

Masterarbeit

Analyse des Materialflusses und der Logistikabläufe in der Edel- stahlherstellung

eingereicht an der

Montanuniversität Leoben

erstellt am

**Lehrstuhl Industriell
logistik**

Vorgelegt von:

Alexander ZEFFERER, BSc
0335094

Betreuer/Gutachter:

Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits
Dipl.-Ing. Georg Judmaier
Leoben, November 2011

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Alexander Zefferer

Leoben, 22. November 2011

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen an der Erstellung dieser Arbeit beteiligten Personen danken.

In erster Linie gilt mein Dank Herrn DI Dr. Gerhard Hackl, Vorstandsmitglied der Breitenfeld Edelstahl AG. Er gab den Anstoß und den Auftrag zur Analyse der Materialflüsse in diesem Unternehmen und ermöglichte es mir diese zügig und ohne Einschränkungen durchzuführen.

Mein Dank gilt ebenfalls meinen Betreuern universitätsseitig, Herrn Univ. -Prof. Dr. Helmut Zsifkovits und Herrn Dipl. Ing Georg Judmaier. Diese beiden Herren stellten die fachliche Betreuung der Arbeit sicher und haben sich durch besonderen Einsatz für ihre Studenten hervorgetan. Wenn nötig werden organisatorische Fragen in kürzester Zeit bereinigt und das Vorankommen der Studierenden gefördert. Dieser Einsatz ist besonders hervorzuheben und wird von mir nicht als selbstverständlich betrachtet.

Ebenfalls danken möchte ich all jenen mit denen ich im Rahmen der Erstellung der Arbeit Kontakt hatte, und die mir den einen oder anderen kreativen Input gaben.

Nicht zuletzt möchte ich auch meinen Eltern danken, die meine Anstrengungen bei der Erstellung dieser Arbeit nach Kräften als „Support-Team“ im Hintergrund unterstützt haben. Sie haben mich stets bestärkt und dafür gesorgt dass ich mein Ziel diese Arbeit zeitgerecht fertigzustellen nicht aus den Augen verliere aber auch genug Ablenkungen bekam.

Kurzfassung

Diese Masterarbeit analysiert die Logistikabläufe und Materialflüsse in der Edelstahlherstellung. Nach einer umfassenden Beschreibung der Methoden und Werkzeuge der Materialflussanalyse und der speziellen Anforderungen in der Stahlindustrie wird die praktische Umsetzung dieser Analyse am Beispiel der Breitenfeld Edelstahl AG als Projekt im Bereich der Edeltahlerzeugung durchgeführt. Der Fokus liegt dabei auf den für die Erzeugung des Edelstahls relevanten Prozessen, von der Schrottanlieferung bis zum Lichtbogenofen. Als Basis für alle weiteren Schritte wurde die Kapazität der Produktionsanlagen und der Fördertechnik aufgenommen und determiniert. Die durchgeführte Untersuchung der Abläufe und damit der Materialflüsse wird detailliert dargestellt und die Stoffströme durch die Fertigung werden visualisiert. Zur Bestimmung der erreichbaren Produktionsmenge, mit der aktuellen Anlagenkonfiguration, wurde ein Szenarien-basiertes Berechnungsmodell erstellt. Dieses bestimmt auf Basis des Produktionsmixes die Kapazität der Fertigung und zeigt Engpässe im Materialfluss auf. Die Ergebnisse sowie Erkenntnisse aus der Analyse und der Entwicklung des Berechnungsmodells werden angeführt. Die Engpässe in der Produktion, bei steigender Menge, werden aufgezeigt und lokalisiert. Die durchgeführte Untersuchung bildet die Basis für Verbesserungen im innerbetrieblichen Materialfluss und zeigt die maximale Produktionsmenge in Abhängigkeit des Produktmixes auf.

Abstract

This master-thesis deals with the analysis of logistic processes and material flows within the production of stainless steel. At first the material flow analysis processes and methods are described and the special requirements and conditions of the stainless steel production are illustrated. The practical analysis is performed at Breitenfeld Stainless-Steel AG. The focus lies on processes that are relevant for the production, beginning with the delivery of scrap metal to the electric arc furnace. As foundation for all further steps the capacity of production and materials handling equipment was determined. The analysis of the processes and also the material flows is shown step by step. To ascertain the maximal capacity of the steel mill and identify bottlenecks a scenario-based calculating model was developed. Based on the production mix the model determines the amount of material which is flowing through the production and shows where bottlenecks are located. The results and findings derived from the analysis and the calculation are the basis for further developments of the production line to increase the possible output and pictures the influence of the product mix to the production system and capacity.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Danksagung	II
Kurzfassung	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	VI
1 Problemstellung	1
2 Einleitung	2
2.1 Vorgehensweise	2
2.2 Ausgangssituation Breitenfeld AG	2
2.3 Projektaufgabe Breitenfeld AG	3
2.4 Besonderheiten Edelstahlherzeugung	4
3 Materialflussanalyse	6
3.1 Grundlagen Materialfluss.....	6
3.2 Ablauf Materialflussanalyse	15
4 Materialflussanalyse Breitenfeld	21
4.1 Abgrenzung des Beobachtungsgebietes	21
4.1.1 Schrottplatz.....	22
4.1.2 Bedienmodell Schrottplatz.....	25
4.1.3 Lichtbogenofen und Bedienung	28
4.2 Erhebung und Berechnung	32
4.3 Erstellung des Berechnungsmodells V 1.0	34
4.4 Erweiterung des Berechnungsmodells.....	39
4.5 Berechnungsmodell V 2.0.....	41
4.6 Szenario-Simulation.....	44
5 Ergebnisse und Reflexion	48
5.1 Ergebnisse Berechnungsmodell V 1.0	48
5.2 Ergebnisse Berechnungsmodell V 2.0	53
5.3 Ergebnisse Szenario-Simulation	57
5.4 Zusammenfassung und Ausblick.....	61
Literaturverzeichnis	63
Anhang	65

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Transformationsprozesse	12
Tabelle 2: Beispiel Materialflussmatrix	19
Tabelle 3: Zeitvarianten.....	55
Tabelle 4: Variationen der Simulations-Szenarien	58
Tabelle 5: Zusammenfassung der Ergebnisse.....	59
Abbildung 1: Stofffluss Breitenfeld.....	5
Abbildung 2: Abgrenzung Materialflusstechnik und Logistik	8
Abbildung 3: Quelle-Senke-Beziehungen	10
Abbildung 4: Transformationsprozess.....	13
Abbildung 5: Darstellung des Materialfluss	14
Abbildung 6: Sankey-Diagramm	15
Abbildung 7: Symbole nach VDI 3300	19
Abbildung 8: Ablauf Analyse Breitenfeld	21
Abbildung 9: Stahlwerksprozesse gesamt	21
Abbildung 10: Beobachtungsbereiche Materialflussanalyse	22
Abbildung 11: Analysebereich Schrottplatz	22
Abbildung 12: Skizze Schrottplatz & Chargierplatz	24
Abbildung 13: Erhebungsbogen Schrottplatz.....	25
Abbildung 14: Bestandverlauf Schrottplatz	28
Abbildung 15: Analysebereich Lichtbogenofen.....	29
Abbildung 16: Erhebungsbogen Bedienung	29
Abbildung 17: Einteilung der verwendeten Zeitbegriffe	31
Abbildung 18: Analysebereich Transport	32
Abbildung 19: Ablaufdiagramm.....	33
Abbildung 20: Berechnungsmodellerstellung	34
Abbildung 21: Mengenverteilung	35
Abbildung 22: Prozentverteilung.....	36
Abbildung 23: Screenshot Berechnungsmodell V1.0.....	37
Abbildung 24: Verteilung der Zulieferungen	39
Abbildung 25: Entwicklung Berechnungsmodell	41
Abbildung 26: Ausschnitt Berechnungsmodell V 2.0	43
Abbildung 27: Screenshot Szenario-Simulation.....	45
Abbildung 28: Screenshot Ausgabe Kapazitätsberechnung Schrottplatz	51
Abbildung 29: Ausschnitt Berechnung Kapazität Schrottplatz	52
Abbildung 30: Zeitvarianten des Berechnungsmodells	54

Abbildung 31: Standardtätigkeiten pro Charge.....	56
Abbildung 32: Bestandteile Szenario-Simulation.....	57
Abbildung 33: Diagramm für 5% Stör-Zeit und 0% Prozesszeitreduktion	60

1 Problemstellung

In der Prozessindustrie und im Speziellen bei der Erzeugung von Edelstahl, stellen Verzögerungen im Materialfluss ein Problem dar, da die Qualität der Produkte darunter stark leiden kann, oder die Erzeugnisse komplett unbrauchbar werden können. Weiterer Folgen von Verzügen in der Materialbereitstellung können sogar Schäden an den Anlagen sein. Die zeitkritischen Prozesse bestimmen die Taktung der Handhabung und stellen hohe Anforderungen an die Materialflussmittel.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Analyse der Materialflüsse sowie der Logistikabläufe bei der Herstellung von Edelstahl innerhalb der Produktion der Breitenfeld Edelstahl AG.

Die Materialflüsse wurden bisher für dieses Unternehmen noch nicht in passender Form erhoben und dargestellt. Es ist vom Unternehmen eine Erhöhung der Produktionsmenge in naher Zukunft angestrebt. Dazu sollen die Materialflüsse der Produktion erhoben und visualisiert werden, um vorhandene Engpässe der Fördermittel und Fertigungsanlagen feststellen zu können. Die Materialflussanalyse wird im Bereich Schrottplatz und Lichtbogenofen ausgeführt, da diese Bereiche für die Herstellung von Edelstahl den Ausgangspunkt und den Kern der Produktion darstellen. Diese Analyse ermöglicht eine Aussage, ob eine Produktion der geforderten Menge möglich ist und an welcher Stelle des Produktionsablaufs sich der Engpass befindet.

Es werden die kritischen Materialflüsse der Fördermittel, durch die Erhebung der spezifischen Zeiten und eine Auswertung der vorhandenen Daten der Produktion ermittelt. Erreicht wird dies durch die Erfassung der dafür nötigen Daten mittels selbst erstellter Erhebungsbögen und der Berechnung der erreichbaren möglichen Produktionskapazität mittels eines Berechnungsmodells.

2 Einleitung

Die Untersuchung der Materialflüsse und der Logistikabläufe erfolgt im Rahmen eines Projektes zur Auffindung der Engpässe und Schwachstellen innerhalb der Produktion der Breitenfeld Edelstahl AG. Dies geschieht unter der Prämisse die derzeitige Produktionsmenge in Zukunft zu verdoppeln.

Dabei ist es erforderlich, die zu beobachteten Bereiche zuerst zu beschreiben um deren Materialflusscharakteristik erfassen zu können. Die Besonderheit der Materialflüsse in einem Stahlwerk soll dabei berücksichtigt und herausgearbeitet werden. Um diese Zusammenhänge darzustellen werden folgende Forschungsfragen beantwortet:

Welches sind die kritischen Materialflüsse in einem Stahlwerk und wie können diese identifiziert werden?

Was ist die erreichbare Maximalproduktionskapazität unter der gegebenen Produktionsanlagenkonfiguration und den vorhandenen Materialflussmitteln?

Welche Engpässe sind dabei zu erwarten?

2.1 Vorgehensweise

Zur Beantwortung der Forschungsfragen ist diese Masterarbeit in zwei Hauptbereiche gegliedert. Der erste Teil ist die Beschreibung des Umfangs und der Möglichkeiten der Materialflussanalyse. Darin werden ausgewählte Varianten und Techniken zur Darstellung des Materialflusses angeführt und eine geeignete Vorgehensweise zur Untersuchung entwickelt.

Im zweiten Teil dieser Masterarbeit erfolgt dann die reale Umsetzung einer Materialflussanalyse am Beispiel der Breitenfeld Edelstahl AG. Dazu werden ausgewählte Techniken verwendet um zu einer vollständigen Analyse der Materialflüsse des Analysebereichs zu gelangen. Dieser Teil enthält auch die Entwicklung eines Berechnungsmodells, zur Bestimmung der möglichen Produktionsmengen unter gegebenen Mitteln auf Basis von vorhandenen Produktionsdaten.

2.2 Ausgangssituation Breitenfeld AG

Die Breitenfeld Edelstahl AG ist ein historisch gewachsener Edeltahlerzeugungsbetrieb mit Sitz in Mitterdorf im Mürztal. Bereits 1942 als Eisenwerk Breitenfeld gegründet hat sich dieses Unternehmen im Lauf der Zeit verändert und auch seine Produktionsmethoden angepasst. Die Grundzüge der Gebäude, als Kern der Infrastruktur der

Produktion, sind in vielen Bereichen nicht wesentlich verändert worden. Die Logistikafläufe und Materialflüsse sind Großteils durch diese Infrastruktur bedingt und entsprechend angepasst.

Dass diese Strukturen nun im Sinne des Materialflussmanagement nicht optimal sind, beruht unter anderem auf der Tatsache, dass die bestehende Infrastruktur ursprünglich für eine andere Art der Produktion sowie eine kleinere Produktionsmengen ausgelegt war. Es wurde zwar bereits ein zweites Stahlwerk errichtet, die mengenmäßigen Verknüpfungen und die daraus entstehenden Materialflüsse sind dabei aber noch nicht berücksichtigt worden.

Nun soll im Rahmen eines Projektes, dem Ausgangspunkt für diese Arbeit, geklärt werden, ob diese Strukturen und Abläufe eine Erhöhung der Produktionsmenge ermöglichen. Wenn nicht, wo und in welchem Umfang sich die Engpassbereiche befinden.

2.3 Projektaufgabe Breitenfeld AG

Die beabsichtigte Verdopplung der Produktionsmenge wurde im Rahmen des Projektes aufgegriffen und die bewegten Mengen dann im Hinblick auf dieses Ziel berechnet. Das Projekt beinhaltete folgende Aufgaben:

- Aufnahme des Produktmix GJ 2010 als Baseline
- Prüfen der vorhandenen Daten
- Erstellen des Aufnahmerasters für nicht vorhandene Daten
- Datenaufnahme
- Geeignete Darstellung des Materialflusses
- Engpassermittlung
- Bestimmung der Maximalkapazität unter den gegebenen Annahmen

Dies alles geschieht unter der Berücksichtigung der vorhandenen IST-Kapazität sowie dem gegebenem Layout. Die Analysenphase, sowie die Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zur Erreichung des Zieles, eine Aussage über die Probleme und kritischen Einflüsse bei verdoppelter Produktionsmenge zu tätigen, wird in einem eigenen Kapitel dargelegt.

2.4 Besonderheiten Edeltahlerzeugung

Die Herstellung von Edelstahl ist der Prozessindustrie zuzurechnen. Da bei der Herstellung von Stahl, auch Edelstahl, Verfahren zum Einsatz kommen die der bei Schönsleben angegebenen Definition der Prozessindustrie entsprechen.¹

Die Besonderheit der Materialflüsse bei der Erzeugung von Edelstahl sind:

- Das eingesetzte Material geht völlig im Endprodukt auf und kann auch nicht direkt mittels Kennzeichnung verfolgt werden.
- Der Aggregatzustand des bewegten Materials ändert sich von fest, d.h. als Blech bzw. Roh-Schrott, in flüssig, als erschmolzenen Stahl.
- Das verwendete Material kann nur schlecht oder gar nicht markiert, d.h. mit der für den Materialfluss notwendigen Informationen versehen werden, diese würden mit den Fertigungsschritten vernichtet.
- Eine Erfassung um welches Material es sich handelt geschieht ausschließlich im Produktionssystem und ist Chargen- bzw. Chargenkorb bezogen verfügbar.

Dies bedeutet auch, dass aus dem Materialflussobjekt Blech, legierter Stahl etc. das Objekt Chargenkorb 1 der Charge XY als Information generiert wird. Der Fluss des Materials kann besser über die Materialflussmittel, in diesem Fall der Chargenkorb, als das Material selbst dargestellt werden. Nachfolgend eine Darstellung der Produktionsabschnitte, der Produktionsbereiche des Edelstahls der Breitenfeld Edelstahl AG.

¹ Vgl. Schönsleben (2007) S. 401.

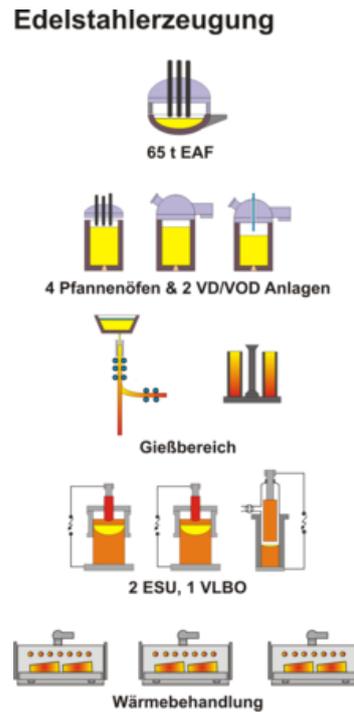


Abbildung 1: Stofffluss Breitenfeld²

Der Materialfluss in der Edelstahlherstellung ist auch wegen der notwendigen Versorgung des Produktionsaggregates, dem Lichtbogenofen, als kritisch zu betrachten. Die Versorgung des Ofens hat oberste Priorität, denn durch zu langsame oder unterbrochene Versorgung wird die Zeit des Herstellungsprozesses verlängert, oder dieser Prozess komplett unterbrochen.

Daher ist die reibungslose Zuführung von Material an das Produktionsaggregat besonders wichtig. Die dafür verwendeten Materialflussmittel müssen eine dementsprechende Zuverlässigkeit und Haltbarkeit aufweisen. Der Umgang mit den verwendeten Materialien fordert dementsprechend Verschleiß, und die Belastbarkeit mit den Stoffmengen und muss bei Auslegung derselben entsprechend berücksichtigt werden.

² Quelle: Breitenfeld Edelstahl AG

3 Materialflussanalyse

Die für die Analyse und Berechnung der Materialflüsse relevanten Modelle und theoretischen Vorgehensweisen werden in diesem Kapitel dargestellt.

Die Materialflussanalyse beschäftigt sich wie der Name schon aussagt mit der Analyse von Bewegungen der Materialien innerhalb eines definierten Beobachtungsbereiches. Dieser Bereich kann sehr eng gefasst sein, oder auch global bezogen angenommen werden. Wie diese Analyse durchgeführt wird und welche Komponenten diese zu enthalten hat, wird nachfolgend dargestellt.

3.1 Grundlagen Materialfluss

Dazu hier eine Definition wie der Begriff Materialfluss nach ten Hompel festgelegt ist:

„Materialfluss (engl. Material flow) ist die physische Bewältigung von Warenbewegungen aller Art als Teil einer logistischen Aufgabe. Nach VDI 3300/ DIN 30781 ist der M. die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten so wie bei der Verteilung von →Gütern innerhalb fester Bereiche.“³ Bei Jünemann⁴ wird allerdings eine kürzere Definition des Materialflusses, bezogen auf die VDI Richtlinie 2411, die Begriffe und Erläuterungen im Förderwesen enthält, angegeben. Diese beschreibt den Materialfluss ebenfalls als die Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie der Verteilung von Gütern innerhalb fester Bereiche, und dupliziert damit Bereiche der Definition die von ten Hompel verwendet wird.

Als Hinweis sei hier angegeben, dass diese Richtlinie bereits vom VDI, dem Verein Deutscher Ingenieure, zurückgezogen worden ist.⁵

Eine ausführliche Definition des Materialflusses als Begriff:

„Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie Lagern und Verteilen von Stoffen innerhalb festgelegter Bereiche. Hierzu gehören z. B. die Vorgänge Bearbeiten, Transportieren, Handhaben, Lagern, Aufenthalt, Prüfen als operative Vorgänge der →Produktionslogistik. Der Endpunkt wird durch die Materialfluss-Prozesse und die eingesetzten Materialfluss-Systeme beschrieben. Materialfluss-Prozesse bewirken im Rahmen von Transformationsprozessen eine Veränderung des Systemzustands von Gütern (Material, Stoffe) hinsichtlich der logistischen Grundgrö-

³ ten Hompel (2008) S. 181

⁴ Jünemann (2000) S. 4.

⁵ Richtliniendetails VDI 2411

Ben Sorte, Menge, Ort und Zeit. Materialfluss-Systeme sind Anordnungen eingesetzter Bearbeitungssysteme und Transport- und Lagersysteme andererseits.“⁶

Diese Definition enthält bereits den Begriff Transformationsprozess als zentrale Aufgabe im Materialfluss, und beschreibt die Grenzen des Materialflusses relativ eindeutig.

Was nun Transformationsprozesse sind, und welche Arten innerhalb des Materialflusses auftreten wird noch in diesem Kapitel an passender Stelle erläutert.

Auch Hartmann nennt den Materialfluss einen „Sammelbegriff für einen geordneten Ablauf sämtlicher Transport,- Förder- und Lagervorgänge“, beruft sich im folgendem aber ebenfalls auf die VDI Richtlinie 3300 zur genaueren Definition des Begriffs.⁷

Gegenstände des Materialflusses bzw. auch der Logistik nach Jünemann sind:⁸

- Güter (differenziert in Materialien und Stoffe)
- Personen
- Informationen
- Energie
- Materialflussmittel
- Produktionsmittel
- Informationsflussmittel
- Infrastruktur(Gebäude etc.)

Damit umfasst der Bereich den die Materialflussanalyse abzudecken hat eine ganze Betrachtungseinheit. Materialflusssysteme selbst bestehen nach Noche und Druyen aus diesen Bereichen:⁹

- Produktion
- Lagerung
- Transport
- Kommissionierung
- Verpackung

Damit kann ein Unternehmen als ein vollständiges Materialflusssystem gesehen werden, da es typischerweise alle diese Bereiche enthält.

⁶ Klaus, Krieger (2004) S. 377.

⁷ Hartmann (2002) S. 131.

⁸ Vgl. Jünemann(2000) S. 3.

⁹ Vgl. Noche, Druyen (2006) S. 242.

Um die Materialflüsse durch die Produktion zu realisieren, werden technische Hilfsmittel benötigt. Diese werden bei Günthner in Materialflusstechnik und Fördertechnik unterteilt.¹⁰ Dabei summiert er jene Instrumente die zur Realisierung von Materialflusssystemen dienen. Die Fördertechnik ist dabei Komponente der Materialflusstechnik. Da dieses Gebiet eng verwoben ist, stellt er dies auch noch im Kontext der Logistik gesondert dar. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 2 dargestellt.



Abbildung 2: Abgrenzung Materialflusstechnik und Logistik¹¹

Nach Günthner ist es nun die Aufgabe der Materialflusstechnik Förderanlagen zu realisieren.¹² Mit Hilfe von Steuerungstechnik, Informationsflussmittel und natürlich der Fördertechnik. Dabei ist die Fördertechnik, wie in Abb. 2 ersichtlich, klar vom Materialfluss abzugrenzen, sie ist nach dieser Einteilung ein Teil der Materialflusstechnik.

Dazu eine Definition der Fördertechnik nach ten Hompel:

„Fördertechnik (engl. conveyor technik) umfasst im Wesentlichen alle technischen und organisatorischen Einrichtungen zum Bewegen oder Transport von →Gütern und Personen auf meist kurzen Strecken, vielfach begrenzt auf den Bereich der →Intralogistik.“¹³

¹⁰ Vgl. Günthner (2004) S. 378.

¹¹ Vgl. Günthner (2004) S. 378.

¹² Vgl. Günthner (2004) S. 378.

¹³ ten Hompel, Heidenblut (2008) S. 96.

Die Fördertechnik stellt dabei die Infrastruktur zur Verfügung die den Materialfluss erst ermöglicht. Das bedeutet, ohne Fördertechnik keine Materialflusstechnik, und ohne funktionierende Materialflusstechnik kann kein funktionierender Materialfluss realisiert werden.

Daher greift eine Materialflussanalyse in letzter Instanz auf die Komponenten der Fördertechnik zurück, beschreibt deren Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit.

Das bedeutet unter anderem, dass der zu analysierende Bereich zu Beginn der Untersuchung festgelegt sein muss. In welchem Umfang, d. h. in welcher Weise diese Eingänge dann erfasst werden obliegt der Zielsetzung. So können die Anzahl der Zugänge an Material erfasst werden, ebenso die dafür benötigte Zeit. Dabei kann die bewegte Menge pro Zeit relevant sein oder die Zeit die die „Bearbeitung“ eines Produktionsobjektes verbraucht.

Aber egal von welcher Seite der Materialfluss aufgerollt wird, die exakte Aufnahme der IST-Daten auch „Bewegungsdaten“ genannt, ist erforderlich. Der Zugang zu solchen Daten kann schwierig sein und aufwendige Aufbereitungen derselben nach sich ziehen.

Die Materialflussart ist abhängig von der Art der Produktion die das Material durchläuft. Eine kontinuierliche Produktion, wie in der Prozessindustrie, stellt andere Anforderungen an die Zuverlässigkeit und den Umfang des Materialflusses als eine Werkstattfertigung.

In der Literatur und natürlich auch in der Realität existieren die verschiedensten Arten von Materialflüssen, die verschiedene Anforderungen an die Materialflusstechnik stellen. Dort werden ebenfalls verschiedene Bezüge der Theorie des Materialfluss zum tatsächlichen Materialfluss angegeben. Diese Zusammenhänge werden nachfolgend erläutert. Um den Verlauf eines Materialflusses anzugeben wird dabei von Quellen und Senken gesprochen.

Der Materialfluss verläuft von einer Quelle zu einer Senke und kann entsprechend dargestellt werden. Dazu werden die Begriffe Quelle sowie Senke definiert.

Zu Quelle: „Die Quelle beschreibt den Aufkommensort eines Transportbedarfs, d.h. den Ursprung eines Fördervorgangs.“¹⁴ Oder auch eine weitere Definition:

¹⁴ ten Hompel (2007) S. 119.

„Quelle, Begriff aus → Fördertechnik und Materialfluss. Bezeichnet den Entstehungsort eines Güteraufkommens.“¹⁵

Zu Senke: „Beschreibt den Zielort eines Transportes und damit das Ende eines Fördervorganges.“¹⁶ Oder auch:

„Senke, Begriff aus der →Transportlogistik und dem Förderwesen. Bezeichnet den Verbrauchsort oder Zielort eines Güteraufkommens.“¹⁷

Diese Flüsse als Quelle-Senke-Beziehung können einer groben Einteilung folgend als konvergierend, divergierend oder als Mischform auftreten. Die Quelle stellt dabei den Ursprung der Materialflussobjekte(Güter), sowie die Senke den Verbrauch, den Einsatz dieser Objekte(Güter) dar. Diese Grundstrukturen von Quelle und Senke Beziehungen können mit Hilfe von Gozintographen dargestellt werden, einem Hilfsmittel aus der Graphentheorie.¹⁸

Damit lassen sich gleichzeitig auch die Materialflussarten darstellen, denn der Materialfluss folgt der Erzeugnis-Struktur. Abb. 3 zeigt eine graphische Darstellung wie die verschiedenen Strukturen der Quelle-Senke-Beziehungen bzw. Materialflussarten aussehen.

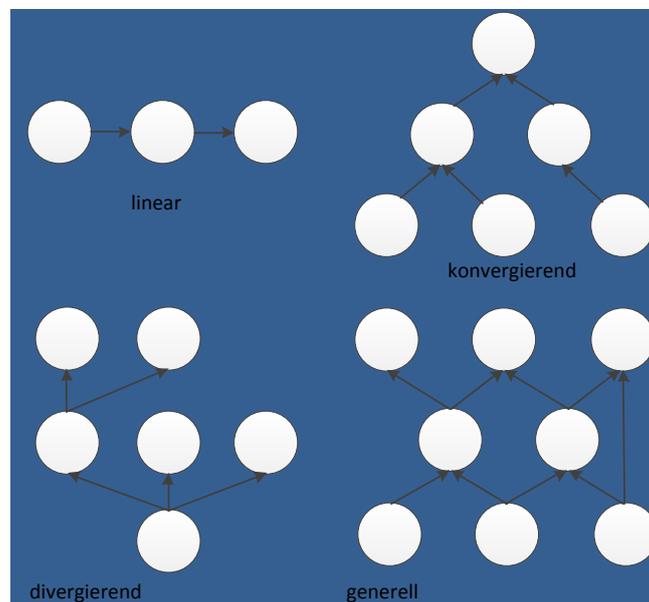


Abbildung 3: Quelle-Senke-Beziehungen¹⁹

¹⁵ Klaus, Krieger (2004) S. 429.

¹⁶ ten Hompel (2007) S. 120.

¹⁷ Klaus, Krieger (2004) S. 472.

¹⁸ Vgl. Günther (2005) S. 180. bzw. Tempelmeier (2006) S. 102.

¹⁹ Vgl. Günther (2005) S. 181. bzw. Tempelmeier (2006) S. 104.

Das Material und die Handhabung desselben stellen aber noch nicht den kompletten Materialfluss dar. Den Materialfluss begleitet ebenfalls ein Informationsfluss²⁰ der die Qualität des Flusses ebenso mitbestimmt wie die Qualität der Materialflussmittel.

Ein Materialfluss selbst enthält Transformationsprozesse²¹ wie Lagern & Puffern, Fördern, Umschlagen etc.

In Tab. 1 werden diese Transformationsprozesse dargestellt. Diese Transformationsprozesse entsprechen den häufigsten Materialfluss-Tätigkeiten und werden hier auch im Zusammenhang mit der erfolgten Zustandsänderung dargestellt. Die dafür genutzten technischen Mittel sind Förder- bzw. Handhabungsmittel.

²⁰ Vgl. Hartmann (2002) S. 132.

²¹ Vgl. Jünemann (2000) S. 5.

Materialflussoperationen	Vorrangige Zustandsänderung	Technische Mittel
Verpacken, Montieren, Bearbeiten	Zusammensetzung, Wert, Gestalt	Verpackungs-, Montage-, Fertigungsmittel
Prüfen	(-)	Prüfmittel
Lagern, Puffern	Zeit	Lagermittel
Fördern, Transportieren	Ort	Fördermittel, Verkehrsmittel
Handhaben	Lage, Ort	Handhabungsmittel
Umschlagen	Ort, Lage, Zusammensetzung	Handhabungs-, Förder-, Verkehrsmittel
Bilden von Ladeeinheiten	Menge	Handhabungs-, Verpackungsmittel
Kommissionieren	Sorte, Menge, Ort	Lager-, Förder-, Handhabungsmittel

Tabelle 1: Transformationsprozesse²²

Für den Umfang der in dieser Arbeit durchgeführten Materialflussanalyse werden die Transformationsprozesse Handhaben, Lager sowie Kommissionieren als Prozesse relevant sein. Das Kommissionieren ist in diesem Zusammenhang als Chargieren zu bezeichnen.

So ist auch jeder Materialflussprozess ein Transformationsprozess der ein Materialflussobjekt von einem Zustand A unter Einsatz von Operatoren in einen Zustand B überführt.²³ In Abb. 4 ist dieser Vorgang graphisch dargestellt.

²² Vgl. Jünemann (2000) S. 5.

²³ Vgl. Jünemann (2000) S. 4.

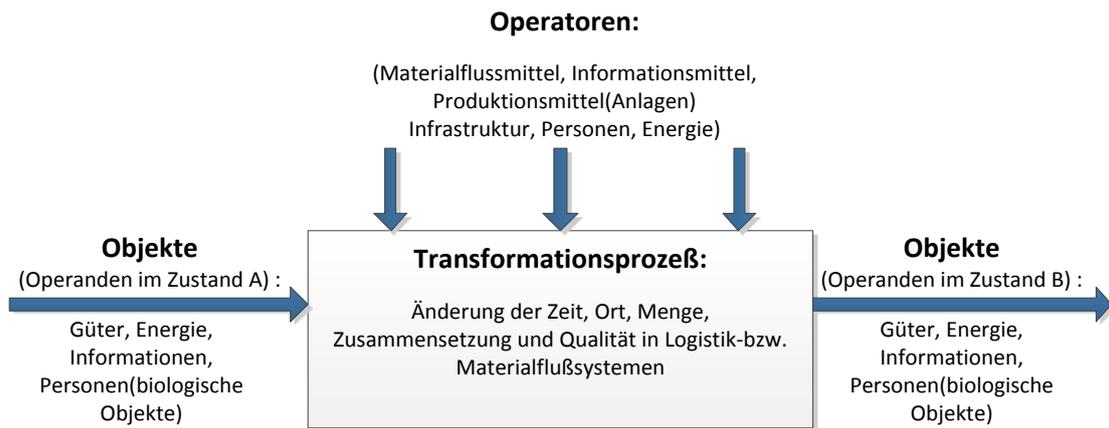


Abbildung 4: Transformationsprozess²⁴

Die Techniken zur Darstellung von Materialflüssen sind vielfältig und beinhalten mathematische wie räumliche Darstellungsvarianten, Arnold gibt hierfür die VDI-Richtlinie 3596 an.²⁵ Nach Recherche hat sich herausgestellt das selbige Richtlinie vom VDI bereits 2004 wieder zurückgezogen wurde, und daher keine Aussage über deren Gültigkeit bzw. Ersatz derselben gemacht werden.²⁶

Eine Graphik dieser Darstellungsarten des Materialflusses wie sie auch von Arnold und Furmans verwendet werden ist in Abb. 5 zu sehen.

²⁴ Vgl. Jünemann (2000) S. 4.

²⁵ Vgl. Arnold, Furmans (2007) S. 251.

²⁶ Richtliniendetails VDI 3596

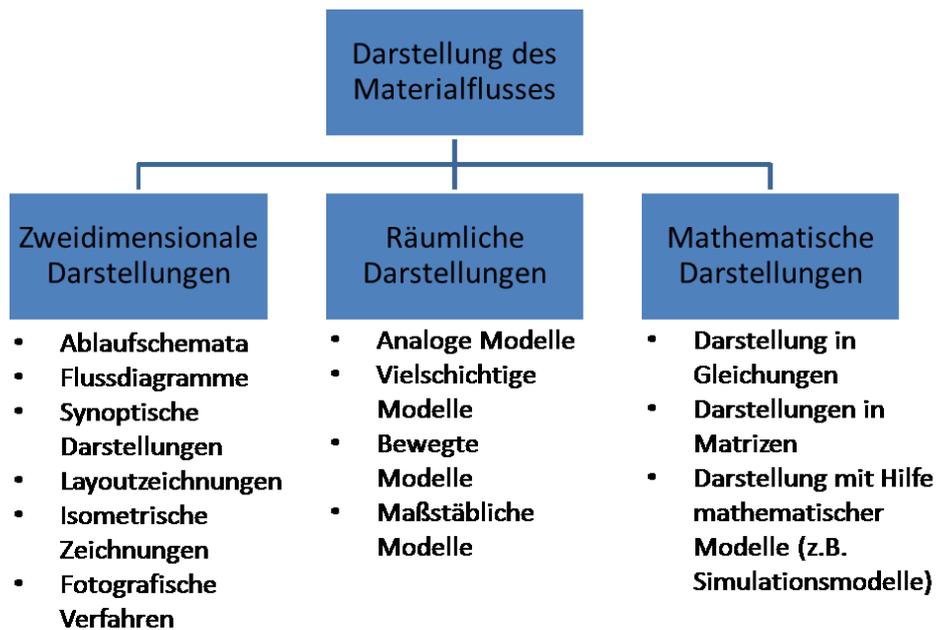


Abbildung 5: Darstellung des Materialflusses²⁷

Eine der häufigsten Darstellungsformen des Materialflusses ist die der Flussdiagramme.

Eine weit verbreitete Darstellung ist das Sankey-Diagramm. Dieses Diagramm stellt die bewegten Mengen in Form von Pfeilen dar die die Stationen der Fertigung verbinden. Die Stärke (Dicke) der Pfeile dient dabei der mengenmäßigen Darstellung der Verbindung, also der Quantität der Materialflüsse.

²⁷ Vgl. Arnold, Furmans (2007) S. 252.

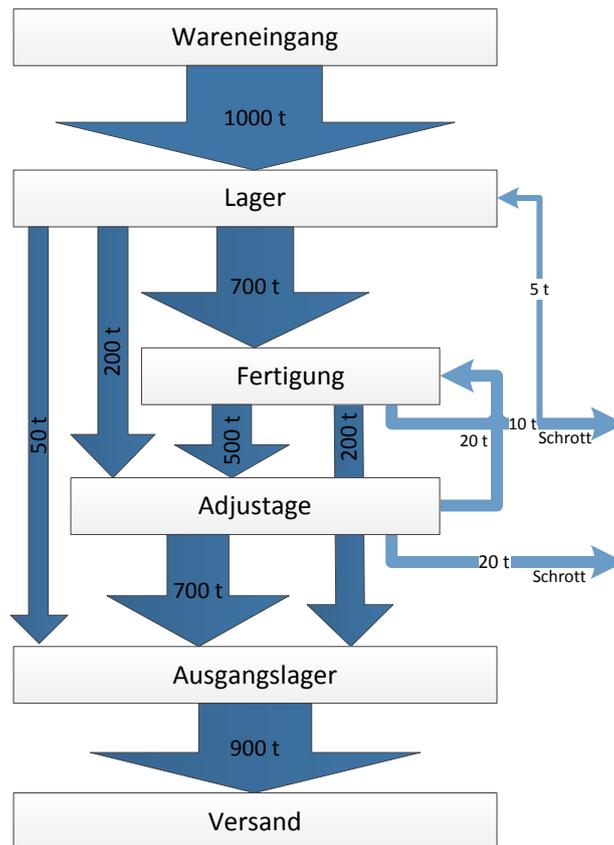


Abbildung 6: Sankey-Diagramm²⁸

Basierend auf den Erkenntnissen zum Materialfluss können dann Strategien zur Vereinfachung und Verbesserung der Flüsse angegeben werden, die situationsspezifisch Anwendung finden.

3.2 Ablauf Materialflussanalyse

Welche Elemente einen Materialfluss ausmachen wurde im vorhergehenden Kapitel geklärt. Nun soll beispielhaft angegeben werden welche Phasen eine Materialflussanalyse typischerweise durchläuft.

Die Gliederung einer Materialflussanalyse nach Schmidt und Schneider sieht wie folgt aus:²⁹

1. Datenaufnahme
2. Erstellen der Materialflussmatrix
3. Erstellen der Transportmatrix
4. Erstellen der Entfernungsmatrix
5. Erstellen der Transportintensitätsmatrix

²⁸ Vgl. Koether (2001) S. 17.

²⁹ Vgl., Schmidt, Schneider (2008) S. 394.

6. Kostenermittlung
7. Materialflussoptimierung

Wobei der Schwerpunkt auf Punkt 1, der Datenaufnahme liegt, die dann nach der Nutzung der Daten in Punkt 7, der Materialflussoptimierung, mündet.

Nach Arnold wird die Materialflussanalyse hauptsächlich bei geplanten Änderungen des Layouts durchgeführt, selten bei Planung auf der „grünen Wiese“. ³⁰

Die Gründe für die Durchführung der Analyse können vielfältig sein, nicht aber der generelle Ablauf derselben, sowie die dafür notwendigen Daten.

In der Literatur sind zur Materialflussuntersuchung, Martin verwendet diesen Begriff synonym zur Materialflussanalyse, folgende Konzepte zu finden: ³¹

Zuerst erfolgt eine Analyse der IST-Situation, also die Ermittlung des aktuellen Zustands des Materialflusssystems, welche immer mit einem Ziel verbunden ist eine möglichst wirtschaftlichen Material- und Datenfluss zu realisieren.

Dafür ist es notwendig zu systematisieren welche Daten aufgenommen werden sollen bzw. an welchem Ort diese zu finden sein werden. Die Ist-Aufnahme befasst sich mit dem physischen Materialfluss und den damit verbundenen Informationsflüssen. ³²

Die entsprechenden relevanten Informationen müssen gewonnen und entsprechend aufbereitet werden.

Nach Arnold sind nachfolgend angeführte Parameter in der IST-Aufnahme Phase relevant: ³³

- Prozesse des Materialflusses
- Informationsverarbeitungssysteme
- Daten des Materials
- Daten vorhandener Fördermittel und Lageranlagen
- Produktionstechnische Daten
- Daten des externen Warentransportes
- Betriebswirtschaftliche Daten
- Sonstige Parameter

³⁰ Vgl. Arnold (2007) S. 234.

³¹ Vgl. Martin (2006) S. 30.

³² Vgl. Arnold (2007) S. 234ff.

³³ Vgl. Arnold (2007) S. 235ff.

Nach Martin sind es folgende Daten die zu erheben sind:³⁴

- Daten des Produktionssortimentes
- Daten des Transport- und Lagergutes
- Daten der Transport- und Lagerhilfsmittel
- Informationsdaten
- Daten der Transportmittel und Lagerarten
- Daten der Betriebswirtschaft
- Daten der Gebäude, Hallen und Grundstücke

Die angeführten aufzunehmenden Daten bzw. Parameter geben den Rahmen vor, welche Menge bzw. Qualität an Daten für eine sinnvolle Analyse vorhanden sein oder erhoben werden müssen.

Diese beziehen sich auf bereits vorhandene Anlagen, bei einer Neu-Planung sind entsprechende Annahmen zu treffen, bzw. muss der Materialfluss, die Materialflusstechnik, auf die geforderte Leistung ausgelegt werden.

So kann ein genereller Ablauf von IST-Daten zu SOLL-Daten angegeben werden. Eine Erarbeitung der Detailkonzeption ist dann ebenfalls Aufgabe der Materialflussanalyse.³⁵

Martin gibt hier ebenfalls einen Hinweis zur Art Erfassung des Materialflusses. Dieser teilt die Aufnahme in eine direkte und indirekte Variante ein.³⁶

Die direkte Variante beinhaltet die Erfassung der relevanten Materialflussdaten vor Ort und die Indirekte verwendet vorhandene Daten und erstellt eine statistische Analyse.

Arnold wiederum nennt diese zwei Varianten der Erhebung, Primär und Sekundärerhebung.³⁷ Die Primärerhebung ist demnach notwendig wenn die benötigten Daten nicht in der richtigen Form oder Qualität vorliegen. Für die Sekundärerhebung werden bereits vorliegende Daten ohne eigens durchgeführte Untersuchung ausgewertet.

³⁴ Vgl. Martin(2006) S. 30f.

³⁵ Vgl. Arnold (2007) S. 269f.

³⁶ Vgl. Martin (2006) S. 31.

³⁷ Vgl. Arnold (2007) S. 237.

Für die Primärerhebung lassen sich zumindest vier Techniken angeben die für die Erhebung und Berechnung der Materialflüsse genutzt werden können.³⁸

Konkret sind diese vier Techniken:

- das Multimomentverfahren
- der VDI/AWF Materialflussbogen
- die Materialflussmatrix
- der Erhebungsbogen

Ein Verfahren welches bei der Primärerhebung, als der Mittel der direkten Erhebung der Daten Einsatz findet, ist das Multimomentverfahren in verschiedenen Ausprägungen.³⁹ Dieses Verfahren dient der statischen Absicherung der Erhebungsergebnisse und liefert auch die Basisdaten für die angestrebten Rationalisierungen.⁴⁰

Das Multimomentverfahren kann demnach mithilfe des Multimoment-Beobachtungsbogen oder einem daran orientierten selbst erstellten Erhebungsbogen erfolgen. Dieses Verfahren ermöglicht eine Festlegung der gewünschten statistischen Sicherheit und einer Vorgabe für das zu erwartende Streumaß der Beobachtungen. Es liefert eine genauere Aussage über die Gültigkeit der Beobachtungsergebnisse und ermöglicht im Vorfeld auch einen Anhalt für den zu erwartenden Zeitbedarf für die Durchführung dieser Analyse.

Die nächste Technik zur Erhebung benutzt den VDI/AWF Materialflussbogen als Instrument der Erfassung.

Der VDI, der Verein Deutscher Ingenieure, hat für die Erhebung der relevanten Tätigkeiten und Abläufe den Materialflussbogen entwickelt und in der VDI Richtlinie 3300 hinterlegt. Wie ein solcher Bogen aussieht kann bei Martin bzw. bei Arnold nachgeschlagen werden.^{41,42} Dieser Bogen ermöglicht mit Hilfe von Symbolen die Art der Materialflusstätigkeiten zu bestimmen sowie eine Berechnung der Leistung des Beobachtungsbereiches durchzuführen.

³⁸ Vgl. Martin (2006) S. 31.

³⁹ Vgl. Arnold, Furmans (2007) S. 246. bzw. Martin (2006) S. 32.

⁴⁰ Vgl. Martin (2006) S. 33.

⁴¹ Vgl. Martin (2006) S. 33.

⁴² Vgl. Arnold, Furmans (2007) S. 243.

Diese Symbole referenzieren auf die Materialflusstätigkeit und sind ebenfalls in der VDI Richtlinie 3300 enthalten.⁴³



Abbildung 7: Symbole nach VDI 3300⁴⁴

Eine weitere Methoden wie eine Von-Nach-Analyse, auch Materialflussmatrix genannt, werden ebenfalls von mehreren Autoren angeführt.⁴⁵

Diese Materialflussmatrix zeigt dann den mengenmäßigen Zusammenhang zwischen einer Quelle und einer Senke auf.⁴⁶

	NACH	A	B	C	D	E	SUMME
VON	X						
A		X					
B			X				
C				X			
D					X		
E						X	
SUMME							

Tabelle 2: Beispiel Materialflussmatrix⁴⁷

Die damit dargestellten Informationen ermöglichen es die zwischen den Punkten, den Abteilungen, fließenden Mengen zu bestimmen und zu summieren.

Mit den damit gewonnen Informationen können dann die am stärksten frequentierten Transportwege identifiziert und die Optimierungen bzw. Änderungen im Layout entsprechend durchgeführt werden.

Für die selbst zu erstellenden Erhebungsbögen als letzte der vier hier angegebenen Techniken ist hier nur die Anleitung zur Erstellung erwähnt.

⁴³ Vgl. Martin (2006) S. 26.

⁴⁴ Quelle: Eigene Darstellung

⁴⁵ Vgl. Schmidt, Schneider (2008) S. 395. bzw. Koether (2001) S. 17.

⁴⁶ Vgl. ten Hompel (2008) S. 181.

⁴⁷ Vgl. Schmidt, Schneider (2008) S. 395.

Bei der Erstellung von Erhebungsbögen etc. erachtet Martin die Berücksichtigung von W-Fragen als hilfreich bei der Erstellung derselben. Das bedeutet der Analyst, muss verschiedene Fragestellungen erfolgreich beantworten um eine möglichst umfangreiche Erhebung durchführen zu können.⁴⁸ Diese Fragen sollen die Daten die für IST-Analyse relevant sind, wie zuvor angegeben, vervollständigen.

Derartige Erhebungsbögen werden auch für die Analysen der Materialflüsse am Beispiel der Breitenfeld Edelstahl AG in dieser Arbeit verwendet.

Die verschiedenen Transportmittel und die Anforderungen der Produktion an die Zuführung bedingen einen selbst erstellten Erhebungsbogen.

Die verschiedenen Bereiche, die analysiert werden sollen, erfordern verschiedene Arten von Erhebungsbögen, sodass die dort auftretenden Tätigkeiten möglichst genau analysiert werden.

Der Materialflussbogen beinhaltet Möglichkeiten zur Aufnahme und Berechnung bestimmter Tätigkeiten wie einlagern, umlagern, transportieren.

Es sollen aber die Zeitverbräuche für die einzelnen Tätigkeiten erfasst werden und nicht die Häufigkeit derselben.

Ein Generalrezept zu Verbesserung und Vereinfachung des Materialflusses gibt es nicht, aber es existieren Vorschläge zu Abwicklung der Analyse die diese strukturieren und damit die Datenbeschaffung und Abläufe systematisieren um möglichst vollständige Erfassung zu garantieren.

⁴⁸ Vgl. Martin (2006) S. 31.

4 Materialflussanalyse Breitenfeld

In diesem Kapitel wird nun die Umsetzung der Materialflussanalyse bei Breitenfeld Edelstahl AG dargestellt.

Die Aufnahme der Daten erfolgte in diesem Unternehmen einerseits durch ausführliche Analyse der zur Verfügung gestellten Daten, andererseits durch die Erfassung und Aufnahme von Daten und Informationen. Nachfolgend eine Graphik die den Ablauf dieser Analyse innerhalb der Breitenfeld Edelstahl AG darstellt.

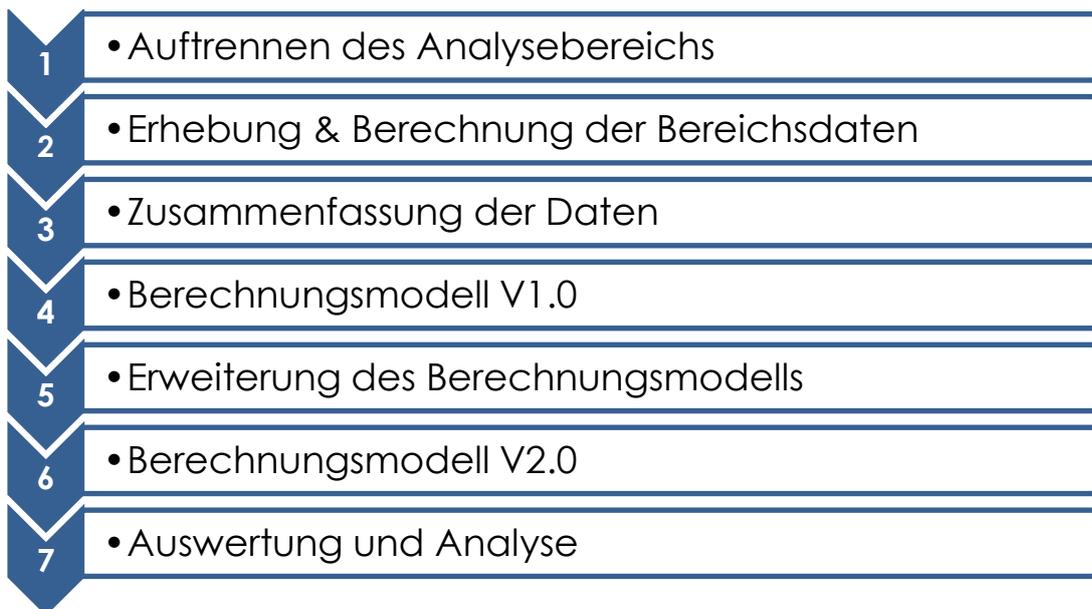


Abbildung 8: Ablauf Analyse Breitenfeld

Diese Schritte werden sodann kapitelweise dargestellt und die spezifischen Einflüsse und Probleme in den jeweiligen Phasen hervorgehoben.

4.1 Abgrenzung des Beobachtungsgebietes

Die Aufgabe den Materialfluss innerhalb der Produktion der Breitenfeld AG zu untersuchen, bedingt eine Aufteilung der Produktionsabläufe, genauer der Produktionsprozesse, in einzelne Teilgebiete.



Abbildung 9: Stahlwerksprozesse gesamt⁴⁹

⁴⁹ Quelle: Eigene Darstellung

Dafür erfolgte die Aufteilung für die Produktion in die Teilbereiche Schrottplatz, Lichtbogenofen sowie Sekundärmetallurgie. Wobei der Bereich Sekundärmetallurgie als Grenze des Beobachtungsbereichs zu verstehen ist.



Abbildung 10: Beobachtungsbereiche Materialflussanalyse⁵⁰

Die Analyse beginnt mit einer Orientierungsphase um die relevanten Prozesse bewusst erfahren und anschließend analysieren zu können. Dabei wurde darauf geachtet alle zu analysierenden Bereiche zu durchlaufen und so die Systemgrenzen festlegen zu können. Daran angeknüpft werden diese Bereiche, soweit dies möglich ist, isoliert betrachtet und anschließend analysiert.

4.1.1 Schrottplatz

Die Analyse der Prozesse und Abläufe am Schrottplatz stellt den ersten Teil der Analyse der Materialflüsse dar. Die Aufnahme der IST-Daten des Schrottplatzes erfolgte zu einem Teil manuell durch die Aufnahme des Zeitverbrauchs der Tätigkeiten, sowie durch Auswertung der bereits innerbetrieblich vorhandenen Daten.



Abbildung 11: Analysebereich Schrottplatz⁵¹

Diese Analyse hatte in weiterer Folge den Zweck die Lager- und Umschlagskapazität des Schrottplatzes unter den personellen und materiellen Restriktionen bestimmen zu können. Als Restriktionen sind hier anzuführen:

- Anzahl der Bediener/Bediengeräte
- Art der Anlieferung

⁵⁰ Quelle: Eigene Darstellung

⁵¹ Quelle: Eigene Darstellung

- Verteilung der Anlieferungen pro Monat

So wurde unterschieden ob die Anlieferung „nur“ angewiesen werden, oder über die gesamte Entladezeit begleitet werden muss. Auch die Art wie, d.h. mit welchem Hilfsmittel die Anlieferung gehandhabt werden muss unterscheidet die Bedienung.

Ebenfalls Einfluss hat, ob eindeutig zuordenbares Material angeliefert wird, oder ob dies eigens geprüft werden muss. Dieser Umstand hat entscheidenden Einfluss auf die Kapazität der Entladung und Einlagerung am Schrottplatz.

Dabei ist festzuhalten, dass vormittags und nachmittags unterschiedlich viele Bediener verfügbar sind. Dies beeinflusst die Kapazität ebenfalls entscheidend.

Der unterschiedlichen Anzahl an Bedienern und deren Kapazität wird in einem eigenen Kapitel, dem des Bedienmodells, Rechnung getragen.

Der in Abb. 11 dargestellte Input des Schrottplatzes ist Schrott der in verschiedener Weise und Zustand angeliefert wird. Der Output ist der für die Produktion fertig zusammengestellte, „chargierte“ Schrott als Charge im Chargenkorb. Dieses stellt zwar einen von Schrottplatz unabhängigen Prozess dar, findet physisch aber auf diesem statt.

Der Schrottplatz selbst ist eine Freilagerfläche mit Bahnanschluss, wobei es nur teilweise eine feste Lagerplatzordnung gibt. Das heißt die als unlegiert geltenden Bleche werden an einem festgelegten Ort gelagert, legierte Schrotte und Zuschlagstoffe an den jeweilig verfügbaren freien Flächen. Die Abb. 12 zeigt die örtlichen Gegebenheiten am Schrottplatz für die Anlieferung und Einlagerung der Schrotte. Dabei stellt der obere Teil das von Mauern begrenzte „Schüttlager“ des Blechschrottes dar, der untere Teil die Flächen die für die Lagerung und Bereitstellung der Legierten Schrotte zur Verfügung stehen. Das sind sowohl „Boxen“ für spanförmiges Material, wie auch Freilagerflächen für Stückgut. Der Kreis am linken Bildrand stellt den Chargenkorb am „Chargierplatz“ dar. Orientiert an der vorhandenen Lagerfläche und damit am Volumen beträgt die Lagerkapazität berechnete 2500t an Schrott. Wobei mit der Qualität an Schrott von E8, einer standardisierten europäischen Schrottbezeichnung gerechnet wird. Die Kapazität der Freilagerfläche zu berechnen ist wesentlich schwieriger da die Höhe der maximalen „Stapelung“ des Stückgutes nur geschätzt werden kann.

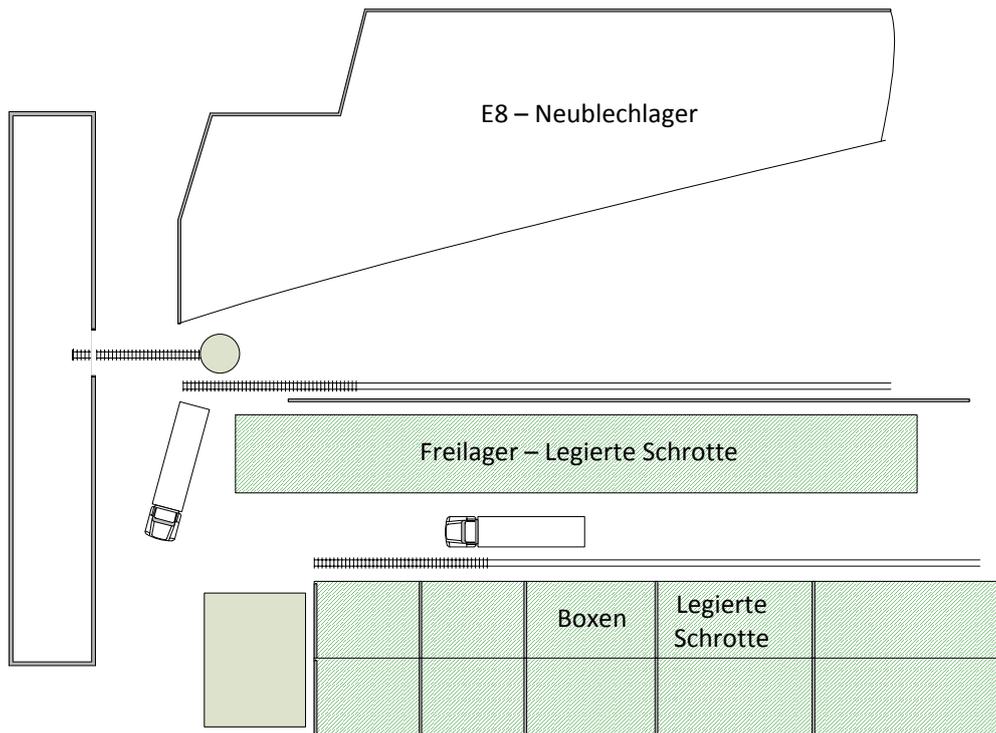


Abbildung 12: Skizze Schrottplatz & Chargierplatz⁵²

Für diese Flächen kann insgesamt nach Angaben des Unternehmens von einer Menge von ca. 500-800 t ausgegangen werden.

Es existiert auch noch eine Erweiterung des Schrottplatzes die zur „Auslagerung“ von Mengen und Sorten genutzt wird, die weniger häufig gebraucht werden oder auf dem Schrottplatz keinen Platz mehr finden. Diese Erweiterung beinhaltet auch die Reserve an Neublechschrott, die bei Bedarf ebenfalls dem Schrottplatz zugeführt werden kann. Eine eigene Darstellung der dortigen Platzverhältnisse und Verbindungen zum Schrottplatz ist aber nicht Teil dieser Analyse.

Die Erhebung der manuellen Daten erfolgte mit Hilfe eines selbst erstellten Aufnahme- bzw. Erhebungsbogens. Wie in Kapitel 3.2 angeführt, obliegt es jedem Analyst selbst das Formular für die Aufnahme der relevanten Daten zusammenzustellen.

In Abb. 13 ist ein Auszug des dafür angefertigten Erhebungsbogens dargestellt.

⁵² Quelle: Eigene Darstellung

Nr.	Anlieferzeitpkt.	Art	Gerät	Bedienzeitpkt.	Bedienzeit [min]	Wartezeit [min]	Menge [t]	Idle	Begründung	Qualität	Bemerkung
1											
2											
3											
4											

Abbildung 13: Erhebungsbogen Schrottplatz⁵³

Dies lieferte zunächst Informationen über die typische Dauer und Art einer Anlieferung von Schrott, die Handhabung, sowie der Nebentätigkeiten.

Aus den Beobachtungen ergaben sich rasch Werte für die typische Zeitdauer einer Anlieferung.

Die Mengen welche die Produktion derzeit pro Tag benötigt können nicht mit einer Anlieferung am Tag abgedeckt werden. Daher ist die Untersuchung der Anlieferung, und darin impliziert eine Analyse der Anlieferungsstruktur, Teil der Analyse.

Denn die Art und Anzahl der Anlieferungen als Restriktionen bestimmt die Kapazität des Schrottplatzes maßgeblich. Diese bestimmen die allfälligen Warte- und Bedienzeiten und werden in das Berechnungsmodell entsprechend integriert. Die genauere Bestimmung dieser Zeiten wird im nächsten Abschnitt erläutert.

4.1.2 Bedienmodell Schrottplatz

Für die zu erwartenden Wartezeiten wurde ein Bedienmodell erstellt, das die Realität der Bedienung, d.h. die Abwicklung der Anlieferungen des Schrottes der für die Produktion notwendig ist, abbildet.

Die Beschreibung der Anlieferung erfolgte mit Hilfe eine M/M/1 bzw. M/M/m Modells wobei diese Bezeichnung die Kendall-Notation für Beschreibung von Bedienmodellen darstellt.⁵⁴

Kendall Notation: A/B/m –xxxx

Das A steht für den Ankunftsprozess, das B für den Bedienprozess und das m für die Anzahl der Bedienstationen. Die xxxx stehen für die Prioritätsregeln der Bedienstrategie bzw. Bediendisziplin, wie ein ankommender Kunde aus der Warteschlange der Bedienstation zugeordnet wird.⁵⁵

⁵³ Quelle: Eigene Darstellung

⁵⁴ Vgl. Arnold (2007) S. 114. bzw. Furmans (2008) S. 58.

⁵⁵ Vgl. Arnold (2007) S. 114. bzw. Furmans (2008) S. 58.

Das xxx wird für die Bedienung am Schrottplatz mit der Disziplin First Come First Serve (FCFS) beschrieben, da diese auch die Realität widerspiegelt. Dies bedeutet, dass der zuerst angekommene Kunde(LKW) auch zuerst bedient wird.

Für eine Berechnung mit Hilfe des M/M/1 bzw. M/M/m Modelle ist eine exponentialverteilte Ankunftsrate Voraussetzung, auch Voraussetzung für einen Markov-Prozess, deshalb die Notation mit M.⁵⁶ Das ist auch Voraussetzung für die Markov-Eigenschaft, wenn der Zustand des Systems durch die Anzahl der im System befindlichen Kunden ausgedrückt werden kann.

Dabei entsprach der Realität, das zumeist ein Bediener verfügbar ist, was einer Anzahl von Bedienstationen von $m=1$ gleichzusetzen ist. Die Anzahl ist nur dann auf $m=3$ erhöht wenn eine größer Anzahl an Lieferungen erwartet wird, bzw. keine anderen Tätigkeiten Bediener abziehen. Dafür wurde nicht nach der Art des Bedieners unterschieden da alle Bediener alle zur Verfügung stehenden Geräte bedienen können, und pro Lieferant(Kunde) typischerweise nur ein Gerät zum Einsatz kommt. Daher die Annahme das bei drei verfügbaren Bedienern auch drei Bedienstationen entstehen die die Lieferungen je nach Anforderungen handhaben können.

Die drei Bediener entsprechen der Vormittagsschicht, das Modell mit nur einem Bediener, der Nachmittag bzw. Nachtschicht.

Eine Differenzierung der Zeit für die Nachmittagsschicht im Berechnungsmodell wird nicht vorgenommen, da die Anlieferungen derzeit weniger häufig erfolgen und damit die Wartezeiten in etwa gleich bleiben.

Die Handhabungsgeräte für die Schrottanlieferungen sind Bagger mit Greifer bzw. Magnet und zur Entladung von Lkw mit Boxen und Umlagerungen ein Gabelstapler. Es sind drei Bagger mit Greifer und einer mit Magnet vorhanden.

Insgesamt sind fünf Mitarbeiter verfügbar, ein Mitarbeiter ist aber ständig für die Zuführung von Legierungsmaterial an die Chargierung abgestellt. Die „Stoßzeit“ ist jeweils von 6 bis 8 Uhr, dort erfolgen der Hauptteil der Tagesanlieferung per Lkw sowie der Verschub der Waggon für diesen Tag.

Es wurden zuerst die Zeitverbräuche für die Abwicklung der Anlieferung und anschließender Einlagerung aufgenommen. Dies erfolgte mit Hilfe einem selbst erstellten Aufnahmebogen, welche im Anhang ersichtlich ist.

⁵⁶ Vgl. Furmans (2008) S. 59.

Dadurch wurden dann Werte für die Abwicklung der Anlieferung gewonnen. Diese Verteilung wurde für die Berechnung innerhalb des Bedienmodells genutzt. Das geschah zur Bestimmung der durchschnittlichen Wartezeit, Zwischenankunftszeit und theoretisch der maximalen Länge der zu erwartenden Warteschlange.

Nach der Erhebung der Zeitdaten des Schrottplatzes erfolgte die Umlegung der Zeitverbräuche auf drei Beispielmonate. Dafür wurden die errechneten Wartezeiten für die Lkw aus dem Bedienmodell verwendet. Dabei wurden Auslastungsspitzen sehr schnell sichtbar. Die Anlieferung, obwohl regelmäßig angenommen, steigt zu Ende des jeweiligen Kalendermonats stark an. Zu dem nimmt die Auslastung der Bediener am Schrottplatz damit ebenfalls stark zu. Eine gleichmäßige Verteilung der Zugänge ist nicht erkennbar. Berechnung der Spitzentage sowie der minimalen verfügbaren Rest-Zeit sollen Erkenntnisse über den Auslastungsgrad des Schrottplatzbedieners liefern.

Es werden keine „Nebentätigkeiten“ wie umlagern, prüfen, tanken, putzen berücksichtigt.

Ein weiterer Einflussfaktor auf die Leistung des Schrottplatzes ist die Art und Lieferweise des Schrottes.

Für die Anlieferung werden sowohl LKW, sowie für größere Schrottmengen Eisenbahn-Waggons verwendet. Die Qualität bzw. der physikalische Zustand des verwendeten Schrottes entspricht den Europäischen Standards für die Klassifizierung von Neublechschrott bzw. Schrott allgemein.

Damit ist es möglich anhand des Schüttvolumen des Schrottes eine Menge zu errechnen die Maximal auf Lager gelegt werden kann. Für den Stückgut-Anteil des verwendeten Schrottes wird mit den zur Verfügung stehenden Platzverhältnissen und einer angenommenen Stapelbarkeit und Stapelhöhe gerechnet.

Für die Aufnahme und Auswertung der Daten (Zeiten) wurde ein entsprechendes Formular verwendet, dieses ist vollständig im Anhang zu finden.

Für die Integration in das Berechnungsmodell wurden beispielhaft drei Monate ausgewählt mit unterschiedlicher Verteilung der Zulieferungen.

Dabei hat sich als Trend gezeigt, dass die Anzahl der Zulieferungen sowohl per LKW als auch per Waggon gegen Ende des Monats, ab ca. dem 20. Kalendertag stark

zunehmen. Woran dies liegt kann nur gemutmaßt werden, hat aber entscheidenden Einfluss auf die Kapazität und damit die Leistungsfähigkeit des Schrottplatzes.

Als Methode der Sekundärerhebung wurden dann zur Orientierung des maximalen Bestands des Schrottplatzes aus den Daten des Einkauf sowie der Nachkalkulation Bestandsverläufe errechnet. Dies geschah für drei Beispielmonate und wird im Berechnungsmodell verwendet.

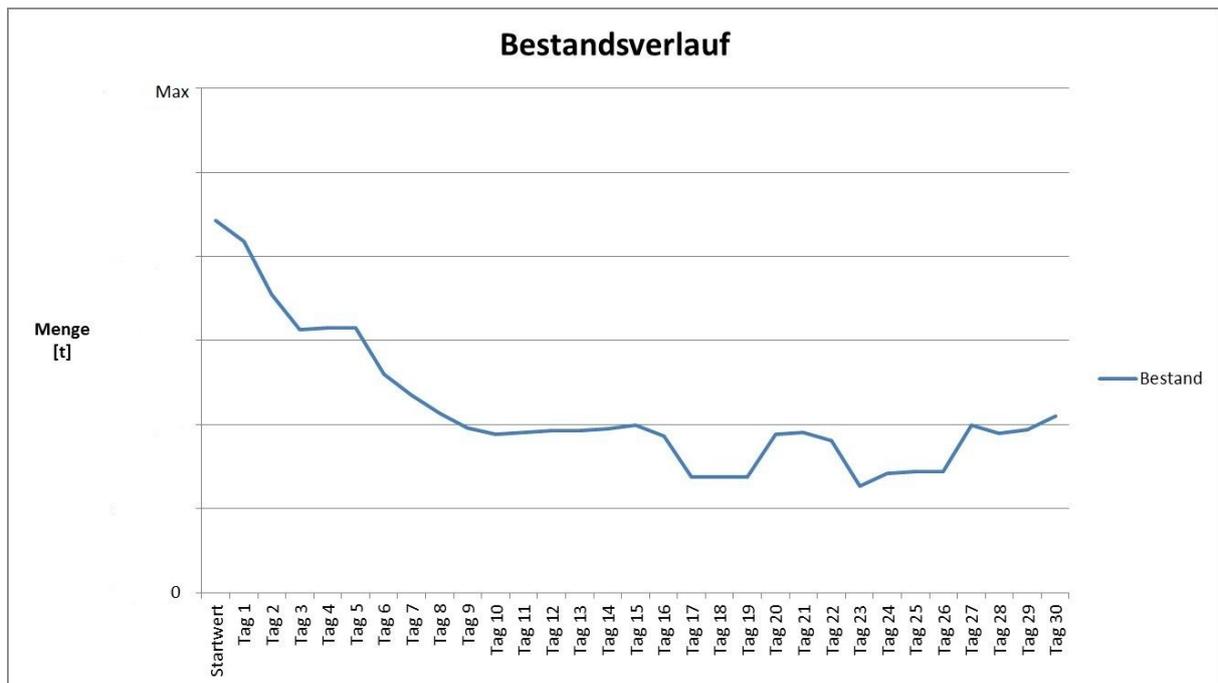


Abbildung 14: Bestandsverlauf Schrottplatz⁵⁷

Dieser Verlauf zeigt deutlich den Maximal sowie Minimalbestand der am Schrottplatz vorhandenen Schrotte für das Beispielmonat. Ein Mindestbestand in dem Sinne ist nicht definiert aber der Bestand soll nach Angaben für ungefähr eine Produktionswoche ausreichen.

4.1.3 Lichtbogenofen und Bedienung

Für die Erhebung der Leistungsfähigkeit des Lichtbogenofen, also des eigentlichen Produktionsprozesses, wurden wie zuvor bei der Bestimmung der Kapazität des Schrottplatzes zum einen vorhandene Daten als auch erhobene Daten verwendet.

⁵⁷ Quelle: Eigene Darstellung



Abbildung 15: Analysebereich Lichtbogenofen⁵⁸

Die vorhandenen Daten als innerbetrieblich erfasste Informationen über die einzelnen Chargen, entsprechen einem Chargenprotokoll. Die dabei erhobenen Daten enthalten sowohl Informationen über die Art des zu produzierenden Gutes als auch über die dafür verbrauchte Zeit.

Doch der Informationsgehalt dieser Protokolle ist dahingehend beschränkt, dass diese nur Zeiten enthalten die das System automatisch erfassen kann, bzw. durch den Bediener identifiziert werden. Materialflussdaten, wie der Zeitverbrauch für das Materialhandling einer solchen Charge mussten wiederum manuell erfasst werden.

Dafür war die Erstellung eines Erhebungsbogens notwendig. Die Ausarbeitung desselben erfolgte nach einer Orientierungsphase, gegliedert nach den maßgeblichen Handhabungsschritten die pro Charge anfallen.

Den zweiten Teil der Erhebung der notwendigen Daten für den Bereich Lichtbogenofen stellt somit die Erhebung der Zeiten des Krans dar.

Gerät	Arbeitsschritt	Zeit [min]	Startpkt.	Ziel	Schicht	Start	Ende	Bemerkung
Charge:								
	Handling Chargenkorb	min	Start	Ziel				
70 t	Chargenkorb umsetzen		CK-Pl.	CK-Pl.				
70 t	Chargenkorb einsetzen		CK-Pl.	Ofen				
70 t	Rückfahrt zu Föhre/CK-Pl.		Ofen	CK-Pl.				
70 t	Leerer CK auf Föhre/ Umhängen		CK-Pl.	CK-Pl.				
70 t	Chargenkorb handling gesamt							

Abbildung 16: Erhebungsbogen Bedienung⁵⁹

Die gesamten Handhabungs-Schritte die am Ofen auszuführen sind, werden von einem 70t Kran ausgeführt. Daher ist dieser Kran, die zeitliche Auslastung desselben, der kritische Prozess und somit kann er zum Engpass am Ofen werden.

Der gesamte Produktionsprozess ist abhängig von der Zuführung des Schrotts sowie der Legierungsmaterialien an den Ofen durch diesen Kran. Das heißt, fällt dieser aus

⁵⁸ Quelle: Eigene Darstellung

⁵⁹ Quelle: Eigene Darstellung

oder entstehen durch diesen Wartezeiten, hat das direkten Einfluss auf die verbrauchte Zeit in der Produktion der jeweiligen Charge.

Die fertig produzierte, erschmolzene, Charge, die mit Stahl volle Pfanne, wird zwar durch einen anderen Kran gehandhabt, aber eine Zuführung von Schrott an den Ofen kann nur durch den 70t Kran erfolgen.

Für den Abtransport der produzierten Charge, der vollen Pfanne, ist ein 105t Kran zuständig, der auch die Sekundärmetallurgie bedient. Für diesen Kran existiert eine Redundanz.

Diese stammt noch aus der Zeit in der noch mittels Strangguss gefertigt wurde. Dieser Kran steht auf „Stand-By“, ist aber dennoch kein vollwertiger Ersatz, da mit diesem aufgrund des speziellen Gehänges nur Pfannen gehoben werden können und keine Chargenkörbe oder ähnliches. Eine Redundanz des 70t Krans ist weder möglich noch sinnvoll.

Innerhalb des Beobachtungszeitraums wurde der 70t Kran durch einen Kran neuerer Bauart ersetzt, was mit Anlaufschwierigkeiten verbunden war. Der Zeitverbrauch sowie die Störzeiten stiegen an, was zu einer Erhöhung der Produktionszeiten innerhalb dieser Anlaufphase führte. Mittlerweile haben sich diese Störungen eingependelt und die Störungshäufigkeit ist ebenfalls zurückgegangen.

Die Bereinigung der Produktionszeit auf die relevanten Tätigkeiten ist der nächste Schritt der Analyse.

Daher ist ein wichtiger Punkt der an dieser Stelle angeführt werden muss, ist die Einteilung der Zeiten für die Verwendung Berechnungsmodell.

Der Beobachtungsbereich Lichtbogen enthält zwei Arten von Zeiten, die eine Zeit wird durch den Kran und die Handhabung bestimmt, die andere durch den Ofen selbst.

Anders als die Zeit der Handhabung der Charge durch den Kran stellt die Prozesszeit am Ofen für den Materialfluss gewissermaßen eine Konstante dar die nur mittels prozesstechnischer Änderungen verändert werden kann.

Die Transportzeiten sowie die Handhabungszeiten welche die Zuführung des Schrottes an den Ofen bestimmen, haben daher direkten Einfluss auf die Produktionszeit einer Charge. Zur eindeutigen Klärung und Definition der Begriffe muss an dieser Stel-

le die Differenzierung zwischen Produktionszeit und Prozesszeit vorgenommen werden.

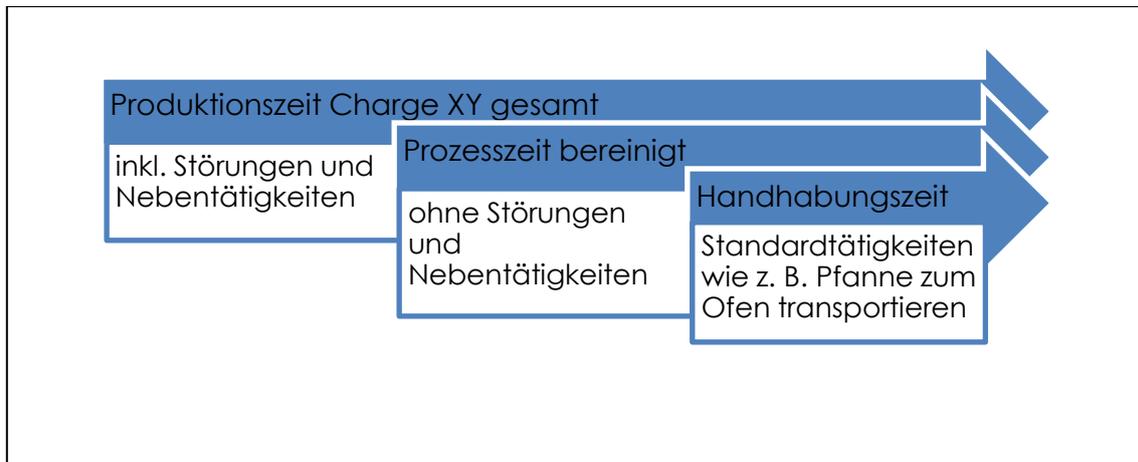


Abbildung 17: Einteilung der verwendeten Zeitbegriffe⁶⁰

Für die durchgeführte Untersuchung ist die Prozesszeit, die reine von großen Störungen bereinigte Zeit, die eine zu produzierende Charge verbraucht.

Die Produktionszeit allerdings umfasst alle Schritte die für die Produktion der Charge notwendig sind, mit Vorbereitungen und Tätigkeiten zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Ofens die nach der Einteilung des betrieblichen Störungserfassungssystems zu Störungen zählen.

Daher unterscheidet sich die „bereinigte Prozesszeit“ von jener Zeit die das Zeitenerfassungssystem ggf. rechnerisch bereithält.

Auch die Zeiten für das Handling der Charge mit Hilfe des Krans, des Materialflussmittels, werden den Chargen zugeordnet. Dabei zeigte sich, dass die Zeiten nicht maßgeblich von Charge zu Charge variieren. Der Unterschied besteht hauptsächlich in der Anzahl der eingesetzten Körbe.

Dadurch differiert wiederum der Zeitanteil den eine Charge an Handling-Tätigkeiten beinhaltet.

Die Bestimmung der Tätigkeiten pro Charge erfolgte zum Teil als Primär- und zum Teil als Sekundärerhebung. Für die Gegenüberstellung welche Tätigkeiten innerhalb der Zeit einer Charge erfolgen mussten, ist die Darstellung derselben als Zeitablaufdiagramm passend.

⁶⁰ Quelle: Eigene Darstellung

Da bei derzeitiger Situation, mit der aktuellen Störungshäufigkeit und Dauer, die Produktion im gegebenen Umfang abgewickelt werden kann, muss in Folge festgestellt werden ab wann ein solcher Prozess als kritisch ist und dann zu einem Engpass wird.

Eine rein rechnerische Ermittlung von Restzeiten kann durch die Verwendung der erhobenen Zeiten aufzuzeigen welcher Prozentsatz und welche Restzeitmenge kritisch ist.

Für die Berechnung der Szenarien können einzelnen Paramater (Störzeit und Produktivitätsverbesserung) beliebig variiert werden können. Die zu erwartende Störungszeit pro Charge wurde aus den aufbereiteten Jahresauswertungen entnommen, bzw. aus diesen zu errechnet.

Auch wenn es Systeme zur Erfassung der Zeitverbräuche gibt und diese auch installiert sind, mussten die Zeitverbräuche der relevanten Tätigkeiten manuell erhoben werden.

Parallel zu dieser Erhebung erfolgte die Erstellung der ersten Version des Berechnungsmodells auf Basis von bereits vorhandenen Daten. Die genaue Vorgehensweise wird nun in den nächsten Kapiteln erläutert.



Abbildung 18: Analysebereich Transport⁶¹

4.2 Erhebung und Berechnung

Die in den jeweiligen Beobachtungsbereichen zu erhebenden Daten sind mit entsprechenden Erhebungsbögen aufgenommen worden. Diese Bögen wurden dann in entsprechende Excel-files übernommen und ausgewertet.

Daraus ergaben sich dann Zeitverbräuche für die beobachteten Arten von Tätigkeiten, die durch das jeweilige Handhabungsmittel verbraucht werden. Dies war notwendig um zu einer generellen Verteilung der „aktiven“ Zeiten pro produzierte Charge zu kommen. Dies findet dann im Berechnungsmodell Anwendung. Eine visuelle

⁶¹ Quelle: Eigene Darstellung

Darstellung mit Hilfe von Zeit-Ablaufdiagrammen wurde durchgeführt um zu zeigen welche und vor allem wie viele Tätigkeiten pro Charge parallel ablaufen und welche Tätigkeiten davon zeitkritisch sind und welche nicht.

Nachfolgend ist ein solches Zeit-Ablaufdiagramm für eine Beispielcharge mit 3 Körben abgebildet:

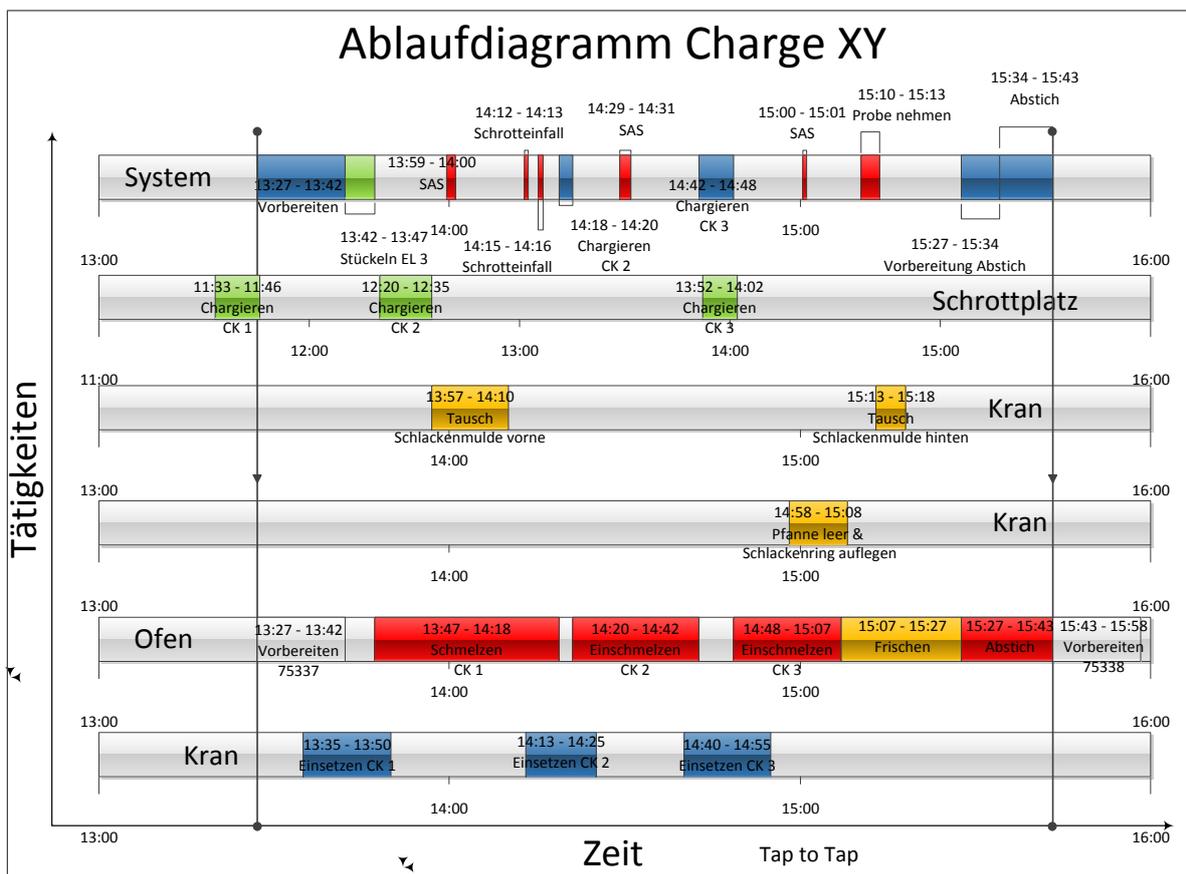


Abbildung 19: Ablaufdiagramm⁶²

So wurde erstmals visualisiert welche Tätigkeiten am Ofen, vom Kran, sowie am Kran parallel ablaufen, bzw. abgeschlossen sein müssen um den Ablauf nicht zu behindern. Diese Visualisierungen waren bei der Erstellung und Weiterentwicklung des Berechnungsmodells hilfreich.

Es zeigte sich, dass unterschiedlich große „Zeitfenster“ für die Bewältigung der Handhabungs-Tätigkeiten wie den Transport der Pfanne, Legierungsmaterial und ähnlichem zum Ofen zur Verfügung stehen. Das bedeutet auch, dass die Auslastung des Krans von Charge zu Charge variiert, da nicht bei jeder Charge dieselben Tätigkeiten anfallen.

⁶² Quelle: Eigene Darstellung

Von diesen Tätigkeiten gibt es dann produktionsrelevante Tätigkeiten und Nebentätigkeiten für Störungen, diese gilt es bei der Erstellung des Berechnungsmodells zu berücksichtigen.

Daraus folgt, dass für die Berechnung der Auslastung des Krans dann „Notwendige Tätigkeiten“ von der angenommenen Produktionsdauer der Charge abgezogen werden müssen um feststellen zu können ob die Kran-Handhabung zum Engpass wird.

4.3 Erstellung des Berechnungsmodells V 1.0

Mit den vorhandenen Daten wurde dann ein Berechnungsmodell erstellt, mithilfe dessen die zu erwartende Produktionszeit und Menge bei gegebenen Zeiten errechnet werden kann. In diesem ersten Modell werden ebenfalls die Engpässe der Zuführung aufgezeigt, sowie konkret errechnet.

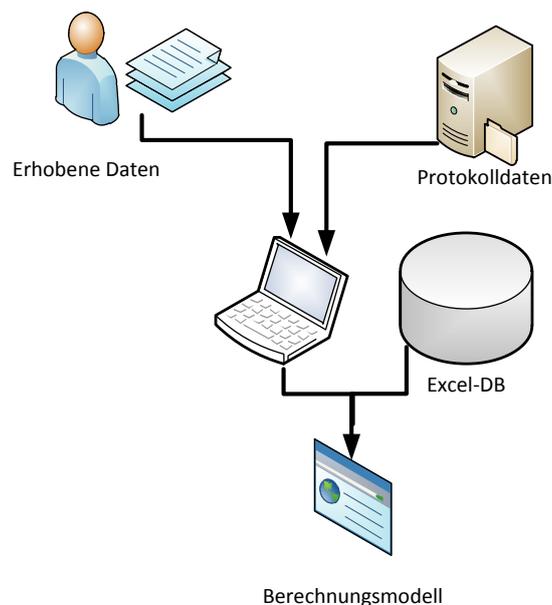


Abbildung 20: Berechnungsmodellierung⁶³

Die Basis für die Berechnung des Zeitverbrauchs bilden die vorhandenen Produktionsdaten des GJ 2010/11, aus diesen wurden zunächst alle für die Berechnung nötigen Daten gewonnen.

Die Aufstellung des Berechnungsmodells durchlief zwei Phasen, zuerst die Berechnung der benötigten Produktionszeiten unter Berücksichtigung der vorhandenen Daten, dann eine Verifizierung der Berechnungen mithilfe von aufgenommenen Daten (Zeiten).

⁶³ Quelle: Eigene Darstellung

Die Aufstellung des Berechnungsmodells erforderte die Aufbereitung der unternehmensinternen Daten aus der Nachkalkulation, ebenso wie Bestimmung der Verteilung der Zeiten der Stahlsorten.

Dabei zeigte sich, dass die mengenmäßige Verteilung der Stahlsorten wie auch die Anzahl der produzierten Chargen ähnlich Verteilungen aufweisen. Das heißt, dass die Produktionsmenge der Stahlsorten bezogen auf die Jahresmenge sowie auch die Prozentverteilung der Sorten im Bezug zur Chargenanzahl annähernd gleich sind. Der Unterschied der Produktionsmenge pro Charge ist nicht so groß, dass diese das Bild verändern können.

In den nachfolgenden Graphiken ist die Verteilung der Produktionsmenge auf verschiedenen Sorten in Tonnen, sowie die Verteilung der Anzahl der Chargen in Prozent angeführt. Die Daten sind aus betrieblichen Gründen hier anonymisiert dargestellt.

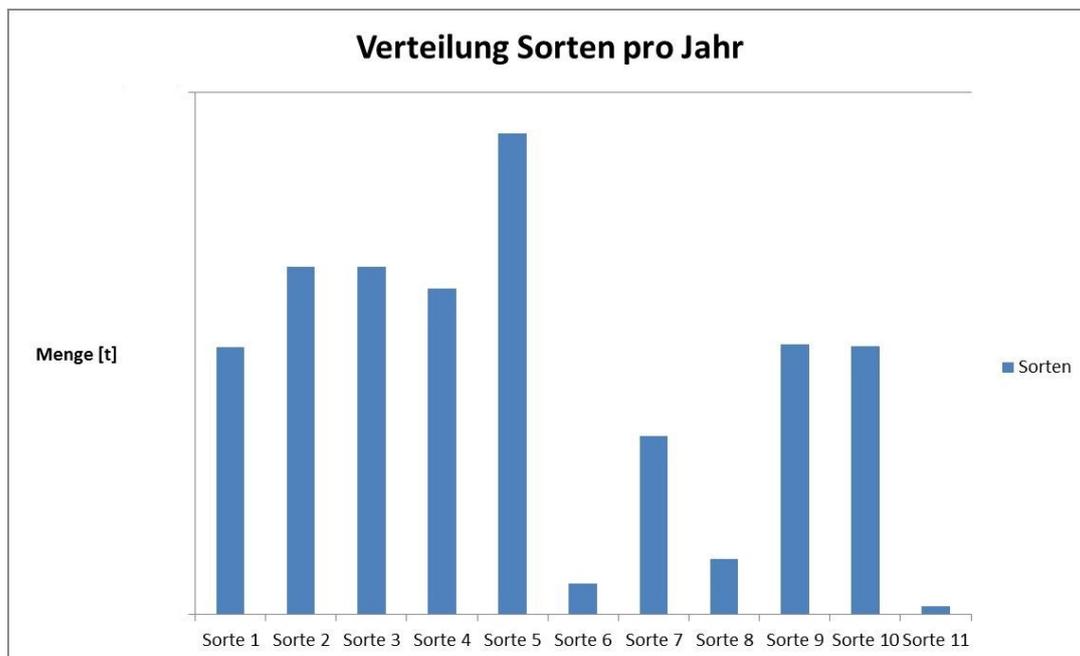


Abbildung 21: Mengenverteilung⁶⁴

⁶⁴ Quelle: Eigene Darstellung

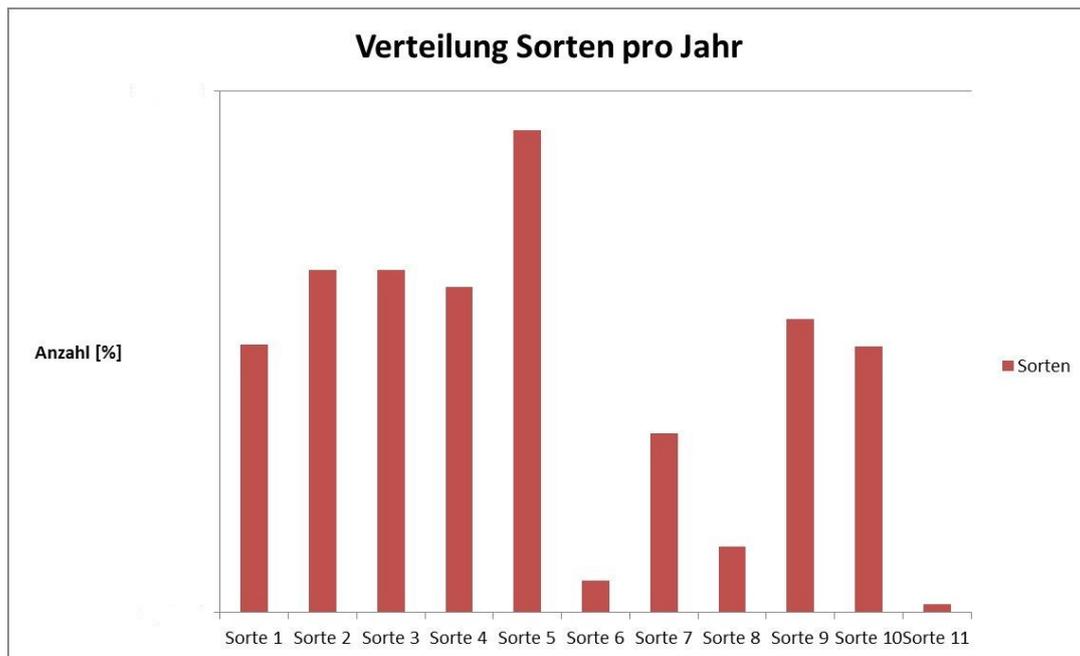


Abbildung 22: Prozentverteilung⁶⁵

Damit war eine erstmalige Berechnung der möglichen Produktion unter Benutzung der Mittelwerte, die aus den Daten der Nachkalkulation stammen, möglich.

Es zeigte sich, dass bei dem vorliegenden Datenmaterial lediglich der zu erwartende Zeitverbrauch der angestrebten Produktionsmenge abgeschätzt werden kann. Eine Berücksichtigung von Störungen, bzw. der genaueren Prozesszeiten war dabei noch nicht möglich.

Die Basis für die zur Verfügung stehende Zeit bildete das aktuell verwendete Schichtenmodell. So wurde für die erste Version des Berechnungsmodells mit drei Schichten gerechnet. Die geplanten Stillstands Zeiten sowie Instandhaltungszeiten wurden dabei bereits berücksichtigt.

Dies lieferte in der ersten Version des Berechnungsmodells nur eine Aussage ob die Produktion der geforderten Produktionsmengen, bei gleichbleibender Verteilung, möglich wäre. Die dafür verwendeten Daten sind Mittelwerte aus der Nachkalkulation des Unternehmens und daher entsprechend genau.

Damit ist es möglich zu errechnen, wie viel Zeit die Produktion dieser Mengen „theoretisch“ verbrauchen würde, sowie die verbleibende Rest-Zeit auf die zur Verfügung stehende Jahresproduktionszeit.

⁶⁵ Quelle: Eigene Darstellung

Die Basis für die Bestimmung der bei angenommener Produktionsmenge notwendigen Menge an Schrott ist ebenfalls integriert.

Diese Daten werden in weitere Folge verwendet um die Kapazität des Schrottplatzes unter geänderten Produktionsbedingungen, d.h. erhöhten Produktionsmengen, errechnen zu können. Abb. 23 zeigt einen Screenshot des Berechnungsmodells V1.0.

Eingabebereich		Benötigte Produktions-tage	Tagesmenge Produktion [t]	Schrott-menge pro Monat [t]	Schrott-menge [t]	Tagesmenge Schrott [t]
Produktionsmenge	150.000,00					
Ausgangssituation						
Schichten	3,00					
Produktionswochen	48,00					
Produktionstage	5,00					
Produktionstage pro Jahr	240,00	223,80	670,23	13.981,25	167.774,94	749,66
Berechnete Resttage		16,20				

Abbildung 23: Screenshot Berechnungsmodell V1.0⁶⁶

In dieser Version des Berechnungsmodells war noch keine Trennung von Eingabe und Ausgabebereich vorgesehen.

Dies betrifft die erste Version des Berechnungsmodells (V 1.0), zur Verbesserung deren Leistung und Aussagefähigkeit waren noch weitere Schritte nötig.

Als Ergebnis der Erhebung durch Integration in das Modell soll die Leistungsgrenze des Schrottplatzes bestimmt werden.

Die Daten dafür stammen aus dem Beobachtungsbereich Schrottplatz und sind durch Primär- sowie Sekundärerhebung entstanden.

Dabei war die Herausforderung die bestehenden Daten für die Hochrechnung zu nützen. Die erhobenen Beispielsmonate als Basis für eine Verteilung der Anlieferungen dienten dabei als Anhalt.

Ein entsprechendes Umlegen der Mengen auf die zu erwartenden Anlieferungen war der nächste Schritt.

Erreicht wurde diese Umlegung durch eine Prozent Umschlüsselung der Anliefermengen pro Tag auf die Gesamtmenge.

Eine Errechnung einer Durchschnittsmenge pro Anlieferart und Tag ermöglichte die Umlegung auf die zu erwartende Anzahl an Lieferungen.

⁶⁶ Quelle: Eigene Darstellung

Für die Berechnung der verbleibenden Rest-Zeit wird die Normschichtzeit von acht Stunden zugrunde gelegt. Bei zwei Schichten pro Tag sind die Basis dann sechzehn Stunden. Sollte die Menge an einem Tag nicht zu bewältigen sein, muss diese am nächsten Tag aufgearbeitet werden. Wobei dies nur für die Anlieferung per Waggon gilt, nicht für die Anlieferung per Lkw, diese muss „sofort“ abgewickelt werden.

Diese verursacht Kosten die es zu vermeiden gilt, muss doch dafür ein Waggon „über Nacht“ abgestellt werden.

Eine entsprechende „Optimierung“ der Anlieferungen kann daher im günstigsten Fall die Leistung des Schrottplatzes entsprechend steigern und solche Kosten vermindern.

Die verbliebenen Restzeiten stellen dann die Engpässe dar, falls diese Anlieferungen an Zeit mehr als sechzehn Stunden in Anspruch nehmen.

Auch sollen Restzeiten angegeben werden, nach Anzahl der Tage im Monat in denen diese Zeiten eine Vorgabe unterschreiten. Bestimmt werden diese nach dem Vergleich der Zeiten, die kleiner als z. B. eine Stunde sind. Diese sind dann die kritischen Tage und können bei Störungen ebenfalls zu einem „Engpasstag“ werden. Dies ist in einem umfangreichen Excel-Sheet enthalten und liefert die entsprechenden Auskünfte.

So wurde es notwendig für die Leistungsfähigkeit des Schrottplatzes die Zulieferungen von mehreren Monaten exakt zu erfassen um die Belastungsspitzen und damit die Engpässe berechnen zu können. Diese Belastungsspitzen treten passend zu den Spitzen bei den Zugängen auf und verursachen Überbelastungen sowie Stehzeiten der Waggonen.

Die Daten über die Zulieferungen lagen nur in Papierform, in Form von Lieferscheinen vor, was wiederum erheblichen Aufbereitungsaufwand nach sich zog. Dies war dann eine sogenannte Sekundärerhebung der Daten für den Materialfluss, siehe Kapitel 3.

Die daraus gewonnenen Informationen über die Verteilung der Zulieferungen ermöglichten es eine Aussage über die zu erwartenden Spitzentage zu tätigen. Daraus zeigte sich ebenfalls, dass die Anlieferungen pro Monat ab der Monatsmitte, ca. den 20. Kalendertag, stark zunehmen und daher die Spitzentage in diesen Monatsabschnitt fallen.

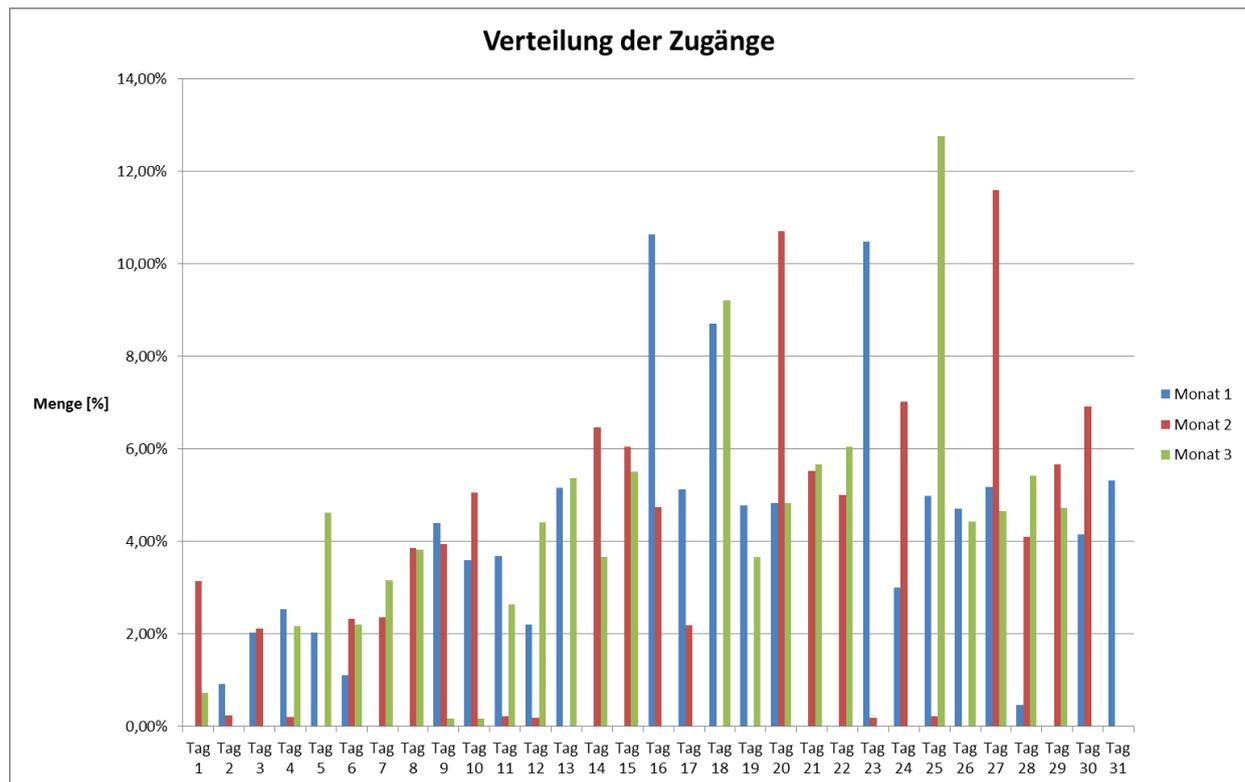


Abbildung 24: Verteilung der Zulieferungen ⁶⁷

Die Beobachtungsdaten wurden ebenfalls für die Bestimmung der Engpässe verwendet.

Für die Hochrechnung der Anlieferungsdaten auf der Basis derselben Arbeitszeit pro Woche, auch wenn vollkontinuierlich produziert werden könnte, gelten dennoch andere Restriktionen. Eine Anlieferung am Wochenende ist beispielsweise selbst dann keine Option, daher muss die Menge die dann verbraucht wird ebenfalls auf die verfügbaren Wochentage verteilt werden.

4.4 Erweiterung des Berechnungsmodells

Mit Hilfe von vorhandenen Daten und Vergangenheitsdaten wird die Richtigkeit und Funktion des Modells getestet.

Die bereits vorhandenen Daten aus der Nachkalkulation der Produktion werden für die Weiterentwicklung des Berechnungsmodells durch erhobene und errechnete Daten aus den Protokollen und den Beobachtungen ergänzt.

Der Zeitverbrauch für die Befüllung, sprich Chargierung und den Transport des Chargenkorbes wurden unter der Annahme berechnet, dass auch andere Faktoren als das Material Einfluss auf den Zeitverbrauch nehmen.

⁶⁷ Quelle: Eigene Darstellung

So wurde im Berechnungsmodell eine Auswahl von Chargen hinterlegt die zur Berechnung des Zeitverbrauchs Stahlsorten spezifisch dienen sollten.

Berücksichtigt dabei wurde, wie viele Chargenkörbe notwendig waren und in weiterer Folge welche Zusammensetzung an Schrott chargiert wurde.

Dabei wird angenommen, dass wenn es sich um eine 2 Korb Charge handelt, auch mindestens zwei Körbe chargiert werden müssen. Berechnet werden aber 3 oder mehr da der nächste Korb bereits zu Beginn der nächsten Charge bereit stehen muss und auch Störzeiten am Chargier-Platz berücksichtigt werden müssen.

Je kleiner die restliche verfügbare Zeit ist, die für die Bearbeitung der Chargierung zur Verfügung steht, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass dadurch eine Wartezeit am Ofen entsteht.

Das Modell ermöglicht die Störungszeit in Prozent zu variieren und so neue Zeiten zu errechnen. Ebenfalls soll die Prozesszeit auch durch Eingabe der möglichen Reduktion in Prozent variiert werden können.

Diese „Hochrechnung“ ermöglicht es, auf Basis von vorliegenden Daten aus dem vorangegangenen Geschäftsjahr, aufzuzeigen wo und in welchem Umfang sich Engpässe befinden und wann diese Auftreten werden.

Die Aussage über den zu erwartenden Zeitverbrauch ist ebenso enthalten wie eine Hochrechnung anhand von erhobenen Zeiten.

Das Berechnungsmodell ist in diesem Fall noch nicht verknüpft, so dass eine dynamische Berechnung anhand von eingegebenen Störzeiten und ähnlichem noch nicht möglich ist.

Was die Eingabe von Störzeiten betrifft waren die durchschnittlichen Störzeiten pro Charge und Jahr zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt. Diese Prozentsatz, oder besser diese von System errechnete Zeit pro Charge, sind aber in weiterer Folge relevant für die Abschätzung der zu erwartenden Störzeiten die in das Modell integriert werden sollen.

Die letzte Ausbaustufe des Berechnungsmodells und die daran getroffenen Veränderungen werden nachfolgend dargestellt.

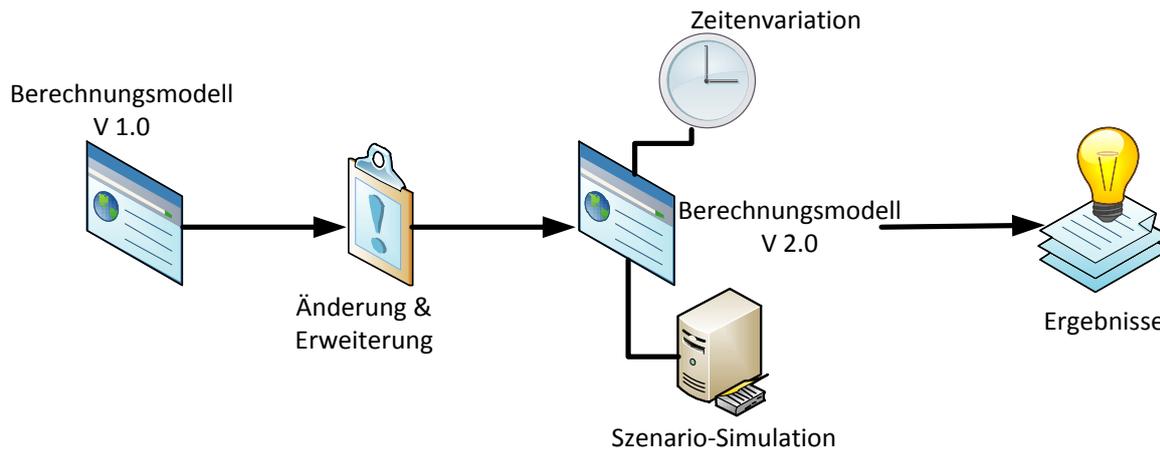


Abbildung 25: Entwicklung Berechnungsmodell⁶⁸

4.5 Berechnungsmodell V 2.0

Für die abschließende Berechnung der möglichen Produktionsmengen wurden am bisher erstellten Berechnungsmodell einige Modifizierungen vorgenommen.

Beispielsweise war die Einführung eines Szenarios auf Basis eines realen Produktionstages ein logischer nächster Schritt.

Eine weitere Veränderung war die Veränderung der zur Verfügung stehenden Produktionszeit pro Woche. Dabei werden dann Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten entsprechend berücksichtigt.

Die Ermittlung der Engpässe bezogen auf einige beobachtete Chargen zeigt spezifisch die möglichen Zeitreserven pro Charge auf. Dabei muss festgehalten werden, dass dies eine statische Erhebung von Restzeiten ist und damit nur eine Aussage über die Engpassbereiche für die Produktion einer spezifischen Charge zulässt. Somit kann damit nur eine Aussage getroffen werden, wenn die Produktionszeit genau dieselbe wie in der Erhebung wäre und nur eine einzelne Charge betrachtet werden würde.

Es stellt keinen Zusammenhang zwischen der Rest-Zeit, der betrachteten Charge und den Anforderungen der nachfolgenden Charge her. Wird aber in weiterer Folge als „Verspätung“ der nächsten Charge angerechnet und so die Gesamtzeit der zu produzierenden Chargen mit der theoretisch zur Verfügung stehenden Zeit verglichen.

Als Ergebnis sollte eine Aussage gemacht werden können ob ein solches Szenario an einem Produktionstag bearbeitet werden kann oder ob dies nicht möglich ist.

⁶⁸ Quelle: Eigene Darstellung

Auch die verbliebene Produktionszeit soll errechnet werden um zu zeigen ob mit gegebenen Maßnahmen die Soll-Produktion in verschiedenen Fällen erreicht werden kann. Die Fälle sind:

- Realer Zeitverbrauch aus Chargenprotokoll,
- Bereinigter Zeitverbrauch, d.h. ohne Hauptstörungen
- Bereinigter Zeitverbrauch mit Reduzierung der Prozesszeit
- Bereinigter Zeitverbrauch mit angenommener Stördauer am Ofen
- Bereinigter Zeitverbrauch mit Reduzierung und Stördauer als „Zukunfts-Szenario“

Damit abgeschätzt werden kann unter welchen Umständen die Anforderungen erreicht werden können.

In Abb. 26 ist ein Ausschnitt des Ausgabebereichs der Berechnungsmodells V 2.0 angeführt, die relevanten eingegebenen Werte darin sind zur Anonymisierung entfernt worden.

Ausgabebereich		Benötigte Produktions- tage	Tagesmenge Produktion [t]	Schrott- menge [t]	Schrott- menge pro Monat [t]	Tagesmenge Schrott [t]
Ausgangssituation						
Schichten	3,00					
Produktionswochen	48,00					
Produktionstage	4,71	Mittelwert				
Produktionstage pro Jahr	226,00	223,54				
Berechnete Resttage		16,46				
Reduktion & Störung	SOLL	IST-WERTE				
Prozesszeitreduktion	0%	Errechnet	System			
Störungszeit in Prozent	15%		15,21%			
			Produktion bezogen auf 226 Tage			
	Maximum		Möglich	Prozent	Menge	Resttage
Protokoll Ofenzeit	Prozess	305,39	Nein	74,00%	-	-79,39
Prozesszeit bereinigt	Prozess	263,87	Nein	85,65%	-	-37,87
Prozesszeit mit Störung	Prozess	302,68	Nein	74,67%	-	-76,68
Prozesszeit reduziert	Prozess	263,87	Nein	85,65%	-	-37,87
Prozesszeit red. + Störung	Prozess	303,45	Nein	74,48%	-	-77,45
Handlingszeit	Handling					
			Produktion bezogen auf 226 Tage			
	Minimum		Möglich	Prozent	Menge	Resttage
Protokoll Ofenzeit	Prozess	206,78	Ja	109,29%	-	19,22
Prozesszeit bereinigt	Prozess	190,81	Ja	118,44%	-	35,19
Prozesszeit mit Störung	Prozess	218,66	Ja	103,36%	-	7,34
Prozesszeit reduziert	Prozess	190,81	Ja	118,44%	-	35,19
Prozesszeit red. + Störung	Prozess	219,44	Ja	102,99%	-	6,56
Handlingszeit	Handling					

Abbildung 26: Ausschnitt Berechnungsmodell V 2.0⁶⁹

Zur Lösung dieses Informationsdefizit ist eine manuelle „Szenario-Produktion“ implementiert, die es erlaubt festzustellen nicht nur wo, sondern wann, respektive zu Beginn welcher Charge, der Engpass auftreten wird.

Dafür werden die Zeiten unterteilt in eine angenommene „Best-Zeit“ und „Worst-Zeit“ pro Beispielscharge pro Stahlorte. Diese Zeiten stellen die aus dem Produktionsprogramm entnommene Maximum und Minimumzeiten für die spezifischen Stahlorten dar.

Damit ist es möglich eine Rest-Zeit für beide Szenarien zu berechnen und so eine Aussage über den wahrscheinlichen „realen“ Restzeitanteil zu machen.

Ein Stör-Anteil an den Bedienzeiten sollte dann klar darstellen ab wann aus dem kritischen Prozess der Engpass bzw. die zu erwartende Störung der Produktion wird.

⁶⁹ Quelle: Eigene Darstellung

Diese Abbildung der Chargen in dem manuellen Szenario ermöglicht aber nur die Aussage darüber, wann der Engpass bei genau dieser Abfolge auftritt und hat keine „dynamische“ Komponente.

Eine „dynamische Simulation“ ist aufgrund der gegebenen Daten nicht oder nur sehr bedingt möglich.

4.6 Szenario-Simulation

Doch da dies keine befriedigende Aussage über die verschiedenen Einflüsse auf die Produktion liefert, war der nächste Schritt zu versuchen dieses Szenario zu dynamisieren.

Die Szenario-Simulation wurde mithilfe von Excel VBA realisiert um die Variation der produzierten Chargen dynamisch gestalten zu können. Der Quellcode wird hier nicht angegeben, aber die Beschreibung wie die Komponenten der „Simulation“ aufgebaut sind.

Dafür werden elf Chargen, d.h. Stahlsorten, mithilfe von Zufallszahlen generiert, denen die jeweiligen Maximal und Minimalzeiten für die Produktion zugeordnet werden.

Die Allokation geschieht mithilfe der Zuordnung von Stahlsorten zu mittels Zufallsgenerator erzeugten Zahlen von 1 bis 10. Damit kann eine fiktive Tagesproduktion generiert werden, welche die typischerweise pro Tag erzeugten Arten an Stahlsorten enthält.

Die Auswahl ob für die Produktionszeit, und die auch die Zeitvariationen, die Maximal oder Minimalzeit gewählt wird, wird durch einen Zufallszahlengenerator zwischen 1 und 2 realisiert. Die Zahl 1 bestimmt die Maximalzeit, die Zahl 2 die Minimalzeit.

Damit wird durch VBA Makro-Code sichergestellt, dass die Auswahl der Sorten und Zeiten rein zufällig geschieht.

Erst nachdem diese beiden Werte zugewiesen und die Sorten bestimmt sind, werden die Zeitvariationen zugewiesen um die Unterschiede in der benötigten Produktionszeit aufzeigen zu können.

Aus dieser „fiktiven Tagesproduktion“ kann dann errechnet werden ob diese spezielle Konfiguration „produzierbar“ ist, oder wo sich die Schwachstellen befinden.

Befinden sich mehrere zeitkritische Chargen in diesem Programm wird sich die Wahrscheinlichkeit höher sein das die Produktion eine Verzögerung erfährt und nicht mehr alle Chargen produziert werden können.

Die Restzeiten an den Beobachtungsbereichen können unterschiedlich sein und deshalb werden diese auch den die Engpässe beeinflussen. Diese Zeiten hängen direkt mit der Stahlsorte und Länge der Produktionszeit zusammen, wenn diese von den vorhandenen Störungen bereinigt wurde.

Dabei soll auch den verschiedenen implementierten Zeitvariationen die zur Verfügung stehen Rechnung getragen werden können um zu sehen ob sich die „Realisierbarkeit“ verbessert oder ob die Engpassituationen zunehmen werden.

Das gesamte Berechnungsmodell wird als eine Funktion zur Szenario-Planung dienen mithilfe derer der abgeschätzt werden kann welche Mengen unter variierenden Bedingungen produziert werden können.

Eine exakte Aussage kann aber erst durch die Vorhersage der erwarteten Produktionsmenge im Vergleich mit einer bereits realisierten Menge erfolgen. Als Verifizierung und Validierung des Modells in letzter Instanz.

Damit soll zumindest die erreichte Menge des zugrunde gelegten Geschäftsjahres 2010/11 erreicht werden können um die Richtigkeit des Modells zu bestätigen.

Da diese Bestätigung bereits in der Version 1.0 des Berechnungsmodells vorhanden ist sollte dieses erreichbar sein. Die Prüfung mit weiteren Daten kann dann unternehmensintern erfolgen und ist nicht mehr Teil diese Arbeit.

	Art	Min-Max	Sorte	Protokollzeit	Bereinigte Prozesszeit Neu	Bereinigte Prozesszeit mit Störung	Reduzierte Prozesszeit	Reduzierte Prozesszeit plus Störung	MW-Zeit	Restzeit Kran	Restzeit Chargierung	Prüfung Restzeit Kran	Verzug	Zeitpkt Engpass	"Störung"-Chargierung	Prüfung Restzeit Chargierung	Verzug	Zeitpkt Engpass
Charge # 1	1	1	Sorte 1	02:34:15	01:56:15	02:19:23	01:38:49	02:01:57	126,70	00:05:57	00:40:57	00:05:57	00:00:00	FALSCH	00:25:00	00:15:57	00:00:00	N/A
Charge # 2	7	1	Sorte 7	02:56:48	02:21:19	02:47:50	02:00:07	02:26:38	126,23	00:40:38	01:26:38	00:40:38	00:00:00	FALSCH	00:25:00	01:01:38	00:00:00	N/A
Charge # 3	8	1	Sorte 8	02:38:00	02:31:45	02:55:27	02:08:59	02:32:41	124,04	00:46:41	01:32:41	00:46:41	00:00:00	FALSCH	00:15:00	01:17:41	00:00:00	N/A
Charge # 4	1	1	Sorte 1	02:34:15	01:56:15	02:19:23	01:38:49	02:01:57	126,70	00:05:57	00:40:57	00:05:57	00:00:00	FALSCH	00:25:00	00:15:57	00:00:00	N/A
Charge # 5	5	1	Sorte 5	02:57:19	01:46:59	02:13:35	01:30:56	01:57:32	122,63	00:59:32	00:57:32	00:59:32	00:00:00	FALSCH	00:25:00	00:32:32	00:00:00	N/A
Charge # 6	5	2	Sorte 5	01:33:10	01:18:29	01:32:27	01:06:43	01:20:41	122,63	00:32:41	00:20:41	00:32:41	00:00:00	FALSCH	00:05:00	00:15:41	00:00:00	N/A
Charge # 7	3	2	Sorte 3	01:58:35	01:48:05	02:05:52	01:31:52	01:49:40	126,73	00:42:40	00:28:40	00:42:40	00:00:00	FALSCH	00:25:00	00:03:40	00:00:00	N/A
Charge # 8	10	2	Sorte 10	02:01:19	01:37:45	01:55:57	01:23:05	01:41:17	125,35	01:03:17	00:43:17	01:03:17	00:00:00	FALSCH	00:10:00	00:33:17	00:00:00	N/A
Charge # 9	9	1	Sorte 9	02:46:45	02:11:47	02:36:48	01:52:01	02:17:02	134,72	00:31:02	01:23:02	00:31:02	00:00:00	FALSCH	00:05:00	01:18:02	00:00:00	N/A
Charge # 10	7	1	Sorte 7	02:56:48	02:21:19	02:47:50	02:00:07	02:26:38	126,23	00:40:38	01:26:38	00:40:38	00:00:00	FALSCH	00:25:00	01:01:38	00:00:00	N/A
Charge # 11	5	1	Sorte 5	02:57:19	01:46:59	02:13:35	01:30:56	01:57:32	122,63	00:59:32	00:57:32	00:59:32	00:00:00	FALSCH	00:25:00	00:32:32	00:00:00	N/A
Maxzeiten #	8		über 24 h	03:54:33	21:36:57	01:48:08	18:22:24	22:33:35	1384,58	07:08:35	10:38:35	Engpasszeit	00:00:00			Engpasszeit	00:00:00	
Minzeiten #	3		Tage	1,16	0,90	1,08	0,77	0,94	1384,58	0,30	0,44	Engpass #		0		Engpass #		0

Abbildung 27: Screenshot Szenario-Simulation⁷⁰

Auch eine „mehrfache Simulation“, mithilfe des Excel-VBA als Makro, war es möglich zu realisieren. Diese entspricht der Realsituation besser als eine Annahme mit nur Ma-

⁷⁰ Quelle: Eigene Darstellung

ximal bzw. Minimalwerten für einen Durchlauf der „Simulation“. Damit ist die Abbildung des Materialflusses, im Berechnungsmodell abgeschlossen.

Diese „mehrfache Simulation“ wird dann noch ausgewertet um unter Annahme von mehreren Durchläufen eine Aussage darüber treffen zu können mit welcher Wahrscheinlichkeit die generierte Chargenauswahl produziert werden kann.

Wie oft dabei Maximal- bzw. Minimalzeiten für die Produktion zum Einsatz kommen beeinflusst die die Aussage darüber ob diese Chargenauswahl unkritisch, kritisch oder ein totaler Engpass ist. Dieses sind dann Aussagen über den Maximal verträglichen Anteil an Maximum-Chargenzeit, sodass die Produktion nicht zum Engpass wird. Die Zeiten für die Materialflusstätigkeiten wie Transport, Chargierung etc. sollen ebenfalls Berücksichtigung finden und werden integriert.

Daraus kann dann im Zusammenhang mit der Anzahl der Maximal-Chargen festgestellt werden, wo sich im konkreten Szenario der Engpass entwickelt, und für Verzögerung sorgen wird.

Für die Beurteilung der simulierten Zeitenverbräuche in kritisch, unkritisch und Engpass wird eine gesonderte Berechnung angestellt.

Die Werte aus der „mehrfachen Simulation“ werden für die Bezeichnung der Produktionsszenarien verwendet. Eine Einteilung in Kategorien ist dafür sinnvoll.

Die Umsetzung ist erfolgt und liefert eine Aussage über die Zeitverbräuche je nach eingesetzter Chargenzeitart.

Zur statistischen Absicherung ist eine Auswertung über zwanzig generierte „Tages-Produktionen“ durchgeführt worden. Dies stellt ein Beispielsproduktionsmonat dar und liefert Werte für die Aussage über den Einfluss der Maximalzeit-Chargen auf die Engpasssituationen.

Zur Auswertung und Variation der „Simulation“ sind diese zwanzig Chargen für jeden Testfall fünfmal erzeugt worden. Damit sind ein Umfang von Tausendeinhundert Chargen für die „Simulation“ generiert worden, dieses entspricht ca. einer Produktionsmenge von sechs Monaten.

Durch diese Auswertung soll gezeigt werden, wie hoch der Einfluss der Maximal-Zeit Chargen auf die Produzierbarkeit ist und weshalb die Engpässe nur dann auftreten.

Die Auswertung derselben und die der zuvor erstellten Versionen des Berechnungsmodells ist anschließend angeführt.

Die Ergebnisse dieser „Szenario-Simulation“ und der vorhergehenden Analyseschritte werden nun im nachfolgenden Kapitel dargestellt.

5 Ergebnisse und Reflexion

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse aus der Analyse sowie dem Berechnungsmodell zusammen und soll Aufschluss über die Engpässe sowie kritischen Prozesse in der analysierten Edelstahlherzeugung liefern.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt differenziert nach den Entwicklungsstadien des Berechnungsmodell und des Analysefortschritts.

5.1 Ergebnisse Berechnungsmodell V 1.0

Das Berechnungsmodell V1.0 bestimmt, auf Basis der Jahresmittelwerte der Arbeitszeiten in der Produktion und einer frei wählbaren Verteilung des Produktmix, die Maximalkapazität welche bei der Produktion erreicht werden kann.

Die frei wählbaren Variablen, die in dieses Modell integriert wurden sind:

- Produktionsmenge
- Verteilung des Produktmix
- Schichtmodell (drei oder vier Schicht Produktion)

Die Basisberechnung orientiert sich am vergangenen Geschäftsjahr(GJ).

Der Output dieser Berechnung ist die Aussage wie viele Tage die Produktion der geforderten Menge benötigen würde. Ebenfalls werden die verbleibenden Rest-Tage auf die angenommene Jahresproduktionszeit als noch frei verfügbare Produktionskapazität errechnet.

Die Berechnung der möglichen Maximalproduktionsmenge erfolgt durch den Abgleich der Kapazität und der Jahresproduktion. Dies ist im Excel durch das Tool Zielwertsuche möglich und erlaubt die Errechnung von maximalen Werten unter Angabe eines Zielwertes der minimiert werden sollen. Der Zielwert in diesem Fall sind null Rest-Tage auf die Jahresproduktionszeit.

Das Modell in der ersten Version ist ein lineares Modell welches nach Eingabe der gewünschten Verteilung und Menge die Zeiten hochrechnet.

Diese Version liefert noch keine Identifizierung von Engpässen und genaue Zeitbedarfen der Tätigkeiten der Produktion. Mit dieser Rechnung kann in erster Instanz festgestellt werden, ob mit den getroffenen Annahmen, die Produktion des vergangenen GJ produzierbar ist.

Damit ist die Funktion des Modells gegeben, wenn auch noch nicht im geforderten Umfang. Bereits integriert ist aber die Analyse der Kapazität des Schrottplatzes, deren Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

Ergebnisse der Analyse des Schrottplatzes

Die Nutzung der erhobenen und berechneten Zeiten für die Handhabung am Schrottplatz erfolgte in diesem Schritt.

Die Kapazität (Zeiten) der Materialflussmittel am Schrottplatz sowie die Zeiten für das Handling am Lichtbogenofen, werden nun in das Berechnungsmodell integriert. Nachdem alle Zeiten mit den entsprechenden Erhebungsbögen erfasst wurden, werden diese Zeiten nun zur Berechnung genutzt.

Das in Kapitel 4 beschriebene Bedienmodell und die erhobenen Daten werden zur Berechnung der Leistungsfähigkeit, und damit auch deren Grenzen verwendet.

So werden die Verteilungen der Anlieferungen der drei Beispielmonate verwendet um die Auslastung des Schrottplatzes zu berechnen. Dies wird dadurch erreicht, dass die Menge der Anlieferungen wiederum mit festgelegten Werten hochgerechnet wird. Dabei wird verglichen ob die Anzahl der zu erwartenden Anlieferungen bei gleichbleibender Verteilung an einem Tag abgearbeitet werden kann.

Diese Tätigkeiten, als logistische Transformationsprozesse, vgl. Kap. 3, müssen mit den vorhandenen Mitteln in gegebener Zeit abgewickelt werden. Damit kann dann im Berechnungsmodell sehr schnell festgestellt werden ab welcher berechneten zu erwartenden Liefermenge der Schrottplatz zum Engpass wird.

Es wird angenommen, dass die Lagerkapazität des Schrottplatzes die berechnete Menge fassen kann.

Die Anzahl der Tage an denen die Umschlagskapazität erreicht wird werden angezeigt, wie auch jene Tage an denen eine minimale Rest-Zeit übrig bleibt. Damit lässt sich feststellen welcher Art dieser Engpass ist, an welchen Tagen mit Problemen gerechnet werden muss.

In Abb. 28 sind diese Zusammenhänge für die aufgenommenen drei Monate ersichtlich. Sie zeigt zusammengefasst an, an wie vielen Tagen das Limit überschritten wird und die Anzahl der Tage an denen die Rest-Zeit kleiner als fünf, drei und eine Stunde sind.

Zeitverbrauch Schrottplatz [min]	Maximal Zeitverbrauch [h]	Maximal-Menge [t]	Zeitverbrauch Schrottplatz [min]	Maximal Zeitverbrauch [h]	Maximal-Menge [t]	Zeitverbrauch Schrottplatz [min]	Maximal Zeitverbrauch [h]	Maximal-Menge [t]
25 Tage			25 Tage			25 Tage		
8 h/Tag			8 h/Tag			8 h/Tag		
480 min/Tag			480 min/Tag			480 min/Tag		
12000 min			12000 min			12000 min		
200 h			200 h			200 h		
7544,30	20,74	1490,08	7903,76	21,73	1623,69	7315,81	27,18	1788,44
125,74	h		131,73	h		119,97	h	
74,26	auf 200 h		68,27	auf 200 h		80,03	auf 200 h	
Tage über Limit			Tage über Limit			Tage über Limit		
3,00			3,00			3,00		
16,00	Tage mit < 1 h		14,00	Tage mit < 1 h		15,00	Tage mit < 1 h	
21,00	< 3 h		18,00	< 3 h		19,00	< 3 h	
24,00	< 5 h		22,00	< 5 h		22,00	< 5 h	
	Restzeit			Restzeit			Restzeit	

Abbildung 28: Screenshot Ausgabe Kapazitätsberechnung Schrottplatz⁷¹

Die Zulieferung wird auch die Zuführung der Schrotte zur Produktion bei steigendem Volumen und gegebenem Layout beeinflussen. Der Zugang zum Chargierplatz kann durch eine Anlieferung blockiert werden wenn die Anzahl der Zulieferungen steigt.

Die Abb. 29 zeigt einen Ausschnitt der konkreten Berechnung der am Schrottplatz für die Handhabung verbrauchten Zeiten. Dabei werden jeweils die Restzeiten die bei der Annahme von sechzehn Stunden Schichtzeit berechnet. Ist die Zeit die für die Entladung und Einlagerung der an einem solchen Tag angelieferten Menge größer als die verfügbare Schichtzeit fehlt diese Zeit dann für die Handhabung entsprechend am nächsten Tag. Symbolisiert wird dies dann durch die rote Ampel neben dem errechneten Zeitwert. Sind die Rest-Zeiten größer als Null und kleiner als zwölf Stunden ist die Ampel gelb. Als positiv, symbolisiert durch die grüne Ampel, sind Zeiten die größer als zwölf Stunden sind.

Daraus werden die in Abb. 28 dargestellten „Tage über dem Limit“ so wie die Maximal-Zeitverbräuche pro Monat bestimmt.

⁷¹ Quelle: Eigene Darstellung

Restzeit auf 8 h	Übertrag	Verfügbare Zeit nach Übertrag	Restzeit auf 16 h	Übertrag	Verfügbare Zeit nach Übertrag	Verbliebene Restzeit	Geprüfte Restzeit
8,00			16,00				
8,00	0,00	8,00	16,00	0,00	16,00	0,00	0,00
7,61	0,00	8,00	15,61	0,00	16,00	0,39	0,39
7,40	0,00	8,00	15,40	0,00	16,00	0,60	0,60
6,20	0,00	8,00	14,20	0,00	16,00	1,80	1,80
7,17	0,00	8,00	15,17	0,00	16,00	0,83	0,83
7,68	0,00	8,00	15,68	0,00	16,00	0,32	0,32
8,00	0,00	8,00	16,00	0,00	16,00	0,00	0,00
8,00	0,00	8,00	16,00	0,00	16,00	0,00	0,00
1,87	0,00	8,00	9,87	0,00	16,00	6,13	6,13
4,40	0,00	8,00	12,40	0,00	16,00	3,60	3,60
5,77	0,00	8,00	13,77	0,00	16,00	2,23	2,23
6,20	0,00	8,00	14,20	0,00	16,00	1,80	1,80
0,56	0,00	8,00	8,56	0,00	16,00	7,44	7,44
8,00	0,00	8,00	16,00	0,00	16,00	0,00	0,00
8,00	0,00	8,00	16,00	0,00	16,00	0,00	0,00
-12,34	-12,34	-4,34	-4,34	-4,34	16,00	20,34	-4,34
1,80	0,00	8,00	9,80	0,00	11,66	1,86	1,86
-4,39	-4,39	3,61	3,61	0,00	16,00	12,39	12,39

Abbildung 29: Ausschnitt Berechnung Kapazität Schrottplatz⁷²

Eine Erhöhung der Anzahl der Bediener wird bei steigender Produktionsmenge wahrscheinlich werden, ebenso eine Ausweitung des Schichtbetriebs auf den Schrottplatz, also der Einführung einer Nachtschicht. Damit wird für das Bediensystem die Anzahl der Bediener erhöht und es ändert sich auch die Art des Bediensystems. Bei höherer Auslastung der Produktion ist dann ein, M/M/3, sprich drei Bediener Modell, ganztägig oder zumindest für zwei Schichten notwendig. Andernfalls können die Mengen nicht bewältigt werden.

Durch Veränderungen in der Anlieferstruktur und der verwendeten Schrotte kann eine Reduktion der Handhabungstätigkeiten und damit der Auslastung erreicht werden. Das allerdings ist eine Kostenfrage und wird sicherlich eine Entscheidung im Bezug zur Auftragslage sein.

⁷² Quelle: Eigene Darstellung

5.2 Ergebnisse Berechnungsmodell V 2.0

Für die Verbesserung der Aussagefähigkeit und Leistung des Berechnungsmodells mussten die Zeiten genauer untersucht und in verschiedene Arten unterteilt werden.

Dabei wurden, wie in Kapitel 4.5 angegeben, 5 verschiedene Zeitbegriffe definiert und anschließend zur Berechnung im Modell verwendet.

Es war vom Auftraggeber, der Breitenfeld Edelstahl AG, gefordert, dass auch eine Produktivitätsverbesserung und eine Störungsreduktion in der Berechnung berücksichtigt werden können.

Damit die folgenden Aussagen ins Berechnungsmodell integriert werden:

- Die Reduktion der Störungen der Produktion verbessert die Kapazität
- Der Erhöhung der Produktivität kann erreicht werden durch intensivere Nutzung der Anlagen

Die Reduktion der Störungen ist eine generelle Forderung der Produktion und kann durch entsprechende Instandhaltungs-/Wartungsmaßnahmen erreicht werden.

Eine Erhöhung der Produktivität kann durch entsprechende Ausnutzung noch vorhandener Kapazitätsreserven erreicht werden.

Diese Tatsachen galt es bei der Kalkulation der Zeiten zu berücksichtigen um mit den Störungen und Reduktionen eine geänderte Situation darstellen zu können.

Nachfolgend, in Abb. 30, die Darstellung der Zeitenvarianten wie sie im Berechnungsmodell V 2.0 integriert sind.

Die erste Zeit stellt die vom Zeitenerfassungssystem erhobene Zeit dar, welche als Chargenprotokoll gespeichert wird, daher wird diese Protokollzeit genannt.

Aussage: Die vom System erfasste Zeit, inklusive aller Störungen und Nebentätigkeiten die den Produktionsablauf verzögert haben.

Die zweite Zeit, hier als Bereinigte Prozesszeit bezeichnet, soll den Zeitverbrauch und die Reserven nach Eliminierung aller Arten von Störungen aufzeigen. Damit soll errechnet werden, was an Produktionskapazität möglich wird, wenn die Störungen minimiert oder im Idealfall ganz eliminiert werden.

Aussage: Wie viel zusätzliches Produktionsvolumen, durch die Eliminierung der jetzt auftretenden Störzeiten, erreicht werden kann.

Diese Aussage, sowie die der anderen Zeiten, werden in Abb. 30 wieder in Beziehung zu den am Beginn errechneten Zeitverbrauch nach Mittelwerten und den nach Protokollzeiten gesetzt.

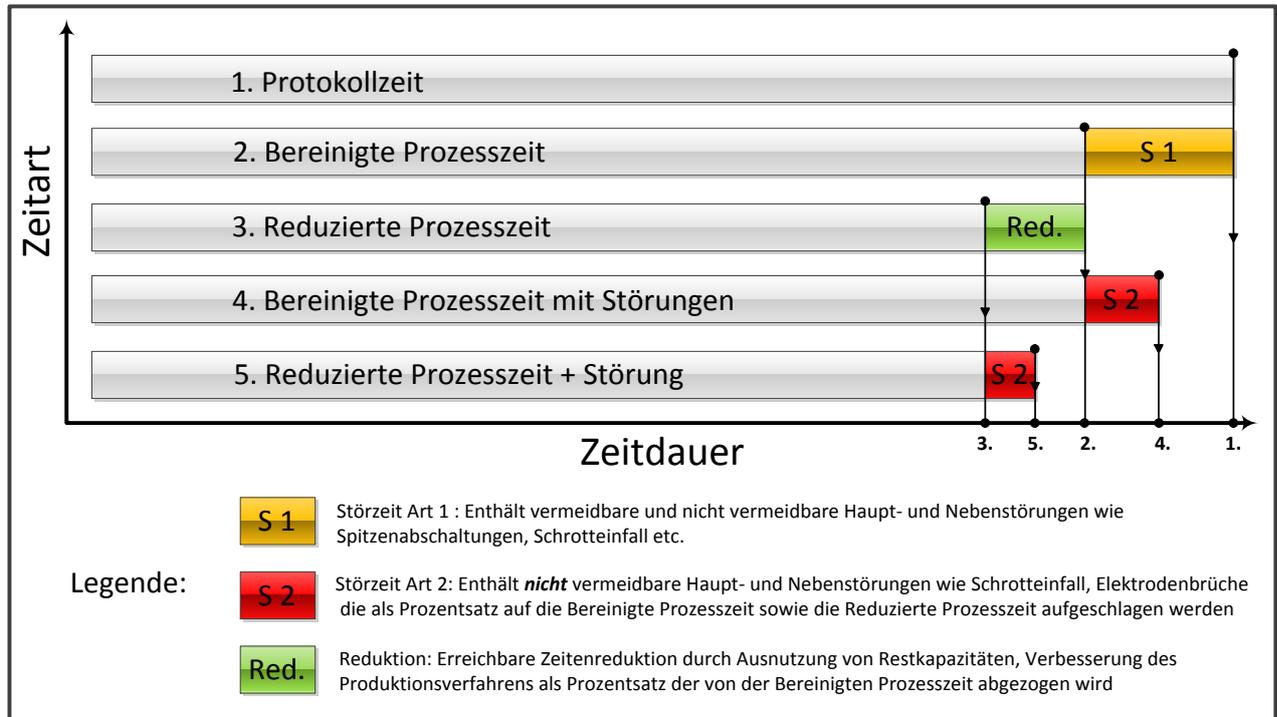


Abbildung 30: Zeitvarianten des Berechnungsmodells⁷³

Die dritte Zeit soll die erreichbare Reduktion der bereinigten Prozesszeit darstellen, die durch geeignete Verbesserungen und Investitionen erreicht werden können.

Aussage: Erreichbare Produktionskapazität nachdem vorhandene Produktionsreserven zur Beschleunigung der Produktionszeit genutzt und ggf. ausgebaut worden sind.

Die vierte Zeit ermöglicht eine Veränderung der „bereinigten Prozesszeit“ durch Eingabe eines Prozentsatzes an Störung der dann auf jede Charge spezifisch aufgeschlagen wird. Damit wird der Zeitverbrauch dahingehend variiert, das von Störungszeiten ausgegangen wird die sich nicht vermeiden lassen und durch den Prozentsatz angegeben werden sollen.

Aussage: Erreichbar Produktionskapazität mit einer Variation der dabei auftretenden Störzeiten als Prozentsatz.

Die vierte und letzte Variation der Protokoll-Zeiten ist jene, welche die die reduzierten Zeiten und die Störungs-Zeiten zusammenfasst.

⁷³ Quelle: Eigene Darstellung

Aussage: Darstellung der geänderten Produktions-Situation nach erfolgten Verbesserungsmaßnahmen und gleichzeitigem Störungseinfluss, damit Bezifferung der erreichbaren Produktionskapazität.

Im Umkehrschluss können die erreichbaren Produktionsmengen errechnet werden, wenn eine verfügbare Gesamtjahresproduktionszeit vorausgesetzt wird.

Für all diese Zeitvariationen lassen sich dann die Zeitverbräuche an Handhabungstätigkeiten sowie die Chargier-Tätigkeiten darstellen. Damit kann aufgezeigt werden, ob unter Annahmen der Verbesserung der Produktionszeit auch die Handlungstätigkeiten noch vollständig durchgeführt werden können. Unter der Voraussetzung die Zeiten für diese Tätigkeiten werden nicht wesentlich beschleunigt und die Störungszeiten beeinflussen diese Tätigkeiten direkt.

Das heißt eine Beschleunigung erfolgt durch eine Verbesserung am Produktionsaggregat und nicht an den Materialflussmitteln.

Werden die Materialflussmittel ebenfalls mitbeschleunigt ändert sich das Zeitfenster für die Handhabung nicht wesentlich und ein Engpass an dem spezifischen Materialflussmittel ist unwahrscheinlich.

Die Aussagen die die verschiedenen Zeitvarianten ermöglichen werden in Tab. 3 zusammengefasst.

Zeitvariante	Aussage
Protokollzeit	Tatsächlicher Zeitverbrauch pro Charge mit den Störungen und Nebentätigkeiten
Bereinigte Prozesszeit	Zeitverbrauch pro Charge nach Abzug der Störzeiten
Reduzierte Prozesszeit	Zeitverbrauch nach Nutzung von Kapazitätsreserven und Verbesserungen
Prozesszeit mit Störung	Zeitverbrauch nach der Addition von Stör-Zeiten
Prozesszeit mit Reduktion und Störung	Zeitverbrauch bei veränderter Ausgangssituation

Tabelle 3: Zeitvarianten⁷⁴

Für die Berechnung des Zeitverbrauchs des Handlings pro Charge werden erhobene Werte verwendet. Wo dies nicht möglich war, wurde mit definierten Standardwer-

⁷⁴ Quelle: Eigene Darstellung

ten gerechnet. Dazu war es notwendig die Standardvorgänge pro Charge festzulegen um ein möglichst vollständiges Bild der Abläufe zu erhalten.

Dies dient der Ermittlung der Rest-Zeit die nach Erfüllung der „Standard-Tätigkeiten“ übrig bleibt. Unterschreitet dieser Wert eine festgelegte Grenze oder ist negativ, ist die Handhabung der Engpass.

Daraus lassen sich Maßnahmen, ableiten die gewährleisten sollen, dass die „Standard-Tätigkeiten“ beschleunigt oder deren Anzahl sogar reduziert werden kann.

Dabei sind nach Annahme der Zeiten verschiedene Einflüsse auf den Produktionsablauf gegeben. So stellt die Wartezeit auf die Pfanne für die Produktion ein größeres Problem, als der nicht sofort erfolgte Tausch der Schlackenmulde.

Die „Standard-Tätigkeiten“ die innerhalb der Zeit einer Charge erfüllt werden müssen werden in Abb. 30 dargestellt.

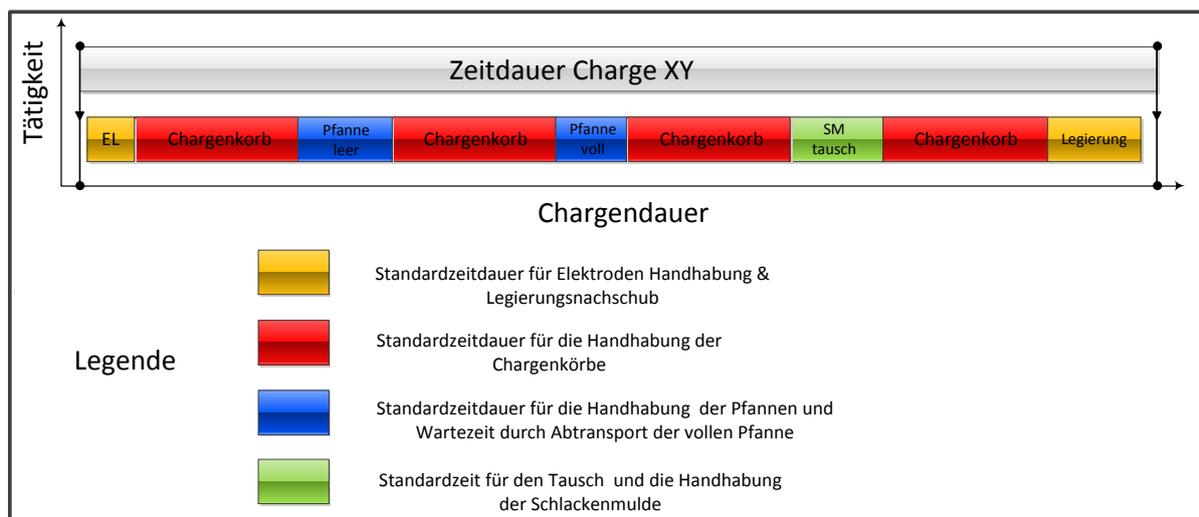


Abbildung 31: Standardtätigkeiten pro Charge⁷⁵

Die Ergebnisse der Szenario-Simulation, die alle die zuvor angeführten Änderungen und Einflüsse am Berechnungsmodell enthält werden im nächsten Kapitel dargestellt.

⁷⁵ Quelle: Eigene Darstellung

5.3 Ergebnisse Szenario-Simulation

Den letzten Teil der Analyse stellt die Abbildung der Produktion durch eine „Szenario-Simulation“ für eine Tagesproduktion dar. Nachfolgende Abb. 31 stellt die Bestandteile der Szenario-Simulation dar.

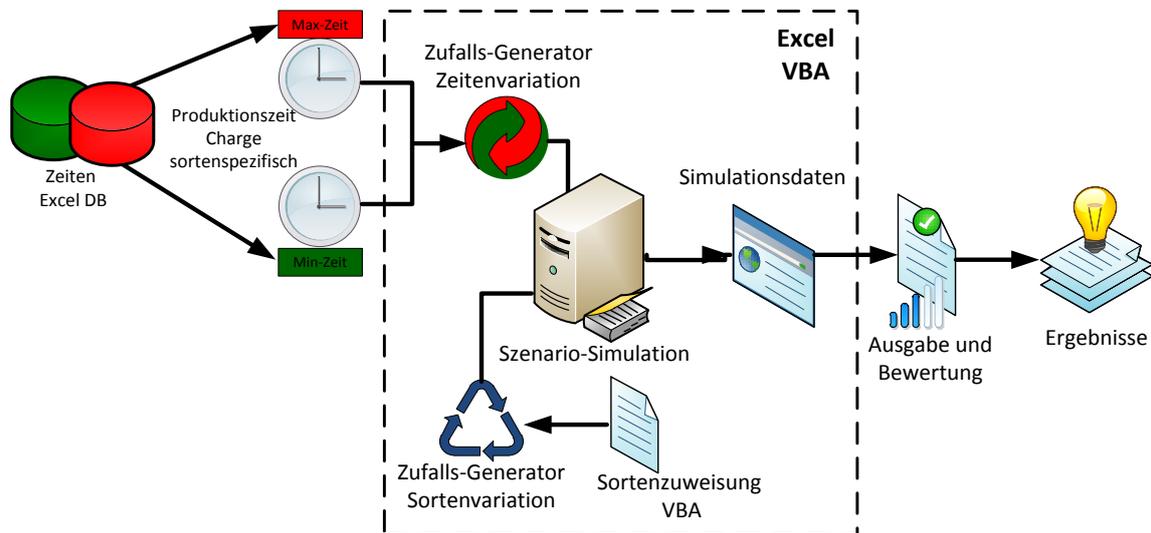


Abbildung 32: Bestandteile Szenario-Simulation⁷⁶

Dabei wird von einer geforderten Menge an Chargen von mindestens elf pro Produktionstag ausgegangen. Diese Anzahl ergibt sich aus dem Berechnungsmodell da für die Hochrechnung der Produktionszeiten von einer produzierten Chargenanzahl pro Tag ausgegangen werden muss. Diese Zahl ist das Verhältnis von produzierten Chargen im GJ 2010/11 zur produzierten Menge und wurde in das Berechnungsmodell übernommen. Diese Anzahl zu steigern verfälscht die Datenbasis, da sich die Anzahl der Produktionstage stark verändern würde. Eine Steigerung der produzierten Chargenanzahl pro Tag kann ggf. bei verminderter Prozesszeit erreicht werden. Um dies ebenfalls zu berücksichtigen müsste das Modell verändert werden, was nicht der Zielsetzung entspricht.

Mit Hilfe der vorliegenden erhobenen und berechneten Daten konnte ein Szenario generiert werden, das die Variation der Zeiten je Chargenart ebenfalls abbildet. Dieses Szenario ermöglicht es die Tagesproduktion so zu „simulieren“, dass festgestellt werden kann wo und wann ein Engpass auftreten wird. Wo bezieht sich dabei auf das Materialflussmittel das der Engpass wird, wann ist ein Wert der angibt bei welcher Charge im generierten Ablauf rechnerisch das erste Mal ein Engpass auftritt.

⁷⁶ Quelle: Eigene Darstellung

Die zuvor dargestellten Zeitvarianten werden ebenfalls für diese Art der Simulation verwendet und dann entsprechend ausgewertet.

Die Darstellung der Berechnungsergebnisse erfolgt ebenfalls anonymisiert, da hier wiederum innerbetriebliche Daten zum Einsatz gekommen sind. Die Simulation erfolgt für Tagesproduktionsszenarien durch die Variation der Stör-Zeit sowie der möglichen Prozesszeit-Reduktion in Prozent.

Diese verschiedenen Arten werden, wie in Tab. 4 dargestellt, unter folgenden zwölf Variationen als Szenarien simuliert:

Variation	Stör-Zeit in Prozent	Prozesszeitreduktion in Prozent
1	5%	0%
2	5%	5%
3	5%	10%
4	5%	15%
5	10%	0%
6	10%	5%
7	10%	10%
8	10%	15%
9	15%	0%
10	15%	5%
11	15%	10%
12	15%	15%

Tabelle 4: Variationen der Simulations-Szenarien⁷⁷

Der Fall mit 0% Störung und 0% Reduktion ist hier nicht angegeben da dies als unrealistisches Szenario zu sehen ist und daher nicht „simuliert“ werden sollen. Der Testfall Neun spiegelt in etwa die derzeitige Situation wieder, wenn dabei von einer durchschnittlichen Störung von 15% auf die in diesem Jahr erzeugten Chargen gerechnet wird.

Die Ergebnisse der Simulation werden erzielt durch die Berechnung von fünf Durchläufen pro Variationen, dabei erfolgt die Szenario-Simulation im eigentlichen Sinne durch die Zuweisung der Zeiten zu den generierten Tagesproduktionschargen.

⁷⁷ Quelle: Eigene Darstellung

Die „Szenario-Simulation“ wird dafür zwanzig Mal generiert und ausgegeben, wobei ein Szenario elf Chargen enthält. Dies ergibt für die Simulation einer Variation eine Anzahl von tausendeinhundert Chargen.

Die Simulation dieser Variationen erbrachte folgende für die Testfälle verschiedene Ergebnisse und wird zusammengefasst in Tabelle 5 dargestellt:

Variante	# Max-Zeiten	Prozent	# Min-Zeiten	Prozent	# Engpässe	Prozent
1	114,2	52%	105,8	48%	69	32%
2	113,6	52%	106,6	48%	47,6	22%
3	111,2	51%	108,8	49%	70,2	32%
4	118,4	54%	101,6	46%	69,8	32%
5	111,8	51%	108,2	49%	0	0%
6	106	48%	114	52%	19,8	9%
7	114,2	52%	105,8	48%	49,6	23%
8	113,4	52%	106,6	48%	67,8	31%
9	111,2	51%	108,8	49%	0	0%
10	118,4	54%	101,6	46%	0	0%
11	106	48%	114	52%	19,8	9%
12	109,6	50%	110,4	50%	48,4	22%

Tabelle 5: Zusammenfassung der Ergebnisse⁷⁸

Diese Ergebnisse der Durchläufe für die Variante 1 als Diagramm aufbereitet:

⁷⁸ Quelle: Eigene Darstellung

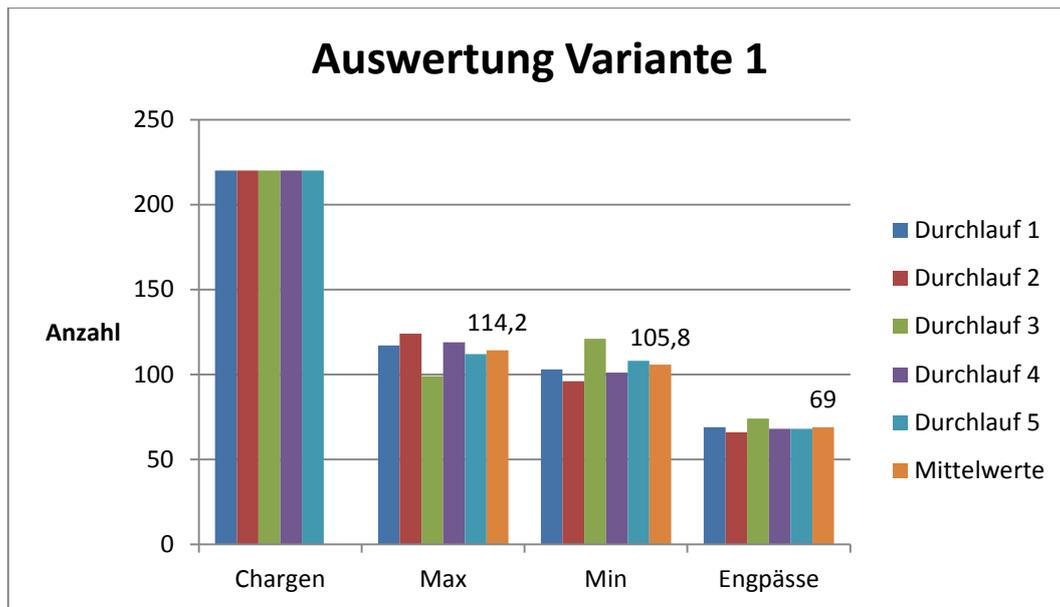


Abbildung 33: Diagramm für 5% Stör-Zeit und 0% Prozesszeitreduktion⁷⁹

Aus Abb. 32 ist ersichtlich das in diesem konkreten Testfall bei im Mittel 69 von 220, dies entspricht 32% aller generierten Chargen, ein Engpass auftritt.

Es werden für die Bestimmung der Engpassanzahl keine Chargen berücksichtigt deren Rest-Zeit größer als Null aber kleiner als z. B. zehn Minuten sind. Deren Anzahl könnte durch eine Modifizierung der Auswertung bestimmt werden, ist aber nicht mehr Teil dieser Arbeit.

Aus den Ergebnissen dieser „Simulationen“ ist zu erkennen, dass die Reduktion der Prozesszeiten einen bedeutend größeren Einfluss auf das Auftreten von Engpässen hat als die Höhe der Stör-Zeit in Prozent.

So zeigt sich, dass in den Variationen Fünf, Neun und Zehn, das keine Engpässe auftreten. Die Variation Neun stellt die momentane Produktionssituation dar, bei der keine Engpässe im größeren Umfang auftreten und auch noch keine Verbesserung der Prozesszeit erfolgt ist. Bei einer aus den Daten des GJ 2010/11 errechneten Stör-Zeit von durchschnittlich fünfzehn Prozent pro Charge. Die durchgeführte „Simulation“ bestätigt diese Situation und verifiziert damit die für die „Simulation“ getroffenen Annahmen für die Variation der Zeiten.

Die gesamten anonymisierten Ergebnisse sind in voller Form im Anhang ersichtlich und werden hier nicht weiter angegeben. Die Bedingungen für die Ergebnisse und

⁷⁹ Quelle: Eigene Darstellung

die getroffenen Annahmen wurden soweit dies möglich ist zuvor angegeben und bezüglich deren Wirkung differenziert.

Im Modell wurde für die Stör-Zeit eine Annahme getroffen die dann durch die Berechnung der realen Stör-Zeit pro Charge gestützt wird. Die Variierung der Stör-Zeit sowie der möglichen Reduktion der Prozesszeit ermöglicht die Berechnung verschiedener Varianten, die durch die Einschätzung von Experten innerhalb der Unternehmung bestätigt oder abgelehnt werden können.

5.4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der Materialflussanalyse am Beispiel der Breitenfeld Edelstahl AG erlauben es zu bestimmen wann und wo ein Engpass bei erhöhter Produktionsmenge auftreten wird.

Es hat sich gezeigt, dass die betrachteten Bereiche, der Schrottplatz und der Lichtbogenofen, wenn ein gleichbleibendes Layout und gleiche Anzahl und Leistung der Materialflussmittel vorausgesetzt werden, Engpässe entwickeln werden. Die Art und der Umfang der Engpässe sind allerdings von verschiedenen Variablen abhängig.

Mögliche Szenarios zur Veränderung des Layouts und der Anzahl und Leistung der Materialflussmittel zur Verbesserung der Kapazität waren nicht Teil dieser Arbeit.

Die Engpässe für den Schrottplatz können anhand der benötigten Schrottmenge und einem Bedienmodell berechnet werden, für die Produktion am Lichtbogenofen muss „simuliert“ werden.

Der Schrottplatz wird den Engpass bei schlechter Taktung der Anlieferung und ungleichmäßiger Verteilung der Anlieferart entwickeln. Dies hat entscheidenden Einfluss auf die Umschlagskapazität der für die Produktion benötigten Mengen an Schrott. Die Entladung bzw. Einlagerung von zunehmend mehr Anlieferungen per Eisenbahnwaggon wird mehr Zeit verbrauchen als die Handhabung von LKWs. Eine erhöhte Anzahl an LKW wiederum wird bei gleich bleibendem Layout Einfluss auf die Zuführung zur Produktion (Chargierung) haben.

Die mögliche Produktionsmenge wird durch die Variation der Prozesszeiten und des Störanteils pro Charge im erstellten Berechnungsmodell kalkulierbar. Der zugrunde gelegte Produktmix kann ebenfalls an eine veränderte Situation angepasst werden.

Das Berechnungsmodell kann für die „Simulation“ von beliebigen Kombinationen genutzt werden. Dafür können die Einflüsse der Materialflussmittel als Störung der

Produktion aufgefasst werden. Ebenfalls werden die Einflüsse der Zuführung sowie der Handhabung der Produktionsmengen im Berechnungsmodell durch die Störungen in der Chargierung berücksichtigt. Für diese Störungen wird angenommen dass diese durch die Anlieferungen und die erhöhte Auslastung des Schrottplatzes ausgelöst werden.

Das erarbeitete Berechnungsmodell erlaubt durch Verwendung der Ergebnisse der Analyse zukünftig abschätzen zu können welche Mengen produziert werden können und wo dabei wahrscheinlich Engpässe auftreten werden.

Für zukünftige Untersuchungen bleibt allerdings Platz und es ist auch erwünscht diese Betrachtungen auszubauen um noch weitere Faktoren zu bestimmen.

Für den jetzigen Stand der Analyse bleiben bestimmte Bereiche der Produktion un-
angetastet.

Dies wird es erlauben zu gegebener Zeit die Ergebnisse der Analyse und der Berechnung zu erweitern und zu einem späteren Zeitpunkt erneut durchzuführen.

Literaturverzeichnis

- AG, B. E. (06. 11 2011). *Breitenfeld Edelstahl AG - : Stofffluss*. Abgerufen am 06. 11 2011 von www.breitenfeld.at:
<http://www.breitenfeld.at/technologie0/stofffluss0/>
- Arnold, D., & Furmans, K. (2007). *Materialfluss in Logistiksystemen* (5., erweiterte Auflage Ausg.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., & Furmans, K. (2008). *Handbuch Logistik* (3., neu bearbeitete Auflage Ausg.). (K. Furmans, Hrsg.) Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Furmans, K. (2008). Bedientheoretische Modellierung logistischer Systeme. In D. Arnold, H. Isermann, A. Kuhn, H. Tempelmeier, K. Furmans, & K. Furmans (Hrsg.), *Handbuch Logistik* (3., neu bearbeitete Auflage Ausg., S. 57-72). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Günther, H.-O., & Tempelmeier, H. (2005). *Produktion und Logistik* (Sechste, verbesserte Auflage Ausg.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Günthner, W. (2004). Materialfluss und Fördertechnik. In P. Klaus, & W. Krieger, *Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse* (S. 377-380). Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler/ GWV Fachverlage GmbH.
- Hartmann, H. (2002). *Materialwirtschaft* (8. überarbeitete und erweiterte Auflage Ausg.). Gernsbach: Deutscher Betriebswirte-Verlag GmbH.
- Ingenieure, V. D. (26. Oktober 2011). *Richtliniendetails VDI 2411*: www.vdi.de. Abgerufen am 26. Oktober 2011 von www.vdi.de:
http://www.vdi.de/401.0.html?&no_cache=1&tx_vdirili_pi2%5BshowUID%5D=91746
- Ingenieure, V. D. (26. Oktober 2011). *Richtliniendetails VDI 3596*: www.vdi.de. Abgerufen am 26. Oktober 2011 von www.vdi.de:
http://www.vdi.de/401.0.html?&no_cache=1&tx_vdirili_pi2%5BshowUID%5D=92325
- Jünemann, & Reinhardt, S. T. (2000). *Materialflußsysteme: Systemtechnische Grundlagen* (2. Auflage Ausg.). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Klaus, P., & Krieger, W. (2004). *Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse*. (P. Klaus, & W. Krieger, Hrsg.) Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler/ GWV Fachverlage GmbH.
- Koether, R. (2001). *Technische Logistik* (2. Auflage Ausg.). München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Koether, R. (2006). *Taschenbuch der Logistik* (2., aktualisierte Auflage Ausg.). (R. Koether, Hrsg.) München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Martin, H. (2006). *Transport- und Lagerlogistik* (6., vollständig überarbeitete Auflage Ausg.). Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH.
- Noche, B., & Druyen, J. (2006). Planung von Materialflusssystemen. In R. Koether, *Taschenbuch der Logistik* (2., aktualisierte Auflage Ausg., S. 242-257). München, Wien: Carl Hanser Verlag.

- Schmidt, A., & Schneider, M. (2008). Lager- und Materialflussprozesse. In D. Arnold, H. Isermann, A. Kuhn, H. Tempelmeier, & K. Furmans, *Handbuch Logistik* (3., neu bearbeitete Auflage Ausg., S. 371-404). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Schönsleben, P. (2007). *Integrales Logistikmanagement: Operations und Supply Chain Management in umfassenden Wertschöpfungsnetzwerken* (5., bearbeitete und erweiterte Auflage Ausg.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Tempelmeier, H. (2006). *Material-Logistik: Modell und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung in Advanced Planning-Systemen* (Sechste, neubearbeitete Auflage Ausg.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- ten Hompel, M., & Heidenblut, V. (2008). *Taschenlexikon Logistik*. (M. Ten Hompel, Hrsg.) Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- ten Hompel, M., Schmidt, T., & Nagel, L. (2007). *Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik* (3., völlig neu bearbeitete Auflage Ausg.). (M. Ten Hompel, & R. Jünemann, Hrsg.) Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

Gerät	Arbeitsschritt	Zeit [min]	Startpkt.	Ziel	Schicht	Start	Ende	Bemerkung
Charge:								
Handling Chargenkorb		min	Start	Ziel				
70 t	Chargenkorb umsetzen		CK-Pl.	CK-Pl.				
70 t	Chargenkorb einsetzen		CK-Pl.	Ofen				
70 t	Rückfahrt zu Föhre/CK-Pl.		Ofen	CK-Pl.				
70 t	Leerer CK auf Föhre/ Umhängen		CK-Pl.	CK-Pl.				
70 t	Chargenkorb handling gesamt							
Handling Schlackenmulde		min	Start	Ziel				
70 t	Schlackenmulde aufnehmen Ofen		Ofen	CK-Pl.				
70 t	Schlackenmulde fahren		Ofen	CK-Pl.				
70 t	Schlackenmulde absetzen		CK-Pl.	CK-Pl.				
70 t	Schlackenmulde aufnehmen		CK-Pl.	CK-Pl.				
70 t	Schlackenmulde absetzen Ofen		CK-Pl.	Ofen				
70 t	Deckel auf Schlackenmulde		Ofen	Ofen				
70 t	Deckel von Schlackenmulde		Ofen	Ofen				
70 t	Schlackenmulde handling gesamt							
Handling Pfanne leer		min	Start	Ziel				
70 t	Pfanne aus Pfannenfeuer		Pf-Feuer	Pf-Feuer				
70 t	Pfanne transportiert Ofen		Pf-Feuer	Ofen				
70 t	Pfanne absetzen Ofen		Ofen	Ofen				
70 t	Pfanne heben Ofen		Ofen	Ofen				
70 t	Pfanne transportiert Pf-Feuer		Ofen	Pf-Feuer				
70 t	Pfanne absetzen Pf-Feuer		Pf-Feuer	Pf-Feuer				
70 t	Ablegen Schlackenring		Ofen	Ofen				
70 t	Auflegen Schlackenring		Ofen	Ofen				
70 t	Deckel auf Pfanne							
70 t	Handling Pfanne leer gesamt							
		min						
70 t	Pfanne von Terberg zu Pf-Feuer		Terberg	Pf-Feuer				
70 t	Pfanne von Terberg zu Ofen		Terberg	Ofen				
70 t	Umheben Pfanne							
Handling Pfanne voll		min	Start	Ziel				
105 t	Heben Pfanne von Ofen		Ofen	Ofen				
105 t	Fahren Pfanne		Ofen	Ofen				
105 t	Absetzen Pfanne		Ofen	Ofen				
105 t	Absetzen Pfanne Terberg		Ofen	Terberg				
105 t	Absetzen Pfanne Pfannenofen		Ofen	PO				
105 t	Handling Pfanne voll gesamt							
Handling Elektroden		min	Start	Ziel				
70 t	Nachsetzen Elektroden		Ofen	Ofen				
70 t	Verlängern Elektroden		Ofen	Ofen				
70 t	Transport Elektrodenzange		Ofen	Ofen				
70 t	Transport Elektroden(Nachschub)		Ofen	Ofen				
70 t	Handling Elektroden gesamt							
Handling sonstiges		min	Start	Ziel				
70 t	Legierung/ Nachschub Ofen		CK-Pl.	Ofen				
70 t	Putzen Pfanne		Ofen	Ofen				
70 t	Pressen Chargenkorb		CK-Pl.	Ofen				
Chargierung:		Körbe	Korb	Menge	Zeit	Start	Ende	Bestandteile
								Bleche:
								Grp :
								Grp :
								Grp :
								Bären:
	Start einschmelzen Korb 1							Wurzen:
	Start einschmelzen Korb 2							
	Start einschmelzen Korb 3							
	Start einschmelzen Korb 4							

