

Bachelorarbeit

Durchführung einer Simulationsstudie für den Bereich Entfetten/Glühlen der thyssenkrupp Rasselstein GmbH im Werk Andernach

vorgelegt bei

Prof. Dr.-Ing. habil. Wilhelm Dangelmaier

Prof. Dr. Michaela Geierhos

Betriebliche Betreuer:

Dipl. Ing. Klaus Höfer

Dipl. Ing. Mario van Hall

Zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science
an der Universität Paderborn

eingereicht von

Neslihan Akyüz

Abgabe der Arbeit: März 2018

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
1. Einleitung.....	4
2. Stand der Forschung	5
2.1 Vorgehensweise bei der Durchführung einer Simulationsstudie	5
2.2 Erfassung und Verifizierung der Daten	5
3. Lösungsansatz	7
3.1 Analyse des Ist-Zustands.....	7
3.2 Definition und Erhebung benötigter Daten	7
3.3 Modellierung	8
3.4 Validierung	8
4. Ergebnisse & kritische Würdigung.....	9
4.1 Ergebnisse	9
4.2 Kritische Würdigung der Ergebnisse	9
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	11
Abkürzungsverzeichnis	12
Literaturverzeichnis.....	13

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1 EPK Entfettung.....</i>	<i>7</i>
<i>Abbildung 2 Annäherung einer Beta-Verteilung an die Häufigkeitsdichte der Durchlaufzeiten</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 3 Durchlaufzeit eines Prozessschritts im Modell.....</i>	<i>8</i>

1. Einleitung

Seit Beginn der Globalisierung in den 1960er Jahren unterliegen Fertigungsprozesse in produzierenden Unternehmen einem kontinuierlichen Optimierungsdruck. Die steigende Komplexität von Produkten und Wertschöpfungsketten erschwert es zudem, den Anforderungen an das Produktivitätsmanagement nachzugehen.

Diese Ansicht spiegelt sich auch in der Sichtweise des Unternehmens wieder.

"Eine sich stetig verändernde Marktlage und wechselnde Kundenanforderungen fordern von produzierenden Unternehmen ein immer höheres Maß an Flexibilisierung. Die daraus resultierende Anpassungsfähigkeit von Prozessen und Organisationsformen kann durch Simulationsverfahren in erheblichem Maße unterstützt und hinsichtlich ihres Nutzens bewertet werden." [Höfer, Top-ol]

Hierbei wird die hohe Bedeutung der Kundenzufriedenheit für das Unternehmen deutlich. In diesem Zusammenhang stellen die Liefertermintreue und die Produktqualität ein wichtiges Maß dar. Die Lieferperformance wird hauptsächlich durch die Durchlaufzeit eines Coils in den einzelnen Fertigungsstufen beeinflusst. Um diese Durchlaufzeiten zu untersuchen und weitere Optimierungsmaßnahmen abzuleiten, sollte ein Simulationsmodell entwickelt werden.

In der Arbeit sollte die Simulation speziell an der Fertigungsstufe „Haubenglühe“ vorgenommen werden.

Demnach ergeben sich folgende Aufgaben zur Erstellung eines validen und einsatzbereiten Simulationsmodells:

- Analyse des Ist-Zustands
 - Prozessablauf darstellen, Ressourcen ermitteln
- Datenerhebung
 - Ermittlung benötigter Daten
- Modellierung der ermittelten Ablaufschritte
 - Implementierung in Matlab/Simulink®
- Validierung
 - Prüfung auf Validität

Als Hilfestellungen zur Modellierung dienten die Planbausteine, welche bereits für die vorherigen Prozessschritte, im Rahmen einer Promotion, von Mario van Hall entwickelt wurden. Diese Bausteine mussten an die jeweiligen Abläufe der Entfettung und des Glühens angepasst werden.

2. Stand der Forschung

In diesem Teil der Arbeit wurde der theoretische Hintergrund einer Simulationsstudie erarbeitet. Dabei galt es insbesondere die Vorgehensweise darzustellen und wichtige Prinzipien, wie der Verifikation und Validierung und der Erfassung von Daten zu erläutern.

2.1 Vorgehensweise bei der Durchführung einer Simulationsstudie

Simulationsprojekte folgen immer einer klaren Struktur und durchlaufen dabei im Wesentlichen drei Phasen. Der Vorbereitung, dem Modellieren und schließlich der Analyse von Experimenten und Ergebnissen. Vor der Modellbildung müssen eine klare Zieldefinition und eine ausführliche Analyse der zur Verfügung stehenden Daten erfolgen. Ebenso sind die Grenzen des abzubildenden Systems eindeutig festzulegen. Nach der Vorbereitung kann dann die Modellbildung des Arbeitssystems erfolgen. Dabei sind im Vorfeld Abnahmekriterien zur Güte des Modells zu definieren. Erst nachdem eine Analyse der benötigten Simulationsläufe und der Ein- und Ausschwingphasen vorgenommen wurde, können Experimente durchgeführt werden.

Das Ziel und die Aufgabe eines Simulationsprojektes sollten stets in engster Abstimmung mit den Auftraggebern erfolgen. Dabei besteht die Notwendigkeit zur Schaffung eines gemeinsamen Prozessverständnisses, zur Vermeidung von Missverständnissen zwischen Auftraggeber und Ausführende. Die Aufgabenstellung muss aus diesem Grund eindeutig formuliert sein, welche anhand folgender Punkte abgearbeitet werden sollte:

- Ist-Prozesse darstellen und Ist-Daten erfassen
- Restriktionen berücksichtigen
- Arbeitssystem und Systemgrenze definieren
- Abnahmekriterien definieren
- Benötigte Werkzeuge
- Zweck und Nutzung des Modells

Während der gesamten Simulationsstudie besteht die Notwendigkeit, jede Phase durch Verifikation und Validierung zu begleiten. Somit wird das Modell stets auf Richtigkeit und Eignung der Ergebnisse geprüft. Durch die Verifikation wird das Modell, durch formale Prüfungen des Benutzers, auf seine Korrektheit untersucht. Weiterhin muss sichergestellt werden, dass ein hinreichend genaues Abbild des Systems dargestellt wird [VDI3633]. Die Validierung überprüft währenddessen die Eignung des Modells für den gedachten Einsatzzweck.

2.2 Erfassung und Verifizierung der Daten

Zunächst sollten alle zur Verfügung stehenden Informationen, sowie Daten ausgewertet werden. Die nicht vorhandenen, aber für die Simulation benötigten Daten müssen zudem erfasst werden. Somit müssen die nicht zur Verfügung stehenden Prozesszeiten durch Zeitstudien erhoben werden. Dabei ist es wichtig die Qualität der elektronisch erfassten Daten zu überprüfen. Außerdem ist zu beachten, dass der Referenzzeitraum repräsentativ ist, d.h. ein Zeitraum mit beispielsweise durchschnittlichen Auslastungen gewählt wird.

Die Zeitstudien wurden je nach Ablauffolge mithilfe der von REFA entwickelten Zeitaufnahmebogen durchgeführt. Ausschlaggebend waren dabei die Folgeschrittzeiten, welche durch REFA als „die Zeiten zwischen dem Beginn der Zeitaufnahme und den Endergebnissen der einzelnen Ablaufabschnitte“ [REFA01, S.86] definiert sind. Daraus ließen sich schließlich die Durchlaufzeiten ableiten, welche für die Simulation notwendig waren. Unter einer Durchlaufzeit versteht man „die Soll-Zeit für die Erfüllung einer Aufgabe in einem oder mehreren bestimmten Arbeitssystemen“ [REFA02, S.16].

Die für die Simulation benötigten Daten sollten durch stochastische Verteilungen abgebildet werden, welches meistens in Form von Anpassungstests geschieht. „Dabei werden statistische und graphisch-visuelle Testverfahren unterschieden. Bei den statistischen Tests wird die Güte der Anpassung über die Signifikanz einer Teststatistik bestimmt, wohingegen bei den graphisch-visuellen Verfahren die Übereinstimmung durch den Vergleich von Kurven durchgeführt wird.“ [WWC+08, S.124]

3. Lösungsansatz

In diesem Kapitel wurde der Entfettungsablauf genau ermittelt und schließlich in die Simulation eingebunden. Hierzu wurde zunächst der reale Prozessablauf verdeutlicht und analysiert, sodass das Simulationsmodell, möglichst realitätsnah, entwickelt werden konnte. Nach der Aufbereitung der Prozessdaten, folgte schließlich die Modellierung der realen Prozessabfolge.

3.1 Analyse des Ist-Zustands

Um die Produktionsschritte hinreichend genau abbilden zu können, mussten diese zunächst ermittelt und durch ereignisgesteuerte Prozessketten dargestellt werden. Dazu mussten zunächst die Systemgrenzen des Prozesses definiert werden. Sie dienen zur Vorbereitung des Simulationsmodells, sodass einzelne Arbeitsschritte klar abgearbeitet werden können.

Im Anschluss ließen sich die einzelnen Arbeitsschritte mithilfe von ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK) darstellen/abbilden, sodass eine klare Abfolge deutlich und der Detaillierungsgrad erhöht wurde. Um die Komplexität des Modells und den Aufwand zu verringern, konnten dabei einige Teilprozesse zusammengefasst werden. Hierzu gehörten die Ereignisse, die aufeinanderfolgen und einen identischen Verlauf aufweisen.

Im Folgenden wird beispielhaft die EPK der Entfettungsanlage aufgezeigt.

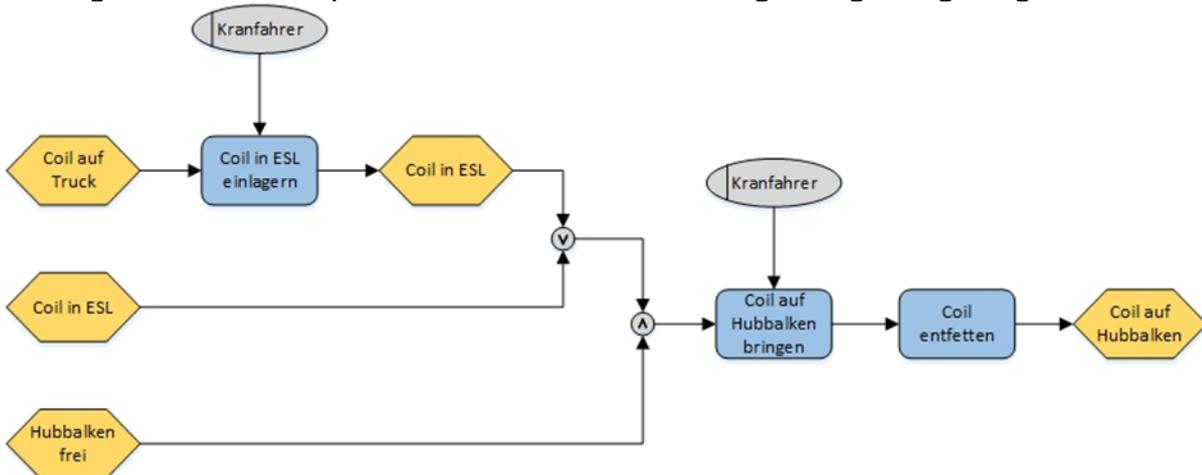


Abbildung 1 EPK Entfettung

Weiterhin war es erforderlich, die am Prozess beteiligten Ressourcen zu bestimmen, um nachher festzulegen, welche Daten für die Modellierung benötigt wurden. Dazu zählten u.a. Kräne, das Personal und die Anlagen.

3.2 Definition und Erhebung benötigter Daten

In diesem Kapitel sollten die notwendigen Daten bestimmt werden, die im späteren Verlauf in die Simulation implementiert wurden. Die Datenerhebung erfolgte nach den in Kapitel 2 definierten Prämissen für Zeitstudien. Dazu sollten zunächst Referenzzeitraum und die zugehörigen, benötigten Daten definiert werden. Diese waren im Anschluss herauszustellen und für die Simulation aufzubereiten. Unter Berücksichtigung der Systemgrenzen und Prozessketten wurde deutlich, dass vor allem die Prozessdurchlaufzeiten der Ressourcen von großer Bedeutung sind. Die Prozessdurchlaufzeit ist, nach REFA-Definition, „die Dauer eines Prozesses für eine Einheit (Auftrag) über alle beteiligten Arbeitssysteme“ [REFA1-01]. Einige der Daten werden im unternehmenseigenen Produktionsbericht „RADAR“ hinterlegt. Hierzu zählen die zeitabhängigen und technischen Daten der Anlage. Die Krantätigkeit

keiten mussten jedoch, durch Zeitstudien der Experten mit entsprechender REFA-Ausbildung, ermittelt werden. Die ermittelten Zeitdaten wurden daraufhin zusammengetragen und durch stochastische Verteilungsfunktionen dargestellt. Diese Verteilungsfunktionen wurden letztlich in das Simulationstool eingegeben. Die REFA-Zeitdaten dienen als solide Datenbasis für die darauffolgenden Vorgehensschritte der Simulationsstudie.

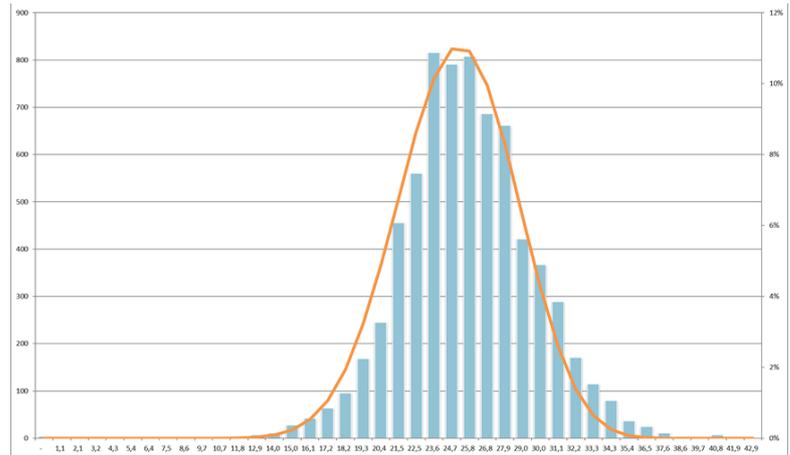


Abbildung 2 Annäherung einer Beta-Verteilung an die Häufigkeitsdichte der Durchlaufzeiten

3.3 Modellierung

Der Modellaufbau besteht im Allgemeinen aus drei wesentlichen Planbausteinen. Zum einen aus den eigentlichen Prozessschritten, worin die einzelnen Durchlaufzeiten und ihre Häufigkeitsverteilungen implementiert sind. Weiterhin sind im Modell Warteschlangen und Bestandskontrollen enthalten. Sie regeln die Ressourcenkapazitäten im Modell. Aufgrund von begrenzten Lagerplätzen an den Anlagen und der Ein- und Ausgangslager, müssen diese stetig kontrolliert werden. Bestandskontrollen müssen demnach parallel zu jedem Prozessschritt erfolgen. Die Warteschlangen dienen zur kontrollierten Weitergabe der Produkte. Wenn die Lager ausgelastete Kapazitäten melden oder die Transportmittel belegt sind, sollen die Produkte nicht weitergegeben werden. Durch Anordnung der Planbausteine entsprechend der Realität, kann der Prozess in dem Simulationstool modelliert werden. In der Simulation lässt sich ein Prozessschritt beispielhaft, wie in nachfolgender Abbildung darstellen.

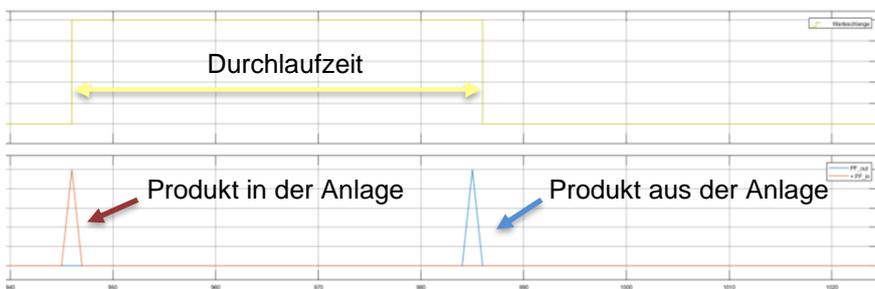


Abbildung 3 Durchlaufzeit eines Prozessschritts im Modell

3.4 Validierung

Wie in Kapitel 2 bereits erläutert, ist die stetige Validierung, während einer Simulationsstudie, von großer Bedeutung. Das Ziel dieser Simulationsstudie war die Nachbildung des Produktionsflusses im Bereich Entfetten/Glügen, um Flaschenhälse herauszustellen und Engpässe zu ermitteln. In diesem Teil der Arbeit sollte die Bewertung des Modells auf seine Tauglichkeit zur Engpassanalyse überprüft werden. Als Kriterium für diese Validierung ist hier der Abarbeitungsgrad der Aufträge im gewählten Zeitraum entscheidend.

4. Ergebnisse & kritische Würdigung

Wie in Kapitel 2 bereits erläutert, ist die stetige Validierung, während einer Simulationsstudie, von großer Bedeutung. Das Ziel dieser Simulationsstudie war die Nachbildung des Produktionsflusses im Bereich Entfetten/Glühen, um Flaschenhalse herauszustellen und Engpässe zu ermitteln. In diesem Teil der Arbeit sollte die Bewertung des Modells auf seine Tauglichkeit zur Engpassanalyse überprüft werden. Als Kriterium für diese Validierung ist hier der Abarbeitungsgrad der Aufträge im gewählten Zeitraum entscheidend.

4.1 Ergebnisse

Die Simulation eines realen Auftrags im Validierungszeitraum sollte unter anderem Aufschluss über den Abarbeitungsgrad des Modells geben. Unter dem Abarbeitungsgrad versteht man in diesem Zusammenhang das Verhältnis der Anzahl abgearbeiteter Aufträge zur Anzahl der eingegangenen Aufträge. Zur Überprüfung der Validität erfolgte ein Vergleich des realen und simulierten Abarbeitungsgrads. Zur Validierung müssen zunächst die Anforderungen für einen Abarbeitungsgrad $> 90\%$ bestimmt werden.

Zur Validierung des Modells wurden insgesamt 4 Simulationsläufe à 5 Stunden, mit jeweils demselben Auftragsprogramm, durchgeführt. Der erste Lauf wies dabei jedoch Fehler auf, die sich schnell beheben ließen. Weiterhin wurden alle Durchlaufzeiten aufgenommen, um sie mit den Realdaten des Validierungszeitraums abzugleichen. Die Ergebnisse aus den Simulationsläufen weisen ähnliche Werte zu den realen Durchlaufzeiten im Januar 2018 auf. Die Abweichung lag dabei bei maximal 1,8%.

Unter Vernachlässigung des ersten Simulationslaufs, kann ein Abarbeitungsgrad von 98% aufgewiesen werden. Somit können annähernd alle Aufträge in der Simulation abgearbeitet werden, die auch in der Realität im gewählten Zeitraum durchgesetzt wurden. Daher kann auch aufgrund des Abarbeitungsgrades von einem validen Simulationsmodell ausgegangen werden.

Aufgrund eines validen Modells, konnte letztlich mit der Analyse des Arbeitssystems begonnen werden. Grundsätzlich muss das System iterativ an seine Auslastungsgrenze gebracht werden. Daher wurde zunächst das Auftragsprogramm verändert (Szenarien definiert) und die Ergebnisse verglichen.

4.2 Kritische Würdigung der Ergebnisse

Die in dieser Bachelorthesis behandelte Simulation wurde entsprechend der zurzeit bekannten theoretischen Grundlage durchgeführt. Dabei wurde zunächst das Ziel der Simulation klar beschrieben. Dies bestand in der Aufstellung eines validen Modells für den Bereich Entfetten/Glühen. Die daraus resultierenden Möglichkeiten zur Optimierung sollten dabei klar herausgearbeitet und quantifiziert werden. Das Prinzip der durchgängigen Verifizierung und Validierung wurde dabei jederzeit und bestmöglich beibehalten. Bei der Aufnahme der Ist-Prozesse, konnte durch geeignete Prozessbeschreibungen und Diagramme, ein gemeinsames und vor allem eindeutiges Prozessverständnis geschaffen werden. Die Auswertung der zur Verfügung stehenden Daten erfolgte immer unter der Anwendung statistisch und mathematisch sinnvoller Vorgaben. Wurden gewisse Konfidenzintervalle nicht eingehalten oder konnten keine globalen Anpassungen für eine Verteilung generiert werden, wurde immer explizit darauf hingewiesen. An Stellen an denen mit Mittelwerten gearbeitet wurde, konnte dies meist durch die Anzahl oder die Auswirkung auf den Materialfluss begründet werden. Als Abnahmekriterien wurden die Auslastung und der Abarbeitungsgrad definiert. Diese bildeten zu jedem Zeitpunkt den Maßstab zur Beurteilung der Güte des Simulationsmodells. Das Simulationsmodell wurde mittels der Softwaretools MATLAB® und Simulink® erstellt. Dabei wurden die formalen Regeln der Programmierung wie eine eindeutige Nomenklatur der Variablen und Objekte stets eingehalten.

Eine ausreichende Kommentierung des Quellcodes wurde vorgenommen. Während der Validierung des fertigen Simulationsmodells wurden reale Daten aus dem Validierungszeitraum Januar 2018 verwendet. Letztendlich konnten, auch aufgrund des hohen Abarbeitungsgrad von über 98 %, gravierende Fehler im Modell ausgeschlossen werden. Um die statistische Sicherheit zu verbessern, sind eine höhere Anzahl Durchläufe und ein längerer Simulationszeitraum zwar immer wünschenswert, müssen aber aufgrund von langen Simulationsdauern auf ein sinnvolles Maß eingeschränkt werden. Die Ergebnisse der Validierung legen den Schluss nahe, dass dieses Maß hier eingehalten wurde. Jedoch ist es empfehlenswert, weitere Simulationsläufe durchzuführen, bevor man das Teilmodell in das Gesamtmodell des Produktionsflusses einbettet. Außerdem sollten Überlegungen zur Minderung der Simulationsdauer erarbeitet werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die in der Bachelorthesis geforderte Zielsetzung eines validen Simulationsmodells des Prozessschritts Entfetten/Glühen, lieferte die geforderten Ergebnisse. Nach aufwändiger Datenbeschaffung konnten diese als solide Basis, für die stochastischen Ermittlungen, genutzt werden. Außerdem wurden die Prozessabläufe und Hallenlayouts aus der Realität entnommen und mit den zuständigen Experten abgesprochen. Daher konnte ein valides Modell entwickelt werden, das zu 98% der Realität entspricht. Der Einbau dieses Teilmodells in den Gesamtprozess der Weißblechherstellung ist dabei einfach und ohne hohen Zeitaufwand durchführbar. Grund hierfür ist der geringe Umwelteinfluss des Arbeitssystems.

Letztendlich wurde durch diese Bachelorthesis gezeigt, dass durch Investition eines gewissen Initialaufwandes (Einarbeitung, Datenanalyse, usw.), die Simulation ein adäquates Werkzeug zur Lösung komplexer Aufgabenstellungen darstellt.

Abkürzungsverzeichnis

REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensführung
usw.	und so weiter

Literaturverzeichnis

- [TOP-ol] Höfer, Klaus: Simulation von Produktions- und Logistikprozessen. <https://www.top-online.de/terminkalender/simulation-von-produktions-und-logistikprozessen/>, 12.12.2017
- [VDI3633] VDI3633: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen Grundlagen. Beuth, 2014
- [REFA01] REFA: Methodenlehre der Betriebsorganisation – Datenermittlung. Carl Hanser Verlag, 1997
- [REFA02] REFA: Methodenlehre der Betriebsorganisation – Planung und Steuerung Teil 3. Carl Hanser Verlag, 1991
- [WWC+08] Wenzel, Sigrid; Weiß, Matthias; Collisi-Böhmer, Simone; Pitsch, Holger; Rose, Oliver: Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik. Springer, 2008
- [REFA1-ol] REFA-Consulting: Prozesszeit TP. <https://refa-consulting.de/prozesszeit-tp>, 28.02.2018