

Analyse und Implementierung eines K-means-Algorithmus zur Optimierung der Ersatzteillagerung

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Bachelor of Science (B. Sc.)“ im Studiengang Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik, Fakultät für Maschinenbau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von:

Name: Labitzke

■■■■■■ ■■■■■■

Vorname: Nick

■ ■■■■■■

Prüfer: Prof. Dr. Michael H. Breitner

Hannover, den 28.September 2018

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
Abstrakt	V
1 Einleitung	1
2 Status Quo der Ersatzteillagerung	3
2.1 Ersatzteillageroptimierung	3
2.2 Ersatzteillagerung Stand Dreyer et al. Prototyp.....	9
3 Probleme und Lösungsmöglichkeiten des Dreyer et al. Prototyps	12
4 Implementierung des K-means Algorithmus	19
5 Szenarioanalyse	26
5.1 Versuchsreihe 1: Maschinenstillstandskosten	27
5.2 Versuchsreihe 2: Ausfallwahrscheinlichkeit.....	31
5.3 Versuchsreihe 3: Provisionskosten.....	32
6 Diskussion	34
6.1 Analyse der Versuchsreihen.....	34
6.2 Prognose für 50 Komponenten.....	39
7 Limitationen und Ausblick	42
8 Fazit	47
Literaturverzeichnis	VI
Anhang	i
A1. Programmcode	i
A2. Input und Berechnung Versuchsreihe 1	xxiii
A3. Input und Berechnung Versuchsreihe 2	xxx
A4. Input und Berechnung Versuchsreihe 3	xxxii
A5. Input und Berechnung der Prognose	xxxiii
Ehrenwörtliche Erklärung	xI

1 Einleitung

Aufgrund der zunehmenden Automatisierung der Produktionsprozesse besteht ein Großteil der Wertschöpfungskette aus komponentenreichen Maschinen und Anlagen¹. Die steigende technische Komplexität der Produkte, die erhöhte Verwendung von elektronischen Komponenten und die strapazierten Innovationszyklen der Primärprodukte sorgen für eine erhöhte Ersatzteilvielfalt in Verbindung mit einer niedrigen Absatzmenge². Diese Entwicklungen führen dazu, dass das Ersatzteilmanagement in den vergangenen Jahren zu einer der betriebswirtschaftlichen Kernherausforderungen geworden ist³. Eine unzureichende Bereitstellung der Ersatzteile resultiert folglich in umsatzraubenden Maschinenstillständen und Ausfallkosten⁴.

Um ein solches Szenario vorzubeugen, und gleichzeitig eine unnötige Erhöhung der Kapitalbindungskosten zu vermeiden, ist die Bestimmung der optimalen Ersatzteilmenge von höchster Signifikanz. Bereits bestehende Verfahren zur Bestimmung des Ersatzteilbedarfs sind der gestiegenen Prozesskomplexitäten nicht gewachsen und daher unzureichend. Zumeist fehlt die Einbindung des stochastischen Ausfallverhaltens der einzelnen Komponenten⁵.

Die Forschungsgruppe DREYER ET AL. entwickelte 2017 einen Prototyp, welcher die optimale Ersatzteilmenge in Verbindung mit den minimalen Kosten für zukünftige Perioden berechnet. Der Prototyp ermittelt die optimale Ersatzteilmenge anhand eines stochastischen Prozesses durch Integration der Maschinenstillstandskosten (MSK), der Ausfallwahrscheinlichkeit jeder Komponente (AWkt) und den Provisionskosten eines Ersatzteils (Proko). Jedoch limitiert das stochastische Konzept den Dreyer et al. Prototyp auf die Verarbeitung von kleinen Daten- bzw. Komponentenmenge.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Optimierung dieser Problematik anhand einer Implementierung eines K-means Algorithmus, welcher große Datenmengen gruppiert und für weitere Berechnungen an den Dreyer et al. Prototyp übergibt. Dieser ermittelt daraufhin die optimale Ersatzteilmenge in Abhängigkeit der Gruppierungen. Des Weiteren gilt es die Approximationsgenauigkeit der K-means Implementierung experimentell zu analysieren.

Die Arbeit teilt sich in acht Kapitel. Zur besseren Einführung und Vermittlung eines grundlegenden Verständnisses der Thematik wird der aktuelle Stand der Ersatzteillagerung anhand einer Literaturrecherche in Kapitel 2 erläutert. Es werden u.a. diverse Optimierungsansätze und -modelle beschrieben. Ebenso gilt es den Dreyer et al. Prototyp vorzustellen und seine mathematische Grundlage darzulegen.

¹ Vgl. Niggeschmidt, 2010, S.2 f

² Vgl. Loukmidis, 2013, S.1

³ Vgl. Ihde et al., 1999, S.1

⁴ Vgl. Loukmidis, 2013, S.1

⁵ Vgl. Niggeschmidt, 2010, S.3 f

Das dritte Kapitel geht dementsprechend auf die bereits angesprochene Problematik ein. Es werden verschiedene Cluster Algorithmen zur Lösung der Schwachstellen untersucht. Daraus resultierend wird eine begründete Auswahl für den K-means Algorithmus getroffen. Der Implementierungsvorgang des K-means Algorithmus in den Dreyer et al. Prototyp wird in Kapitel 4 näher beschrieben. Das Kapitel schildert den generellen Ausführungsverlauf der Programmerweiterung und erläutert prägnante Abschnitte des Programmcodes. Zur experimentellen Erfassung der Approximationsqualität der K-means Implementierung werden im fünften Kapitel verschiedene Versuchsreihen durchgeführt. Jede Versuchsreihe untersucht den Einfluss eines variablen Parameters auf die relative Abweichung der optimalen Ersatzteilmenge der K-means Implementierung im Vergleich zum Dreyer et al. Prototyp. Die darauffolgenden Kapitel beschäftigen sich mit der Auswertung und Analyse der Versuchsergebnisse. Die daraus erworbenen Erkenntnisse werden in einen literarischen Kontext gesetzt. Im selben Maße gilt es auf Limitationen und Mängel der Implementierung bzw. des Versuchsaufbaus aufmerksam zu machen und Optimierungsmöglichkeiten für zukünftige Forschung zu liefern.

8 Fazit

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Themenbereiche Ersatzteillageroptimierung und Cluster Analysis zusammengeführt. Das Ziel ist die erfolgreiche Implementierung eines K-means Algorithmus in den von DREYER ET AL. entwickelten Prototyp zur Ersatzteilbedarfsprognose. Anschließend erfolgt die Analyse der approximierten optimalen Ersatzteilmengen. Insgesamt zeigt Auswertung der durchgeführten Versuchsreihen zufriedenstellende Ergebnisse. Anhand der vom K-means Algorithmus generierten Approximationen können wertvolle Erkenntnis über den Einfluss der einzelnen Parameter des Dreyer et al. Prototyps gesammelt werden.

Das wirtschaftliche Segment der Literaturrecherche befasst sich mit diversen Ansätzen und Modellen zur Optimierung der Ersatzteillogistik. Das Fundament bilden die Lagerstruktur, die Ersatzteilklassifikation und die Ersatzteilbedarfsplanung. Ausgehend von den vorgestellten Modellen wurde ein direkter Bezug zum Dreyer et al. Prototyp als Verfahren zur Ersatzteilbedarfsprognose gezogen. Dieser Knotenpunkt leitet den technischen Abschnitt der Literaturrecherche ein. Es wird sowohl der Dreyer et al. Prototyp, als auch verschiedene Cluster Algorithmen vorgestellt und mathematisch erläutert. Daraufhin wird eine begründete Auswahl für die Implementierung des K-means Algorithmus getroffen. Im weiteren Verlauf der Arbeit folgt die Darstellung des Implementierungsvorgangs und erfolgreichen Durchführung des erweiterten Dreyer et al. Prototyps. Die experimentelle Evaluierung der approximierten optimalen Ersatzteilmenge der K-means Implementierung rundet die Arbeit ab.

Die Forschung dieser Arbeit kann als erfolgreich bezeichnet werden. Es wurden nennenswerte Erkenntnisse in Bezug auf das Verhalten des K-means Algorithmus in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern erzielt. Der Schwerpunkt der Forschung lag in der Analyse der Exaktheit der K-means Approximationen in Verbindung zum Dreyer et al. Prototyp. Hierbei konnte eine signifikante Abhängigkeit zur Clusteranzahl festgestellt werden. Die relative Abweichung der Approximation vom Dreyer et al. Prototyp reduziert sich mit steigender Clusteranzahl. Im Verlauf der Untersuchung konnte auf eine „wahre“ Clusteranzahl geschlossen werden, welche das Cluster mit einem sprunghaften Abfall der relativen Abweichung markiert. Die „wahre Clusteranzahl“ kann als Referenzwert der optimalen Clusteranzahl für zukünftige Optimierungsversuche verwendet werden. Die Auswertung der Versuchsreihen lässt ebenfalls auf eine distinktive Abhängigkeit der MSK schließen. Bezüglich der AWkt und Proko konnte kein Einfluss auf die relative Abweichung der Approximation festgestellt werden. Ungeachtet der bereits erzielten Forschungsergebnisse bietet dieses Feld weitreichende Forschungs- und Entwicklungsmöglichkeiten. Der Dreyer et al. Prototyp kann durch Implementierung alternativer Cluster Algorithmen fortlaufend optimiert werden. Der Einsatz von diversen Validierungsmethoden zur weiteren Evaluierung der Approximationen erweitert das Forschungsgebiet nachhaltig.