter Seppel GesmbH, Stand: 25.01.2012) bei Eigenanlieferung zu einer Einnahme von 1.080 Euro führen.

3.) Räumung der Kaschiererei:

- Demontage der Kaschierlinie
- Abbau des Reinigungsgerätes
- Abbau einer Ablängevorrichtung
- Demontage der Brückenstanze

Arbeitsaufwand: 2 Schlosser, 5 Tage

Insgesamt: 77 Arbeitsstunden à € 23,00

Kosten: € **1.771,00** für den Arbeitsaufwand

Bei einem Verkauf der Maschinen könnten 45.000 Euro eingenommen werden. Eine Alternative bietet auch hier, wie schon oben beschrieben, der Verkauf einzelner Komponenten an einen Alteisenentsorger.

4.) Räumung der Ultraschallschneidmaschine GFM 2:

Da diese Maschine einen geringen Wiederverkaufswert aufweist, könnte sie als Reserve genutzt werden, falls es zu einem Ausfall der Ultraschallschneidmaschine GFM 1 kommt.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Nutzung dieser Anlage außerhalb der Hauptproduktionszeit für die Herstellung eines anderen Produktes, wie z.B. Spielzeug, Puzzleteile oder Dichtungen.

4.6.1 Abschätzung der Kosten zur Umsetzung der Variante A

Im Zuge einer Umsetzung der Variante A müsste die gesamte Stanzerei mit sämtlichen Regalen und Zubehör in die bereits zuvor geräumte PU-Schäumerei verlagert werden.

Personalaufwand:	3 Betriebsschlosser
	1 Hilfsarbeiter
	1 Betriebselektriker
Arbeitsaufwand:	5 Tage (à 7,70 Stunden)
Insgesamt:	192,5 Arbeitsstunden à € 23,00
Personalkosten:	€ 4.428,00
<u>Sonstige Kosten ca.:</u>	<u>€ 1.000,00 (Installationsmaterial, etc.)</u>
Summe:	€ 5.428,00

4.6.2 Abschätzung der Kosten zur Umsetzung der Variante B

Im Zuge der Variante B erfolgt eine Verlagerung der Stanzerei in die PU-Schäumerei und der Kiteboardproduktion in die Trockenkammer. Neben den bereits errechneten Kosten von 5.438 Euro durch die Versetzung der Stanzerei in die PU-Schäumerei kommen noch Kosten, verursacht durch den Abriss der Trockenkammer und anschließender Installation der Kiteboardpressen, hinzu.

Personalaufwand:	3 Betriebsschlosser
	1 Hilfsarbeiter
	1 Betriebselektriker
Arbeitsaufwand:	18 Tage (à 7,70 Stunden)
Insgesamt:	693 Arbeitsstunden à € 23,00
Personalkosten:	€ 15.939,00
Sonstige Kosten ca.:	€ 2.500,00 (Installationsmaterial für Wasser, Strom, Heizung)
	<u>€ 1.500,00 (Bauschuttentsorgung)</u>
Summe:	€ 19.939,00

4.6.3 Abschätzung der Kosten zur Umsetzung der Variante C

Die Kosten zur Verlagerung der Stanzerei wurden bereits in Abschnitt 4.6.1 errechnet. Da bei dieser Variante lediglich die Stanzerei in eine andere Abteilung, die Sublimation, verlagert wird, ergeben sich hierbei die gleichen Kosten für die Umsetzung dieses Konzeptes.

Mit der Abschätzung der Kosten, welche sich bei einer Realisierung der einzelnen Konzepte und Varianten ergeben würden, endet das Kapitel 4 (Methodik der Vorgehensweise) und damit auch der praktische Teil der vorliegenden Diplomarbeit. Im nachfolgenden Kapitel 5 erfolgt ein kritischer Rückblick über die in der Literatur beschriebene Vorgehensweise einer Materialflussanalyse.

5 Bewertung/Beurteilung der Vorgehensweise

Mit Hilfe von Materialflussanalysen können Beeinträchtigungen des Materialflusses in einem Unternehmen diagnostiziert werden. Hierbei erweist sich eine systematische Vorgehensweise (siehe Literaturteil Abschnitt 3.5), wie es Nestler in seinem Buch (Materialflussuntersuchungen in Fertigungsbetrieben) vorgibt, als besonders hilfreich. Obwohl der Leitfaden schon etwas in die Jahre gekommen ist, bildet er eine fundierte Ausgangsbasis für die Materialflussanalyse. Ein weiteres nützliches und richtungweisendes Hilfsmittel stellen die VDI-Richtlinien dar. Sie bieten eine schrittweise methodische Hilfestellung für die Durchführung einer Materialflussanalyse.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit konnten sowohl durch Primärerhebungen, wie Mitarbeiterbefragungen und Beobachtungen, als auch durch Sekundärerhebungen Daten für die Materialflussanalyse gewonnen werden. Es stellte sich heraus, dass speziell die Befragungen von Mitarbeitern in relativ kurzer Zeit eine große Menge an Informationsmaterial liefert. Hierbei besteht jedoch immer die Gefahr, dass die Befragten aus Angst vor Konsequenzen bewusst oder unbewusst relevante Daten verschweigen. Des Weiteren hängt das Niveau der Ergebnisse stark vom befragten Mitarbeiter ab. Diese Nachteile können bei unzureichender Sorgfalt der Befragung zu möglichen Fehlern in der IST-Datenaufnahme führen. Um eine ausreichende Qualität der Ergebnisse zu erhalten, sollten unterschiedliche Datenerhebungsmethoden verwendet werden.

Nach der IST-Datenaufnahme erfolgte eine Visualisierung der erarbeiteten Daten. Wie in der Literatur beschrieben, stellten sich die unterschiedlichen Darstellungsmethoden als besonders geeignetes Hilfsmittel dar. Sie dienen der leichteren Erfassung von komplizierten Zusammenhängen im Materialflussgeschehen. So konnten zum Beispiel mit Hilfe von Adjazenzmatrizen die Transportbeziehungen zwischen den einzelnen Abteilungen einfach und übersichtlich dargestellt werden. Auch die Visualisierung des Materialflusses durch isometrische Zeichnungen ist vor allem bei komplexen Transportbeziehungen zwischen den einzelnen Betriebsmitteln ein hilfreiches Werkzeug.

Des Weiteren bieten Sankey-Diagramme, wie in Kapitel 3 beschrieben, eine übersichtliche Möglichkeit der Visualisierung von Materialflüssen. So konnte zum Beispiel im Rahmen dieser Diplomarbeit mit Hilfe des Sankey-Diagrammes gezeigt werden, zwischen welchen

Betriebsmitteln ein reges Transportaufkommen besteht bzw. zwischen welchen Abteilungen ein Materialrückfluss stattfindet.

Wie im Literaturteil, in Abschnitt 3.3.2.2, näher erörtert, bildet die Ermittlung der Transportintensität des betreffenden Unternehmens den Abschluss der IST-Datenanalyse. Hierzu dienen die methodischen Vorgehensweisen nach den VDI-Richtlinien 2498. Nach Veränderungen im bestehenden Materialflusssystem konnten mit begrenztem Aufwand neue Transportintensitäten errechnet und mit der aktuellen Transportintensität verglichen werden. Somit konnte sofort eine Aussage über eine Verbesserung oder Verschlechterung im Transportaufkommen getroffen werden. Aus diesem Grund stellt die Bestimmung der Transportintensität nach den VDI-Richtlinien ein einfaches, aber auch sehr aussagekräftiges Hilfsmittel in der Materialflussanalyse dar.

Eine weitere Aufgabe dieser Diplomarbeit lag in der Erstellung eines Ideallayouts der Firma Elan. Hierbei stellte sich die Frage, wie eine ideale Anordnung der einzelnen Betriebsmittel zueinander aussehen muss, um eine Verbesserung im Materialflussgeschehen zu erreichen. Mithilfe der Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498 konnte ein Ideallayout erstellt werden. Allerdings wird bei diesem Verfahren nur auf den Materialfluss zwischen den einzelnen Betriebsmitteln eingegangen. Technische Aspekte werden nicht berücksichtigt. So erforderte zum Beispiel ein Teilergebnis der durchgeführten Reihenfolgeoptimierung die Trennung der beiden Ultraschallschneidmaschinen. Praktisch wäre dies jedoch nicht sinnvoll, da beide Anlagen dieselben Betriebseinrichtungen, wie eine Vakuumpumpe, benutzen. Dadurch hat sich, wie in Abschnitt 3.1 bereits erwähnt, gezeigt, dass eine Materialflussuntersuchung im ganzheitlichen Rahmen der Fabrikplanung gesehen werden muss. Eine aussagekräftige Lösung für den untersuchten Betrieb ist nur unter Einbeziehung der einzelnen Teilaufgaben der Fabrikplanung zu erreichen.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass zur Durchführung einer Materialflussanalyse ausreichend nützliches und auch fundiertes, wissenschaftliches Material zur Verfügung steht. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, ist es sinnvoll, sich an einer erprobten Vorgehensweise zu orientieren. In der vorliegenden Arbeit wurde das Hauptaugenmerk auf die VDI-Richtlinien wie auch auf Nestler, dessen Buch „Materialflussuntersuchungen in Fertigungsbetrieben“ auf den VDI-Richtlinien aufbaut, gelegt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Diplomarbeit erfolgte, nach Einarbeitung in die theoretischen Grundlagen der Materialflussanalyse, eine Aufnahme des gesamten Materialflusses der Firma Elan. Hierzu wurden im ersten Schritt Kenntnisse über die Bauteile eines Snowboards, sowie die einzelnen Abteilungen gewonnen. Nach der Einarbeitung in die Arbeitsabläufe, welche zur Produktion von Snowboards der PU- und Sandwichbauweise erforderlich sind, wurden die gesamten Materialflussbeziehungen zwischen den einzelnen Abteilungen und Betriebsmitteln durch eine Adjazenzmatrix und eine isometrische Zeichnung visualisiert. Anschließend wurden alle Materialflussbeziehungen in eine Materialflusstabelle bzw. in eine Materialflussmatrix eingetragen.

Nach Durchführung einer Analyse der verwendeten Transportmittel und Erstellung einer Transportintensitätsmatrix konnte für den gesamten Materialfluss eine Transportintensität von 1.088.590 TEM (Transporteinheiten x Meter) errechnet werden. Wie unter Punkt 4.2.6.3 gezeigt, bildete dieser Wert den Grundstein für alle weiteren Materialflussuntersuchungen. Im Falle einer Veränderung der Arbeitsabläufe im bestehenden System konnte sofort eine Aussage darüber getroffen werden, ob sich die Transportsituation verbessert bzw. verschlechtert. So zeigte sich zum Beispiel, dass eine Verlagerung der Stanzei in die Sublimation zu einer Verbesserung des Materialflusses von 5,19% führen würde. Zur Visualisierung des Transportaufkommens wurden Sankey-Diagramme in Stück/Jahr, sowie in Transporte/Jahr erstellt. Hierbei zeigte sich, zwischen welchen Abteilungen eine rege Transportbeziehung besteht. Im Zuge dessen konnte ein erhöhter Materialrückfluss von der Finish-Abteilung in die Schleiflinie 1 festgestellt werden. Dies ist auf die Entfernung des Klebebandes der Laufflächen mit Diecuts zurückzuführen.

Ein weiterer Schritt dieser Diplomarbeit bestand in der Durchführung einer Reihenfolgeoptimierung und anschließenden Erstellung eines Ideallayouts der Firma Elan. Hierbei stellte sich heraus, dass bei Planung der Firma in die „grünen Wiese“ ein Optimierungspotential im Transportaufkommen von 31,13% erreicht werden kann. Des Weiteren konnten im Rahmen der IST-Analyse einige Schwachstellen eruiert werden, welche in der Firma Elan im Laufe der Jahre zu einer negativen Beeinflussung des Materialflusses und Produktionsablaufes geführt haben (siehe Schwachstellenanalyse Abschnitt 4.2.8).

Im Zuge einer Energieprüfung durch ein Fremdunternehmen stellte sich heraus, dass die Produktion der kostengünstigeren PU-Snowboards höhere Energiekosten verursacht, als jene der hochwertigeren Sandwichbauweise.

Aus diesem Grund wurden einige Konzepte zur Lösung dieses Problems erarbeitet. Bei Umstellung der Produktion auf ausschließlich Snowboards der Sandwichbauweise (Variante A, siehe Abschnitt 4.4.2) könnte bei gleicher Anzahl an produzierten Snowboards eine Verbesserung im Transportaufkommen von 10,40% erzielt werden. Durch die zusätzliche Verlagerung der Stanzerei in die PU-Schäumerei könnte der Materialfluss zusätzlich positiv beeinflusst werden. Eine Verbesserung im Transportaufkommen von 19,06% wäre bei diesem Konzept realisierbar.

Auch die Variante B (siehe Abschnitt 4.4.3, Verlagerung der Stanzerei in die PU-Schäumerei und der Kiteboard-Produktion in die Trockenkammer) wäre sowohl aus energietechnischer, als auch materialflusstechnischer Sicht ein interessantes und innovatives Konzept für die Zukunft. Die Produktion von Kiteboards, stellt durch die steigende Nachfrage ein hohes Entwicklungspotential dar. Im Unterschied zur Snowboardproduktion lassen sich durch die einfachere Herstellung der Kiteboards bei annähernd gleichen Verkaufspreisen, höhere Gewinne erzielen, da weder Stahlkanten verwendet noch Laufflächen geschliffen werden müssen.

Drei folgende weitere Problemstellen, auf welche im Rahmen dieser Diplomarbeit jedoch nicht näher eingegangen wurde, stellen große Entwicklungspotentiale für die Zukunft dar.

- Eine Möglichkeit wäre durch die Erarbeitung eines neuen Verfahrens zur Befestigung der Diecuts in der Lauffläche gegeben (siehe Abschnitt 4.2.8.3.3). Aktuell werden die einzelnen Teile mittels Klebebandstreifen befestigt und im weiteren Produktionsverlauf wieder mühsam per Hand entfernt. Versuche mit verschiedenartigen Klebstoffen verliefen bislang jedoch negativ.
- Ein weiteres Problem stellt die Fehlfunktion der automatischen Folienabziehmaschine dar (siehe Abschnitt 4.2.8.1.4). Diese Anlage dient derzeit nur als Lückenfüller zwischen der Insertbohranlage und dem nachfolgenden Bearbeitungsschritt. Das Abziehen der Schutzfolie erfolgt durch einen Mitarbeiter per Hand.

- Auch die Übergabe der Snowboards von der Verpackungsmaschine ins Warenausgangslager (siehe Abschnitt 4.2.8.3.2) ist optimierungsfähig. Derzeit werden je sechs Snowboards in einem Karton verpackt und ans Warenausgangslager weiter gereicht. Die dabei zurückgelegte Wegstrecke beträgt ca. 3 m und erfolgt durch einen Mitarbeiter per Hand. Eine Verbesserung dieser Problemstelle könnte durch ein automatisches Fördersystem erzielt werden.

Zusammenfassend konnte im Rahmen dieser Diplomarbeit festgestellt werden, dass es in der Firma Elan durch die Umsetzung einzelner Konzepte zu einer Verbesserung des Materialflusses kommen könnte. Jede erarbeitete Variante würde, wenn auch zum Teil nur im geringen Ausmaß, zu einer positiven Veränderung des Materialflusses und dadurch mitunter zu erheblichen Kosteneinsparungen führen.

Leider musste die Firma Elan am 13.03.2013 jedoch die Insolvenz anmelden. Die Gründe für den Konkurs waren zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Diplomarbeit noch nicht eruiert. Als mögliche Ursachen wurden Kundenabwanderungen, erhöhte Materialkosten, sowie Liquiditätsprobleme vermutet. Am **19.03.2013** wurde die Betriebsschließung am Landesgericht Klagenfurt durch den Insolvenzverwalter beantragt.

Aus diesem Grund können die theoretisch erarbeiteten Konzepte nicht mehr in die Praxis umgesetzt und deren Auswirkungen auf das Transportgeschehen überprüft werden.

7 Quellenverzeichnisse

7.1 Literaturquellen

- [AF06] Arnold, D.; Furmans, K.: *Materialfluß in Logistiksystemen*. Berlin: Springer, 2006.-ISBN 3-540-45659-7.
- [BW08] Brunner, F.; Wagner, K.: *Taschenbuch Qualitätsmanagement- Leitfaden für Studium und Praxis*, München/Wien: Carl Hanser Verlag, 2008.-ISBN 978-3-446-41666-6.
- [DIC08] Dickmann, P.: *Schlanker Materialfluss mit Lean Production, Kaban und Innovationen*. Heidelberg: Springer, 2008.- ISBN 978-3-540-79514-8.
- [FID04] Fischer, W.; Dittrich, L.: *Materialfluß und Logistik*, Heidelberg: Springer, 2004.-ISBN 3-540-40187-3.
- [GRU09] Grundig, C.-G.: *Fabrikplanung, Planungssystematik-Methoden-Anwendung*, München: Carl Hanser Verlag, 2009.-ISBN 978-3-446-41411-2.
- [HJR07] Hömberg, K.; Jodin, D.; Reineke T.: *Bewertung und Kategorisierung der Methoden zur Datenerhebung*, Technical Report 07005, ISSN 1612-1379
- [HtH11] ten Hompel, M.; Heidenblut, V.: *Taschenlexikon Logistik- Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik*, Berlin/Heidelberg: Springer, 2011.-ISBN 978-3-642-199448.
- [KSG84] Kettner, H.; Schmidt, J.; Greim, H.-R.: *Leitfaden der systematischen Fabrikplanung*, München/Wien: Carl Hanser Verlag, 1984.-ISBN 3-446-13825-0.
- [KOE04] Koether, R.: *Taschenbuch der Logistik*, München/Wien: Carl Hanser Verlag, 2004.-ISBN 3-446-22247-2.

- [NES74] Nestler, H.: *Materialflußuntersuchungen in Fertigungsbetrieben*, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1974.-ISBN 3-18-402030-4.
- [PAW08] Pawellek, G.: *Ganzheitliche Fabrikplanung - Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung*, Berlin/Heidelberg: Springer, 2008.-ISBN 978-3-540-78402-9.
- [SCH95] Scholz, R.: *Geschäftsprozessoptimierung - crossfunktionale Rationalisierung oder strukturelle Reorganisation*, Köln: Eul, 1995.-ISBN- 3890124615.
- [SCH95] Schmigalla, H.: *Fabrikplanung - Begriffe und Zusammenhänge*, München: Kommissions-Verlag, 1995.-ISBN 3-446-18572-0.
- [VDI78] VDI Richtlinie 2498: *Vorgehen bei einer Materialflussplanung*, Berlin/Düsseldorf: Beuth-Verlag, 1978.
- [VDI08] VDI Richtlinie 2498, Blatt 1: *Vorgehen bei einer Materialflussplanung-Grundlagen*, Berlin/Düsseldorf: Beuth-Verlag, 2008.
- [VDI08] VDI Richtlinie 2498, Blatt 2: *Vorgehen bei einer Materialflussplanung-Beispiel für ein Groblayout*, Berlin/Düsseldorf: Beuth-Verlag, 2008.
- [VDI10] VDI Richtlinie 2689: *Leitfaden für Materialflussuntersuchungen*, Berlin/Düsseldorf: Beuth-Verlag, 2010.
- [VDI99] VDI Richtlinie 3595: *Methoden zur materialflußgerechten Zuordnung von Betriebsbereichen und –mitteln*, Berlin/Düsseldorf: Beuth-Verlag, 1999.
- [ZÄP82] Zäpfel, G.: *Produktionswirtschaft; Operatives Produktions-Management*, Berlin/New York: de Gruyter, 1982.-ISBN 3-11-008817-7.

7.2 Internetquellen

- [DEL12] <http://www.delo.si/druzba/kult/elan-smucarski-inovator.html>
-Abrufdatum 11.11.2012
- [DIR12] <http://www.directindustry.de/industrie-hersteller/coronabehandlung-73793.html> -Abrufdatum 03.11.2012
- [FIN12] http://www.finkenstein.gv.at/privatwirtschaftliche_unternehmen-679_688.php
-Abrufdatum 12.11.2012
- [KAE12] <http://kaernten.orf.at/news/stories/2567358/> -Abrufdatum 10.11.2012
- [WEB12] web.archive.org/web/20070628225050/http://bundestag.de/dasparlament/2004/17/Thema/031.html -Abrufdatum 10.11.2012
- [WIK12] http://de.wikipedia.org/wiki/Elan_%28Unternehmen%29
-Abrufdatum 11.11.2012
- [WIK13] <http://de.wikipedia.org/wiki/Snowboard> -Abrufdatum 10.01.2013

7.3 Sonstige Quellen

- [GÜN95] Günthner, W.: *Fördertechnik I*, München, Lehrstuhl fml, TU München, 1995
- [LOG02] Kranke, A.: *Die besten Spartricks*, In: *Logistik Inside*, 02 (2002), S.50- 51
- [SCH97] Schulte, H.: *Marktanforderungen verändern Fabrikstrukturen*,
In: *Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung* 92 1/2, (1997), S.12-14
- [TJT13] Tinello, D.; Jodin, D.; Trummer, W.: *Vorlesungsunterlagen Fabrikplanung*.
Graz, Institut für Technische Logistik, TU Graz, 2013
- [WIE00] Wiendahl, H.P.: *Wandlungsfähigkeit - neues Zielfeld in der Fabrikplanung*,
In: *Industriemanagement* 16/5, (2000), S.37-41

7.4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Ingemar Stenmark	2
Abbildung 1-2: Luftbild, Standort Firma Elan	3
Abbildung 1-3: Kunden der Firma Elan	4
Abbildung 1-4: Aufbau eines Snowboards (in Anlehnung an: [SPO12]).....	5
Abbildung 1-5: SWN-Laminierung	6
Abbildung 1-6: PU-Schäumerei.....	6
Abbildung 1-7: Grundriss der Firma Elan	7
Abbildung 2-1: Aufteilung der Logistikkosten (in Anlehnung an: [LOG02]).....	8
Abbildung 2-2: Transporterschwernis durch abgestellte Transportwägen	9
Abbildung 2-3: Behinderung der Transportwege	9
Abbildung 2-4: Innenhof	9
Abbildung 2-5: PU-Schäumerei.....	10
Abbildung 3-1: Teilaufgaben in der Fabrikplanung [TJT13]	12
Abbildung 3-2: Materialflussgrundvorgänge (in Anlehnung an: [NES74], S.2).....	13
Abbildung 3-3: Durchlaufzeiten [TJT13]	14
Abbildung 3-4: Durchführung einer Materialflussplanung (in Anlehnung an: [NES74], S.26).....	15
Abbildung 3-5: IST-Zustandsanalyse (in Anlehnung an: [AF06], S.252).....	18
Abbildung 3-6: Datenerhebungsmethoden ([HJR07], S.6).....	19
Abbildung 3-7: Darstellungsformen des IST-Zustandes (in Anlehnung an: [AF06], S.252)	21
Abbildung 3-8: Isometrische Darstellung des Materialflusses	21
Abbildung 3-9: Sankey-Diagramm [VDI10]	25
Abbildung 3-10: Reihenfolgeoptimierung nach VDI 2498	27
Abbildung 4-1: Holzkerne	31
Abbildung 4-2: Rundum-Stahlkanten	32
Abbildung 4-3: Produktionsstätten der Firma Elan	34
Abbildung 4-4: Materialfluss.....	43
Abbildung 4-5: TW 01.....	48
Abbildung 4-6: TW 02.....	48
Abbildung 4-7: TW 03.....	49
Abbildung 4-8: TW 04.....	49
Abbildung 4-9: TW 05.....	50
Abbildung 4-10: TW 06.....	50
Abbildung 4-11: GST 01	50
Abbildung 4-12: GST 02	51
Abbildung 4-13: GST 03	51
Abbildung 4-14: GST 04	51

Abbildung 4-15: Sankey-Diagramm (Stück/Jahr)	56
Abbildung 4-16: Sankey-Diagramm (Transporte/Jahr)	57
Abbildung 4-17: Bestehende Zuschnittvorrichtung	58
Abbildung 4-19: Zwischenlagerung in der Siebdruckerei	59
Abbildung 4-18: Schutzfolienaufziehvorrichtung	59
Abbildung 4-20: Folienabziehmaschine	60
Abbildung 4-21: Konzept Mechatronic Systemtechnik GmbH	60
Abbildung 4-22: Transport Halle A - Halle B	61
Abbildung 4-24: Materialrückfluss ins Warenausgangslager	62
Abbildung 4-23: Biegevorrichtung (links), Holzkern (rechts).....	62
Abbildung 4-25: Weg der Oberflächen zur SWN-Laminierung.....	63
Abbildung 4-26: Materialfluss Gelege und Oberflächen nach dem Stanzen	63
Abbildung 4-27: Wegstück zwischen Stanzerei und der SWN-Laminierung	64
Abbildung 4-28: Materialfluss zwischen Kaschiererei und Trockenkammer.....	64
Abbildung 4-29: Materialfluss Schleiflinie-Finish	65
Abbildung 4-30: Transporterschwernis aufgrund enger Durchlässe	65
Abbildung 4-31: Transport der Snowboards durch die Finish-Abteilung	66
Abbildung 4-32: Ungenützte Produktionsfläche (1).....	66
Abbildung 4-33: Ungenützte Produktionsfläche (2).....	66
Abbildung 4-34: Verpackungsmaschine-Warenausgangslager	67
Abbildung 4-35: Übergabestation ins Warenausgangslager	67
Abbildung 4-36: Flip-Flop-Technik	68
Abbildung 4-37: Diecut	68
Abbildung 4-38: Ultraschallschneidmaschine GFM 1	68
Abbildung 4-39: Fixierung der Einzelteile mittels Klebeband	69
Abbildung 4-40: zurückgelegter Weg der PU-LFL mit Diecut	70
Abbildung 4-41: PU-Schäumerei.....	71
Abbildung 4-42: Anordnung der Abteilungen nach der Reihenfolgeoptimierung	72
Abbildung 4-43: Ideallayout	73
Abbildung 4-44: Vergleich der beiden Layouts.....	76
Abbildung 4-45: Abteilungen	78
Abbildung 4-46: Ungenutzte Produktionsfläche	81
Abbildung 4-47: Verlagerung der Stanzerei in die PU-Schäumerei.....	82
Abbildung 4-48: Kiteboarding.....	83
Abbildung 4-49: Aktuelle Produktionsstätte der Kiteboards	84
Abbildung 4-50: Variante B	84

7.5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Materialflusstabelle	19
Tabelle 3-2: Adjazenzmatrix	22
Tabelle 3-3: Materialflussmatrix (in Stück).....	23
Tabelle 3-4: Materialflusstabelle II.....	23
Tabelle 3-5: Materialflusstabelle III	23
Tabelle 3-6: Distanzmatrix (in Meter)	24
Tabelle 4-1: Größe der Produktionsflächen.....	39
Tabelle 4-2: Abteilungen und Bearbeitungsschritte	42
Tabelle 4-3: Adjazenzmatrix	42
Tabelle 4-4: Layer.....	43
Tabelle 4-5: Materialflussbeziehungen in Stück/Jahr (Teil 1).....	45
Tabelle 4-6: Materialflussbeziehungen in Stück/Jahr (Teil 2).....	46
Tabelle 4-7: Materialflussmatrix (Stück/Jahr).....	47
Tabelle 4-8: Materialflusstabelle (Teil 1)	52
Tabelle 4-9: Materialflusstabelle (Teil 2)	53
Tabelle 4-10: Materialflussmatrix (Transporte/Jahr).....	53
Tabelle 4-11: Entfernungsmatrix (in Meter).....	54
Tabelle 4-12: Transportintensitätsmatrix.....	54
Tabelle 4-13: Ausschnitt aus der Reihenfolgeoptimierung	71
Tabelle 4-14: Materialflussmatrix nach der Reihenfolgeoptimierung.....	72
Tabelle 4-15: Ausschnitt aus der Materialflusstabelle des Ideallayouts	74
Tabelle 4-16: Distanzmatrix des Ideallayouts.....	75
Tabelle 4-17: Transportintensität des Ideallayouts	75
Tabelle 4-18: Ausschnitt aus der Materialflusstabelle (ohne PU-Snowboards)	79
Tabelle 4-19: Transportintensitätsmatrix.....	79
Tabelle 4-20: Ausschnitt aus der Materialflusstabelle.....	80
Tabelle 4-21: Transportintensitätsmatrix.....	80
Tabelle 4-22: Transportintensitätsmatrix (Stanzerei verlagert)	82
Tabelle 4-23: Transportintensitätsmatrix (Stanzerei in Sublimation verlagert).....	85
Tabelle 4-24: mittlere Transportgeschwindigkeit.....	88
Tabelle 4-25: Gegenüberstellung und Zusammenfassung.....	90

8.2 Materialflusstabelle vom Ideallayout

ID_Transport	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220	20
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95	25
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52	20
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387	20
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	13217	TW 01	200	67	25
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	190620	TW 01	500	382	45
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	63538	TW 01	500	128	50
8	Wareneingangslager	Ablängerei PU	WE	AB_PU	Laminat/Kaschierstreifen	2640	GST 04	8	330	12
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	13015	TW 01	250	53	23
10	Wareneingangslager	PU Schäumerei	WE	PU_SCH	Stahlkanten	79207	TW 02	600	133	70
11	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	254158	TW 02	1200	212	15
12	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	127079	GST 04	320	398	15
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	91829	GST 04	320	287	50
14	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	254158	TW 01	1024	249	50
15	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Seitenwangen	158414	TW 01	1024	155	70
16	Wareneingangslager	GFM 1	WE	GFM_1	ABS-Spitze-Ferse	5000	TW 01	150	34	60
17	Wareneingangslager	Insert bestücken	WE	INS_BEST.	Inserts	31	Hand	1	31	15
18	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Inserts	20	Hand	1	20	70
19	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Kleber + Härter	77	TW 01	4	20	23
20	Wareneingangslager	Schutzfolie aufziehen	WE	SCH_AZ	Schutzfolien	100	GST 04	8	13	26
21	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Kleber	600	GST 04	2	300	50
22	Wareneingangslager	PLT	WE	PLT	Kleber	85	TW 01	3	29	60
23	Wareneingangslager	Kaschiererei (PU)	WE	KASCH_PU	Kleber	532	GST 04	8	67	65
24	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	diverse Kleinleinlegeteile	100	TW 01	2	50	50
25	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	diverse Kleinleinlegeteile	100	TW 01	2	50	70
26	Wareneingangslager	Digitaldruckerei	WE	DIG_DRUCK	Papier	450	TW 01	5	90	10
27	Lacklager	Siebdruckerei	LL	SD_01	Farben&Lacke	1200	GST 04	8	150	41
28	Ablängerei PU	Kaschiererei (PU)	AB_PU	KASCH_PU	Laminat/Kaschierstreifen	157146	TW 01	350	449	80
29	Ablängerei PU	Furnierkaschiererei	AB_PU	FK	Laminat/Kaschierstreifen	1268	TW 01	100	13	56
30	DIGITALDRUCKEREI	Sublimation	DIG_DRUCK	SUB_01	Digitaldrücke	143119	TW 06	450	319	15
31	Siebdruckerei	Trockenkammer (SD)	SD_01	TR_SD	siebgedruckte Oberflächen	180306	TW 06	500	361	14,5
33	Siebdruckerei	Kaschiererei (PU)	SD_01	KASCH_PU	siebgedruckte Laufflächen (PU)	72600	TW 01	400	182	24
34	Siebdruckerei	GFM 1	SD_01	GFM_1	siebgedruckte Laufflächen (SWN)	120469	TW 01	400	302	22
35	Sublimation	Schutzfolie aufziehen	SUB_01	SCH_AZ	sublimierte Oberflächen	86201	TW 06	600	144	11
36	Sublimation	Siebdruckerei	SUB_01	SD_01	sublimierte Oberflächen	30484	TW 06	600	51	16,5
37	Sublimation	Kaschiererei (PU)	SUB_01	KASCH_PU	sublimierte Laufflächen	6607	TW 01	250	27	41
38	Sublimation	GFM 1	SUB_01	GFM_1	sublimierte Laufflächen	6610	TW 01	250	27	38
39	Trockenkammer (SD)	Reinraum- OFL- Besch.	TR_SD	RR_OFL_BE	siebgedruckte Oberflächen	104221	TW 01	350	298	33,5
40	Trockenkammer (SD)	Schutzfolie aufziehen	TR_SD	SCH_AZ	siebgedruckte Oberflächen	10235	TW 01	150	69	12
41	Trockenkammer (SD)	GFM 1	TR_SD	GFM_1	siebgedruckte Oberflächen	5629	TW 01	150	38	32
42	Trockenkammer (SD)	Sublimation	TR_SD	SUB_01	siebgedruckte Oberflächen	60221	TW 01	300	201	23
43	Reinraum- OFL- Besch.	Schutzfolie aufziehen	RR_OFL_BE	SCH_AZ	UV besch. Oberflächen	104221	TW 01	350	298	31,5
44	Schutzfolie aufziehen	Furnierkaschiererei	SCH_AZ	FK	OFL mit Schutzfolie	13015	TW 01	100	131	7
45	Schutzfolie aufziehen	OFL coronieren	SCH_AZ	OFL_COR	OFL mit Schutzfolie	193271	TW 06	450	430	5
46	Furnierkaschiererei	OFL coronieren	FK	OFL_COR	furnierkaschierte Oberflächen	13015	TW 06	450	29	5
47	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanztes Gelege/Gewebe	190620	TW 05	400	477	26
48	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanzte Oberflächen	127079	TW 05	250	509	26
49	OFL coronieren	PLT	PLT	PLT	coronierte Oberflächen	24760	TW 05	250	100	87
50	OFL coronieren	Kaschiererei (PU)	OFL_COR	KASCH_PU	coronierte Oberflächen	77939	TW 05	250	312	40
51	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	coronierte Oberflächen	90572	TW 05	250	363	47
52	OFL coronieren	Brückenstanze	OFL_COR	BR_STANZ	furnierkaschierte Oberflächen	1268	TW 01	80	16	33
53	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	furnierkaschierte Oberflächen	11747	TW 01	200	59	47
54	Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	KASCH_PU	TR_PU	kaschierte Oberflächen	77939	TW 06	500	156	34
55	Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	KASCH_PU	TR_PU	kaschierte Laufflächen	79207	TW 06	500	159	34
56	Trockenkammer	Brückenstanze	TR_PU	BR_STANZ	kaschierte Oberflächen	77939	TW 06	500	156	35
57	Trockenkammer	GFM 2	TR_PU	GFM_2	kaschierte Laufflächen	79207	TW 06	500	159	37
58	Trockenkammer	Schleiflinie 1	TR_PU	SCHL_LIN1	PU Snowboards	77255	TW 02	60	1288	15
59	Brückenstanze	Insert bohren	BR_STANZ	INS_BOHR.	kaschierte Oberflächen	79207	TW 01	400	199	8
60	Insert bohren	PU Bauteilvorbereitung	INS_BOHR.	PU_BV	gebohrte kaschierte OFL	79207	TW 01	400	199	27
61	GFM 2	Finish	GFM_2	FIN	kaschierte LFL mit outline	11677	TW 01	250	47	60
62	GFM 2	PU Bauteilvorbereitung	GFM_2	PU_BV	kaschierte LFL mit outline	67530	TW 01	350	193	25
63	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	Laufflächen	127079	TW 01	350	364	33
64	GFM 1	Kaschiererei (PU)	GFM_1	KASCH_PU	Laufflächen	11677	TW 01	250	47	15
65	GFM 1	Schutzfolie aufziehen	GFM_1	SCH_AZ	Oberflächen mit Diecut	5629	TW 01	100	33	56
66	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	ABS-Spitze-Ferse	254158	Karton/Hand	3000	85	33
67	Holzkerne biegen	Insert bestücken	HOLZ_BIEG	INS_BEST.	bestückte Holzkerne	127079	GST 04	400	318	3
68	Insert bestücken	Wareneingangslager	INS_BEST.	WE	bestückte Holzkerne	91829	GST 04	400	230	15
69	Insert bestücken	SWN- Laminierung	INS_BEST.	SWN_L	bestückte Holzkerne	35250	GST 04	400	89	51
70	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	fertige Oberflächen	79207	TW 01	300	265	10
71	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	fertige Laufflächen	79207	TW 01	300	265	10
72	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	Seitenwangen	158414	TW 01	800	199	10
73	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	diverse Kleinleinlegeteile	100	Hand	2	50	10
74	Kantenbiegerei	SWN- Laminierung	KANT_BIEG	SWN_L	gebogene Stahlkanten	254158	TW 01	1000	255	62
75	PU Schäumerei	Trockenkammer	PU_SCH	TR_PU	PU Snowboards	77255	TW 02	60	1288	15
76	PU Schäumerei	Ausfall	PU_SCH	AUS	PU Snowboards	1952	TW 02	80	25	110
77	SWN- Laminierung	Schleiflinie 1	SWN_L	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	61176	TW 02	60	1020	15
78	SWN- Laminierung	Finish	SWN_L	FIN	SWN- Snowboards	63951	TW 02	60	1066	34
79	SWN- Laminierung	Ausfall	SWN_L	AUS	SWN- Snowboards	1952	TW 02	80	25	80
80	Schleiflinie 1	Seitenwangen fräsen	SCHL_LIN1	SW_FRÄS	PU u SWN- Snowboards	177622	TW 04	300	593	16
81	Schleiflinie 1	PLT	SCHL_LIN1	PLT	PU u SWN- Snowboards	24760	TW 02	60	413	10
82	PLT	Seitenwangen fräsen	PLT	SW_FRÄS	PU u SWN- Snowboards	24760	TW 04	200	124	70
83	PLT	Ausfall	PLT	AUS	PU u SWN- Snowboards	0	TW 02	1	0	78
84	Seitenwangen fräsen	Schleiflinie 2	SW_FRÄS	SCHL_LIN2	PU u SWN- Snowboards	141682	TW 04	300	473	12
85	Seitenwangen fräsen	Steinschliff	SW_FRÄS	ST_SCHL	PU u SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	5
86	Steinschliff	Schleiflinie 2	ST_SCHL	SCHL_LIN2	PU u SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	9
87	Schleiflinie 2	Ausfall	SCHL_LIN2	AUS	PU u SWN- Snowboards	1627	TW 02	80	21	68
88	Schleiflinie 2	Finish	SCHL_LIN2	FIN	PU u SWN- Snowboards	200754	TW 04	100	2008	7
89	Schleiflinie 2	Schleiflinie 1	SCHL_LIN2	SCHL_LIN1	PU u SWN- Snowboards	10038	TW 02	60	168	58
90	Finish	Ausfall	FIN	AUS	PU u SWN- Snowboards	976	TW 02	60	17	15
91	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	PU u SWN- Snowboards	4015	TW 02	60	67	100
92	Finish	PU Bauteilvorbereitung	FIN	PU_BV	kaschierte Laufflächen	11677	TW 01	250	47	68
93	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	63951	TW 02	60	1066	67
94	Finish	Warenausgangslager	FIN	WA	PU u SWN- Snowboards	199778	Hand	6	33297	4

Gesamtschrott: 6508

Gesamtanzahl der im Produktionsjahr 2011 produzierten Snowboards (1.W.2.W und Ausfall):

206286

8.3 Materialflusstabelle ohne PU-Snowboards

ID_ Transport	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	81162	TW 03	600	136	69
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	34784	TW 03	600	58	64
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	11135	TW 01	350	32	69
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	118937	TW 03	500	238	69
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	8143	TW 01	200	41	64
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	177911	TW 01	500	356	59,5
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	76248	TW 01	500	153	77,5
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	8018	TW 01	250	33	61
10	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	254159	TW 02	1200	212	88,5
11	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	127080	GST 04	320	398	41,5
12	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	88956	GST 04	320	278	77,5
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	254159	TW 01	1024	249	77,5
14	Wareneingangslager	GFM 1	WE	GFM_1	ABS-Spitze-Ferse	4621	TW 01	150	31	31
15	Wareneingangslager	Insert bestücken	WE	INS_BEST.	Inserts	31	Hand	1	31	36,5
16	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Kleber + Härter	48	TW 01	4	12	61
17	Wareneingangslager	Schutzfolie aufziehen	WE	SCH_AZ	Schutzfolien	62	GST 04	8	8	69,5
18	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Kleber	493	GST 04	2	247	63,5
19	Wareneingangslager	PLT	WE	PLT	Kleber	53	TW 01	3	18	105,5
20	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	diverse Kleinlegeteile	93	TW 01	2	47	77,5
21	Wareneingangslager	Digitaldruckerei	WE	DIG_DRUCK	Papier	278	TW 01	5	56	79
22	Lacklager	Siebdruckerei	LL	SD_01	Farben&Lacke	740	GST 04	8	93	62
23	Digitaldruckerei	Sublimation	DIG_DRUCK	SUB_01	Digitaldrücke	88167	TW 06	450	196	15
24	Siebdruckerei	Trockenkammer (SD)	SD_01	TR_SD	siegedruckte Oberflächen	111075	TW 06	500	223	14,5
25	Siebdruckerei	GFM 1	SD_01	GFM_1	siegedruckte Laufflächen (SWN)	118937	TW 01	400	298	69,5
26	Sublimation	Schutzfolie aufziehen	SUB_01	SCH_AZ	sublimierte Oberflächen	53103	TW 06	600	89	11
27	Sublimation	Siebdruckerei	SUB_01	SD_01	sublimierte Oberflächen	18780	TW 06	600	32	16,5
28	Sublimation	GFM 1	SUB_01	GFM_1	sublimierte Laufflächen	8143	TW 01	250	33	52
29	Trockenkammer (SD)	Reinraum- OFL- Besch.	TR_SD	RR_OFL_BE	siegedruckte Oberflächen	64204	TW 01	350	184	33,5
30	Trockenkammer (SD)	Schutzfolie aufziehen	TR_SD	SCH_AZ	siegedruckte Oberflächen	6306	TW 01	150	43	12
31	Trockenkammer (SD)	GFM 1	TR_SD	GFM_1	siegedruckte Oberflächen	3468	TW 01	150	24	74,5
32	Trockenkammer (SD)	Sublimation	TR_SD	SUB_01	siegedruckte Oberflächen	37099	TW 01	300	124	23
33	Reinraum- OFL- Besch.	Schutzfolie aufziehen	RR_OFL_BE	SCH_AZ	UV besch. Oberflächen	64204	TW 01	350	184	31,5
34	Schutzfolie aufziehen	Furnierkaschiererei	SCH_AZ	FK	OFL mit Schutzfolie	8018	TW 01	100	81	7
35	Schutzfolie aufziehen	OFL coronieren	SCH_AZ	OFL_COR	OFL mit Schutzfolie	119062	TW 06	450	265	5
36	Furnierkaschiererei	OFL coronieren	FK	OFL_COR	furnierkaschierte Oberflächen	8018	TW 06	450	18	5
37	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanztes Gelege/Gewebe	177911	TW 05	400	445	105,5
38	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanzte Oberflächen	111827	TW 05	250	448	105,5
39	OFL coronieren	PLT	OFL_COR	PLT	coronierete Oberflächen	15253	TW 05	250	62	120,5
40	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	coronierete Oberflächen	103809	TW 05	250	416	110
41	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	furnierkaschierte cor. Oberflächen	8018	TW 01	200	41	110
42	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	Laufflächen	127080	TW 01	350	364	61,5
43	GFM 1	Schutzfolie aufziehen	GFM_1	SCH_AZ	Oberflächen mit Diecut	3468	TW 01	100	35	56
44	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	ABS-Spitze-Ferse	254159	Karton/Hand	3000	85	61,5
45	Holzkerne biegen	Insert bestücken	HOLZ_BIEG	INS_BEST.	bestückte Holzkerne	127080	GST 04	400	318	21
46	Insert bestücken	Wareneingangslager	INS_BEST.	WE	bestückte Holzkerne	88956	GST 04	400	223	33
47	Insert bestücken	SWN- Laminierung	INS_BEST.	SWN_L	bestückte Holzkerne	38124	GST 04	400	96	62,5
48	Kantenbiegerei	SWN- Laminierung	KANT_BIEG	SWN_L	gebogene Stahlkanten	254159	TW 01	1000	255	10
49	SWN- Laminierung	Schleiflinie 1	SWN_L	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	78887	TW 02	60	1315	30
50	SWN- Laminierung	Finish	SWN_L	FIN	SWN- Snowboards	46590	TW 02	60	777	28
51	SWN- Laminierung	Ausfall	SWN_L	AUS	SWN- Snowboards	1604	TW 02	80	21	130
52	Schleiflinie 1	Seitenwangen fräsen	SCHL_LIN1	SW_FRÄS	SWN- Snowboards	110223	TW 04	300	368	10
53	Schleiflinie 1	PLT	SCHL_LIN1	PLT	SWN- Snowboards	15253	TW 02	60	255	17
54	PLT	Seitenwangen fräsen	PLT	SW_FRÄS	SWN- Snowboards	15253	TW 04	200	77	75
55	PLT	Ausfall	PLT	AUS	SWN- Snowboards	0	TW 02	1	0	155
56	Seitenwangen fräsen	Schleiflinie 2	SW_FRÄS	SCHL_LIN2	SWN- Snowboards	88083	TW 04	300	294	21,5
57	Seitenwangen fräsen	Steinschliff	SW_FRÄS	ST_SCHL	SWN- Snowboards	37394	TW 04	300	125	16
58	Steinschliff	Schleiflinie 2	ST_SCHL	SCHL_LIN2	SWN- Snowboards	37394	TW 04	300	125	9
59	Schleiflinie 2	Ausfall	SCHL_LIN2	AUS	SWN- Snowboards	1404	TW 02	80	18	127
60	Schleiflinie 2	Finish	SCHL_LIN2	FIN	SWN- Snowboards	124073	TW 04	100	1241	28
61	Schleiflinie 2	Schleiflinie 1	SCHL_LIN2	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	6184	TW 02	60	104	5
62	Finish	Ausfall	FIN	AUS	SWN- Snowboards	1003	TW 02	80	13	92
63	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	2482	TW 02	60	42	32
64	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	46590	TW 02	60	777	32
65	Finish	Wareneingangslager	FIN	WA	SWN- Snowboards	123070	Hand	6	20512	4

Gesamtschrott: 4010

Gesamtanzahl der im Produktionsjahr 2011 produzierten Snowboards (1.W,2.W und Ausfall):

127079

8.4 Materialflusstabelle (PU-SB kompensiert durch SW-SB)

ID_Transport	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220	69
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95	64
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52	69
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387	69
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	13217	TW 01	200	67	64
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	288800	TW 01	500	578	59,5
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	123772	TW 01	500	248	77,5
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	13015	TW 01	250	53	61
10	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	412572	TW 02	1200	344	88,5
11	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	206286	GST 04	320	645	41,5
12	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	144400	GST 04	320	452	77,5
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	412572	TW 01	1536	269	77,5
14	Wareneingangslager	GFM 1	WE	GFM_1	ABS-Spitze-Ferse	7500	TW 01	250	30	31
15	Wareneingangslager	Insert bestücken	WE	INS_BEST.	Inserts	50	Hand	1	50	36,5
16	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Kleber + Härter	77	TW 01	4	20	61
17	Wareneingangslager	Schutzfolie aufziehen	WE	SCH_AZ	Schutzfolien	100	GST 04	8	13	69,5
18	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Kleber	800	GST 04	2	400	63,5
19	Wareneingangslager	PLT	WE	PLT	Kleber	85	TW 01	3	29	105,5
20	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	diverse Kleinlegeteile	150	TW 01	2	75	77,5
21	Wareneingangslager	Digitaldruckerei	WE	DIG_DRUCK	Papier	450	TW 01	5	90	79
22	Lacklager	Siebdruckerei	LL	SD_01	Farben&Lacke	1200	GST 04	8	150	62
23	Digitaldruckerei	Sublimation	DIG_DRUCK	SUB_01	Digitaldrücke	143119	TW 06	450	319	15
24	Siebdruckerei	Trockenkammer (SD)	SD_01	TR_SD	siegedruckte Oberflächen	180306	TW 06	500	361	14,5
25	Siebdruckerei	GFM 1	SD_01	GFM_1	siegedruckte Laufflächen (SWN)	193069	TW 01	400	483	69,5
26	Sublimation	Schutzfolie aufziehen	SUB_01	SCH_AZ	sublimierte Oberflächen	86201	TW 06	600	144	11
27	Sublimation	Siebdruckerei	SUB_01	SD_01	sublimierte Oberflächen	30484	TW 06	600	51	16,5
28	Sublimation	GFM 1	SUB_01	GFM_1	sublimierte Laufflächen	13217	TW 01	250	53	52
29	Trockenkammer (SD)	Reinraum- OFL- Besch.	TR_SD	RR_OFL_BE	siegedruckte Oberflächen	104221	TW 01	350	298	33,5
30	Trockenkammer (SD)	Schutzfolie aufziehen	TR_SD	SCH_AZ	siegedruckte Oberflächen	10235	TW 01	150	69	12
31	Trockenkammer (SD)	GFM 1	TR_SD	GFM_1	siegedruckte Oberflächen	5629	TW 01	150	38	74,5
32	Trockenkammer (SD)	Sublimation	TR_SD	SUB_01	siegedruckte Oberflächen	60221	TW 01	300	201	23
33	Reinraum- OFL- Besch.	Schutzfolie aufziehen	RR_OFL_BE	SCH_AZ	UV besch. Oberflächen	104221	TW 01	350	298	31,5
34	Schutzfolie aufziehen	Furnierkaschiererei	SCH_AZ	FK	OFL mit Schutzfolie	13015	TW 01	100	131	7
35	Schutzfolie aufziehen	OFL coronieren	SCH_AZ	OFL_COR	OFL mit Schutzfolie	193271	TW 06	450	430	5
36	Furnierkaschiererei	OFL coronieren	FK	OFL_COR	furnierkaschierte Oberflächen	13015	TW 06	450	29	5
37	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanztes Gelege/Gewebe	288800	TW 05	600	482	105,5
38	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanzte Oberflächen	181526	TW 05	600	303	105,5
39	OFL coronieren	PLT	OFL_COR	PLT	coronierete Oberflächen	24760	TW 05	300	83	120,5
40	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	coronierete Oberflächen	168511	TW 06	400	422	110
41	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	furnierkaschierte cor. Oberflächen	13015	TW 01	250	53	110
42	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	Laufflächen	206286	TW 01	350	590	61,5
43	GFM 1	Schutzfolie aufziehen	GFM_1	SCH_AZ	Oberflächen mit Diecut	5629	TW 01	100	57	56
44	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	ABS-Spitze-Ferse	412572	Karton/Hand	3000	138	61,5
45	Holzkerne biegen	Insert bestücken	HOLZ_BIEG	INS_BEST.	bestückte Holzkerne	206286	GST 04	400	516	21
46	Insert bestücken	Wareneingangslager	INS_BEST.	WE	bestückte Holzkerne	144400	GST 04	400	361	33
47	Insert bestücken	SWN- Laminierung	INS_BEST.	SWN_L	bestückte Holzkerne	61886	GST 04	400	155	62,5
48	Kantenbiegerei	SWN- Laminierung	KANT_BIEG	SWN_L	gebogene Stahlkanten	412572	TW 01	1400	295	10
49	SWN- Laminierung	Schleiflinie 1	SWN_L	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	128055	TW 02	60	2135	30
50	SWN- Laminierung	Finish	SWN_L	FIN	SWN- Snowboards	75628	TW 02	60	1261	28
51	SWN- Laminierung	Ausfall	SWN_L	AUS	SWN- Snowboards	2603	TW 02	80	33	130
52	Schleiflinie 1	Seitenwangen fräsen	SCHL_LIN1	SW_FRÄS	SWN- Snowboards	178923	TW 04	300	597	10
53	Schleiflinie 1	PLT	SCHL_LIN1	PLT	SWN- Snowboards	24760	TW 02	60	413	17
54	PLT	Seitenwangen fräsen	PLT	SW_FRÄS	SWN- Snowboards	24760	TW 04	200	124	75
55	PLT	Ausfall	PLT	AUS	SWN- Snowboards	0	TW 02	1	0	155
56	Seitenwangen fräsen	Schleiflinie 2	SW_FRÄS	SCHL_LIN2	SWN- Snowboards	142983	TW 04	300	477	21,5
57	Seitenwangen fräsen	Steinschliff	SW_FRÄS	ST_SCHL	SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	16
58	Steinschliff	Schleiflinie 2	ST_SCHL	SCHL_LIN2	SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	9
59	Schleiflinie 2	Ausfall	SCHL_LIN2	AUS	SWN- Snowboards	2278	TW 02	80	29	127
60	Schleiflinie 2	Finish	SCHL_LIN2	FIN	SWN- Snowboards	201405	TW 04	100	2015	28
61	Schleiflinie 2	Schleiflinie 1	SCHL_LIN2	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	10038	TW 02	60	168	5
62	Finish	Ausfall	FIN	AUS	SWN- Snowboards	1627	TW 02	80	21	92
63	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	4028	TW 02	60	68	32
64	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	75628	TW 02	60	1261	32
65	Finish	Wareneingangslager	FIN	WA	SWN- Snowboards	199778	Hand	6	33297	4

Gesamtschrott: 6508

Gesamtanzahl der im Produktionsjahr 2011 produzierten Snowboards (1.W,2.W und Ausfall):

206286

8.5 Materialflusstabelle (Variante A)

PU-Snowboards durch Sandwichbauweise kompensiert, Stanzerei in PU-Schäumerei verlagert

ID_ Transport	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Tranporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220	69
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95	64
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52	69
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387	69
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	13217	TW 01	200	67	64
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelege/Gewebe	288800	TW 01	600	482	68
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelege/Gewebe	123772	TW 01	600	207	77,5
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	13015	TW 01	250	53	61
10	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	412572	TW 02	1200	344	88,5
11	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	206286	GST 04	320	645	41,5
12	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	144400	GST 04	320	452	77,5
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	412572	TW 01	1536	269	77,5
14	Wareneingangslager	GFM1	WE	GFM_1	ABS-Spitze-Ferse	7500	TW 01	250	30	31
15	Wareneingangslager	Insert bestücken	WE	INS_BEST.	Inserts	50	Hand	2	25	36,5
16	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Kleber + Härter	77	TW 01	4	20	61
17	Wareneingangslager	Schutzfolie aufziehen	WE	SCH_AZ	Schutzfolien	100	GST 04	8	13	69,5
18	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Kleber	800	GST 04	2	400	63,5
19	Wareneingangslager	PLT	WE	PLT	Kleber	85	TW 01	3	29	105,5
20	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	diverse Kleinlegeteile	150	TW 01	3	50	77,5
21	Wareneingangslager	Digitaldruckerei	WE	DIG_DRUCK	Papier	450	TW 01	5	90	79
22	Lacklager	Siebdruckerei	LL	SD_01	Farben&Lacke	1200	GST 04	8	150	62
23	Digitaldruckerei	Sublimation	DIG_DRUCK	SUB_01	Digitaldrücke	143119	TW 06	450	319	15
24	Siebdruckerei	Trockenkammer (SD)	SD_01	TR_SD	siebgedruckte Oberflächen	180306	TW 06	500	361	14,5
25	Siebdruckerei	GFM1	SD_01	GFM_1	siebgedruckte Laufflächen (SWN)	193069	TW 01	400	483	69,5
26	Sublimation	Schutzfolie aufziehen	SUB_01	SCH_AZ	sublimierte Oberflächen	86201	TW 06	600	144	11
27	Sublimation	Siebdruckerei	SUB_01	SD_01	sublimierte Oberflächen	30484	TW 06	600	51	16,5
28	Sublimation	GFM1	SUB_01	GFM_1	sublimierte Laufflächen	13217	TW 01	300	45	52
29	Trockenkammer (SD)	Reinraum- OFL- Besch.	TR_SD	RR_OFL_BE	siebgedruckte Oberflächen	104221	TW 01	350	298	33,5
30	Trockenkammer (SD)	Schutzfolie aufziehen	TR_SD	SCH_AZ	siebgedruckte Oberflächen	10235	TW 01	150	69	12
31	Trockenkammer (SD)	GFM1	TR_SD	GFM_1	siebgedruckte Oberflächen	5629	TW 01	150	38	74,5
32	Trockenkammer (SD)	Sublimation	TR_SD	SUB_01	siebgedruckte Oberflächen	60221	TW 01	300	201	23
33	Reinraum- OFL- Besch.	Schutzfolie aufziehen	RR_OFL_BE	SCH_AZ	UV besch. Oberflächen	104221	TW 01	350	298	31,5
34	Schutzfolie aufziehen	Furnierkaschiererei	SCH_AZ	FK	OFL mit Schutzfolie	13015	TW 01	100	131	7
35	Schutzfolie aufziehen	OFL coronieren	SCH_AZ	OFL_COR	OFL mit Schutzfolie	193271	TW 06	450	430	5
36	Furnierkaschiererei	OFL coronieren	FK	OFL_COR	furnierkaschierte Oberflächen	13015	TW 06	450	29	5
37	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanztes Gelege/Gewebe	288800	TW 05	600	482	26
38	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanzte Oberflächen	181526	TW 05	600	303	26
39	OFL coronieren	PLT	OFL_COR	PLT	coronierte Oberflächen	24760	TW 05	300	83	120,5
40	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	coronierte Oberflächen	168511	TW 06	400	422	60
41	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	furnierkaschierte cor. Oberflächen	13015	TW 01	250	53	60
42	GFM1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	Laufflächen	206286	TW 01	350	590	61,5
43	GFM1	Schutzfolie aufziehen	GFM_1	SCH_AZ	Oberflächen mit Diecut	5629	TW 01	100	57	56
44	GFM1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	ABS-Spitze-Ferse	412572	Karton/Hand	3000	138	61,5
45	Holzkerne biegen	Insert bestücken	HOLZ_BIEG	INS_BEST.	bestückte Holzkerne	206286	GST 04	400	516	21
46	Insert bestücken	Wareneingangslager	INS_BEST.	WE	bestückte Holzkerne	144400	GST 04	400	361	33
47	Insert bestücken	SWN- Laminierung	INS_BEST.	SWN_L	bestückte Holzkerne	61886	GST 04	400	155	62,5
48	Kantenbiegerei	SWN- Laminierung	KANT_BIEG	SWN_L	gebogene Stahlkanten	412572	TW 01	1400	295	10
49	SWN- Laminierung	Schleiflinie 1	SWN_L	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	128055	TW 02	60	2135	30
50	SWN- Laminierung	Finish	SWN_L	FIN	SWN- Snowboards	75628	TW 02	60	1261	28
51	SWN- Laminierung	Ausfall	SWN_L	AUS	SWN- Snowboards	2603	TW 02	80	33	130
52	Schleiflinie 1	Seitenwangen fräsen	SCHL_LIN1	SW_FRÄS	SWN- Snowboards	178923	TW 04	300	597	10
53	Schleiflinie 1	PLT	SCHL_LIN1	PLT	SWN- Snowboards	24760	TW 02	60	413	17
54	PLT	Seitenwangen fräsen	PLT	SW_FRÄS	SWN- Snowboards	24760	TW 04	200	124	75
55	PLT	Ausfall	PLT	AUS	SWN- Snowboards	0	TW 02	1	0	155
56	Seitenwangen fräsen	Schleiflinie 2	SW_FRÄS	SCHL_LIN2	SWN- Snowboards	142983	TW 04	300	477	21,5
57	Seitenwangen fräsen	Steinschliff	SW_FRÄS	ST_SCHL	SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	16
58	Steinschliff	Schleiflinie 2	ST_SCHL	SCHL_LIN2	SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	9
59	Schleiflinie 2	Ausfall	SCHL_LIN2	AUS	SWN- Snowboards	2278	TW 02	80	29	127
60	Schleiflinie 2	Finish	SCHL_LIN2	FIN	SWN- Snowboards	201405	TW 04	100	2015	28
61	Schleiflinie 2	Schleiflinie 1	SCHL_LIN2	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	10038	TW 02	60	168	5
62	Finish	Ausfall	FIN	AUS	SWN- Snowboards	1627	TW 02	80	21	92
63	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	4028	TW 02	60	68	32
64	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LIN1	SWN- Snowboards	75628	TW 02	60	1261	32
65	Finish	Warenausgangslager	FIN	WA	SWN- Snowboards	199778	Hand	6	33297	4

Gesamtschritt: 6508

Gesamtanzahl der im Produktionsjahr 2011 produzierten Snowboards (1.W,2.W und Ausfall): 206286

8.6 Materialflusstabelle (Variante C)

Veränderung am bestehenden System: Stanzerei wird in die Sublimation verlagert.
 Produktion von PU-Snowboards und Snowboards der Sandwich-Bauweise.

ID_	Unternehmensbereich		Abkürzung		Komponente	Menge (Stk)	Transportmittel	Einheiten je Transportmittel	Anzahl der Transporte	Transportweg (m)
	von	nach	von	nach						
1	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Oberflächenmaterial	131748	TW 03	600	220	69
2	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Oberflächenmaterial	56464	TW 03	600	95	64
3	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Direktdigital gedruckte OFL	18074	TW 01	350	52	69
4	Wareneingangslager	Siebdruckerei	WE	SD_01	Laufflächenmaterial	193069	TW 03	500	387	69
5	Wareneingangslager	Sublimation	WE	SUB_01	Laufflächenmaterial	13217	TW 01	200	67	64
6	Wareneingangslager	Stanzerei (SWN)	WE	STANZ_SWN	Gelele/Gewebe	190620	TW 01	500	382	62
7	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Gelele/Gewebe	63538	TW 01	500	128	77,5
8	Wareneingangslager	Ablängerei PU	WE	AB_PU	Laminat/Kaschierstreifen	2640	GST 04	8	330	45
9	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Echtholz furnier	13015	TW 01	250	53	61
10	Wareneingangslager	PU Schäumerei	WE	PU_SCH	Stahlkanten	79207	TW 02	600	133	64,5
11	Wareneingangslager	Kantenbiegerei	WE	KANT_BIEG	Stahlkanten	254158	TW 02	1200	212	88,5
12	Wareneingangslager	Holzkerne biegen	WE	HOLZ_BIEG	Holzkerne	127079	GST 04	320	398	41,5
13	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	bestückte Holzkerne	91829	GST 04	320	287	77,5
14	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Seitenwangen	254158	TW 01	1024	249	77,5
15	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Seitenwangen	158414	TW 01	1024	155	58,5
16	Wareneingangslager	GFM 1	WE	GFM_1	ABS-Spitze-Ferse	5000	TW 01	150	34	31
17	Wareneingangslager	Insert bestücken	WE	INS_BEST.	Inserts	31	Hand	1	31	36,5
18	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	Inserts	20	Hand	1	20	58,5
19	Wareneingangslager	Furnierkaschiererei	WE	FK	Kleber + Härter	77	TW 01	4	20	61
20	Wareneingangslager	Schutzfolie aufziehen	WE	SCH_AZ	Schutzfolien	100	GST 04	8	13	69,5
21	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	Kleber	600	GST 04	2	300	63,5
22	Wareneingangslager	PLT	WE	PLT	Kleber	85	TW 01	3	29	105,5
23	Wareneingangslager	Kaschiererei (PU)	WE	KASCH_PU	Kleber	532	GST 04	8	67	53
24	Wareneingangslager	SWN- Laminierung	WE	SWN_L	diverse Kleinleinlegeeile	100	TW 01	2	50	77,5
25	Wareneingangslager	PU Bauteilvorbereitung	WE	PU_BV	diverse Kleinleinlegeeile	100	TW 01	2	50	58,5
26	Wareneingangslager	Digitaldruckerei	WE	DIG_DRUCK	Papier	4560	TW 01	5	90	79
27	Lacklager	Siebdruckerei	LL	SD_01	Farben/Lacke	1200	GST 04	8	150	62
28	Ablängerei PU	Kaschiererei (PU)	AB_PU	KASCH_PU	Laminat/Kaschierstreifen	157346	TW 01	350	449	14
29	Ablängerei PU	Furnierkaschiererei	AB_PU	FK	Laminat/Kaschierstreifen	1268	TW 01	100	13	31,5
30	Digitaldruckerei	Sublimation	DIG_DRUCK	SUB_01	Digitaldrücke	143119	TW 06	450	319	15
31	Siebdruckerei	Trockenkammer (SD)	SD_01	TR_SD	siebedruckte Oberflächen	180306	TW 06	500	361	14,5
33	Siebdruckerei	Kaschiererei (PU)	SD_01	KASCH_PU	siebedruckte Laufflächen (PU)	72600	TW 01	400	182	68,5
34	Siebdruckerei	GFM 1	SD_01	GFM_1	siebedruckte Laufflächen (SWN)	120469	TW 01	400	302	69,5
35	Sublimation	Schutzfolie aufziehen	SUB_01	SCH_AZ	sublimierte Oberflächen	86201	TW 06	600	144	11
36	Sublimation	Siebdruckerei	SUB_01	SD_01	sublimierte Oberflächen	30484	TW 06	600	51	16,5
37	Sublimation	Kaschiererei (PU)	SUB_01	KASCH_PU	sublimierte Laufflächen	6607	TW 01	250	27	46
38	Sublimation	GFM 1	SUB_01	GFM_1	sublimierte Laufflächen	6610	TW 01	250	27	52
39	Trockenkammer (SD)	Reinraum- OFL- Besch.	TR_SD	RR_OFL_BE	siebedruckte Oberflächen	104221	TW 01	350	298	33,5
40	Trockenkammer (SD)	Schutzfolie aufziehen	TR_SD	SCH_AZ	siebedruckte Oberflächen	102335	TW 01	150	69	12
41	Trockenkammer (SD)	GFM 1	TR_SD	GFM_1	siebedruckte Oberflächen	5629	TW 01	150	38	74,5
42	Trockenkammer (SD)	Sublimation	TR_SD	SUB_01	siebedruckte Oberflächen	60221	TW 01	300	201	23
43	Reinraum- OFL- Besch.	Schutzfolie aufziehen	RR_OFL_BE	SCH_AZ	UV besch. Oberflächen	104221	TW 01	350	298	31,5
44	Schutzfolie aufziehen	Furnierkaschiererei	SCH_AZ	FK	OFL mit Schutzfolie	13015	TW 01	100	131	7
45	Schutzfolie aufziehen	OFL coronieren	SCH_AZ	OFL_COR	OFL mit Schutzfolie	193271	TW 06	450	430	5
46	Furnierkaschiererei	OFL coronieren	FK	OFL_COR	furnierkaschierte Oberflächen	13015	TW 06	450	29	5
47	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanztes Gelele/Gewebe	190620	TW 05	400	477	90
48	Stanzerei (SWN)	SWN- Laminierung	STANZ_SWN	SWN_L	gestanzte Oberflächen	127079	TW 05	250	500	90
49	OFL coronieren	PLT	OFL_COR	PLT	coronirierte Oberflächen	24760	TW 05	250	100	120,5
50	OFL coronieren	Kaschiererei (PU)	OFL_COR	KASCH_PU	coronirierte Oberflächen	77939	TW 05	250	312	42
51	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	coronirierte Oberflächen	90572	TW 05	250	363	10
52	OFL coronieren	Brückenstanze	OFL_COR	BR_STANZ	furnierkaschierte Oberflächen	1268	TW 01	80	16	36
53	OFL coronieren	Stanzerei (SWN)	OFL_COR	STANZ_SWN	furnierkaschierte Oberflächen	11247	TW 01	200	59	10
54	Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	KASCH_PU	TR_PU	kaschierte Oberflächen	77939	TW 06	500	156	73
55	Kaschiererei (PU)	Trockenkammer	KASCH_PU	TR_PU	kaschierte Laufflächen	79207	TW 06	500	159	73
56	Trockenkammer	Brückenstanze	TR_PU	BR_STANZ	kaschierte Oberflächen	77939	TW 06	500	156	66
57	Trockenkammer	GFM 2	TR_PU	GFM_2	kaschierte Laufflächen	79207	TW 06	500	159	73
58	Trockenkammer	Schleiflinie 1	TR_PU	SCHL_LUN1	PU Snowboards	77255	TW 02	60	1288	34
59	Brückenstanze	Insert bohren	BR_STANZ	INS_BOHR.	kaschierte Oberflächen	79207	TW 01	400	199	14,5
60	Insert bohren	PU Bauteilvorbereitung	INS_BOHR.	PU_BV	gebohrte kaschierte OFL	79207	TW 01	400	199	21,5
61	GFM 2	Finish	GFM_2	FIN	kaschierte FL mit outline	11677	TW 01	250	47	38
62	GFM 2	PU Bauteilvorbereitung	GFM_2	PU_BV	kaschierte FL mit outline	67530	TW 01	350	193	17,5
63	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	Laufflächen	127079	TW 01	350	364	61,5
64	GFM 1	Kaschiererei (PU)	GFM_1	KASCH_PU	Laufflächen	11677	TW 01	250	47	25
65	GFM 1	Schutzfolie aufziehen	GFM_1	SCH_AZ	Oberflächen mit Diecut	5629	TW 01	100	57	56
66	GFM 1	SWN- Laminierung	GFM_1	SWN_L	ABS-Spitze-Ferse	254158	Karton/Hand	3000	85	61,5
67	Holzkerne biegen	Insert bestücken	HOLZ_BIEG	INS_BEST.	bestückte Holzkerne	127079	GST 04	400	318	21
68	Insert bestücken	Wareneingangslager	INS_BEST.	WE	bestückte Holzkerne	91829	GST 04	400	230	33
69	Insert bestücken	SWN- Laminierung	INS_BEST.	SWN_L	bestückte Holzkerne	35250	GST 04	400	89	62,5
70	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	fertige Laufflächen	79207	TW 01	300	265	10
71	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	fertige Laufflächen	79207	TW 01	300	265	10
72	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	Seitenwangen	158414	TW 01	800	199	10
73	PU Bauteilvorbereitung	PU Schäumerei	PU_BV	PU_SCH	diverse Kleinleinlegeeile	100	Hand	2	50	10
74	Kantenbiegerei	SWN- Laminierung	KANT_BIEG	SWN_L	gebogene Stahlkanten	254158	TW 01	1000	255	10
75	PU Schäumerei	Trockenkammer	PU_SCH	TR_PU	PU Snowboards	77255	TW 02	60	1288	51,5
76	PU Schäumerei	Ausfall	PU_SCH	AUS	PU Snowboards	1952	TW 02	80	25	97
77	SWN- Laminierung	Schleiflinie 1	SWN_L	SCHL_LUN1	SWN- Snowboards	61176	TW 02	60	1020	30
78	SWN- Laminierung	Finish	SWN_L	FIN	SWN- Snowboards	63951	TW 02	60	1066	28
79	SWN- Laminierung	Ausfall	SWN_L	AUS	SWN- Snowboards	1952	TW 02	80	25	130
80	Schleiflinie 1	Seitenwangen fräsen	SCHL_LUN1	SW_FRÄS	PU u SWN- Snowboards	177622	TW 04	300	593	10
81	Schleiflinie 1	PLT	SCHL_LUN1	PLT	PU u SWN- Snowboards	24760	TW 02	60	413	17
82	PLT	Seitenwangen fräsen	PLT	SW_FRÄS	PU u SWN- Snowboards	24760	TW 04	200	124	75
83	PLT	Ausfall	PLT	AUS	PU u SWN- Snowboards	0	TW 02	1	0	155
84	Seitenwangen fräsen	Schleiflinie 2	SW_FRÄS	SCHL_LUN2	PU u SWN- Snowboards	141682	TW 04	300	473	21,5
85	Seitenwangen fräsen	Steinschliff	SW_FRÄS	ST_SCHL	PU u SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	16
86	Steinschliff	Schleiflinie 2	ST_SCHL	SCHL_LUN2	PU u SWN- Snowboards	60700	TW 04	300	203	9
87	Schleiflinie 2	Ausfall	SCHL_LUN2	AUS	PU u SWN- Snowboards	1627	TW 02	80	21	127
88	Schleiflinie 2	Finish	SCHL_LUN2	FIN	PU u SWN- Snowboards	200754	TW 04	100	2008	28
89	Schleiflinie 2	Schleiflinie 1	SCHL_LUN2	SCHL_LUN1	PU u SWN- Snowboards	10038	TW 02	60	168	5
90	Finish	Ausfall	FIN	AUS	PU u SWN- Snowboards	976	TW 02	60	17	92
91	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LUN1	PU u SWN- Snowboards	4015	TW 02	60	67	32
92	Finish	PU Bauteilvorbereitung	FIN	PU_BV	kaschierte Laufflächen	11677	TW 01	250	47	61
93	Finish	Schleiflinie 1	FIN	SCHL_LUN1	SWN- Snowboards	63951	TW 02	60	1066	32
94	Finish	Warenausgangslager	FIN	WA	PU u SWN- Snowboards	199778	Hand	6	33297	4

Gesamtschrott: 6508

Gesamtanzahl der im Produktionsjahr 2011 produzierten Snowboards (1.W,2.W und Ausfall): 206286

8.7 Datenstruktur der beigelegten DVD

Auf der beiliegenden DVD ist eine pdf.-Version der vorliegenden Diplomarbeit gespeichert. Zusätzlich sind in dem Ordner „Materialfluss_AutoCAD“ alle Dateien ersichtlich, die zur Visualisierung des Materialflusses erstellt worden sind. Eine pdf.-Version vom gesamten Materialfluss ist ebenfalls in diesem Ordner gespeichert. Dem Ordner „Institutsarbeit“ können die Dateien zur Visualisierung des Materialflusses in Form der Sankey-Diagramme und selbige entnommen werden. Sämtliche Dateien, die zur Analyse des Materialflusses erstellt worden sind, sind in dem Ordner „Tabellen und Matrizen“ enthalten. Des Weiteren sind alle verwendeten Fotos und Bilder auf der DVD gespeichert.

Die DVD ist, wie in folgender Abbildung ersichtlich, gegliedert:

