



Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften

Masterarbeit



Life Cycle Costing als Instrument zur
lebenszyklusorientierten
Anlagenbeschaffung - Eine
Modellerstellung für das Unternehmen
AT&S AG

Thomas Kurz, BSc

September 2019

Aufgabenstellung

Herrn Thomas Kurz, BSc wird das Thema

Life Cycle Costing als Instrument zur lebenszyklusorientierten Anlagenbeschaffung – Eine Modellerstellung für das Unternehmen AT&S AG

zur Bearbeitung in einer Masterarbeit gestellt.

Im ersten Abschnitt der Masterarbeit sind die theoretischen Grundlagen zur Bearbeitung der beschriebenen Themenstellung herauszuarbeiten. Hierzu ist eine Literaturrecherche zum Thema Life Cycle Costing (LCC) durchzuführen, um einen Überblick des aktuellen Stands der Wissenschaft zum Thema zu erhalten. Im Besonderen sollen vorhandene Normen und Modelle analysiert werden, um eine Ausgangsbasis für ein LCC-Modell der AT&S AG zu schaffen.

Den Schwerpunkt des Praxisteils bildet die Ausarbeitung des LCC-Modells für die AT&S AG. Hierbei sollen die in den Beschaffungsprozess involvierten Abteilungen eruiert und mit diesen der Ist-Beschaffungsprozess abgebildet werden. Im nächsten Schritt sind Anforderungen und Ziele an das Life Cycle Costing Modell gemeinsam mit Mitarbeitern der AT&S AG abzuleiten. Auf dieser Basis sollen im Anschluss das LCC-Modell zur Anwendung im gesamten Unternehmen und ein Excel-Tool zur einfachen Handhabung desselben erstellt werden. Abschließend sollen Modell und Excel-Tool an einem realen Beispiel in der AT&S AG erprobt werden.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hubert Biedermann'.

Leoben, März 2019

o.Univ.Prof. Dr. Hubert Biedermann

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.

Ich erkläre, dass ich die Richtlinien des Senats der Montanuniversität Leoben zu "Gute wissenschaftliche Praxis" gelesen, verstanden und befolgt habe.

Weiters erkläre ich, dass die elektronische und gedruckte Version der eingereichten wissenschaftlichen Abschlussarbeit formal und inhaltlich identisch sind.

Datum 22.09.2019

Unterschrift Verfasser/in
Thomas, Kurz
Matrikelnummer: 01235353

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass die bei Personen verwendeten maskulinen Formen für beide Geschlechter zu verstehen sind.

Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Hubert Biedermann für die Möglichkeit, diese Arbeit am Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften zu schreiben, sowie bei der AT&S AG, die mir die Chance gab, diese Arbeit bei Ihr durchzuführen.

Ebenfalls danke ich meinen Betreuern Dipl.-Ing. Herwig Aigner, BSc und Dipl.-Ing. Oliver Schmiedbauer, BSc, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit immer unterstützt haben und an die ich mich bei Fragen jederzeit wenden konnte.

Auch den Mitarbeitern der AT&S AG danke ich für die tatkräftige Unterstützung. Stellvertretend für alle Mitarbeiter möchte ich hier Jürgen und Thomas erwähnen, die mir bei technischen und firmenbezogenen Fragen immer zur Seite standen.

Ein Dankeschön richte ich auch an Karina und Markus, die mir mit vielen Hinweisen und Vorschlägen bei der Korrektur der Masterarbeit zur Seite standen.

Genauso danke ich meinen Freunden und Kommilitonen, die mich bei meinem Studium stets begleitet und unterstützt haben, vor allem meinen zwei Mitbewohnern Frédéric und Martin sowie Matthias.

Zuletzt bedanke ich mich noch bei meiner Familie, besonders bei meinen Eltern und Großeltern, ohne deren Hilfe es mir nie möglich gewesen wäre, diese Arbeit zu verfassen.

Kurzfassung

Die Megatrends Globalisierung und Digitalisierung wirken sich immer stärker auf die Kundenanforderungen aus. Während einerseits die Anforderungen der Kunden an Qualität, Lieferzeit und eine kundenspezifische Produktion stetig steigen, sollen andererseits gleichzeitig die Kosten reduziert werden. Damit das eigene Unternehmen konkurrenzfähig bleibt, müssen sämtliche Potenziale zur Kostenreduktion und Produktionssteigerung ausgenutzt werden, auch jene der Maschinen und Anlagen.

Der Fokus bei der Investitionsentscheidung hinsichtlich Maschinen und Anlagen liegt bei den meisten Unternehmen auf den Anforderungen, die die Maschine bzw. Anlage erfüllen soll, und ihrem Einkaufspreis. Der Einkaufspreis stellt nur einen Bruchteil der Lebenszykluskosten dar. Für die Ausschöpfung des gesamten Potenzials der Maschinen und Anlagen ist es nötig, alle Lebenszykluskosten miteinzubeziehen, vor allem die Betriebskosten. Die Besonderheit bei den Betriebskosten ist, dass diese nach dem Einkauf der Maschine bzw. Anlage kaum noch beeinflusst werden können. Daher müssen bereits vor dem Maschinen- bzw. Anlagenkauf sämtliche Kosten, die während des Lebenszyklus anfallen, erhoben werden, um die optimale Maschine bzw. Anlage für das Unternehmen auswählen zu können. Damit das Optimum ermittelt werden kann, ist der Einkaufspreis gegen die Betriebskosten abzuwägen. Die Maschine bzw. Anlage mit dem günstigsten Einkaufspreis kann bei einer Lebenszykluskostenbetrachtung teurer sein, als jene mit einem höheren Einkaufspreis. Umgekehrt können die Kostenvorteile während der Betriebsphase einer teuren Maschine oder Anlage nicht genutzt werden, wenn deren Einsatz im Unternehmen zu kurz ist.

Für eine systematische und ganzheitliche Erfassung der Lebenszykluskosten in der AT&S AG wurde für dieses Unternehmen ein individuelles Lebenszykluskostenmodell, basierend auf vorhandenen Normen und Konzepten, erstellt. Mit diesem Modell sind eine Erleichterung der Investitionsentscheidung, eine transparente Darstellung der Lebenszykluskosten und der Vergleich zwischen prognostizierten Kosten und tatsächlichen Kosten realisiert worden. Aufbauend auf dem Lebenszykluskostenmodell der AT&S AG wurde ein auf Excel basierendes Tool entwickelt, um die Lebenszykluskosten zu erheben, zu berechnen und zu analysieren. Abschließend wurde das Excel-Tool an einem Fallbeispiel erprobt.

Abstract

The trends of globalization and digitization are having an increasing impact on customer requirements. The requirements of customers in terms of quality, delivery time and customer-specific production are constantly increasing, while at the same time costs should be reduced. In order to stay competitive, all potential for cost reduction and production increase must be exploited, including those of machines and plants.

Most companies focus their investment decisions for machines and plants on the requirements that the respective machine or plant has to meet and on their purchase price. In many cases the purchase price reflects only a small fraction of the life cycle costs. In order to exploit the full potential of machines and plants, it is necessary to take all life cycle costs into account, especially operating costs. The unique characteristic of operating costs is that they can hardly be influenced after the purchase of the machine or plant. For this reason, all costs occurring during the life cycle of a machine or plant must be determined prior to its purchase in order to be able to select the best possible machine or plant for the company. To determine the optimum, the purchase price must be weighed against the operating costs. The machine or plant with the lowest purchase price can be more expensive than those with a higher purchase price if the overall costs of the life cycle are considered. On the other hand, the cost advantages cannot be used during the operating phase of an expensive machine or plant if their time of usage in the company is too short.

An individual life cycle cost model, based on existing standards and concepts, was developed for AT&S AG for a systematic and holistic determination of life cycle costs. This model facilitates the investment decisions, provides a transparent presentation of life cycle costs, and compares forecast costs with actual costs. Based on the AT&S AG life cycle cost model, an Excel-based tool was developed to collect, calculate and analyse life cycle costs. Finally, the Excel tool was tested on a case study.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Methodische Vorgehensweise	2
1.4	Aufbau der Arbeit	3
1.5	Die AT&S AG	4
2	Anlagenbeschaffung mittels Life Cycle Costing	6
2.1	Einführung in das Beschaffungsmanagement	6
2.1.1	Allgemeines	6
2.1.2	Investitionsrechnung	7
2.2	Entwicklung des Lebenszykluskostenbegriffs	12
2.3	Begriffsdefinitionen	13
2.4	Grundidee für den Einsatz von LCC bei Anlagen	16
2.5	Life Cycle Costing Modelle	23
2.5.1	Anforderungen an LCC-Modelle	24
2.5.2	Klassifizierung	25
2.5.3	VDI 2884	30
2.5.4	VDMA 34160	37
2.5.5	Maintenance-Total-Cost-of-Ownership Verfahren (M-TCO)	41
3	Ausarbeitung des LCC-Modells für die AT&S AG	44
3.1	Involvierte Abteilungen	44
3.2	Beschaffungsprozess der AT&S AG	46
3.3	Ziele und Anforderungen an das AT&S LCC-Modell	48
3.3.1	Ziele des AT&S LCC-Modells	49
3.3.2	Anforderungen an das AT&S LCC-Modell	49
3.4	Das lebenszyklusorientierte Anlagenbeschaffungsmodell für die AT&S AG ..	51
3.4.1	Entwicklung und Aufbau des AT&S LCC-Modells	51
3.4.2	Das LCC-Excel-Tool	59
3.5	Test des LCC-Excel-Tools	73
3.6	Weitere Vorgehensweise	81
4	Zusammenfassung und Ausblick	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise	3
Abbildung 2: Vereinfachter Produktionsprozess von Leiterplatten	5
Abbildung 3: Beschaffungsobjekte	7
Abbildung 4: Marktzyklus eines Produktes	15
Abbildung 5: Entwicklung der Lebenszykluskosten.....	17
Abbildung 6: Ermittlung der optimalen Lebenszykluskosten	18
Abbildung 7: Kostenfestlegung, -anfall und -beeinflussbarkeit im Lebenszyklus.....	19
Abbildung 8: Lebenszyklusphasen	30
Abbildung 9: LCC Vorgehensweise laut VDI 2884.....	32
Abbildung 10: Kostenblockstruktur des VDMA-Modells	38
Abbildung 11: Beschaffungsprozess der AT&S AG	47
Abbildung 12: Ziele und Anforderungen an das LCC-Modell	48
Abbildung 13: Entwicklung des AT&S LCC-Modells	51
Abbildung 14: Gliederung Overall Equipment Efficiency	57
Abbildung 15: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Allgemeines.....	61
Abbildung 16: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe pro Anlage (Teil 1).....	62
Abbildung 17: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe pro Anlage (Teil 2).....	63
Abbildung 18: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe pro Anlage (Teil 3).....	63
Abbildung 19: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe Betriebskosten (Teil 1).....	64
Abbildung 20: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe Betriebskosten (Teil 2).....	65
Abbildung 21: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 2)	66
Abbildung 22: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 2)	66
Abbildung 23: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 3)	67
Abbildung 24: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 4)	68
Abbildung 25: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 5)	69
Abbildung 26: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Anlagenentscheidung	70
Abbildung 27: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Beschaffung IST-Zustand	70
Abbildung 28: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Vergleich im Betrieb (Teil 1)	71
Abbildung 29: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Vergleich im Betrieb (Teil 2)	72
Abbildung 30: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Stillsetzung IST-Zustand (Teil 1).....	73
Abbildung 31: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Stillsetzung IST-Zustand (Teil 2).....	73
Abbildung 32: Eingabe der allgemeinen Informationen in das LCC-Excel-Tool	77
Abbildung 33: Übersicht der eingegebenen Kosten je Anlage	78
Abbildung 34: Vergleich der Lebenszykluskosten der alten und neuen Anlage	79

Abbildung 35: Zeitlicher Kostenverlauf der alten und neuen Anlage 80
Abbildung 36: Vergleich des CO₂-Verbrauchs der alten und neuen Anlage 80

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Modelle der statischen und dynamischen Investitionsrechnung	8
Tabelle 2: Stärken und Schwächen von Life Cycle Costing	23
Tabelle 3: Übersicht der LCC-Modelle.....	26
Tabelle 4: Entscheidungshilfe zur Auswahl von Standard- und Individualmodellen	27
Tabelle 5: Vor- und Nachteile qualitativer und quantitativer Bewertungsmodelle	28
Tabelle 6: Komponenten transaktionsbezogener Modelle	29
Tabelle 7: Kosten und Faktoren vor der Nutzung laut VDI 2884	34
Tabelle 8: Teilbereiche während der Nutzung laut VDI 2884	35
Tabelle 9: Kosten und Faktoren während der Nutzung laut VDI 2884	35
Tabelle 10: Kosten und Faktoren nach der Nutzung laut VDI 2884	36
Tabelle 11: Kostenelemente der VDMA 34160 in der Entstehungsphase.....	39
Tabelle 12: Kostenelemente der VDMA 34160 in der Betriebsphase	40
Tabelle 13: Kostenelemente der VDMA 34160 in der Verwertungsphase.....	41
Tabelle 14: Aufbau des AT&S LCC-Modells - Ebene 1 und Ebene 2.....	52
Tabelle 15: Kostenelemente in der Beschaffungsphase	53
Tabelle 16: Kostenelemente in der Betriebsphase	54
Tabelle 17: Kostenelemente in der Stillsetzungsphase.....	56
Tabelle 18: Instandhaltungskosten für die alte Anlage.....	75
Tabelle 19: Betriebskosten für die alte und neu Anlage	76

Abkürzungsverzeichnis

AOI	automatische optische Inspektion
BPE	Business Process Excellence
COO	Cost of Ownership
DoD	Department of Defence
EHS	Environmental, Health and Safety
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
IH	Instandhaltung
LCA	Life Cycle Assessment
LCC	Life Cycle Costs bzw. Life Cycle Costing
MCRP	Mean Costs of Replacement Parts
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time to Repair
M-TCO	Maintenance-Total-Cost-of-Ownership
OEE	Overall Equipment Efficiency
TCO	Total Costs of Ownership
WZM	Werkzeugmaschine

1 Einleitung

Zu Beginn dieses Kapitels wird die derzeitige Lage in der Maschinen- und Anlagenbeschaffung erörtert und im Speziellen auf die Ausgangssituation bei der AT&S AG eingegangen sowie auf aktuelle Herausforderungen hingewiesen. Darauf aufbauend werden die Ziele, die in dieser Arbeit erreicht werden sollen, angeführt und anschließend die Methodik und Vorgehensweise zur Erreichung dieser Ziele sowie der Aufbau der Arbeit behandelt. Am Ende folgt die Vorstellung der AT&S AG, um einen Einblick in das Unternehmen zu erhalten.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Kundenanforderungen an Unternehmen steigen stetig im Zug fortschreitender Globalisierung und Digitalisierung. Der Markt verlangt eine kundenindividuelle Fertigung der Produkte bei gleichzeitig niedrigen Lieferzeiten und hoher Termintreue. Darüber hinaus soll die Qualität der Produkte und Prozesse auf einem stabilen und hohen Niveau gehalten und zugleich die Preise gesenkt werden. Um ein Unternehmen konkurrenzfähig zu halten, ist es nötig, dass dieses möglichst alle Leistungspotenziale ausnützt, auch jene der verwendeten Maschinen und Anlagen.

Damit sämtliche Leistungspotenziale von Maschinen und Anlagen ausgeschöpft werden können, muss deren gesamter Lebenszyklus berücksichtigt und mittels einer Kosten- und Nutzenbetrachtung optimiert werden. Die üblichen Entscheidungskriterien für die Auswahl einer Maschine oder Anlage, wie etwa Anlagenspezifikation oder Investitionskosten, werden ergänzt um jene Kriterien, die entlang des gesamten Lebenszyklus anfallen. Dazu zählen Kosten und Erlöse für Instandhaltung, Energie, Personal, Material und Rohstoffe. Für die Berechnung aller Kosten des Lebenszyklus wird das Konzept der Lebenszykluskostenrechnung bzw. im englischen Sprachgebrauch Life Cycle Costing verwendet. Es bestehen bereits unterschiedliche Modelle und Richtlinien von Organisationen und Unternehmen für die Lebenszykluskostenrechnung. Speziell für den Maschinen- und Anlagenbau haben der Verein Deutscher Ingenieure und der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau eigene Konzepte ausgearbeitet.

Auch die AT&S AG hat erkannt, dass die Anschaffungskosten und die Spezifikation der Maschinen und Anlagen für die Kaufentscheidung nicht mehr ausreichend sind. Teilweise wurden zwar entscheidungsrelevante Kosten und Erlöse bei Investitionen berücksichtigt, allerdings meist unvollständig und unsystematisch. Mittels einer auf die AT&S AG angepassten Lebenszykluskostenrechnung sollen eine einheitliche und nachvollziehbare Kaufentscheidung getroffen sowie alle Potenziale hinsichtlich der Maschinen und Anlagen voll ausgeschöpft werden können.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung eines Lebenszykluskostenmodells, welches die AT&S AG bei der Investitionsentscheidung in Bezug auf unterschiedliche Maschinen und Anlagen unterstützen soll sowie eine literarische Aufbereitung des Themas Life Cycle Costing in Bezug auf die Maschinen- und Anlagenbeschaffung.

Die AT&S AG möchte mit dem Lebenszykluskostenmodell eine einfache, einheitliche, nachvollziehbare und letztlich effiziente Kaufentscheidung von Maschinen und Anlagen erreichen. Das Modell soll sowohl für den Vergleich unterschiedlicher neuer Maschinen als auch für den Vergleich zwischen einer bestehenden und einer neuen Anlage verwendet werden können. Zudem soll es die Möglichkeit geben, die prognostizierten bzw. mit dem Lieferanten vereinbarten Kosten mit den tatsächlich anfallenden Kosten abzugleichen. Mit Erfassung der gesamten Kosten entlang des Lebenszyklus soll die unternehmensinterne Planung bezüglich Instandhaltung, Energiemanagement usw. erleichtert werden. Nach der Ausarbeitung des Lebenszykluskostenmodells für die AT&S AG soll noch ein Excel-Tool entwickelt werden, welches als Werkzeug für die Erfassung und Analyse der Lebenszykluskosten dienen soll. Das erstellte Excel-Tool soll zudem an einem Fallbeispiel getestet werden.

Weitere Ziele dieser Arbeit sind die Vermittlung der theoretischen Grundlagen zur Entwicklung des Lebenszykluskostenmodells sowie die Erörterung des aktuellen Stands der Forschung. Dafür ist das Beschaffungsmanagement zu betrachten, um den Begriff Life Cycle Costing dort eingliedern zu können und um die Methoden und Instrumente des Beschaffungsmanagements, die für diese Arbeit relevant sind, zu erläutern. Des Weiteren ist das Life Cycle Costing von verwandten Termini abzugrenzen und dessen Ursprung und Bedeutung für den Maschinen- und Anlagenbau aus Produzenten- und Kundensicht zu klären. Ebenso sollen in dieser Arbeit existierende Lebenszykluskostenmodelle vorgestellt und klassifiziert werden.

Nicht Teil dieser Arbeit ist die Implementierung des Lebenszykluskostenmodells in den Beschaffungsprozess der AT&S AG. Genauso zählt die qualitative Bewertung der Maschinen und Anlagen nicht zu den Zielen dieser Arbeit.

1.3 Methodische Vorgehensweise

Zu Beginn der Arbeit wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Diese diente dazu, den aktuellen Stand in der Wissenschaft zum Thema Life Cycle Costing zu erhalten. Parallel zur Literaturrecherche wurden mit dem Projektteam die involvierten Abteilungen im Beschaffungsprozess der Maschinen und Anlagen identifiziert. Zusammen mit dem Projektteam und den involvierten Abteilungen wurde der momentane Beschaffungsprozess analysiert und daraus Anforderungen und Ziele an das Life Cycle Costing Modell abgeleitet. Zusätzlich wurde noch die Unternehmensstruktur analysiert. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf der Untersuchung des Produktionsablaufes sowie der Strukturierung der Kostenabrechnung.

Auf Basis der ausgearbeiteten Ziele und Anforderungen sowie aus der Literatur vorhandenen Modelle wurde ein auf die Unternehmensstruktur angepasstes Life Cycle

Costing Modell erstellt. Zur leichteren Handhabung des Modells wurde ein Excel-Tool entwickelt. Die Funktionalität des Excel-Tools wurde nach dessen Fertigstellung noch an einem Fallbeispiel geprüft.

Die methodische Vorgehensweise wurde in Abbildung 1 noch grafisch veranschaulicht.

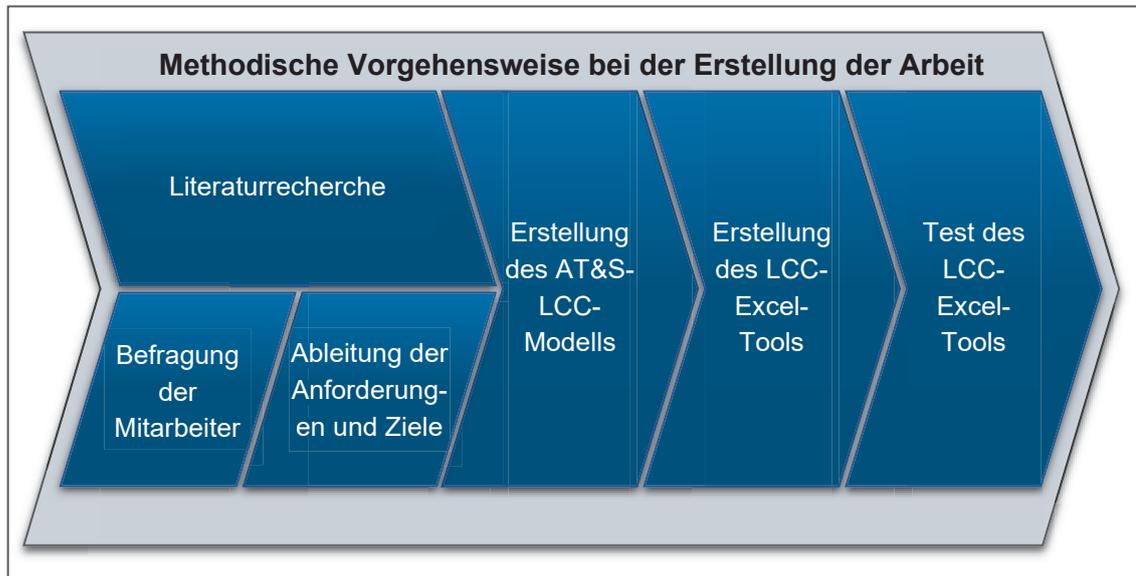


Abbildung 1: Methodische Vorgehensweise¹

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit unterteilt sich in vier Kapitel. Im ersten Kapitel wird in die Arbeit eingeleitet und die AT&S AG vorgestellt. Darauf folgen die theoretische Aufbereitung des Themas Life Cycle Costing und der praktische Anwendungsteil in der AT&S AG. Abschließend werden die Erkenntnisse aus der Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick in die Zukunft gewagt.

Der theoretische Abschnitt beginnt mit einer allgemeinen Einführung in das Beschaffungsmanagement, in dem besonders auf Investitionsgüter eingegangen wird. Werkzeuge zur Investitionsentscheidung wie die Kapitalwertmethode, die Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer und die Sensitivitätsanalyse werden hier behandelt. Im weiteren Verlauf wird näher auf das Life Cycle Costing eingegangen. Zuerst wird die geschichtliche Entwicklung des Lebenszykluskostenbegriffs vorgestellt und der Lebenszykluskostenbegriff selbst sowie verwandte Begriffe definiert. Anschließend wird auf die Wichtigkeit der ganzheitlichen Betrachtung von Kosten entlang des gesamten Lebenszyklus, speziell für Maschinen und Anlagen, eingegangen. Mehrere Lebenszykluskostenmodelle werden im theoretischen Teil präsentiert, auf denen das Modell für die AT&S AG im praktischen Abschnitt aufbaut. Zudem werden Klassifizierungsmöglichkeiten und Anforderungen an Lebenszykluskostenmodelle zur Verfügung gestellt.

¹ Quelle: eigene Darstellung

Die Erhebung der involvierten Abteilungen sowie die Ermittlung der Ziele und Anforderungen an das Lebenszykluskostenmodell sind die ersten Abschnitte des praktischen Teils der Arbeit. Bei der Analyse der involvierten Abteilungen wurden auch die Hauptanwender definiert, die mit dem erstellten Lebenszykluskostenmodell arbeiten müssen. An den Zielen und Anforderungen, die zusammen mit dem Projektteam als auch den involvierten Abteilungen ausgearbeitet wurden, sowie den Erkenntnissen aus dem theoretischen Teil orientiert sich das lebenszyklusorientierte Anlagenbeschaffungsmodell für die AT&S AG. Eingangs wird dabei auf die Entwicklung und den Aufbau auf das Lebenszyklusmodell der AT&S eingegangen. Sodann folgt die Einführung in das Excel-Tool, welches eine benutzerfreundliche Anwendung des Lebenszykluskostenmodells garantieren soll. Anschließend wurde anhand eines Fallbeispiels das Excel-Tool erprobt.

1.5 Die AT&S AG

Die AT&S AG ist einer der weltweit führenden Hersteller von hochwertigen Leiterplatten und IC-Substraten (IC ist die Abkürzung für integrated circuit und bedeutet integrierte Schaltung). Insbesondere für Anwendungen in den Feldern Kommunikation, Computer, Consumer Electronics, Mobilität, Industrie und Medizintechnik entwickelt die AT&S AG an den Standorten in Europa und Asien Hightech-Lösungen für ihre globalen Partner. Insgesamt beschäftigt die AT&S AG fast 10.000 Mitarbeiter an ihren Standorten, davon arbeiten ungefähr 1.000 am Hauptsitz Hinterberg in Leoben.²

Die Leiterplatte ist das Herzstück eines jeden elektronischen Gerätes. Auf ihr werden die elektronischen Bauteile befestigt. Mittels der Leiterbahnen auf der Leiterplatte werden die elektronischen Signale zwischen den einzelnen Bauteilen übertragen. Die Herstellung von Leiterplatten ist sehr komplex und kann aus bis zu 150 einzelnen Prozessschritten bestehen. Da jede Leiterplatte den Bedürfnissen des Kunden angepasst werden muss, unterscheiden sich sämtliche Kundenaufträge voneinander. Dies bewirkt, dass die Fertigungszeit verschiedener Aufträge an derselben Maschine bzw. Anlage wenige Minuten oder auch mehrere Stunden betragen kann. Des Weiteren werden die Produkte in der schnelllebigen Elektronikbranche ständig verbessert und weiterentwickelt. Damit die Fertigung mit diesen Entwicklungen mithalten kann, ist es nötig, flexible und technologisch fortgeschrittene Maschinen und Anlagen für die Herstellung von Leiterplatten zu verwenden. Wie der Herstellungsprozess einer Leiterplatte abläuft wird in Abbildung 2 veranschaulicht. Jede Leiterplatte wird nach den kundenspezifischen Vorgaben produziert. Daher müssen vor dem Start der Produktion immer die Kundendaten aufbereitet werden. Bei mehrlagigen Leiterplatten wird das Ausgangsmaterial zuerst vorgereinigt und die Innenlagen belichtet. Anschließend werden die Innenlagen geätzt, wodurch die Leiterbahnen entstehen. Diese werden durch eine automatische optische Inspektion (AOI) kontrolliert. Für einen mehrlagigen Aufbau der Leiterplatte werden die einzelnen Lagen miteinander verpresst und durch Bohrungen verbunden. Damit zwischen den einzelnen Lagen auch eine elektrische Verbindung

² Vgl. AT&S AG (2019), S. 1 ff.

entsteht, müssen die Bohrungen noch mit Kupfer aufgefüllt werden. Darauf folgen, wie bei den Innenlagen, die Belichtung und das Ätzen der Außenlagen. Die Schritte vom AOI bis zum Ätzen der Außenlagen wird so oft wiederholt bis die gewünschte Anzahl an Lagen erreicht wird. Am Ende werden noch unterschiedliche Schutzschichten wie Lötstopplacke und Goldschichten aufgetragen sowie die Konturen der Leiterplatte gefräst. Bevor die Leiterplatten zum Bestücken zum Kunden ausgeliefert werden, wird die Funktionsfähigkeit der Leiterplatten überprüft.³



Abbildung 2: Vereinfachter Produktionsprozess von Leiterplatten⁴

Die kritischen Prozessschritte bei der Leiterplattenherstellung sind das Ätzen der Lagen, der Pressvorgang und die Verkupferung der Bohrungen. Diese Arbeitsschritte werden mehrmals wiederholt und müssen an die kundenindividuellen Vorgaben angepasst werden.

³ AT&S AG, https://ats.net/de/wp-content/uploads/sites/3/2017/05/Brosch%C3%BCre_Wie-funktioniert-eine-Leiterplatte.pdf (Zugriff: 23.08.2019); Vgl. eurocircuits, <https://www.eurocircuits.de/lehrfilme/> (Zugriff: 12.08.2019)

⁴ Quelle: eigene Darstellung auf Basis von eurocircuits, <https://www.eurocircuits.de/lehrfilme/> (Zugriff: 12.08.2019)

2 Anlagenbeschaffung mittels Life Cycle Costing

Bevor das Konzept Life Cycle Costing beschrieben wird, folgt eine allgemeine Betrachtung des Beschaffungsmanagements, wobei auf die Beschaffung von Investitionsgütern genauer eingegangen wird und auch Methoden der Investitionsrechnung erläutert werden. Anschließend wird die geschichtliche Entwicklung des Lebenszykluskostenbegriffs behandelt und die Begriffe, die in Verbindung zum Lebenszyklus stehen, definiert. Der nachfolgende Abschnitt befasst sich mit der Grundidee der Lebenszykluskostenrechnung und der Frage welche Überlegungen im Maschinen- und Anlagenbau hinter dem Life Cycle Costing Konzept stehen. Zudem werden unterschiedliche Lebenszykluskostenmodelle vorgestellt und gezeigt, wie diese klassifiziert werden können und welche Anforderungen diese erfüllen sollten. Abschließend folgt noch ein Fazit des theoretischen Teils der Arbeit.

2.1 Einführung in das Beschaffungsmanagement

Dieser Abschnitt dient der konkreten Einordnung der Lebenszykluskostenrechnung im Beschaffungsmanagement sowie der Erklärung von Begriffen, die in weiterer Folge in der Arbeit erwähnt werden. Dafür wird zuerst das Beschaffungsmanagement allgemein erklärt und speziell auf die Beschaffung von Investitionsgütern eingegangen. Anschließend folgt noch die Beschreibung der Investitionsrechnung zur Beurteilung eines Investitionsvorhabens.

2.1.1 Allgemeines

Das Ziel der Beschaffung liegt darin, die Versorgung der Betriebsprozesse des Unternehmens mit den benötigten Input-Faktoren aufrechtzuerhalten und dadurch dem Unternehmen einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen. Im weiteren Sinne gehört dazu die Beschaffung von Arbeitsplätzen, Information, Kapital, Rechten, Sachgütern, Dienstleistungen, der Technologieerwerb usw.⁵ Im engeren Sinn umfasst die Beschaffung alle unternehmens- und marktbezogenen Tätigkeiten zur Versorgung des Unternehmens mit Waren, Material, Dienstleistungen, Rechten sowie Maschinen und Anlagen aus unternehmensexternen Quellen.⁶ Der Erwerb von Mitarbeitern, Kapital, Informationen usw. wird häufig aus der Beschaffung ausgenommen, da diese Beschaffungsobjekte in der Regel in eigenen Abteilungen, wie der Finanz- oder Personalabteilung, besorgt werden. Eine Gliederung der Beschaffungsobjekte bietet Abbildung 3.⁸

⁵ Vgl. Large, R. (2009), S. 7; Vgl. Hertel, J. et al. (2011), S. 14

⁶ Vgl. Kaufmann, L. (2001), S. 39 f. Vgl. Hertel, J. et al. (2011), S. 14 f.

⁸ Vgl. Hertel, J. et al. (2011), S. 14 ff.

Da in dieser Arbeit die Beschaffung von Anlagen und Maschinen im Vordergrund steht, wird hier noch auf die Beschaffung von Investitionsgütern bzw. Betriebsmittel genauer eingegangen. Unter dem Begriff Investitionsgüter versteht man üblicherweise nur die materiellen Vermögensgegenstände des Anlagevermögens.⁹

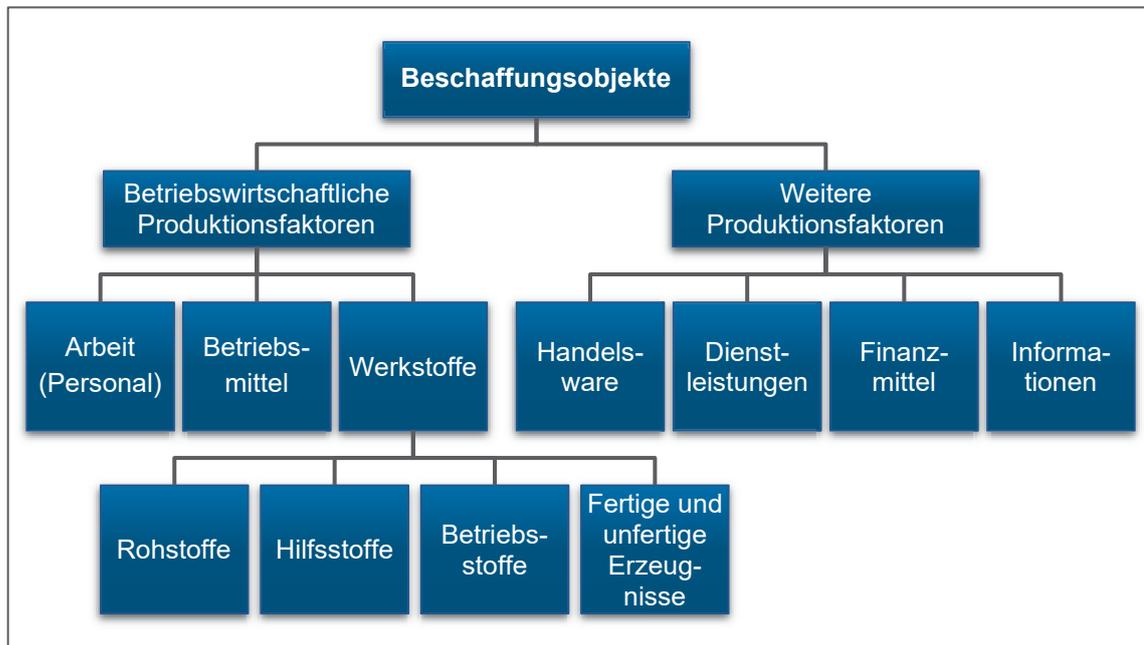


Abbildung 3: Beschaffungsobjekte¹⁰

Die wesentlichen Merkmale der Investitionsgüter sind der hohe Anschaffungswert des Objektes und dessen langfristige Nutzung. Übliche Betriebsmittel sind zum Beispiel Maschinen und Anlagen, Gebäude und Grundstücke. Durch die Beschaffung von Investitionsgütern entstehen neue Bedarfe für das Unternehmen. Zum Beispiel können durch den Erwerb einer neuen Maschine bzw. Anlage Dienstleistungen wie Wartung und Service oder neues Personal benötigt werden. Genauso sind Finanzmittel für den Kauf der Anlage sowie Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe für ihren Betrieb zu beschaffen.¹¹

2.1.2 Investitionsrechnung

Zur Beurteilung der Investitionsgüter, besonders von Maschinen und Anlagen, wird meist die Investitionsrechnung verwendet, die im Anschluss genauer betrachtet wird. Diese ist ein wertvolles Instrument zur Planung und Steuerung von Investitionen. Die Investitionsrechnung lässt sich in statische und dynamische Modelle unterteilen. Ein dynamisches Modell ist die Kapitalwertmethode. In der Lebenszykluskostenrechnung wird die Kapitalwertmethode bevorzugt verwendet, weshalb dieser anschließend genauer beschrieben wird.¹² Ebenso wird in diesem Abschnitt die Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer erklärt, da diese großen Einfluss auf die Berechnung der

⁹ Vgl. Large, R. (2009), S. 11 ff.

¹⁰ Quelle: in Anlehnung an Brämer, U.; Aubertin, B. (2016), S. 2

¹¹ Vgl. Large, R. (2009), S. 11 ff.

¹² Vgl. DIN EN 60300-3-3 (2004), S. 27; Vgl. VDI 2884 (2005), S. 18; Vgl. Bremen, P. M. (2010), S. 23

Lebenszykluskosten hat. Abschließend folgt noch die Sensitivitätsanalyse zur Risikobewertung der Investition.¹³

Statische und dynamische Investitionsrechnung

Bei den Modellen der statischen und dynamischen Investitionsrechnung werden nur monetäre Größen oder ein aus monetären Größen abgeleitetes Kriterium einbezogen. Die statischen Modelle berücksichtigen keine Zinseffekte und betrachten nur eine Periode, in der alle zu erwartenden Kosten und Umsätze aus dem gesamten Planungszeitraum als Durchschnittswerte angegeben werden. Im Gegensatz dazu werden bei der dynamischen Investitionsrechnung die Zinseffekte miteinkalkuliert. Dafür müssen die Kosten und Umsätze für jede Periode über den gesamten Betrachtungszeitraum ermittelt werden. Die Kosten und Umsätze, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, werden durch Auf- oder Abzinsung vergleichbar gemacht.¹⁴

Neben der Kapitalwertmethode, die anschließend genauer beschrieben wird, sind in Tabelle 1 noch andere statische und dynamische Investitionsmodelle zur Übersicht angeführt, auf die in dieser Arbeit jedoch nicht genauer eingegangen wird.

Die Kapitalwertmethode wird in dieser Arbeit genauer betrachtet, weil sie in der wissenschaftlichen Literatur das Verfahren mit der meisten Beachtung und der stärksten Akzeptanz der dynamischen Investitionsrechnung ist. Ferner ist sie einfach anzuwenden.¹⁵ Daher wird auch in vielen LCC-Modellen die Kapitalwertmethode als Basis verwendet, um die Kosten vergleichen zu können.¹⁶

Tabelle 1: Modelle der statischen und dynamischen Investitionsrechnung¹⁷

Investitionsrechnung	
statisch	dynamisch
<ul style="list-style-type: none"> • Kostenvergleichsrechnung • Gewinnvergleichsrechnung • Rentabilitätsvergleichsrechnung • Statische Amortisationsrechnung 	<ul style="list-style-type: none"> • Kapitalwertmethode • Annuitätenmethode • Interner Zinsatz-Methode • Dynamische Amortisationsrechnung • Vermögensendwertmethode • Sollzinssatzmethode • Methode der vollständigen Finanzpläne

Kapitalwertmethode

Bei der Kapitalwertmethode werden die Investitionsalternativen hinsichtlich der monetären Zielgröße Kapitalwert beurteilt. Dabei ist der Kapitalwert die Summe aller auf einen Zeitpunkt ab- oder aufgezinsten Ein- und Auszahlungen, die durch die Realisation eines Investitionsobjektes verursacht werden. Der Zeitpunkt (t), zu dem ab- oder

¹³ Vgl. Götze, U. (2014), S. 1 ff.

¹⁴ Vgl. Götze, U. (2014), S. 55 ff.

¹⁵ Vgl. Götze, U. (2014), S. 87

¹⁶ Vgl. DIN EN 60300-3-3 (2004), S. 27; Vgl. VDI 2884 (2005), S. 18; Vgl. Bremen, P. M. (2010), S. 23

¹⁷ Quelle: in Anlehnung an Götze, U. (2014), S. 55 ff.

aufgezinst wird, ist meistens der Beginn des Planungszeitraumes ($t = 0$). Der Betrachtungszeitraum mit seiner Anzahl an Perioden (n) ist bei der Kapitalwertmethode vorgegeben. Zusätzlich wird noch der kalkulatorische Zinssatz (i) in Prozent angegeben. Der kalkulatorische Zinssatz addiert mit eins ergibt den Zinsfaktor (q), der zur Berechnung, der Auf- und Abzinsungsfaktoren benötigt wird.¹⁸

Zur Ermittlung des Kapitalwertes werden beginnend ab Periode 1 ($t = 1$) bis zur letzten Periode im Betrachtungszeitraum ($t = n$), die Einzahlungen (E_t) und Auszahlungen (A_t) bestimmt und mit den zugehörigen Abzinsungsfaktoren (q^{-t}) multipliziert. Aus diesen wird anschließend die Summe gebildet. Mögliche Liquidationserlöse (L), zum Beispiel Gewinne aus dem Verkauf der Investition, werden mit ihrem Abzinsungsfaktor (q^{-n}) multipliziert und addiert. Des Weiteren ist von diesem Betrag noch die Anschaffungsauszahlung bzw. Anschaffungspreis (A_0) von diesem Betrag zu subtrahieren.¹⁹

Die Formel zur Berechnung des Kapitalwertes (KW) lautet:²⁰

$$KW = -A_0 + \sum_{t=1}^n [(E_t - A_t) * q^{-t}] + L * q^{-n}$$

Bei der Entscheidung für eine Investition ist jene mit dem höchsten Kapitalwert zu wählen, da die Investition mit dem höchsten Kapitalwert die kostengünstigste Investition ist. Zudem sollte der Kapitalwert mindestens positiv sein, damit die Investition wirtschaftlich ist.²¹

Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer

Bei vielen Investitionsobjekten, so auch bei Maschinen und Anlagen, stellt sich die Frage nach der Länge der Nutzungsdauer. Die Nutzungsdauer einer Maschine bzw. Anlage beginnt mit dem Start ihres Betriebs und endet mit ihrer Entsorgung. Die Nutzungsdauer im engeren Sinn wird immer vor dem Betrieb der Maschine oder Anlage bestimmt. Aus wirtschaftlichen Gründen wird die technische Nutzungsdauer oft nicht vollständig ausgeschöpft. Daher wird meist eine optimale Nutzungsdauer der Maschinen und Anlagen berechnet. Zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer werden hier anschließend unterschiedliche Modelle vorgestellt. Diese Modelle basieren auf der zuvor beschriebenen Kapitalwertmethode bzw. auf dem Kostenminimierungsansatz.²²

Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer auf Basis der Kapitalwertmethode

Eine mögliche Methode, die optimale Nutzungsdauer einer Maschine oder Anlage zu bestimmen, ist die Anwendung der oben vorgestellten Kapitalwertmethode. Bei der Investition mittels der Kapitalwertmethode werden drei unterschiedliche Fälle betrachtet. Der erste Fall sind Investitionen ohne Nachfolgeobjekt, der zweite Investitionen mit endlich vielen Nachfolgeobjekten und der dritte jene Investitionen mit unendlich vielen Nachfolgeobjekten. Dabei sind die Nachfolgeobjekte identisch mit der Erstinvestition.

¹⁸ Vgl. Busse von Colbe, W.; Laßmann, G. (1990), S. 47; Vgl. Götze, U. (2014), S. 78

¹⁹ Vgl. Götze, U. (2014), S. 79 ff.

²⁰ Vgl. Götze, U. (2014), S. 79 ff.

²¹ Vgl. Götze, U. (2014), S. 78

²² Vgl. Götze, U. (2014), S. 251 ff.

Unter Nachfolgeobjekte versteht man Investitionsgüter, welche nach der ersten Investition beschafft werden, um das alte Investitionsgut zu ersetzen.²³

Um die optimale Nutzungsdauer ohne Nachfolgeobjekt festzustellen, wird für jeden möglichen Betrachtungszeitraum der Kapitalwert berechnet. Der erste mögliche Betrachtungszeitraum ist von Periode 0 bis Periode 0 der nächste von Periode 0 bis Periode 1 usw. bis zum Betrachtungszeitraum von Periode 0 bis Periode n. Für die Ermittlung des Kapitalwertes wird die Formel aus dem vorherigen Abschnitt verwendet. Der Betrachtungszeitraum mit dem höchsten Kapitalwert entspricht dann der optimalen Nutzungsdauer.²⁴

Für die Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer mit endlich vielen Nachfolgeobjekten wird zunächst der Fall mit nur einem Nachfolgeobjekt analysiert. Als Erstes wird die optimale Nutzungsdauer mit ihrem maximalen Kapitalwert (KW_{2max}) für das letzte, in diesem Fall das zweite, Investitionsobjekt ermittelt. Dies erfolgt auf dieselbe Weise, wie bei der zuvor behandelten Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer ohne Nachfolgeobjekt. Bei der Nutzungsdauerberechnung des ersten Objektes ist die zeitliche Verbundenheit der beiden Investitionen zu berücksichtigen. Dafür wird der Gesamtkapitalwert (KW_G) für jede Periode (t) aus der Addition von dem Kapitalwert (KW_1) des ersten Objektes zum Zeitpunkt (t) und dem abgezinsten maximalen Kapitalwert der zweiten Investition ($KW_{2max} * q^{-t}$) gebildet. Die Formel dazu lautet:²⁵

$$KW_G = KW_1(t) + KW_{2max} * q^{-t}$$

Analog wird auch die optimale Nutzungsdauer für zwei oder mehrere Nachfolgeobjekte berechnet. Zum Beispiel wird bei zwei Nachfolgeobjekten zuerst der maximale Kapitalwert von Objekt drei ermittelt, anschließend jener von Objekt zwei und drei gemeinsam und abschließend der höchste Gesamtkapitalwert von Objekt eins, zwei und drei. Die optimale Nutzungsdauer ergibt sich immer aus dem höchsten Gesamtkapitalwert (KW_G).²⁶

Auch die Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer mit unendlich vielen Nachfolgern ist mit der Kapitalwertmethode möglich. Bei einer unendlichen Zahlungsreihe kann der Kapitalwert bestimmt werden, indem die Annuität der Zahlungsreihe durch den Kalkulationszinssatz dividiert wird. Dies bedeutet, dass der Kapitalwert genau dann maximal ist, wenn die Annuität maximal ist. Daher reicht es zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer aus, die höchste Annuität zu ermitteln. Dafür muss die Annuität (A_t) für jede Nutzungsdaueralternative von der ersten Periode ($t = 1$) bis zur letzten Periode ($t = n$) bestimmt werden. Die Annuität aller Investitionsobjekte berechnet sich aus dem Produkt des Kapitalwertes für das einzelne Investitionsobjekt und dem Wiedergewinnungsfaktor (WGF).²⁷

²³ Vgl. Götze, U. (2014), S. 255 ff.

²⁴ Vgl. Götze, U. (2014), S. 255 ff.

²⁵ Vgl. Götze, U. (2014), S. 260 ff.

²⁶ Vgl. Götze, U. (2014), S. 261 ff.

²⁷ Vgl. Götze, U. (2014), S. 264 ff.

Die Annuitäten für die einzelnen Nutzungsdaueralternativen und der Wiedergewinnungsfaktor werden mit folgenden Formeln berechnet:²⁸

$$A_t = KW(t) * WGF$$

$$WGF = \frac{q^t * (q - 1)}{q^t - 1}$$

Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer mittels eines Kostenminimierungskonzeptes

Bei vielen Betriebsmitteln ist die Zurechenbarkeit der Erlöse bzw. Einzahlungen nicht gegeben. Deshalb wird hier noch ein Modell vorgestellt, das die optimale Nutzungsdauer anhand der minimalen Kosten bestimmt. Bei diesem Modell wird unterstellt, dass auf das Investitionsobjekt unendlich viele identische Objekte folgen.

Für die Berechnung der minimalen Kosten werden zunächst für jede Periode die Gesamtkosten (K_t) bestimmt. Die Gesamtkosten setzen sich aus den Betriebskosten, die ihren jeweiligen Perioden (t) zugeordnet werden, und den Kapitalkosten, die der ersten Periode zugerechnet wird, zusammen. Außerdem müssen die zeitlichen Durchschnittskosten (DK_t) für jede Periode mit der Formel

$$DK_t = \frac{\sum_{\tau=1}^t K_{\tau} * q^{-\tau+1}}{\sum_{\tau=1}^t q^{-\tau+1}}$$

ermittelt werden. Die Nutzungsdauer ist optimal, wenn die zeitlichen Durchschnittskosten minimal sind.²⁹

Das Modell kann noch vereinfacht werden, indem auf die Berücksichtigung der Zinsen verzichtet wird. Die Durchschnittskosten einer Periode entsprechen dann dem Quotienten aus den Kosten, die bis zu diesem Zeitpunkt anfallen, und der Anzahl der Perioden.³⁰

Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse dient dazu, die Empfindlichkeit von Zielgrößen auf Änderungen der Eingangsdaten zu bewerten. Die Modelle zur Auswahl von unterschiedlichen Alternativen, beispielsweise von mehreren Investitionsmöglichkeiten, können dadurch beurteilt werden. Die Fragestellungen

- Wie verändern sich bei vorgegebener Variation der Eingangsdaten die Zielgröße?
- Welchen Wert darf ein Eingangswert bzw. welche Werte dürfen mehrere Eingangswerte in Kombination annehmen, damit die vorgegebene Zielgröße erreicht werden kann?

sollen mit der Sensitivitätsanalyse beantwortet werden.³¹

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung können die Eingangsdaten schrittweise modifiziert werden oder es gibt von vornherein schon mehrere alternative

²⁸ Vgl. Götze, U. (2014), S. 101

²⁹ Vgl. Götze, U. (2014), S. 276 ff.

³⁰ Vgl. Götze, U. (2014), S. 283

³¹ Vgl. Götze, U. (2014), S. 388

Inputmöglichkeiten, wie zum Beispiel Werte für den besten, schlechtesten und realistischsten Fall.³²

Mit der zweiten Fragestellung werden die kritischen Werte bzw. Wertkombinationen ermittelt. Für diese Werte wird die maximale Abweichung zu den ursprünglichen Eingangsdaten berechnet, ohne dass sich die ausgewählte Alternative ändert. Wurde zum Beispiel festgestellt, dass die Alternative A das günstigere Investitionsobjekt im Vergleich zur Alternative B ist, wird untersucht, welche Werte die Eingangsgrößen annehmen müssen, damit die Alternative B die günstigere ist.³³

Die Sensitivitätsanalyse vermittelt einen Einblick in die Struktur eines Modells und erlaubt die Beeinflussung der Modelle durch unsichere Modelldaten sowie die Verletzung zu Grunde liegender Annahmen zu untersuchen. Dadurch leistet sie einen Beitrag zur Auswahl von Alternativen, bietet allerdings keine Entscheidungsregeln, sondern überlässt sie dem Entscheidungsträger.³⁴

2.2 Entwicklung des Lebenszykluskostenbegriffs

Das Lebenszykluskostenkonzept entwickelte sich in drei Stufen von der Konzentration auf Großprojekte beim Militär über die Erweiterung auf öffentliche und private Gebäude bis hin zur Übertragung auf Investitionsgüter allgemein.³⁵

Mit der zusätzlichen Betrachtung von Betriebs- und Wartungskosten hat das General Accounting Office in den USA begonnen. Es entschied bereits 1933, beim Kauf von Traktoren die gesamten Kosten der Investition zu betrachten.³⁶ Die systematische Befassung mit dem Thema startete jedoch erst in den 1960er und 1970er Jahren in den USA. Luft- und Raumfahrt setzten das Life Cycle Costing Konzept in ihren Projekten ein und das US-Verteidigungsministerium beim Erwerb von Waffensystemen.³⁷ Das amerikanische Verteidigungsministerium verankerte dann auch den Begriff und Umgang mit Lebenszykluskosten 1971 in einer Richtlinie, der Department of Defence (DoD) Directive 5000.1 zur Acquisition-of-Major-Defense-Systems.³⁸

Das Konzept der Lebenszykluskosten wurde in den folgenden Jahren in den verschiedensten Branchen aufgegriffen und weiterentwickelt. Beim Bau oder Leasing von Gebäuden sowie in der IT-Branche als auch im Maschinen- und Anlagenbau erhöhte sich die Bedeutung einer ganzheitlichen Betrachtung der Kosten. Die Unternehmensberatung Gartner veröffentlichte 1986 ihre erste Analyse über die fehlende Verantwortlichkeit von IT-Kosten. Aus dieser Untersuchung der Life Cycle Costs von PCs resultierte die Total Cost of Ownership Methode.³⁹ Im Maschinen- und Anlagenbau haben vor allem der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) mit seiner 2003 erlassenen Richtlinie 2884 Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter

³² Vgl. Götze, U. (2014), S. 388 f.

³³ Vgl. Götze, U. (2014), S. 388 f.

³⁴ Vgl. Götze, U. (2014), S. 399 f.

³⁵ Vgl. Zehbold, C. (1996), S. 78 ff.

³⁶ Vgl. Geißdörfer, K. (2009), S. 55

³⁷ Vgl. Abele, E. et al. (2009), S. 53

³⁸ Vgl. Defense Technical Information Center (1996), S. 1 ff.

³⁹ Vgl. Mieritz, L.; Kirwin, B. (2005), S. 3

Anwendung von Life Cycle Costing und der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) mit seinem Einheitsblatt 34160 Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen, die ganzheitliche Erfassung aller anfallenden Kosten im Lebenslauf einer Maschine bzw. Anlage intensiviert. Wobei bei der Lebenszykluskostenbetrachtung von Maschinen bzw. Anlagen die Instandhaltung meist im Vordergrund steht.⁴⁰

2.3 Begriffsdefinitionen

Um eine Übersicht der Begrifflichkeiten zu erhalten, die sich mit der Erfassung von Lebenszykluskosten bzw. der gesamten Kosten des Eigentümers befassen, folgt in diesem Abschnitt eine Beschreibung relevanter Termini. Nach der Definition von Life Cycle Costing werden die relevanten Termini charakterisiert und deren Bezug zu Life Cycle Costing dargestellt sowie deren Bedeutung für diese Arbeit erörtert.

Life Cycle Costing (LCC)

Bei Life Cycle Costing, zu Deutsch Lebenszykluskostenrechnung, werden die anfallenden Kosten eines Produktes oder einer Dienstleistung entlang seines bzw. ihres gesamten Lebenszyklus berechnet. Diese Kosten werden als Life Cycle Costs bzw. Lebenszykluskosten bezeichnet. Die Abkürzung LCC wird in der Literatur und in der Praxis sowohl für Life Cycle Costing als auch Life Cycle Costs verwendet.

Die Norm DIN EN 60300-3-3:2004 definiert Lebenszykluskosten bzw. Life Cycle Costs als kumulierte Kosten eines Produktes oder einer Dienstleistung über deren gesamten Lebenszyklus. Wobei unter Lebenszyklus der Zeitraum zwischen Konzipierung und der Aussonderung des Produktes oder Dienstleistung verstanden wird. Die Lebenszykluskostenrechnung hat die Hauptaufgabe, die Lebenszykluskosten wirtschaftlich zu analysieren und abzuschätzen.⁴¹

Das Gabler Wirtschaftslexikon beschreibt Life Cycle Costing folgendermaßen: *„Life Cycle Costing (Lebenszykluskostenrechnung) ist ein Verfahren zur lebenszyklusorientierten Bewertung von Investitionsalternativen. Die Methode zielt durch die Betrachtung zukünftiger Zahlungsströme auf eine Identifikation von Austauschbeziehungen (Trade-offs) ab.“*⁴²

Die Richtlinie VDI 2884 erläutert den Begriff Life Cycle Costing mit folgenden Worten: *„Der Ausdruck „Life Cycle Costs“ steht für die „totalen“ Kosten, die ein System während seiner Lebensdauer aus Betreibersicht verursacht. Die Methode des Life Cycle Costing zielt darauf ab, die gesamten Kosten und Erlöse eines Systems und der damit verbundenen Aktivitäten und Prozesse, die über dessen Lebenszyklus entstehen, zu optimieren.“*⁴³

⁴⁰ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 2 ff. Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 2 ff.

⁴¹ Vgl. DIN EN 60300-3-3 (2004), S. 6

⁴² Edeltraud Günther, <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/life-cycle-costing-52323> (Zugriff: 23.06.2019)

⁴³ VDI 2884 (2005), S. 4

Weitere Begriffe, die sich mit dem Lebenszyklusgedanken auseinandersetzen, sind Total Costs of Ownership, Cost of Ownership, Life Cycle Assessment und der Produktlebenszyklus bzw. Product Life Cycle.

Total Cost of Ownership (TCO)

Analog zu Life Cycle Costing ist Total Cost of Ownership ein Instrument zur Erfassung der Gesamtkosten. Im Gegensatz zum Life Cycle Costing berücksichtigt das TCO-Konzept jedoch auch Transaktionskosten. Deshalb wird in einigen Fachbüchern Life Cycle Costing als Untermenge von Total Cost of Ownership betrachtet. Durch die Berücksichtigung von Transaktionskosten eignet sich das TCO-Verfahren nicht nur für Investitionsgüter, sondern auch für Verbrauchsgüter, wie z.B. Schrauben und Autoscheiben.⁴⁴

Im Maschinen- und Anlagenbau spielen die Transaktionskosten im Vergleich zu Einkaufspreis und Entstehungs-, Betriebs- sowie Entsorgungskosten eine untergeordnete Rolle. Daher wird in diesem Betrachtungsfeld Life Cycle Costing und Total Cost of Ownership oft gleichgesetzt.⁴⁵ Aufgrund der bevorzugten Verwendung des Begriffs Life Cycle Costing bzw. Lebenszykluskostenrechnung in der branchenspezifischen Literatur des Maschinen- und Anlagenbaues sowie im Unternehmen AT&S, wird dieser Begriff in weiterer Folge Verwendung finden.

Cost of Ownership (COO)

Neben Total Cost of Ownership wird auch der Begriff Cost of Ownership verwendet. Dieser findet vor allem in der Halbleiterindustrie Anwendung. Genauso wie beim Life Cycle Costing wird der Gesamtkostenwert ermittelt und zusätzlich durch die produzierten Gutteile dividiert. Somit können die Kosten pro Stück, die an der Anlage bzw. im Prozess anfallen, berechnet werden. Da im COO-Konzept keine Transaktionskosten berücksichtigt werden, ähnelt es eher dem Life Cycle Costing als dem Total Cost of Ownership.⁴⁶ Genauer beschrieben wird das Verfahren in der Richtlinie SEMI E35. In dieser Richtlinie werden die Gesamtkosten als Total Costs bezeichnet und setzen sich aus Anschaffungskosten, Personalkosten, laufenden Kosten (exklusive Personalkosten) und Kosten für fehlerhafte Produkte zusammen.⁴⁷

Da in dieser Arbeit der Fokus auf den Gesamtkosten von Maschinen- bzw. Anlageninvestitionen liegt und nicht auf der Betrachtung der Kosten je produziertem Stück, wird auf dieses Konzept nicht genauer eingegangen.

Life Cycle Assessment (LCA)

Im Gegensatz zum Life Cycle Costing, das sich auf die anfallenden Kosten während des Lebenslaufes konzentriert, bewertet das Life Cycle Assessment die Auswirkungen auf die Umwelt.⁴⁸ Dabei werden ökologische Aspekte auf dem Lebensweg erfasst und

⁴⁴ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 695 f.

⁴⁵ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 696

⁴⁶ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 695

⁴⁷ Vgl. Ragona, S. (2002), S. 21 ff.

⁴⁸ Vgl. Topic, M.; Biedermann, H. (2019), S. 74 f.

beurteilt.⁴⁹ Life Cycle Assessment wird in den internationalen Normen ISO 14040 und ISO 14044 beschrieben. In der deutschen Fassung der Norm wird Life Cycle Assessment als Ökobilanz bezeichnet. Die ISO 14040 und ISO 14044 definiert die Ökobilanz als „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“.⁵⁰

Eine Betrachtung der ökologischen Aspekte bei der Erstellung des LCC-Modells für Anlagen und Maschinen ist vorerst nicht vorgesehen. Allerdings soll das Modell so aufgebaut sein, dass diese bei einer möglichen Erweiterung des Modells leicht integriert werden können. Da viele Daten bereits für die LCC-Analyse erhoben werden, erscheint es sinnvoll, diese Informationen auch für eine LCA-Betrachtung zu nutzen und diese beiden Systeme zu kombinieren. Des Weiteren steigt auch das Bewusstsein für Nachhaltigkeit in den Unternehmen, womit ökologische Aspekte die Entscheidung beim Maschinen- und Anlageneinkauf immer stärker beeinflussen.⁵¹

Product Life Cycle

Mit dem Product Life Cycle oder Produktlebenszyklus wird meist der Marktzyklus des Produktes beschrieben. Typischerweise wird dabei der Produktlebenszyklus in die fünf Phasen Einführung, Wachstum, Reife, Sättigung und Degeneration eingeteilt. In den einzelnen Phasen werden der Umsatz und der Gewinn, wie in Abbildung 4 betrachtet. Vor diesen fünf Phasen kann noch zusätzlich der Entstehungszyklus und Beobachtungszyklus eingefügt werden.⁵²

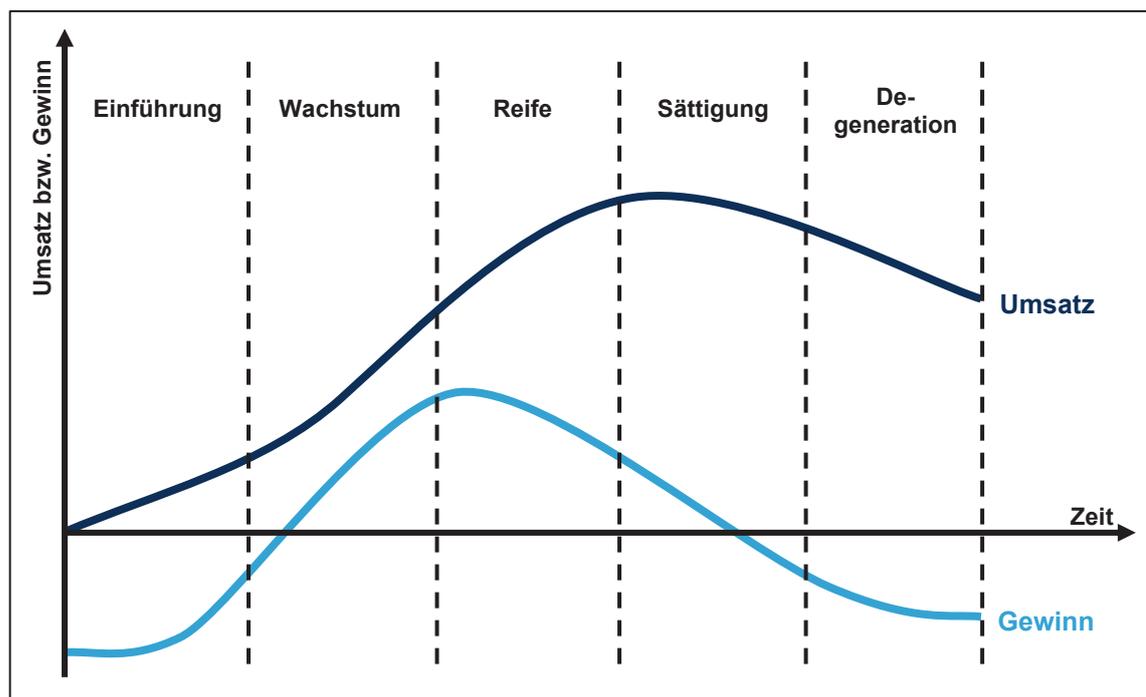


Abbildung 4: Marktzyklus eines Produktes⁵³

⁴⁹ Vgl. Klöpffer, W.; Grahl, B. (2009), S. 2

⁵⁰ EN ISO 14044 (2006), S. 7; EN ISO 14040 (2009), S. 6

⁵¹ Vgl. Herrmann, C. (2010), S. 57 ff.

⁵² Vgl. Zehbold, C. (1996), S. 26 ff.

⁵³ Quelle: in Anlehnung an Brecht, U. (2004), S. 103

Eine Produktlebenszyklusbetrachtung wird häufig in Verbindung mit der Portfolio-Analyse durchgeführt. Die Portfolio-Analyse dient dem strategischen Management, Produkte und Dienstleistung anhand ihres relativen Marktanteiles und ihres Marktwachstums zu bewerten.⁵⁴ Die Produktlebenszyklusbetrachtung verdeutlicht die Altersstruktur des Produktprogrammes und unterstützt dadurch die Entscheidung für den Einführungszeitpunkt oder Eliminationszeitpunkt eines Produktes. Überdies können für die einzelnen Phasen spezifische Preis- und Werbestrategien ausgearbeitet werden.⁵⁵ Die Betrachtung des Produktlebenszyklus hat mit dem LCC-Konzept wenig gemein. Daher ist darauf zu achten, dass diese Begriffe nicht verwechselt werden. Besonders die in der DIN EN 60300-3-3 erwähnten Phasen des Produktlebenszyklus sind klar von den Produktlebenszyklusphasen aus Marktzyklussicht abzugrenzen.⁵⁶

2.4 Grundidee für den Einsatz von LCC bei Anlagen

Die Grundidee des Lebenszykluskostenkonzepts basiert auf der Erkenntnis, dass ähnlich wie für Lebewesen auch für unternehmerische Objekte das Gesetz des Werdens und Vergehens gilt.⁵⁷ Das Lebenszykluskonzept schafft einen neuen Blickwinkel auf die Kostenstruktur im Unternehmen und ermöglicht dadurch unentdeckte Potenziale zu nutzen. Es lässt sich für Produkte und Dienstleistungen, darunter auch Maschinen und Anlagen, ein Lebenszyklus abgrenzen. Der Lebenszyklus wird meist in unterschiedliche Phasen gegliedert, wobei sich je nach Anwendungsfall die Unterteilung sehr unterscheidet. Zum Beispiel unterteilt der VDMA den Lebenszyklus in die drei Phasen Entstehung, Betrieb und Verwertung, wohingegen in der DIN EN 60300-3-3 der Lebenszyklus in sechs Hauptphasen gegliedert wird (siehe dazu Abschnitt 2.5.2 Abbildung 8).⁵⁸

Besonders zwei Eigenschaften beim Maschinen- und Anlagenbau zeigen die Wichtigkeit von Lebenszykluskosten auf. Die erste ist, dass die Anlage oder Maschine mit dem niedrigsten Einkaufspreis nicht immer die günstigste ist, wenn alle Kosten des Lebenszyklus mit einkalkuliert werden (siehe dazu Abbildung 5) und die zweite ist, dass bis zu 85 Prozent der Kosten bereits in den ersten 20 Prozent der Lebenszeit der Anlage festgelegt werden, diese Kosten aber erst viel später anfallen.⁵⁹

Durch die Globalisierung hat sich der Konkurrenzkampf zwischen Unternehmen stark erhöht, da zusätzlich zur lokalen Konkurrenz immer mehr global agierende Unternehmen in lokale Märkte einsteigen. Dies bewirkt auch eine stetige Steigerung der Marktanforderungen. Kunden fordern individuelle Produkte mit hoher Qualität bei geringen Lieferzeiten und hoher Termintreue. Zur Erfüllung dieser Anforderungen muss das Unternehmen intern und extern jegliche Kosteneinsparung und Leistungssteigerung ausnützen. Allerdings bietet die Globalisierung auch neue Möglichkeiten. Anbieter aus

⁵⁴ Vgl. Dunst, K. H. (2019), S. 107 ff.

⁵⁵ Vgl. Leipner, I., <https://www.foerderland.de/managen/marketing/produktlebenszyklus/> (Zugriff: 19.09.2019)

⁵⁶ Vgl. DIN EN 60300-3-3 (2004), S. 7 f.

⁵⁷ Vgl. Meffert, H. et al. (2019), S. 471

⁵⁸ Vgl. Lindner, R.; Götze, U. (2013), S. 117

⁵⁹ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 2

der gesamten Welt stehen nun zur Verfügung. Genauso können durch die Globalisierung Maschinen und Anlagen weltweit eingekauft werden. So besteht für ein Unternehmen z.B. aus Deutschland die Möglichkeit, seine Waren bzw. Maschinen und Anlagen, nicht mehr nur aus Europa, sondern auch aus Asien und Amerika zu beziehen und durch den Kauf der global günstigsten Maschine die nötige Kosteneinsparung zu erreichen, um konkurrenzfähig zu bleiben. Da traditionell bei Investitionsgütern die Beschaffungskosten, die nur 10 – 50 Prozent der Lebenszykluskosten ausmachen, eines der zentralen Auswahlkriterien ist, kann dies zu Fehlentscheidungen führen.⁶⁰ Beim Treffen der Entscheidung, welche Maschine oder Anlage gekauft werden soll, ist es notwendig, auch Betriebs- und Stilllegungskosten zu berücksichtigen. Je nach Anlagen- und Maschinentyp spielen während des Betriebs Instandhaltungskosten, Energiekosten oder Kosten für Roh- und Hilfsstoffe eine größere Rolle. Zum Beispiel beträgt der Energiekostenanteil bei Pumpen über 60 Prozent.⁶¹ Während der Ausführung dieser Arbeit zeigte sich, dass bei Ersatzinvestitionen die Lebenszykluskosten auch stark von Personalkosten beeinflusst werden. Für Hersteller von qualitativ hochwertigen Anlagen und Maschinen wird es nötig sein, die Vorteile ihrer Produkte während des Betriebs geschickt zu vermarkten, um die höheren Anschaffungskosten zur Konkurrenz zu rechtfertigen.⁶²

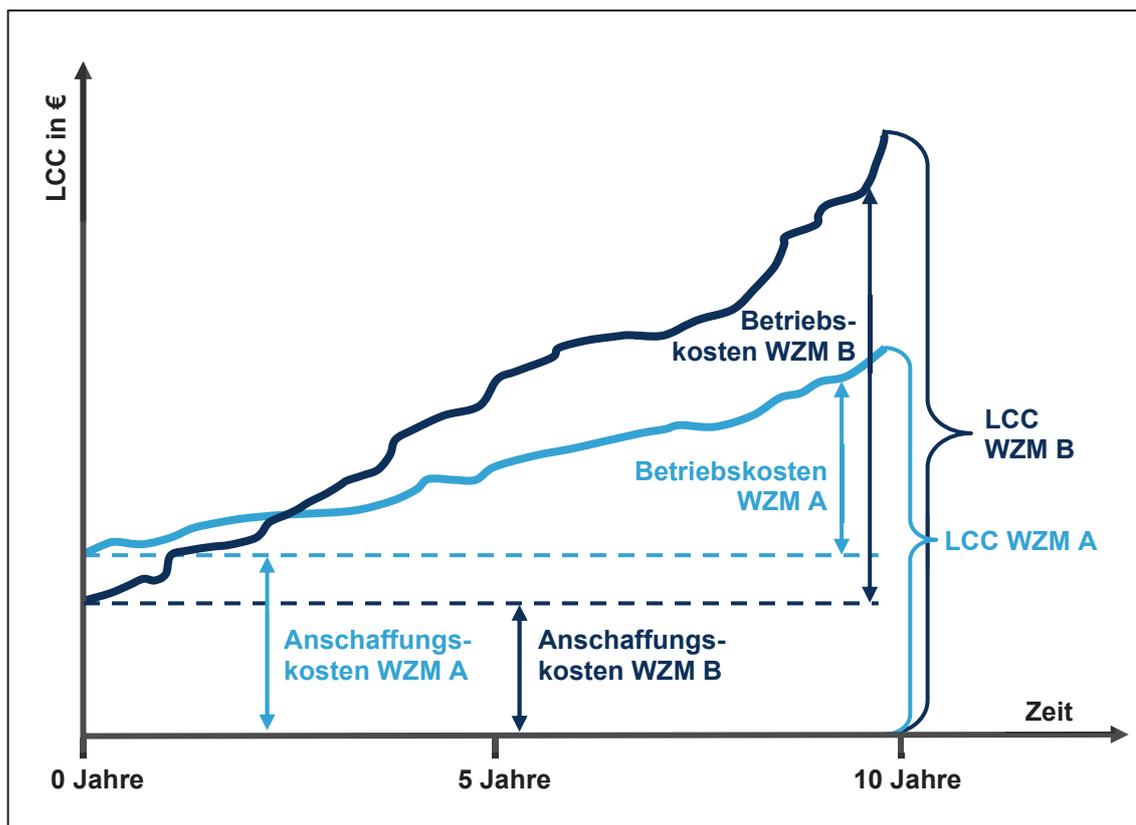


Abbildung 5: Entwicklung der Lebenszykluskosten⁶³

⁶⁰ Vgl. Schweiger, S. (2009), S. 24

⁶¹ Vgl. Schweiger, S. (2009), S. 24

⁶² Vgl. Noske, H.; Kalogerakis, C. (2009), S. 141 ff.

⁶³ Quelle: in Anlehnung an Noske, H.; Kalogerakis, C. (2009), S. 142

In Abbildung 5 wird der Vergleich zwischen einer auf Lebenszykluskosten optimierten Werkzeugmaschine (WZM A) und einer Werkzeugmaschine (WZM B) mit niedrigen Anschaffungskosten dargestellt. Die Werkzeugmaschine A ist zwar zu Beginn teurer als die Werkzeugmaschine B, aber aufgrund der wesentlich niedrigeren Betriebskosten ist sie nach wenigen Jahren bereits rentabler als jene mit den geringeren Anschaffungskosten. Nach zehn Jahren entspricht der Unterschied zwischen den beiden Werkzeugmaschinen bereits annähernd den Investitionskosten von Werkzeugmaschine B. Des Weiteren ist das Verhältnis zwischen Anschaffungskosten und Betriebskosten in Abbildung 5 gut zu erkennen.⁶⁴

Ziel des Life Cycle Costing ist es nun jene Investition herauszufinden, die unter Berücksichtigung aller Kosten die günstigste Alternative für einen bestimmten Betrachtungszeitraum bietet. Je nach Anwendung und Branche können die einzelnen Kostenfaktoren sehr unterschiedlich sein. Geht man von dem einfachen Beispiel aus, dass bei Maschinen und Anlagen mit einer hohen Qualität auch hohe Investitionskosten anfallen, jedoch im Gegensatz zu Maschinen und Anlagen mit niedriger Qualität und niedrigen Investitionskosten die Betriebskosten gesenkt werden können, so gilt es, das Optimum zwischen qualitativ hochwertigen und billigeren Anlagen zu finden. Abbildung 6 zeigt dazu ein Beispiel, um die optimalen Lebenszykluskosten zu ermitteln. Bei einer ausschließlichen Betrachtung des Einkaufspreises der Maschinen und Anlagen, würde immer nur in die billigste Maschine oder Anlage investiert werden. Bei einer Einbeziehung der gesamten Lebenszykluskosten wird die Entscheidung nach der günstigsten bzw. besten Alternative getroffen.⁶⁵

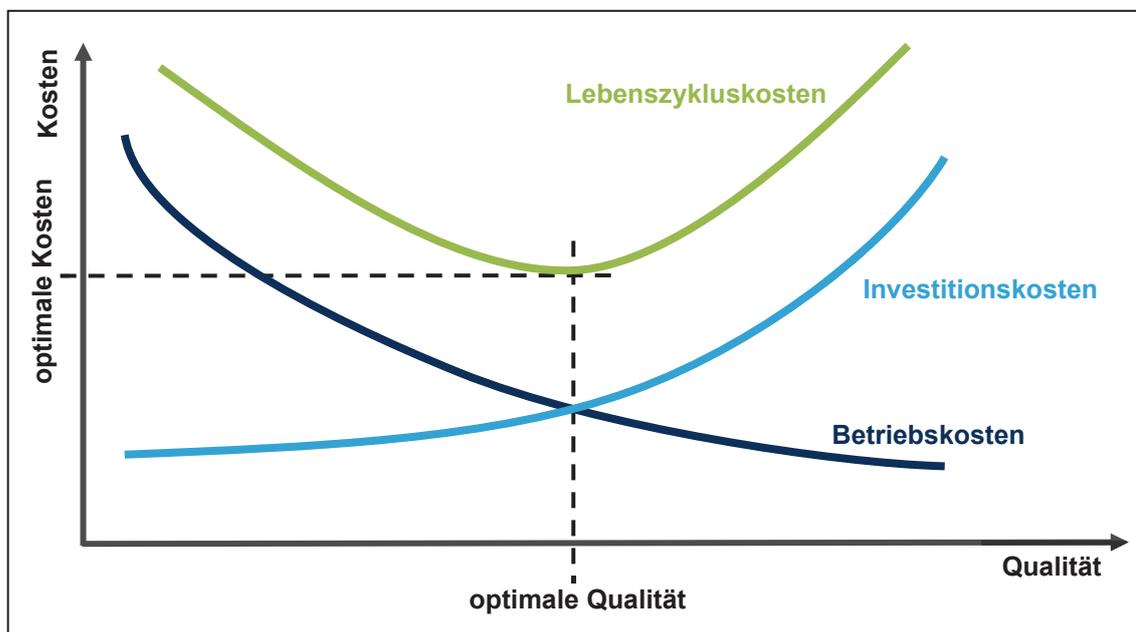


Abbildung 6: Ermittlung der optimalen Lebenszykluskosten⁶⁶

Die Betriebskosten der Maschinen und Anlagen werden zum größten Teil bereits in der Entwicklungs- und Designphase festgelegt und können später nur noch schwer

⁶⁴ Vgl. Noske, H.; Kalogerakis, C. (2009), S. 141 ff.

⁶⁵ Vgl. Bünting, F. (2009), S. 36 f.

⁶⁶ Quelle: in Anlehnung an Bünting, F. (2009), S. 36

beeinflusst werden. Man spricht dabei auch von Kostenbindung, Kostenverursachung und Kostenbeeinflussbarkeit. Das bedeutet, dass bereits vor der Nutzung der Maschine die im Betrieb anfallenden Kosten wie Instandhaltungskosten, Energiekosten und Personalkosten bestimmt sind und kaum noch geändert werden können. Daher sollten bei der Auswahl der Maschine oder Anlage die Lebenszykluskosten kalkuliert und berücksichtigt werden, um eine transparente Entscheidung beim Einkauf der Anlage treffen zu können. Der Zusammenhang zwischen Kostenbindung, Kostenverursachung und Kostenbeeinflussbarkeit wird in Abbildung 7 veranschaulicht. In dieser Abbildung wird gezeigt, dass die Kosten am Anfang des Lebenszyklus festgelegt werden (Kostenbindung), jedoch später kaum noch beeinflusst werden können (Kostenbeeinflussbarkeit). Zusätzlich wird noch der Verlauf der anfallenden Kosten (Kostenverursachung) dargestellt. Die Verläufe der Kosten in Abbildung 7 sind als Tendenzaussagen zu interpretieren. Die Details der Verläufe können in der Praxis von dieser Abbildung abweichen.⁶⁷

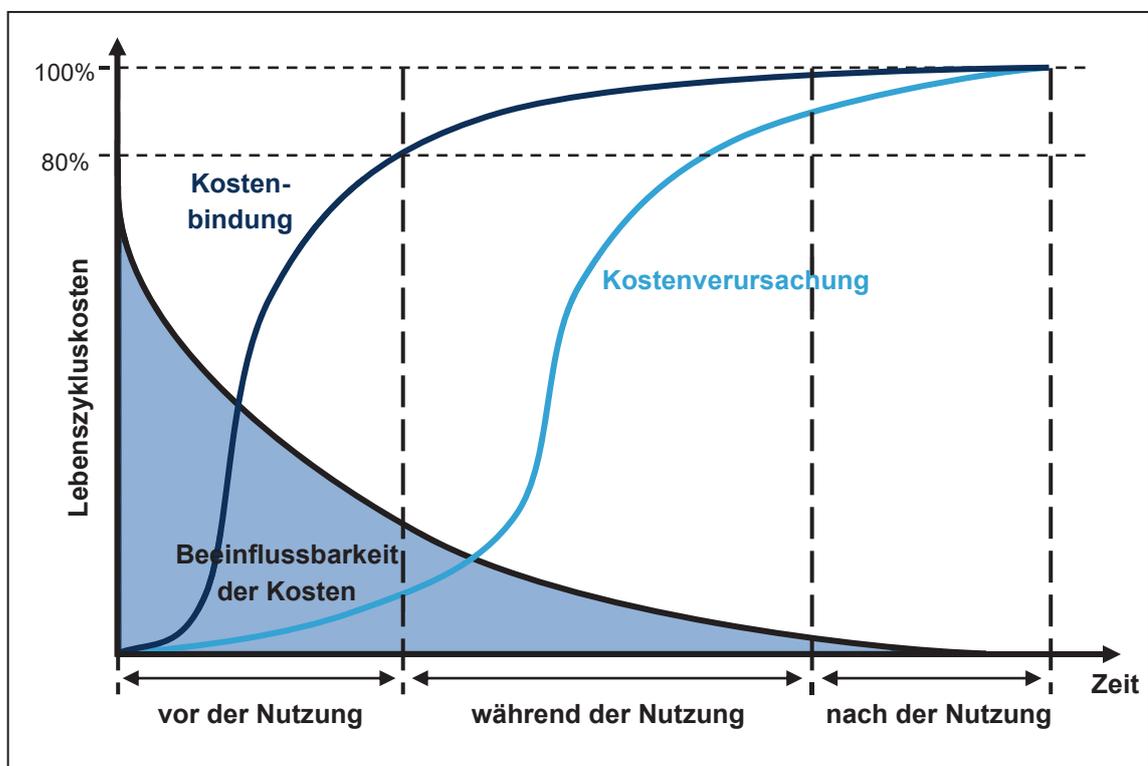


Abbildung 7: Kostenfestlegung, -anfall und -beeinflussbarkeit im Lebenszyklus⁶⁸

Die Schwierigkeit bei der Erfassung der Lebenszykluskosten liegt in der Prognostizierung der zukünftig anfallenden Kosten. Je nachdem, ob der Anlagenhersteller oder Anlagenbetreiber eine Lebenszyklusbetrachtung anwendet, entstehen unterschiedliche Herausforderungen und werden andere Anforderungen gestellt. Die unterschiedlichen Sichtweisen auf Life Cycle Costing werden anschließend beschrieben.⁶⁹

⁶⁷ Vgl. Lindner, R.; Götze, U. (2013), S. 118 f.

⁶⁸ Quelle: in Anlehnung an Lindner, R.; Götze, U. (2013), S. 118

⁶⁹ Vgl. Schweiger, S. (2009), S. 28 f.

Produzentensicht

Das LCC-Konzept aus Produzentensicht befasst sich mit den Kosten, die sowohl beim Hersteller als auch beim Kunden anfallen. Bereits bei der Produktentwicklung ist die Maschine bzw. die Anlage so zu konzipieren, dass diese möglichst günstig zu produzieren ist und ideal für den Betrieb beim Kunden ausgestattet ist.⁷⁰

Für den unternehmerischen Erfolg im Maschinen- und Anlagenbau ist heute eine Fokussierung auf Profitabilität, Problemlösungen und Kundennutzen nötig. Die Servicedienstleistungen für die Maschinen und Anlagen können zum Erreichen dieser Ziele eine entscheidende Rolle spielen. Mittels Life Cycle Costing kann der Kundennutzen besser veranschaulicht werden. Dadurch können Hersteller hochwertiger Maschinen und Anlagen ihren teuren Anschaffungspreis rechtfertigen und zusätzlich Serviceleistungen wie Ersatzteillieferungen und Instandhaltungsverträge anbieten.⁷¹

Ein weiterer Nutzen von Life Cycle Costing liegt für den Hersteller im Informationsrückfluss vom Kunden während der Betriebsphase. Zur Festlegung der Wechselintervalle und Verbrauchsmengen werden vom Kunden die Betriebsbedingungen vorgegeben. Im Betrieb wird kontrolliert, ob die vom Hersteller angegebenen Vorgaben eingehalten werden können. Damit Vorgabe- und Sollwerte vergleichbar sind, müssen auch die tatsächlichen Betriebsbedingungen berücksichtigt werden. Diese Daten werden vom Betreiber an den Hersteller weitergegeben. Auf Basis dieser Informationen können Schwachstellen und Stärken der Maschine bzw. Anlage erkannt und weiterentwickelt werden.⁷²

Allerdings bietet eine Lebenszykluskostenbetrachtung nicht nur Vorteile, sondern birgt auch Risiken bzw. verursacht Mehrarbeit. Ein größerer Aufwand ergibt sich für den Hersteller in der Angebotserstellung. Zusätzlich zur Preiskalkulation sind, auf Basis der vorgegebenen Betriebsbedingungen des Betreibers, die Kosten für die Instandhaltung, der Energieverbrauch und der Verbrauch der benötigten Materialien anzugeben. Viele Betreiber verlangen eine Kostenbeteiligung oder -übernahme durch den Hersteller, falls die festgelegten Lebenszykluskosten in der Betriebsphase nicht eingehalten werden. Die Schwierigkeit dabei ist, dass die Verbräuche von Energie und Material, aber vor allem die Instandhaltungsintervalle, unter Zuhilfenahme historischer Daten statistisch ermittelt werden. Die Gewinnung und Interpretation dieser Daten sind komplex, da nach Ablauf der Gewährleistung der Kunde meist selbst die Reparaturen durchführt und die Ersatzteile kauft. Daten aus der Betriebsphase liegen in der Regel nur für den Zeitraum vor der Gewährleistung und von früheren Produktgenerationen vor. Hat man Zugang zu diesen Daten, fehlen meist die Betriebsbedingungen, unter denen diese erfasst wurden. Deshalb können weder die Höhe noch der Zeitpunkt der möglichen Strafzahlung mit einer ausreichenden Zuverlässigkeit bestimmt werden. Dies stellt für den Hersteller ein schwer kalkulierbares Risiko dar.⁷³

⁷⁰ Vgl. Schweiger, S. (2009), S. 24 f.

⁷¹ Vgl. Schweiger, S. (2009), S. 25 ff.

⁷² Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 104

⁷³ Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 103 f.

Kundensicht

Aus der Sicht des Kunden dient das LCC-Konzept als Hilfsmittel bei Investitionsentscheidungen. Da, wie oben schon erwähnt, nach dem Einkauf die Kosten, die im Betrieb anfallen, kaum beeinflussbar sind, ist es bei der Maschinen- bzw. Anlagenauswahl wichtig, die gesamten Lebenszykluskosten zu berücksichtigen. Theoretisch versetzt die Lebenszyklusbetrachtung den Betreiber in die Lage, die wirtschaftlichste Alternative bei der Investition auswählen zu können.⁷⁴ Des Weiteren kann die Lebenszykluskostenbetrachtung dazu genutzt werden, die bei der Investitionsentscheidung festgelegten Betriebskosten mit den tatsächlich anfallenden Betriebskosten zu vergleichen.

Eine exakte Vorhersage der Lebenszykluskosten ist in der Praxis jedoch unrealistisch. Der Maschinen- und Anlagenbetreiber muss sich darüber immer im Klaren sein, dass berechnete Lebenszykluskosten größtenteils nur Prognosen zukünftiger Kosten sind. Höhe der Inflation und Auswirkungen auf Ersatzteilkosten, Energiekosten, Materialkosten und Personalkosten können nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden. Ein Risiko bei der Lebenszykluskostenberechnung bleibt bestehen. Allerdings ermöglicht ein gutes LCC-Konzept dem Betreiber den Großteil der Betriebskosten abzuschätzen und auf dieser Basis die langfristig wirtschaftlichste Alternative auszuwählen.⁷⁵

Um das größtmögliche Potenzial mittels der Lebenszykluskostenrechnung auszuschöpfen, sind eine dauerhafte Zusammenarbeit und Kommunikation mit dem Hersteller nötig. Langjährige LCC-Verträge bilden das Grundgerüst für einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess, mit dem Schwachstellen an bestehenden Maschinen behoben und für neue Maschinen reduziert werden können.⁷⁶

Das LCC-Konzept trägt dazu bei, die technische Verfügbarkeit einer Maschine bzw. Anlage bei einer gleichzeitig effizienteren Gestaltung der vorbeugenden Instandhaltung zu erhöhen. Erreicht wird dies durch die Angabe von Wechselintervallen in der Lebenszykluskostenberechnung, wodurch Verschleißteile beim optimalen Abnutzungsvorrat gewechselt werden können. Sowohl der frühere als auch der spätere Austausch von Verschleißteilen wirkt sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit aus. Ein früherer Austausch würde die Ersatzteilkosten erhöhen und ein Austausch erst bei Eintreten des Schadenfalls würde zu einem ungeplanten Produktionsstillstand führen. Produktionsstillstände einer Maschine oder Anlage können die Produktivität der gesamten Fabrik beeinträchtigen, da Prozesse immer mehr verkettet sind und Pufferbestände möglichst niedrig gehalten werden.⁷⁷

Für den Betreiber entstehen aber auch Nachteile bei der Nutzung des LCC-Konzepts. Damit der Hersteller in der Angebotsphase die benötigten Informationen für die Lebenszykluskostenberechnung zur Verfügung stellen kann, muss der Betreiber seinerseits Informationen über die Betriebsbedingungen bereitstellen. Neben dem erheblichen Aufwand für die Erhebung dieser Daten verlieren bei Abweichung der

⁷⁴ Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 105

⁷⁵ Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 105

⁷⁶ Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 105

⁷⁷ Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 105

vereinbarten Betriebsbedingungen die Angaben des Herstellers und die Abmachungen mit ihm ihre Gültigkeit.⁷⁸

Zusätzlich müssen die Betriebsbedingungen über den gesamten Lebenszyklus in einer Form mitdokumentiert werden, dass dem Hersteller bewiesen werden kann, dass die Vorgaben in der Angebotsphase eingehalten werden. Nur wenn der Anlagenbetreiber diesen Beweis vorlegen kann, ist es ihm möglich, beim Überschreiten der abgemachten Lebenszykluskosten den Hersteller an den Mehrkosten zu beteiligen. Hilfreich ist dafür das Condition Monitoring. Das Condition Monitoring ist ein Konzept, welches den Maschinenstatus regelmäßig oder permanent anhand von physikalischen Größen auswertet.⁷⁹ Daher sollte ein bestehendes Condition Monitoring erweitert werden, damit es das Lebenszykluskostenkonzept unterstützen kann bzw. bei dessen Einführung beachtet wird, dass dies möglich ist.⁸⁰

Gegenüberstellung Produzentensicht und Kundensicht

Bei einem Vergleich der Produzentensicht und der Kundensicht ist bei beiden Ansichten klar zu erkennen, dass die größten Herausforderungen bei der Lebenszykluskostenberechnung die Datenerfassung und der Datenaustausch sind. Dem Hersteller stehen Informationen zur Verfügung, die der Betreiber benötigt, ihm fehlen allerdings Daten, die der Betreiber bereitstellen muss. Um das gesamte Potenzial der Lebenszykluskostenberechnung auszunutzen, ist eine kontinuierliche Kommunikation zwischen Hersteller und Betreiber essenziell. Besonders der Trend von Industrie 4.0 beschleunigt die Datenerfassung im Unternehmen und den Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Standorten sowie zu Kunden und Lieferanten. Durch die Unterstützung von Industrie 4.0 und der Digitalisierung reduziert sich der Aufwand für die Lebenszykluskostenberechnung. Beim Austausch der Daten zwischen Hersteller und Betreiber der Anlagen besteht jedoch trotzdem noch die Befürchtung, dass Unternehmens Know-how oder Firmengeheimnisse an die Konkurrenz weitergegeben werden.⁸¹

Da die Datenerfassung und der Datenaustausch eine wesentliche Rolle in der Lebenszykluskostenberechnung spielen, ist es von Vorteil, diese mittels IT-Systemen zu unterstützen. IT-Systeme können nicht nur die Erfassung und den Austausch von Daten erleichtern, sondern auch bei der Berechnung, Auswertung und Kontrolle der Lebenszyklusdaten dienlich sein. Daher sollte bereits bei der Modellerstellung, wie in Abschnitt 2.5.2 beschrieben, darauf geachtet werden, dass das Modell in eine IT-Lösung übergeführt werden kann. IT-Lösungen können von einfachen Excel-Vorlagen bis hin zu eigens angefertigten Softwarelösungen reichen.⁸²

Eine Zusammenfassung der Stärken und Schwächen des LCC-Konzeptes wird in Tabelle 2 dargestellt. In dieser Abbildung wird einmal die Produzentensicht und einmal die Kundensicht betrachtet.

⁷⁸ Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 106

⁷⁹ Vgl. Byrne, G. et al. (1995), S. 541 ff.

⁸⁰ Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 106

⁸¹ Vgl. Schweiger, S. (2009), S. 22 ff.

⁸² Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 82; Vgl. Schweiger, S. (2009), S. 31 ff.

Tabelle 2: Stärken und Schwächen von Life Cycle Costing⁸³

	Stärken	Schwächen
Produzent	<ul style="list-style-type: none"> • Marketing Instrument, Preisoptimierung • Argumentationshilfe beim Neumaschinen- und Dienstleistungsverkauf (Kostentransparenz) • Kontinuierlicher Dialog mit Abnehmer • Differenzierung im Wettbewerb • Kundenbindung • Erfüllung einer Grundbedingung • Grundlage für KVP, Identifizierung und Erschließung von Potenzialen hinsichtlich Kosten-Nutzen - Optimierung • Aufdeckung tatsächlicher Kostentreiber, Generierung von Erwartungswerten für Garantie- und Serviceleistungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhebliches Risiko, wenn erforderliche Informationen (über Zuverlässigkeit, Instandhaltbarkeit, ...) fehlen. • Keine Einflussmöglichkeit auf Betrieb • Offenlegung wettbewerbssensitiver Daten • Mehraufwand bei der Datenerfassung und -auswertung • Einseitige Nutzenverteilung (Malus, jedoch kein Bonus)
Kunde	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der Investitionsentscheidung, Vermeidung kostspieliger Fehlentscheidungen • Bessere Vergleichbarkeit und Prognostizierbarkeit / Planbarkeit von Gesamtkosten • Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit / Produktivität und Prozessstabilität, geringere Stillstandszeiten, längere Serviceintervalle • Kostenreduzierung und -variabilisierung • Grundlage für KVP 	<ul style="list-style-type: none"> • Hersteller erhält Dateneinsicht • Geschwächte Position bei Neuinvestitionen • Mehraufwand bei Datenerfassung und -auswertung • Knowhow-Verlust • Abhängigkeit vom Lieferanten

2.5 Life Cycle Costing Modelle

Die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten von Life Cycle Costing hat zu einer Vielzahl unterschiedlichster Modelle geführt. In diesem Abschnitt wird zuerst darauf eingegangen, welche Anforderungen ein Lebenszykluskostenmodell erfüllen sollte, damit es für die Praxis tauglich ist. Anschließend folgen Klassifizierungsmöglichkeiten der LCC-Modelle. Die LCC-Konzepte des VDI und VDMA sowie der Maintenance-TCO-Ansatz von Daimler sind vor allem auf den Maschinen- und Anlagenbau ausgerichtet und dienen als Vorlage zur Erstellung des Lebenszykluskostenmodells für die AT&S AG. Deshalb sind diese Konzepte ausführlicher beschrieben.

⁸³ Quelle: in Anlehnung an Schweiger, S. (2009), S. 29

2.5.1 Anforderungen an LCC-Modelle

Lebenszykluskostenmodelle verlangen bestimmte Grundvoraussetzungen, die vom Unternehmen zu erfüllen sind, um effizient und effektiv eingesetzt werden zu können. Zudem werden auch Anforderungen an das LCC-Modell gestellt damit es im Unternehmen sinnvoll eingesetzt werden kann.

Damit die Lebenszykluskosten berechnet werden können, müssen die Aufgabenstellung, die Spezifikation der Einsatzbedingungen und vergleichbare Outputs klar definiert werden. Für diesen Zweck ist eine Bestimmung des Lastkollektivs vom Maschinen- und Anlagenbetreiber unerlässlich, da die vom Anlagenhersteller zur Verfügung gestellten Informationen für die Lebenszykluskostenberechnung darauf aufbauen. Die Bestimmung des Lastkollektivs ist allerdings oft schwierig für den Maschinen- und Anlagenbetreiber, da die Daten für dessen Vorhersage oft unvollständig sind und das Lastkollektiv sich im Laufe der Zeit ändern kann.⁸⁴ Genauso hat der gewählte Betrachtungszeitraum große Auswirkungen auf die Lebenszykluskosten. Üblicherweise wird für den Lebensabschnitt einer Maschine oder Anlage der Zeitraum vom Beginn der Anschaffung bis zum Ende der Nutzungsdauer gewählt. Wie die Nutzungsdauer einer Maschine oder Anlage ermittelt werden kann, wurde bereits in Abschnitt 2.1.2 gezeigt. Das Lastkollektiv und der Betrachtungszeitraum gehören zu den Grunddaten, die die Richtlinie des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau 34160 für die Berechnung der Lebenszykluskosten verlangt.⁸⁵ Auf diese Richtlinie Grunddaten des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau wird im Abschnitt 2.5.4 genauer eingegangen.⁸⁶

Der Aufbau der Lebenszykluskostenmodelle muss gewisse Anforderungen erfüllen, damit diese in Unternehmen eine Anwendung finden. Dazu gehört, dass die Modelle vorkonfiguriert, erweiterbar, messbar, IT-fähig, international einsetzbar und einfach sein sollten.⁸⁷ Bünting hat sich damit auseinandergesetzt, welche Kriterien erfüllt sein müssen, damit ein Lebenszykluskostenmodell in der Praxis eingesetzt werden kann. In seinen Untersuchungen hat er folgende acht Anforderungen gefunden, die das Lebenszykluskostenmodell erfüllen sollte:⁸⁸

- Das Modell muss einen Berechnungsansatz enthalten, der sowohl die Grundstruktur und Berechnungsweise vorgibt als auch innerhalb von definierten Grenzen modifiziert und angepasst werden kann, ohne dass die Berechnungsweise infrage gestellt wird.
- Die im Modell verwendeten Eingangsgrößen müssen messbar sein. Dies bedeutet, dass sie in quantifizierbaren Größen wie Zeit, Menge, Geld usw. beschrieben werden.
- Die Komplexität des Modells ist gering zu halten, damit der Blick auf das Wesentliche nicht verloren geht und das Modell benutzerfreundlich ausgelegt werden kann.
- Das Modell sollte möglichst viele Einsatzgebiete für die Anwendung abdecken.

⁸⁴ Vgl. Köllner, T. et al. (2009), S. 110 ff.

⁸⁵ Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 4 f.

⁸⁶ Vgl. Bünting, F. (2009), S. 37 ff.

⁸⁷ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 698

⁸⁸ Vgl. Bünting, F. (2009), S. 40

- Damit es zu einer echten gewinnbringenden Partnerschaft kommt, sollte keiner der Partner, also weder der Lieferant noch der Kunde, bevorteilt werden.
- Neben den Kosten sollten im Idealfall bei der Lebenszykluskostenberechnung auch die Optimierungspotenziale aufgezeigt werden.
- In einem global agierenden Unternehmen darf das Modell keine länderspezifischen Restriktionen enthalten und muss über die Grenzen einzelner Länder Bestand haben.
- Der Aufbau des Modells sollte es erlauben, eine IT-Lösung ohne größere Schwierigkeiten umzusetzen.

2.5.2 Klassifizierung

Die LCC-Modelle werden in unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt. Sie werden für die Beschaffung von Gebäuden sowie Maschinen und Anlagen wie auch von Verbrauchsgütern wie Schrauben verwendet. Einen Überblick über die Beschaffungsobjekte bietet Abbildung 3 in Abschnitt 2.1.1. Überdies werden die Modelle in verschiedenen Branchen eingesetzt. Für die verschiedenen Anwendungsbereiche haben sich individuelle LCC-Modelle entwickelt, die auf die spezifischen Anforderungen der Anwendungsbereiche eingehen. Eine Übersicht der existierenden Modelle bietet Geißdörfer.⁸⁹ In der nachfolgenden Tabelle 3 sind diese aufgelistet.

Tabelle 3 unterteilt sich in die Bereiche Allgemeines und Kriterien. Zuerst werden im Bereich Allgemeines für jedes Modell die Branche, in der es eingesetzt wird, angegeben und anschließend die Modellart. Bei den Modellarten wird zwischen COO, TCO und LCC unterschieden. Anschließend werden die Konzepte in Leitfäden und Modelle eingeteilt. Ebenso findet eine Einteilung in Individualmodelle und Standardmodelle statt. Zuletzt wird nach Modellen für größere Investitionen wie Anlagen und Systeme und nach Modellen für wiederkehrende Anschaffungen geringwertiger Güter mit hoher Anzahl differenziert. Im Bereich Kriterien wird angeführt, ob die angegebenen Kriterien berücksichtigt sind oder nicht bzw. nur teilweise erfüllt sind. Bei den Kriterien steht die Abkürzung ABC für Activity Based Costing und PKR für Prozesskostenrechnung.⁹⁰

⁸⁹ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 707

⁹⁰ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 705 ff.

Tabelle 3: Übersicht der LCC-Modelle⁹¹

Modell	Allgemein					Kriterien												
	Branche	Modellart	Leitfaden oder Modell	Anwendungshäufigkeit	Betrachtungsgegenstand	Qualitative Faktoren	Betrachtungszeitraum und Barwert	Overall Equipment Efficiency (OEE)	Kostenkategorien vorgegeben	Transaktionskosten	Umsatzeffekte	Genauigkeit, Risiko der Werte	Abhängigkeit zwischen Variablen	Einsetzbar im Einkauf	Einsetzbar in Entwicklung	Einsetzbar in Vertrieb	ABC und PKR als Basis	
SEMI E35	Semi	COO	M	S	A	n	x	x	x	x	tw	n	x	n	x	x	x	n
Hyrkens, Wynstra	allgemein	TCO	L M	I	T	x	x	n	n	x	tw	x	n	n	x	x	x	x
VDMA 34160	VDMA	LCC	M	S	A	n	n	x	x	n	n	n	n	x	x	x	n	
NAFEM	Food Equip.	LCC	M	S	A	n	x	n	x	n	n	n	n	x	x	x	n	
DeGraeve et.al.	allgemein	TCO	M	S	T A	x	n	tw	tw	x	n	n	x	x	x	n	x	
Razum (Rockwell)	E-motor allg.	TCO	M	S	T A	n	n	n	n	x	n	n	n	x	x	x	n	
Bierma	Chemie	TCO	M	S	A	x	n	x	x	n	n	n	n	x	x	n	n	
Ellram	allgemein	TCO	M	S	T A	x	n	n	x	x	n	n	n	x	x	x	x	
Carr, Ittner	allgemein	TCO	M	S	T	x	n	tw	x	x	tw	x	n	n	x	x	n	n
Monczka	Electronics	TCO	L M	I	T	x	n	n	n	x	tw	n	n	n	x	n	x	n
Kaufmann	Food	LCC	M	I	A	x	x	tw	x	n	n	n	n	x	x	n	n	
Krokowski	allgemein	TCO	M	I	T	x	n	n	n	x	tw	n	n	n	x	n	n	n
Gartner Group	IT	TCO	M	S	A	x	x	n	x	x	x	x	n	x	x	x	x	
VDI 2884	Prod.-mittel	LCC	M	S	A	x	x	x	x	n	n	n	n	x	x	x	n	
VDV 2315	Verkehr	LCC	M	S	A	n	x	x	x	n	n	n	n	x	x	x	n	
DIN EN 60300-3-3	allgemein	LCC	L M	S	T A	x	x	x	x	x	tw	n	x	n	x	x	n	
UNIFE LCC	Eisenbahn	LCC	M	S	A	n	x	x	x	n	n	x	n	x	x	x	n	
Zehbold	allgemein	LCC	L	S	T	x	x	tw	n	n	n	x	x	tw	x	n	n	
Riezler	allgemein	LCC	L	S	T A	x	x	tw	n	n	n	x	x	tw	x	n	n	
Kemminer	allgemein	LCC	L	S	T	n	x	tw	n	n	n	x	x	tw	x	n	n	

Legende: COO = Cost of Ownership A = Anlagen und Systeme
TCO = Total Cost of Ownership T = wiederkehrende, großzahlige
LCC = Life Cycle Costing Anschaffungen geringwertiger Güter
M = Modelle n = nicht berücksichtigt
L = Leitfaden x = Kriterium berücksichtigt
I = Individualmodell tw = teilweise berücksichtigt
S = Standardmodell

⁹¹ Quelle: in Anlehnung an Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 707

Um diese Modelle zu kategorisieren bietet die Literatur unterschiedlichste Klassifizierungsmöglichkeiten, die hier beschrieben werden:

Standard- vs. Individualmodelle

Die Entscheidung, ob ein Standard- oder Individualmodell zu bevorzugen ist, hängt vom Anschaffungstyp und der Häufigkeit der Anschaffung ab.⁹² Zum Beispiel unterscheidet sich die Beschaffung eines Kraftwerkes, einer Maschine bzw. Anlage oder von Schrauben stark voneinander. Zur leichteren Auswahl, ob ein standardisiertes oder individuelles Modell besser geeignet ist, hat Ellram auf Basis von Fallstudien eine Entscheidungshilfe entwickelt (siehe dazu Tabelle 4).⁹³

Tabelle 4: Entscheidungshilfe zur Auswahl von Standard- und Individualmodellen⁹⁴

	Einmalige Einkäufe		Wiederholende Einkäufe	
Warengruppe / Warentyp	Große Anschaffungen Make-or-Buy Entscheidungen Prozessanalyse	Produktionsvermögen Investitionen	Lieferantenauswahl ohne oder mit ad hoc Aktualisierung	Fortlaufendes LieferantLeistungsmonitoring, möglicherweise auch Lieferantenauswahl
Empfohlene Vorgehensweise	Entwicklung eines individuellen Modells, das genau für den betrachteten Fall passt und angepasst werden kann, um die aktuelle Leistung den Prognosen gegenüberzustellen.	Entwicklung einer Art Standardmodell für Anlagen / Anschaffungen, das auch für andere Investitionsentscheidungen genutzt werden kann.	Entwicklung eines Standardmodells, das für alle Warengruppen im Einkauf genutzt werden kann. Auf manueller oder IT-Basis.	Entwicklung eines IT-basierten Standardmodells, das regelmäßig (Monat/Quartal) automatisch aktualisiert wird und für verschiedene Warengruppen eingesetzt werden kann.

Eine weite Verbreitung eines LCC-Modells hängt von seiner Benutzerfreundlichkeit und einer standardisierten Anwendbarkeit für Kunden und Lieferanten ab. Der Einsatz eines vereinheitlichten Modells zur Berechnung der Lebenszykluskosten kann sowohl beim Kunden als auch beim Lieferanten zu Zeitersparnissen sowie zur Vergleichbarkeit der Werte beitragen. Verwenden Kunde und Lieferant das gleiche LCC-Modell, kennt der Lieferant die Einkaufsentscheidungskriterien seines Kunden besser und kann dadurch das Produkt kundenspezifisch optimieren.⁹⁵

⁹² Vgl. Ellram, L. (1994), S. 177 f.

⁹³ Vgl. Ellram, L. M. (1995), S. 15 ff.

⁹⁴ Quelle: in Anlehnung an Ellram, L. (1993), S. 16; Geißdörfer, K. (2009), S. 698

⁹⁵ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 697 f.

Angewendet wird ein standardisiertes Modell bei sich wiederholenden Beschaffungsentscheidungen. Die Kostenelemente und die Vorgehensweise zur Berechnung der Lebenszykluskosten müssen kaum oder gar nicht modifiziert werden.⁹⁶

Zudem wird ein Standardmodell bevorzugt, wenn Daten zwischen Kunden und Lieferanten zur Leistungsbeurteilung und -verfolgung ausgetauscht werden sollen.⁹⁷

Umgekehrt wird ein individuelles LCC-Modell bei bedeutenden Einkäufen eingesetzt, wenn sich bei der Lieferantenauswahl Marktbedingungen und Kostenfaktoren permanent ändern.⁹⁸ Dabei wird das Individualmodell spezifisch für die Beschaffungsentscheidung entwickelt. Sowohl die enthaltenen Kostenelemente als auch die Berechnungsvorschriften müssen für jeden Anwendungsfall neu angepasst werden.⁹⁹

Quantitative und qualitative Bewertung

Die LCC-Modelle unterscheiden sich auch in ihrer Berechnungsweise. Dabei unterscheidet man zwischen rein quantitativen Modellen und jenen, die zusätzlich noch qualitative Faktoren berücksichtigen. Quantitative Modelle teilen sich zusätzlich noch in Modelle, die nur direkte Kosten berücksichtigen, und jene, die Berechnungsformeln enthalten. Die Vor- und Nachteile dieser Modelle sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Vor- und Nachteile qualitativer und quantitativer Bewertungsmodelle¹⁰⁰

	Vorteile	Nachteile
Monetär direkte Kosten	Berücksichtigung der entscheidungsrelevanten Faktoren Sehr flexibel Anpassung der Komplexität an die zutreffende Entscheidung Unterstützung bei der Identifikation kritischer Problemstellungen	Zeitaufwendig Ungeeignet für sich wiederholende Entscheidungen Nicht kosteneffizient für Einkäufe mit geringem Wert
Monetär Berechnungs- formel	Einfache Verwendung, sobald System einmal implementiert ist Sehr gut geeignet für sich wiederholende Entscheidungen, bei welchen die Hauptkostentreiber ermittelt werden können	Zeitaufwendige Erstellung des Systems Verwendete Berechnungsformeln müssen periodisch überprüft und aktualisiert werden
Wertbasiert	Kann Problemstellungen / Faktoren enthalten, für die keine Kosten bestimmt werden können Berücksichtigung der relativen Bedeutung einzelner Faktoren durch Gewichtungen Einfache Verwendung für sich wiederholende Entscheidungen	Zeitaufwendig zu erstellen, nur für wichtige bzw. sich wiederholende Einkäufe geeignet Hoher Aufwand zur Ermittlung der Gewichtungen erforderlich Problem der Objektivität

⁹⁶ Vgl. Ellram, L. (1994), S. 177 f. Vgl. Bremen, P. M. (2010), S. 26 f.

⁹⁷ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 697

⁹⁸ Vgl. Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 697

⁹⁹ Vgl. Bremen, P. M. (2010), S. 27

¹⁰⁰ Quelle: in Anlehnung an Ellram, L. (1993), S. 14; Geißdörfer, K. et al. (2009), S. 699

Die monetären Modelle berücksichtigen messbare Kostenelemente wie Einkaufspreis, Instandhaltungskosten, Energiekosten, Materialkosten etc., die zusammenaddiert werden. Anschließend kann die Gesamtsumme durch die Anzahl produzierter Stücke dividiert werden, um die Life Cycle Costs als Stückpreis zu ermitteln. Quantitative Modelle, die nur direkte Kosten berücksichtigen, enthalten nur Kosten, die direkt dem Produkt oder der Dienstleistung zugeordnet werden können. Bei Modellen mit Berechnungsformeln werden zudem noch die indirekten Kosten berücksichtigt, also jene Kosten, die nicht direkt dem Produkt oder der Dienstleistung zuordenbar sind.¹⁰¹

Bei qualitativen Modellen werden monetäre Kostendaten mit wertbasierten Informationen kombiniert. Ähnlich einer Nutzwertanalyse werden in den einzelnen Kategorien Punkte für jeden Lieferanten vergeben. Aus diesen Punkten wird ein Faktor für die einzelnen Lieferanten berechnet, der mit den zuvor ermittelten quantitativen Life Cycle Costs multipliziert wird. Diese quantitativen Life Cycle Costs dienen zur Abschätzung nicht genau messbarer Faktoren, wie zum Beispiel Technologie, Liefertreue und Service. Allerdings entsprechen diese Life Cycle Costs nicht den tatsächlich gezahlten Kosten. Des Weiteren kann durch die qualitative Beurteilung die Objektivität des Ergebnisses beeinträchtigt werden.¹⁰²

Transaktionsbezogene Modelle

Bei transaktionsbezogenen Modellen werden die Kostenelemente in Bezug auf die Transaktion zwischen Abnehmer und Lieferant strukturiert. Transaktionsbezogene Modelle werden meist bei TCO-Konzepten eingesetzt. Die Untergliederung erfolgt typischerweise in drei Bereiche.¹⁰³

Tabelle 6: Komponenten transaktionsbezogener Modelle¹⁰⁴

Pre-Transaktion Komponenten	Transaktion Komponenten	Post-Transaktion Komponenten
<ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung der Anforderungen • Ermittlung der Ressourcen • Qualifizierung der Ressourcen • Lieferanten zum internen System hinzufügen • Lieferanten in Unternehmenstätigkeiten einführen • Unternehmen in Lieferantentätigkeiten einführen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaufpreis • Bestellauslösung und Bestellvorbereitung • Lieferung und Transport • Steuern und Zölle • Rechnungserstellung und Zahlung • Inspektion • Rückgabe von Produkten • Nachbereitung und Nacharbeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Linien Ausfall • Defekte Fertigteile (abgelehnt vor Verkauf) • Ausfall beim Kunden • Reparatur und Austausch beim Kunden • Reputation des Unternehmens und Kundenkulanz • Kosten für Wartung und Instandhaltung

Der erste Bereich ist jener für Komponenten vor der Transaktion. In diesem werden die überwiegenden Kosten und Aufwände des strategischen Beschaffungsprozesses betrachtet. Im nächsten Bereich werden die Aufwände für die Transaktion erfasst und

¹⁰¹ Vgl. Bremen, P. M. (2010), S. 27 f.

¹⁰² Vgl. Ellram, L. (1993), S. 11 ff.

¹⁰³ Vgl. Ellram, L. (1993), S. 7 ff.

¹⁰⁴ Quelle: In Anlehnung an Ellram, L. (1993), S. 7

im dritten alle, die nach der Transaktion anfallen. Eine genaue Aufschlüsselung, welche Komponenten in den einzelnen Bereichen enthalten sind, bietet Tabelle 6.¹⁰⁵

Lebenszyklusbezogene Modelle

Im Gegensatz zu den transaktionsbezogenen Modellen orientiert sich die Strukturierung bei lebenszyklusbezogenen Modellen am Lebensweg des Produktes bzw. der Dienstleistung. Bei diesen Modellen werden die Kostenelemente den einzelnen Phasen des Lebenszyklus zugeordnet. Der Lebenszyklus wird zumindest in die Phasen vor der Nutzung, während der Nutzung und nach der Nutzung unterteilt. Er kann auch aus mehreren Abschnitten bestehen (siehe Abbildung 8). Einige Modelle, wie jenes aus der VDMA 34160, splitten die einzelnen Phasen in untergeordnete Ebenen noch genauer auf (siehe dazu Abschnitt 2.5.4). Die Aufspaltung in eine feinere Gliederung der Lebenszyklusphasen dient einer differenzierten Analyse der Lebenszykluskosten.¹⁰⁶



Abbildung 8: Lebenszyklusphasen¹⁰⁷

2.5.3 VDI 2884

Die VDI 2884 ist eine Richtlinie vom Verein Deutscher Ingenieure für Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing. Diese Richtlinie bezieht sich primär auf die Sicht des Betreibers von Produktionsmitteln, ist jedoch auch für die Verwendung von Herstellern angedacht. Aus Betreibersicht soll die Richtlinie bei der Beschaffungsentscheidung unterstützen. Dabei dient die Richtlinie dazu, die durch das Produktionsmittel induzierten Kosten und Leistungen entlang des gesamten Lebenszyklus zu erfassen. Aus Herstellersicht gilt die Richtlinie als Unterstützung bei der Planung und Entwicklung von Produktionsmitteln. Mit Hilfe von Life Cycle Costing sollen Entscheidungen in der Entwicklungsphase kundenorientiert und wirtschaftlich getroffen werden. Dazu werden die Auswirkungen bei Senkung oder Erhöhung der Anfangskosten auf die Folgekosten in den späteren Phasen

¹⁰⁵ Vgl. Bremen, P. M. (2010), S. 29

¹⁰⁶ Vgl. Lindner, R.; Götze, U. (2013), S. 117 ff.

¹⁰⁷ Quelle: eigene Darstellung

des Lebenszyklus betrachtet. Durch die Gegenüberstellung der Anfangskosten und Folgekosten kann die günstigste Konstruktion, bezogen auf den gesamten Lebenszyklus, ausgewählt werden.¹⁰⁸

Die Richtlinie stellt einen methodischen Rahmen einerseits für den Betreiber, um Beschaffungsentscheidungen auf Basis der resultierenden gesamten Lebenszykluskosten zutreffen, und andererseits für den Hersteller, um innovative Konfigurationen von Maschinen und Anlagen unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten zu entwickeln, bereit.¹⁰⁹ Die von der Richtlinie vorgeschlagene Vorgehensweise ist in Abbildung 9 dargestellt. Anschließend werden die einzelnen Schritte der Vorgehensweise kurz beschrieben.

1. Schritt: Entscheidung für LCC

Im ersten Schritt ist festzustellen, ob eine Lebenszyklusbetrachtung wirtschaftlich gerechtfertigt ist oder nicht. Zur Erleichterung der Entscheidung verweist die Richtlinie auf folgende Fragen von Günther und Kriegbaum:¹¹⁰

- Verursacht das Produktionsmittel im Verhältnis zu den einmaligen Beschaffungskosten hohe wiederkehrende Kosten und Folgekosten?
- Hat das Produktionsmittel eine hohe geplante Nutzungsdauer?
- Gewinnen die Folgekosten bei fortschreitender Nutzungsdauer des Produktionsmittels an Bedeutung?
- Handelt es sich um ein Produktionsmittel, das einen hohen Kapitaleinsatz über die Lebensdauer hinaus fordert?
- Ist ein Kostensenkungspotenzial zu vermuten, das durch den Einsatz von LCC identifiziert werden kann?

Wird der Großteil der Fragen bejaht, kann davon ausgegangen werden, dass sich eine Betrachtung der Lebenszykluskosten rentiert. Zu beachten ist dabei, dass die Antwort vom subjektiven Ermessen des Entscheidenden abhängt, und daher diese Fragen nur als Anhaltspunkt für oder gegen die Entscheidung einer Lebenszyklusbetrachtung dienen. Klassische Anwendungsfälle für eine LCC-Betrachtung sind beispielsweise:¹¹¹

- Großanlagen
- Produktionsmittel
- Bauwerke
- Transportinfrastrukturen
- Fahrzeuge
- Eine hohe Anzahl gleicher Beschaffungsobjekte

Der Aufwand zur Beschaffung und Auswertung hat sich in den letzten Jahren stark reduziert. Besonders die fortschreitende Digitalisierung und der Trend von Industrie 4.0 haben dazu beigetragen. Deshalb wird die Anwendung von Lebenszyklusbetrachtungen als Hilfsmittel zur Entscheidungsunterstützung bei Investitionsvorhaben immer wirtschaftlicher.¹¹²

¹⁰⁸ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 3

¹⁰⁹ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 3

¹¹⁰ Vgl. Günther, T.; Kriegbaum, C. (1997); zitiert nach VDI 2884 (2005)

¹¹¹ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 8

¹¹² Vgl. VDI 2884 (2005), S. 8

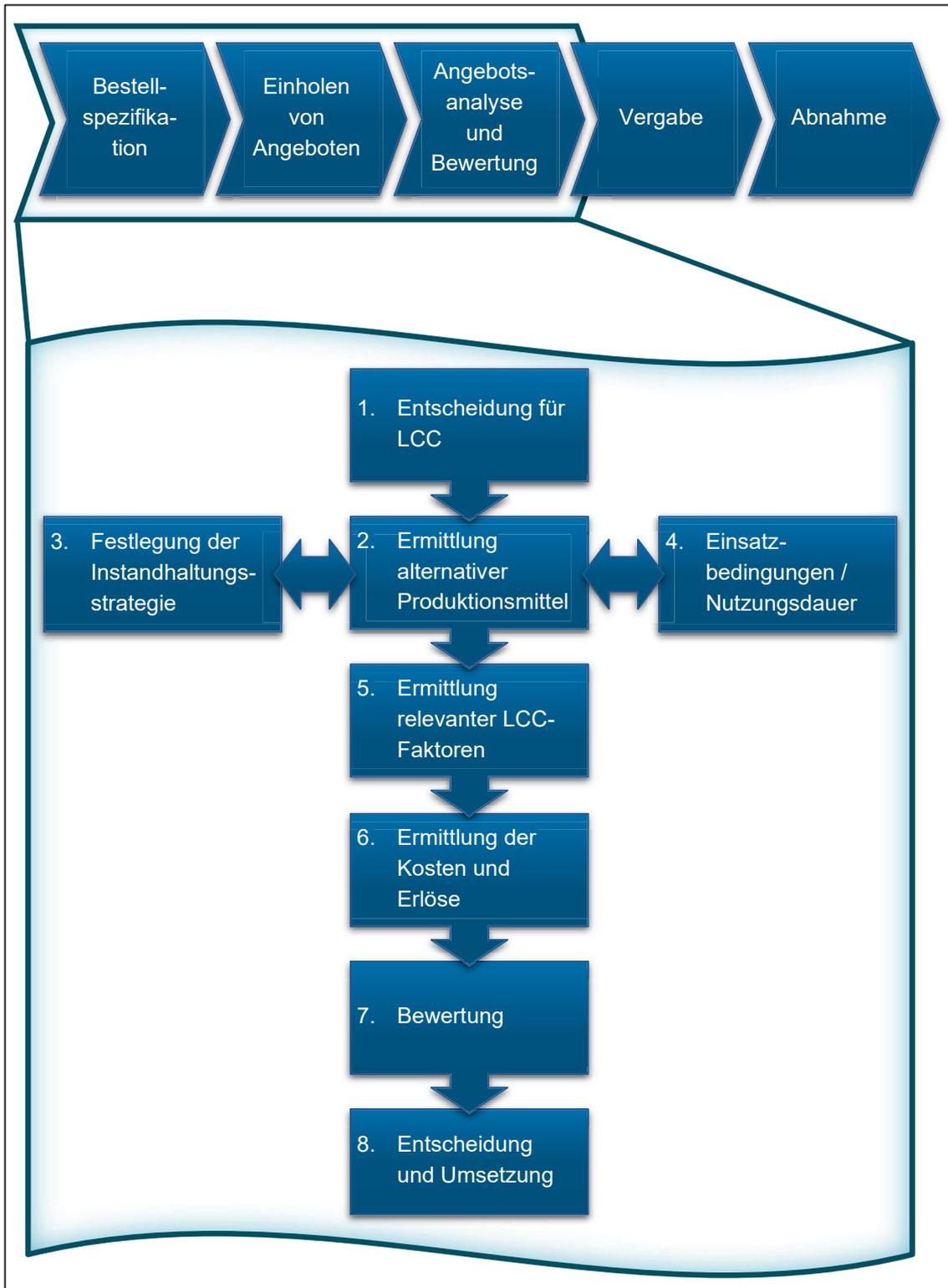


Abbildung 9: LCC Vorgehensweise laut VDI 2884¹¹³

2. Schritt: Ermittlung alternativer Produktionsmittel

Am Markt sind die geeigneten und verfügbaren Produktionsmittel zu ermitteln. Diese müssen zuerst die Anforderung aus dem Pflichtenheft erfüllen. Mit den

¹¹³ Quelle: In Anlehnung an VDI 2884 (2005), S. 7

Produktionsmitteln, die diese Anforderungen erfüllen, kann in weiterer Folge eine Lebenszyklusbetrachtung zur Entscheidungsfindung herangezogen werden.¹¹⁴

3. Schritt: Festlegung der Instandhaltungsstrategie

Für eine Prognose der zu erwartenden Instandhaltungskosten ist es von Vorteil, die Instandhaltungsstrategie in Zusammenarbeit von Hersteller und Betreiber festzulegen. In diesem Schritt wird entschieden, nach welchen Grundsätzen und in welchem Umfang die Instandhaltung durchgeführt wird. Die vielfältigen Einflussgrößen sind bei dieser Entscheidung zu beachten.¹¹⁵

4. Schritt: Einsatzbedingungen / Nutzungsdauer

Um eine Auswahl zwischen den verschiedenen Anlagen treffen zu können, müssen neben technischen Spezifikationen und Leistungsdaten auch die Einsatzbedingungen, unter denen die Anlage betrieben wird, und die geplante Nutzungsdauer festgestellt werden.¹¹⁶

Die Erfassung der Einsatzbedingungen, unter denen das Produktionsmittel betrieben wird, ist als Vorleistung des Betreibers zu verstehen. Die spezifischen Einsatzbedingungen haben direkte Auswirkungen auf Instandhaltungs- sowie Produktionskosten. Auf Basis der Einsatzbedingungen kann heute von einem sachkundigen und kundenorientierten Hersteller erwartet werden, konkrete Angaben zu Instandhaltungs- sowie Produktionsbedarf zu geben. Anhand dieser Informationen lassen sich die Instandhaltungs- sowie Produktionskosten prognostizieren. Zur Reduzierung des Aufwandes für die Lebenszyklusbetrachtung werden die Einsatzbedingungen über die festgelegte Nutzungsdauer meist als konstant angenommen.¹¹⁷

Die geplante Nutzungsdauer dient als Vergleichsgrundlage. Je nachdem, wie lange die Nutzungsdauer ist, spielen die Investitionskosten oder die Nutzungskosten eine wichtigere Rolle. Da die Nutzungsdauer einen wesentlichen Einfluss auf Lebenszykluskosten hat, wird empfohlen, alle relevanten Entscheidungsträger in die Abschätzung der Nutzungsdauer miteinzubeziehen.¹¹⁸

5. Schritt: Ermittlung relevanter LCC-Faktoren

Dieser Schritt erfasst alle relevanten Kosten und Faktoren, die in der LCC-Betrachtung berücksichtigt werden sollen. Bei der Auswahl der Kosten und Faktoren ist darauf zu achten, dass mit steigender Anzahl an Faktoren und Kosten auch der Aufwand für die Lebenszyklusbetrachtung steigt. Zur Eruiierung aller entscheidenden Faktoren und Kosten, sollte ein interdisziplinäres Team aus den kaufmännischen und technischen Bereichen herangezogen werden. Zur Unterstützung dieser Aufgabe listet die VDI 2884 unterschiedliche Kosten und Faktoren auf. Die Richtlinie weist darauf hin, dass die Sammlung der Kosten und Faktoren nicht vollständig ist und im spezifischen

¹¹⁴ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 9

¹¹⁵ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 9

¹¹⁶ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 10

¹¹⁷ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 10 f.

¹¹⁸ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 11

Anwendungsfall angepasst bzw. ergänzt werden kann. Die Kosten und Faktoren werden in drei Bereiche unterteilt. Zuerst werden die Kosten und Faktoren vor der Nutzung betrachtet und anschließend folgen jene während der Nutzung. Der dritte Bereich ist jener nach der Nutzung. Zur besseren Übersicht werden die drei Bereiche zusätzlich in Teilbereiche segmentiert.¹¹⁹

Vor der Nutzung werden allgemeine Beschaffungskosten und Folgekosten der Beschaffung analysiert. Auch qualitative Werte werden unter den weiteren Bewertungskriterien berücksichtigt. Für die einzelnen Kosten und Faktoren wird in der VDI 2884 angegeben, ob die Information durch den Hersteller oder Betreiber bereitzustellen ist. Die Zuteilung der einzelnen Kosten und Faktoren zu ihren Teilbereichen erfolgt in Tabelle 7.¹²⁰

Tabelle 7: Kosten und Faktoren vor der Nutzung laut VDI 2884¹²¹

Vor der Nutzung		
Allgemeine Beschaffungskosten	Folgekosten der Beschaffung	Weitere Bewertungskriterien
<ul style="list-style-type: none"> • Bedarfsermittlungskosten • Kosten für Marktanalyse • Anschaffungspreis pro Maschine • Kapitalbeschaffungskosten • Frachtkosten • Zusätzliche Garantiekosten • Kosten für Umbaumaßnahmen • Kosten für Aufbau / Einbau • Kosten der Inbetriebnahme • Ersatzteilkosten (Erstausstattung) • Kosten zusätzlicher Anlagen (Peripheriegeräte) • Planungs- und Angebotskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Personalbeschaffungskosten • Kosten für zusätzliches Personal • Kosten für Schulungen • Reisekosten • Hardwarekosten • Softwarekosten • Kosten für Beratung 	<ul style="list-style-type: none"> • Lieferzeit • Marktstellung des Lieferanten • Kundenorientierung • Garantieleistungen

Die Kosten und Faktoren während der Nutzung werden in die Teilbereiche Betriebs- und Hilfsstoffe, Instandhaltungskosten und Ersatzteile sowie Leistungs- und Qualitätsangaben gegliedert. Für jedes Kriterium werden die notwendigen Mengen und Kosten wie in Tabelle 8 ermittelt.¹²²

¹¹⁹ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 11 f.

¹²⁰ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 11 f.

¹²¹ Quelle: In Anlehnung an VDI 2884 (2005), S. 12

¹²² Vgl. VDI 2884 (2005), S. 11 ff.

Tabelle 8: Teilbereiche während der Nutzung laut VDI 2884¹²³

Während der Nutzung							
	Einheit	Bedarf pro Betriebsstunde	Kosten pro Einheit	Mehrmalige Kosten	Einmalige Kosten	Summe Kosten	Erlöse
Betriebs- und Hilfsstoffe							
Instandhaltungskosten und Ersatzteile							
Leistungs- und Qualitätsangaben							

In Tabelle 9 werden die Kosten und Faktoren für die Lebenszyklusphase während des Betriebes dargestellt. Für eine leichtere Handhabbarkeit sind sie in die drei Teilbereiche untergliedert.

Tabelle 9: Kosten und Faktoren während der Nutzung laut VDI 2884¹²⁴

Während der Nutzung		
Betriebs- und Hilfsstoffe	Instandhaltungskosten und Ersatzteile	Leistungs- und Qualitätsangaben
<ul style="list-style-type: none"> • Wasser • Luft • Gase • Schmiermittel • Kühlmittel • Hydrauliköl • Elektrische Leistungsaufnahme im Leerlauf • Elektrische Leistungsaufnahme unter Last • Personalaufwand für die Bedienung • Notwendige Qualifikation • Raumkosten / m² • Werkzeugkosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Reinigungsaufwand • Wartungsaufwand • Inspektionsaufwand • Instandsetzungsaufwand • Generalüberholung / Revision • Ersatzteilkosten / Ersatzteilbevorratung • Sonderwerkzeuge, z.B. Hebezeuge • Kosten für Service • Garantieleistungen • Kosten für Software / Softwareentwicklungen • Kosten zur Reinigung von Emissionen und Entsorgung von Hilfs- und Betriebsstoffen • Änderungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionskapazität (Maschinenleistung) • Garantie technischer Verfügbarkeit (VDI 3423) • Meantime between Failure (MTBF) • Meantime to Repair (MTTR) • Rüstzeiten • Reaktionszeit des Kundendienstes

In der letzten Phase des Lebenszyklus werden alle Kosten und Faktoren, die nach der Nutzung der Maschine bzw. Anlage anfallen, ermittelt. In Tabelle 10 sind die jeweiligen Kosten und Faktoren ihren Teilbereichen Außerbetriebnahme und Verwertung zugeordnet. Für jede Position werden die Kosten sowie Erlöse ermittelt.¹²⁵

¹²³ Quelle: In Anlehnung an VDI 2884 (2005), S. 12 ff.

¹²⁴ Quelle: In Anlehnung an VDI 2884 (2005), S. 12 ff.

¹²⁵ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 16 ff.

Tabelle 10: Kosten und Faktoren nach der Nutzung laut VDI 2884¹²⁶

Nach der Nutzung	
Außerbetriebnahme	Verwertung
Entsorgung von Betriebsstoffen	Endlagerungskosten
Demontagekosten	Verkauf
Rückbaukosten	Recyclingkosten / Wiederverwendung
Rekultivierungskosten	Verschrottung
Sanierungskosten	Auflösung des Lagerbestands / Verwertung der Ersatzteile
Kosten für notwendige Gutachten	Weiterverwendungswert

Die vollständige Darstellung der Tabellen für die LCC-Faktoren aus der VDI 2884 stehen im Anhang zur Verfügung.

6. Schritt: Ermittlung der Kosten und Erlöse

Nachdem im vorherigen Schritt entschieden wurde, welche Kosten und Faktoren betrachtet werden, folgt in diesem Schritt die Erhebung dieser Kosten und Faktoren. Dies ist einer der aufwendigsten Schritte der LCC-Analyse. Entscheidend ist eine eindeutige Definition der Kosten und Faktoren für alle Beteiligten.¹²⁷

7. Schritt: Bewertung

Bei der Bewertung der unterschiedlichen Produktionsmittel werden in erster Linie die zu erwartenden Erlöse und Kosten verglichen. Diese Bewertung kann sowohl qualitativ als auch quantitativ durchgeführt werden (siehe Abschnitt 2.5.2). Bei der quantitativen Bewertung wird noch zusätzlich zwischen statischen und dynamischen Investitionsrechnungen unterschieden. Die Betrachtung der gesamten Nutzungszeit bei der dynamischen Investitionsrechnung entspricht der Anschauung der Lebenszykluskostenrechnung. Daher ist diese der einfacheren zu handhabenden statischen Investitionsrechnung zu bevorzugen (siehe Abschnitt 2.1.2). Als geeignetes Instrument zur Berechnung der dynamischen Investitionskosten hat sich die Kapitalwertmethode erwiesen.¹²⁸

8. Schritt: Entscheidung und Umsetzung

Die Entscheidung über den Kauf eines Produktionsmittels ist zwar grundsätzlich durch die schwierige Vorhersage der Lebenszykluskosten mit Unsicherheit behaftet, jedoch auf Basis der durchgeführten Bewertung kann eine zuverlässige Entscheidung nach wirtschaftlichen und strategischen Gesichtspunkten getroffen werden. Durch eine Sensitivitätsanalyse kann die Sicherheit einer LCC-Betrachtung erhöht werden (siehe Abschnitt 2.1.2).¹²⁹

¹²⁶ Quelle: In Anlehnung an VDI 2884 (2005), S. 16 f.

¹²⁷ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 17

¹²⁸ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 17 f.

¹²⁹ Vgl. VDI 2884 (2005), S. 18 f.

2.5.4 VDMA 34160

Das VDAM-Einheitsblatt 34160 beschreibt die strukturierte Definition und Prognose von Lebenszykluskosten bei Maschinen, Anlagen und Komponenten. Dieses Einheitsblatt versteht unter Lebenszykluskosten „... die Summe aller zum bestimmungsgemäßen Gebrauch einer geeignet ausgelegten Maschine oder Anlage erforderlichen Aufwendungen von der Anschaffung bis zur Entsorgung...“.¹³⁰ Zur Ermittlung der Lebenszykluskosten stellt die VDMA 34160 ein Prognosemodell zur Verfügung. Anwendung findet das Modell sowohl beim Maschinen- und Anlagenhersteller als Marketinginstrument sowie zur Angebotserstellung mit ganzheitlicher Kostenbetrachtung, als auch beim Maschinen- und Anlagenbetreiber als Grundlage für eine standardisierte, vergleichbare Ausschreibung von Investitionen.¹³¹

Aufbau des Prognosemodells

Betrachtet wird der Zeitraum von der Anschaffung der Maschine bzw. Anlage bis zum Ende der festgelegten Nutzungsdauer. Ereignisse vor oder nach dem Betrachtungszeitraum werden nur berücksichtigt, wenn dadurch Kosten im Betrachtungszeitraum anfallen. Genauso fließen keine Finanzierungskosten, Kapitalkosten oder andere Preiseffekte in die Berechnung ein.¹³²

Das Modell unterteilt den Betrachtungszeitraum, wie auch die VDI 2884, in drei Phasen. Diese sind Entstehung, Betrieb und Verwertung. In der Entstehungsphase liegt der Fokus auf der Anschaffung, der Inbetriebnahme und der Infrastruktur. Die Nutzung der Maschine bzw. Anlage und der Erhalt ihrer Funktionen sowie Material und Produkt werden in der Betriebsphase behandelt. Die Verwertungsphase befasst sich mit dem Verkauf und der Entsorgung der Maschine oder Anlage.¹³³

Ein großer Vorteil bei dem Modell der VDMA 34160 ist, dass es modular aufgebaut ist. Das Modell ist in mehrere Ebenen gegliedert, wodurch ein flexibler Detaillierungsgrad entsteht, wie in Abbildung 10 dargestellt.

Die Kostenelemente werden in Kostenblöcke zusammengefasst und der passenden Lebenszyklusphase zugeordnet. Ein Kostenblock ist zum Beispiel die Instandhaltung in der Lebenszyklusphase Betrieb, mit den Kostenelementen Wartung und Inspektion, geplante Instandsetzung und ungeplante Instandsetzung. Dabei können die Kosten für die einzelnen Kostenelemente ermittelt werden oder es wird ein Pauschalbetrag für die gesamte Instandhaltung angegeben. Einzelne Kostenblöcke, die das VDMA Modell vorgibt, können zusammengefasst oder in einer zusätzlichen Ebene aufgeteilt werden.¹³⁴

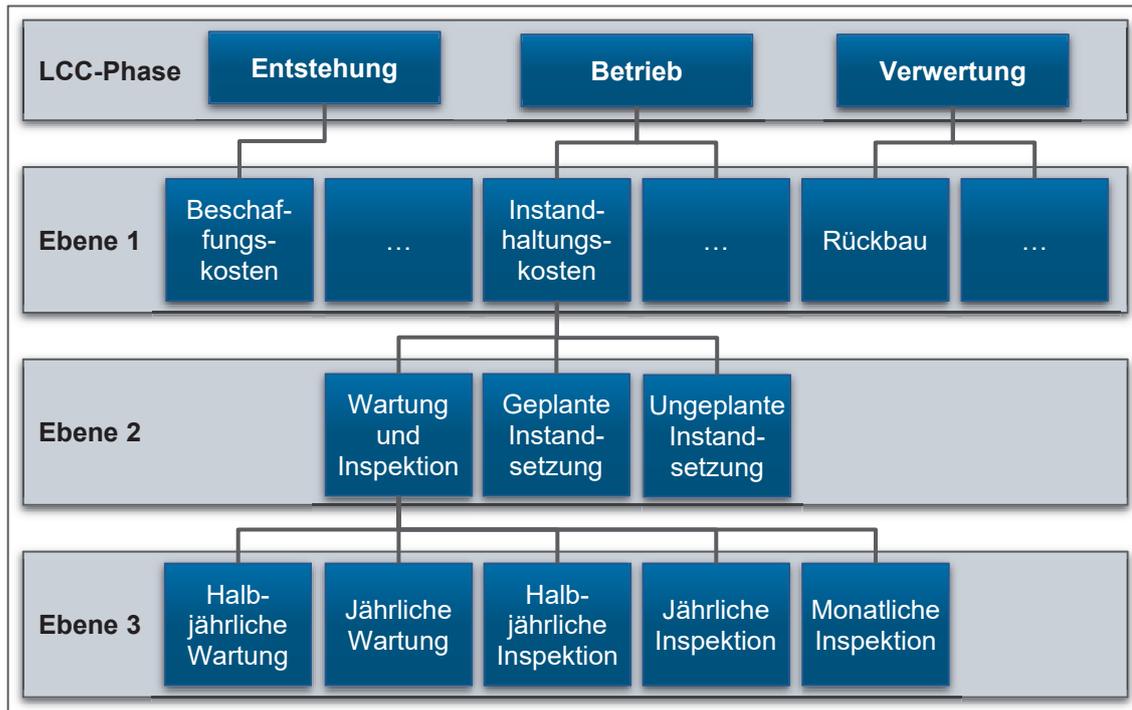
¹³⁰ Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 2

¹³¹ Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 2 f.

¹³² Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 3

¹³³ Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 3

¹³⁴ Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 4

Abbildung 10: Kostenblockstruktur des VDMA-Modells¹³⁵

Erhebung der Lebenszykluskosten

Die Rahmenbedingungen für den Betrieb der Maschine bzw. Anlage bilden die Basis, auf der die Lebenszykluskosten erhoben werden. Neben der technischen Spezifikation der Maschine bzw. Anlage und der Anzahl der zu produzierenden Produkte, gehören folgende Grunddaten zu den Rahmenbedingungen:¹³⁶

- Lastkollektiv: Prozentuelle Verteilung der Lastenarten in Volllast, Teillast oder Leerlauf
- Betrachtungszeitraum: Zeitraum der vom Betreiber geplanten Nutzung
- Betriebsstunden der Maschine pro Jahr
- Qualitätsgrad: Anteil von Gutteilen an allen produzierten Produkten
- Produktionsleistung: Durchschnittliche Anzahl von produzierten Einheiten pro Stunde
- Vorgänge pro Jahr: Durchschnittliche Anzahl an geplanten Arbeitsvorgängen pro Jahr
- Gutteile: Produzierte Gutteile pro Jahr (geplant)

Bei Verwendung des Modells für Ausschreibungen spezifiziert der Betreiber die Rahmenbedingungen und gibt den Detaillierungsgrad vor. Nutzt der Hersteller das Modell zur Erstellung eines freien Angebots, so bestimmt er selbst die Rahmenbedingungen und den Detaillierungsgrad. In beiden Fällen werden die Kosten aus der Sicht des Betreibers ermittelt. Auch Leistungen, die der Betreiber selbst durchführt, sind miteinzubeziehen. Die Kostenelemente, die das VDMA-Modell für die Entstehungsphase vorschlägt, sind bis zur zweiten Ebene in Tabelle 11 aufgelistet.¹³⁷

¹³⁵ Quelle: eigene Darstellung auf Basis von VDMA 34160 (2006), S. 4 ff.

¹³⁶ Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 4 f.

¹³⁷ Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 4 f.

Tabelle 11: Kostenelemente der VDMA 34160 in der Entstehungsphase¹³⁸

Entstehungsphase		
Ebene 1	Ebene 2	Beschreibung
Beschaffungskosten		Preis aller Entstehungsleistungen bis zum Produktionsbeginn
	Anschaffungspreis	Preis der Maschine mit gesetzlicher Gewährleistung
	Werkzeugerstausrüstung	Preis der Werkzeuge, die mit der Maschine beschafft werden
	Ersatzteilkpaket	Preis für Ersatzteile, die mit der Maschine beschafft werden
	Garantieverlängerung	Preis für die Verlängerung der Garantie gemäß Anforderung. Negativ bei Garantieverkürzung
	Installationskosten	Summe aller Installationskosten
	Frachtkosten	Kosten für den Transport der Maschine zum Aufstellort
	Zollkosten	Kosten für Verzollung, Ein- und Ausfuhr
	Sonstige Beschaffungskosten	Kosten zur Ersts Schulung des Bedienpersonals
Infrastrukturkosten		Kosten zur Einrichtung des Aufstellorts und zur Einbindung der Maschine in die Umgebung
	Neu- und Umbaukosten	Kosten für Neu- und Umbauten insbesondere an Gebäuden und anderen Einrichtungen
	Versorgungs- und Entsorgungnetzwerke	Kosten zur Anbindung an Versorgung und Entsorgung von Energie, Hilfsstoffen, Daten u. ä.
	Netzinfrastuktur	Kosten für die Erstellung von Versorgungs- und Entsorgungnetzwerken, z. B. Aufbau von Druckluftversorgung
	Sonstige Infrastrukturkosten	z. B. Versicherungskosten, Programmierkosten (EDV, Telefonanbindung) usw.
Sonstige Entstehungskosten		Sonstige Kosten der Entstehung

Die Beschreibung der Kostenelemente in der Betriebsphase erfolgt in Tabelle 12. Diese Tabelle dient als Übersicht der enthaltenen Kostenelemente in der Betriebsphase. Die Gliederung in weitere Ebenen können dem Anhang entnommen werden.

¹³⁸ Quelle: In Anlehnung an VDMA 34160 (2006), S. 6 f.

Tabelle 12: Kostenelemente der VDMA 34160 in der Betriebsphase¹³⁹

Betriebsphase		
Ebene 1	Ebene 2	Beschreibung
Gesamte Betriebskosten pro Jahr	Gesamte Betriebskosten pro Jahr	Summe der Einzelkosten für den Betrieb und die Erhaltung der Funktionsfähigkeit pro Jahr
	Wartung & Inspektion	Summe aller Einzelkosten pro Jahr, die zur Wartung und Inspektion der Maschine notwendig sind, im Nachfolgenden mit Wartung bezeichnet und je Wartungsvorgang n darstellbar
	Geplante Instandsetzung	Summe aller Einzelkosten pro Jahr, die zur geplanten Instandsetzung der Maschine notwendig sind, dargestellt je Instandsetzungsvorgang n
	Ungeplante Instandsetzung	Summe aller Einzelkosten pro Jahr, die zur ungeplanten Instandsetzung der Maschine notwendig sind, dargestellt je ungeplanten Instandsetzungsvorgang n
	Raumkosten	Summe der Raumkosten für die Maschinen oder Komponente pro Jahr je betrachteter Maschine oder Komponente n
	Materialkosten und Rohstoffe	Durchschnittliche Materialkosten pro Jahr je Material n
	Energiekosten	Durchschnittliche Energiekosten der Maschinen im geplanten Lastkollektiv
	Hilfs- und Betriebsstoffe	Durchschnittliche Kosten für Hilfs- und Betriebsstoffe im geplanten Lastkollektiv je Hilfs- oder Betriebsstoff n
	Entsorgungskosten	Durchschnittliche Entsorgungskosten im geplanten Lastkollektiv je Materialart n
	Personalkosten	Durchschnittliche Personalkosten zum Betreiben der Maschine im Lastkollektiv je Personalgruppe n
	Werkzeugkosten	Durchschnittliche Werkzeugkosten zum Betreiben der Maschine im Lastkollektiv je Werkzeug n
	Rüstkosten	Durchschnittliche Rüstkosten beim Betreiben der Maschine im Lastkollektiv je Rüstvorgangsart n
	Lagerkosten	Durchschnittliche Lagerkosten für Werkzeuge, Ersatzteile usw. pro Jahr je Teil und Lagerort n
Sonstige Betriebskosten	Sonstige jährliche Betriebskosten, z. B. Updatekosten für Software, zusätzliche Dokumentation usw.	

Die Kosten in der Betriebsphase werden immer auf ein Jahr bezogen. Ereignisse, die mehrjährig oder öfters im Jahr vorkommen, müssen auf ihre jährliche Häufigkeit umgerechnet werden. Zum Beispiel werden Instandhaltungen, die alle 9 Monate durchgeführt werden, mit einem Faktor von 1,33 berücksichtigt, Revisionen, die alle 4 Jahre benötigt werden, mit einem Faktor von 0,25. Die gesamten Betriebskosten pro Jahr werden abschließend mit der Anzahl an Jahren im Betrachtungszeitraum multipliziert, um die vollständigen Kosten in der Lebenszyklusphase Betrieb zu erhalten.

¹³⁹ Quelle: In Anlehnung an VDMA 34160 (2006), S. 7 ff.

Des Weiteren ist zu beachten, dass die Daten auf Basis der gewählten Rahmenbedingungen erhoben werden.¹⁴⁰

Die Kostenelemente in der Verwertungsphase werden in Tabelle 13 zusammengefasst. Genauso wie für die Lebenszyklusphasen Entstehung und Betrieb, werden nur die ersten zwei Ebenen dargestellt.

Tabelle 13: Kostenelemente der VDMA 34160 in der Verwertungsphase¹⁴¹

Verwertungsphase		
Ebene 1	Ebene 2	Beschreibung
Rückbau		Kosten für den Rückbau
	Demontage und Außerbetriebnahme	Kosten zur Demontage und Außerbetriebnahme
	Logistikkosten	Kosten zum Abtransport der Maschine
	Verschrottungskosten	Kosten zur Verschrottung der Maschine
	Entsorgungskosten	Kosten zur Entsorgung von Material, Hilfs- und Betriebsstoffen, Werkzeugen, usw.
	Sanierung	Kosten für Rückbau und Sanierung der Infrastruktur, z. B. Gebäude, Grundstücke
Restwert	Restwert	Restwert oder potentieller Preis am Ende des Betrachtungszeitraums (mit negativem Vorzeichen angeben)
Sonstige Verwertungskosten	Sonstige Verwertungskosten	Sonstige Kosten und Erlöse der Verwertung

Die vollständige Darstellung der Tabellen für die Kostenelemente aus der VDMA 34160 stehen im Anhang zur Verfügung.

2.5.5 Maintenance-Total-Cost-of-Ownership Verfahren (M-TCO)

Das M-TCO Verfahren stammt von der Daimler AG. Diese suchte nach Optimierungsmöglichkeiten in der Instandhaltung von Produktionsanlagen. Insbesondere sollte die technische Verfügbarkeit nach der zweijährigen Gewährleistungszeit dieser Maschine bzw. Anlagen verbessert werden. Dafür muss die Qualität dieser Anlage für einen langen Zeitraum bereits bei der Beschaffung bewertet und verglichen werden können. Mit dem M-TCO Verfahren soll erreicht werden, dass beim Angebotsvergleich nicht mehr die billigste Maschine bzw. Anlage den Zuschlag erhält, sondern jene, die langfristig die beste Qualität und die niedrigsten Instandhaltungskosten garantiert.¹⁴²

Die Idee bestand darin, den Anlagenhersteller zu verpflichten, eine Garantie über die maximalen Instandhaltungsmaßnahmen besonders teurer oder kritischer Komponenten

¹⁴⁰ Vgl. VDMA 34160 (2006), S. 7 f.

¹⁴¹ Quelle: In Anlehnung an VDMA 34160 (2006), S. 12 f.

¹⁴² Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 82

der Anlage zu geben. Über das Controlling werden die Zusagen des Herstellers überprüft sowie frühzeitige Abweichung erkannt und Gegenmaßnahmen getroffen. Langfristig soll sich dadurch eine enge Zusammenarbeit zwischen Anlagenhersteller und -betreiber entwickeln, die der kontinuierlichen Verbesserung der Produktionsanlage dienen soll.¹⁴³

Aufbau des M-TCO Verfahrens

Ziel des M-TCO Verfahrens ist es, die Instandhaltungskosten kritischer und teurer Anlagenkomponenten zu limitieren. Aus Komplexitätsgründen soll dabei nicht jede einzelne Komponente betrachtet werden, sondern nur jene Komponenten, die in Summe mehr als die Hälfte der Instandhaltungskosten verursachen. In der Regel sollte eine Anzahl von sieben bis dreizehn Komponenten angestrebt werden. In der Praxis können damit bis zu 80 Prozent der Kosten erfasst werden. Für jede Komponente werden vom Anlagenhersteller die Maximalwerte folgender Kennzahlen verlangt:¹⁴⁴

- Mean Time Between Failure (MTBF)
- Mean Costs of Replacement Parts (MCRP)
- Mean Time to Repair (MTTR)

Um den gesamten Prozess von der Anlagenausschreibung über die Vergabe bis zur Überwachung der Anlage und den Datenaustausch mit dem Hersteller übersichtlich darzustellen, wurde das M-TCO Verfahren in die drei Phasen Ausschreibungsphase, Inbetriebnahmephase und Betriebsphase unterteilt.¹⁴⁵

In der Ausschreibungsphase werden zusätzlich zu den üblicherweise geforderten Dokumenten die Maximalwerte der drei oben genannten Instandhaltungskennzahlen von den Anlagenherstellern verlangt. Diese dienen zum Vergleich der einzelnen Angebote. Die Zusage des Herstellers zu diesen Grenzwerten wird vertraglich festgehalten.¹⁴⁶

In der Inbetriebnahmephase wird die Umsetzung und Inbetriebnahme der Anlage zu verhandelten Bedingungen überwacht. Treten während dieser Phase Umbauten an der Anlage auf, so wird der Vertrag an die neuen Gegebenheiten angepasst.¹⁴⁷

In der letzten Phase, der Betriebsphase, findet die Überwachung der zugesagten Grenzwerte (MTBF, MCRP und MTTR) statt. Die Überwachung wird so lange durchgeführt, wie im Vertrag festgelegt wurde. Üblicherweise wird dafür die Nutzungsdauer der Anlage gewählt oder der Zeitraum, bis eine festgelegte Stückzahl erreicht wurde. Eine maximale Stückzahl wird zur Festlegung des Überwachungszeitraumes festgelegt, wenn der Anlagenbetreiber sich die Option offenlassen möchte, die Anlage stärker auszulasten, als vertraglich ausbedungen wurde. In der Betriebsphase wird der Anlagenhersteller über den Status der einzelnen Anlagenkomponenten regelmäßig informiert. Als übliches Intervall für Informationsupdates empfiehlt die Literatur 180 Tage.¹⁴⁸ Werden die zugesagten Grenzwerte von MTBF, MCRP oder MTTR überschritten, wird ein festgelegter KVP-

¹⁴³ Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 82 f.

¹⁴⁴ Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 83 ff.

¹⁴⁵ Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 83 f.

¹⁴⁶ Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 84

¹⁴⁷ Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 85

¹⁴⁸ Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 85

Prozess gestartet. Die Optimierungsmaßnahmen zur Einhaltung der Grenzwerte werden von Anlagenhersteller und -betreiber gemeinsam ausgearbeitet. Zur leichteren Überwachung der Anlagenkomponenten wurde die sogenannte TCO-Ampel eingeführt. Sie entspricht einer normalen Verkehrsampel, ergänzt um die Signalfarbe blau. Die einzelnen Farben der Ampel haben folgende Bedeutung:¹⁴⁹

- **Grün:** Die überwachten Anlagenkomponenten befinden sich innerhalb der vertraglich vereinbarten Grenzwerte (MTBF, MCRP, MTTR).
- **Gelb:** Mindestens ein Grenzwert (MTBF, MCRP, MTTR) einer Komponente hat den vereinbarten Wert überschritten. Der Anlagenhersteller wird sofort informiert und sofortige Verbesserungsmaßnahmen werden eingeleitet, um den grünen Zustand, betrachtet auf die Gesamtlaufzeit, wieder erreichen zu können.
- **Rot:** Der vertraglich vereinbarte Bereich wurde deutlich überschritten. Es müssen dringend Gegenmaßnahmen mit dem Anlagenhersteller getroffen werden, um die vertraglich festgelegten Instandhaltungskosten einhalten zu können.
- **Blau:** Bei einer Komponente haben die Instandhaltungskennzahlen (MTBF, MCRP, MTTR) den maximal zulässigen Wert für den gesamten Betrachtungszeitraum überschritten. Zum Beispiel schaltet die Ampel auf Blau, wenn bei einer Laufzeit von zehn Jahren und bei einem festgelegtem MTBF von zwei Jahren die Komponente vor Laufzeitende sechsmal ausgetauscht werden muss. Egal welche Verbesserungen noch durchgeführt werden, ein MTBF von zwei Jahren ist nicht mehr erreichbar.

¹⁴⁹ Vgl. Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009), S. 85 ff.

3 Ausarbeitung des LCC-Modells für die AT&S AG

Das Lebenszykluskostenmodell soll der AT&S AG dazu dienen, die richtige Investitionsentscheidung beim Kauf von Maschinen und Anlagen zu treffen. Die AT&S AG nimmt dabei die Rolle des Betreibers ein. Deshalb wurde das LCC-Modell aus Kundensicht, wie in Abschnitt 2.4 beschrieben, konzipiert. In Abschnitt 2.5.2 zeigt Tabelle 4, dass für Investitionsgüter ein Standardmodell erstellt werden soll, welches modular für unterschiedliche Investitionsvorhaben eingesetzt werden kann. Genauso besitzt das LCC-Modell der AT&S AG eine einheitliche Grundstruktur, die flexibel auf die unterschiedlichsten Investitionen angepasst werden kann. Eine qualitative Analyse der Anforderungen an Maschinen und Anlagen besteht bereits bei der AT&S AG (siehe Abschnitt 1.1). Daher sind im Lebenszykluskostenmodell für die AT&S AG nur quantitative Kosten und Erlöse berücksichtigt. Die in Abschnitt 2.5 erwähnten LCC-Modelle sind die Basis, auf der das Lebenszyklusmodell der AT&S AG aufgebaut ist. Für die individuelle Anpassung des LCC-Modells wurden zuerst alle involvierten Abteilungen des Unternehmens bestimmt, wodurch die Hauptanwender des LCC-Modells erfasst werden konnten. In Zusammenarbeit mit dem Projektteam und den involvierten Abteilungen konnte der derzeitige Beschaffungsprozess in der AT&S AG dargestellt werden und sowohl die Ziele als auch die Anforderungen an das LCC-Modell festgelegt werden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde das AT&S LCC-Modell und das LCC-Excel-Tool entwickelt. Die Funktionalität des Excel-Tools wurde nach dessen Fertigstellung noch an einem Fallbeispiel geprüft.

3.1 Involvierte Abteilungen

Wie oben bereits beschrieben, wurden zu Beginn der Arbeit alle involvierten Abteilungen im Unternehmen ermittelt. Dafür wurde mit dem Projektteam ein Brainstorming durchgeführt, um alle Abteilungen zu erfassen, auf die das Life Cycle Costing Einfluss haben könnte bzw. von denen Daten und Informationen für das Life Cycle Costing benötigt werden. Zusammen mit diesen Abteilungen wurde der aktuelle Ablauf des Beschaffungsprozesses der AT&S AG erhoben, die Ziele und Anforderungen an das LCC-Modell definiert sowie die Hauptanwender für das AT&S LCC-Modell eruiert. Als Hauptanwender stellten sich die Mitarbeiter der Produktion heraus, mit denen im weiteren Verlauf enger zusammengearbeitet wurde.

Anschließend sind die involvierten Abteilungen mit deren Relevanz auf die Erstellung des AT&S LCC-Modells aufgelistet:

Buchhaltung

Die Buchhaltung liefert Informationen über die Investitionskosten der bestehenden Anlagen. Außerdem ist die Buchhaltung an einer besseren Kostenabschätzung der zukünftigen Instandhaltungskosten interessiert.

Business Process Excellence (BPE)

Die Abteilung Business Process Excellence ist ein inhouse Consulting Team von Experten mit unterschiedlichen Kompetenzen, die alle Unternehmensbereiche bei langfristigen Prozessentwicklungen sowie bei mittel- und längerfristigen Projekten unterstützt. Die Kompetenzen der BPE unterteilen sich in Instandhaltung, Gebäude- und Energiemanagement, Supply Chain, Zeitwirtschaft, Industrie 4.0 und digitale Transformation sowie Produktion und Automatisierung.

Die Initiierung für die Einführung eines LCC-Modells in der AT&S AG ging von der Abteilung BPE aus. Im Projektteam sind die Mitarbeiter aus den Bereichen Instandhaltung, Gebäude- und Energiemanagement sowie Industrie 4.0 und digitale Transformation involviert.

Controlling

Das Controlling liefert einige Daten, die bei der Erstellung des Modells hilfreich sind. Dazu gehören Daten wie zum Beispiel die Kostenaufschlüsselung der derzeitigen Maschinen und Anlagen. Dies hilft bei der Auswahl der wichtigsten Kostentreiber. Des Weiteren sind die Controllingdaten wichtig zur Berechnung der zukünftigen Kosten von neuen Maschinen und Anlagen.

EHS

Die Abteilung Environmental, Health and Safety (EHS) muss bei jeder Maschinen- und Anlagenbeschaffung überprüfen, welche umweltpolitischen, gesundheitlichen und sicherheitsrelevanten Auswirkungen diese Beschaffung auf das Unternehmen hat.

IH + Utility

Anlagen haben Auswirkungen auf die Instandhaltung (IH), Energie- und Wasserversorgung. Diese würden von einer transparenten Darstellung der Lebenszykluskosten profitieren, da dadurch die Planung der zukünftigen Kosten erleichtert wird. Zudem stellt diese Abteilung die aktuellen Instandhaltungskosten und Energiekosten zur Verfügung, welche für den Vergleich der tatsächlichen mit den prognostizierten Lebenszykluskosten notwendig sind.

IT

Die IT Abteilung gibt Aufschluss darüber, ob Daten in Datenbanken vorhanden sind und wie auf diese zugegriffen werden kann. Auch Informationen für automatisierte Datenauswertung bietet diese Abteilung.

Production Planning and Control

Diese Abteilung ist für den Produktionsablauf verantwortlich. Neue Maschinen und Anlagen müssen in den Produktionsablauf eingepflegt werden und der Produktionsablauf selbst an die neuen Maschinen und Anlagen angepasst werden.

Produktion

Die Mitarbeiter der Produktion sind die Hauptanwender des LCC-Modells. Diese erstellen die Spezifikationen der Maschinen und Anlagen und arbeiten eng mit den

Maschinen- und Anlagenherstellern zusammen. Daher wissen sie auch am ehesten über die Kosten der zu beschaffenden Maschine bzw. Anlage Bescheid. Für die Produktion ist sowohl die transparente Darstellung der Lebenszykluskosten sowie der Vergleich zwischen den prognostizierten und den tatsächlich angefallenen Kosten als auch eine einfache Handhabung des LCC-Excel-Tools wichtig.

Purchasing

Der Einkauf spielt eine zentrale Rolle in der Anlagenbeschaffung, da dieser den Kaufvertrag mit dem Anlagenlieferanten aushandelt. Das AT&S LCC-Modell kann ihm durch die transparentere Kostendarstellung helfen herauszufinden, bei welchen Positionen eine Nachverhandlung des Preises am profitabelsten ist.

Quality

Die Qualitätsabteilung führt eine Qualifizierung bei der installierten Maschine oder Anlage durch. Erst durch das positive Bestehen der Qualifizierung wird die Maschine bzw. Anlage vom Lieferanten abgenommen und kann die Produktion gestartet werden.

Sustainability

Jede Maschine bzw. Anlage hat Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit des Unternehmens. Für eine Nachhaltigkeitsbetrachtung von Maschinen bzw. Anlagen, muss deren Input und Output erfasst und ausgewertet werden. Die Daten, die für das AT&S LCC-Modell erhoben werden, können als Ausgangslage für eine ökologische Betrachtung der Maschinen und Anlagen verwendet werden. Um die Sustainability-Ziele des Unternehmens zu erreichen, ist es von Vorteil, wenn bereits vor der Maschinen- bzw. Anlageninvestition deren Umweltauswirkungen bestimmt werden können.

3.2 Beschaffungsprozess der AT&S AG

Grundsätzlich gibt es drei unterschiedliche Gründe warum AT&S in neue Anlagen investiert:

- Änderung der Technologie
- Ersatzinvestitionen
- Kapazitätserweiterungen

Um sich in der schnelllebigen und stetig wachsenden Elektro-/Elektronikindustrie behaupten zu können, ist es wichtig, technologisch immer auf neuestem Stand zu sein.¹⁵⁰ Daher kommt es öfters vor, dass Anlagen und Maschinen ersetzt werden müssen, um mit dem technologischen Fortschritt mithalten zu können. Wie die Elektro-/Elektronikbranche wächst auch die AT&S AG. Um die steigenden Nachfragen zu erfüllen, müssen dafür die Kapazitäten erweitert werden. Dies bedeutet, dass dafür immer wieder neue Anlagen und Maschinen nachgekauft bzw. erweitert werden müssen. Der dritte Grund warum neue Anlagen und Maschinen beschafft werden ist, dass die

¹⁵⁰ Vgl. ZVEI, https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2019/Juli/ZVEI-Welt-Elektromarkt_Ausblick_bis_2020/ZVEI-Welt-Elektromarkt-Ausblick-Juli-2019.pdf (Zugriff: 25.08.2019)

laufenden Kosten der alten Anlage so hoch sind, dass es günstiger ist, eine neue zu installieren. Im Übrigen ist hier noch zu erwähnen, dass Investitionen aufgrund von Technologieänderungen und Kapazitätserweiterungen immer unter Zeitdruck stehen. Deshalb ist ein möglichst kurzer Beschaffungsprozess für die AT&S AG unumgänglich.

Tritt einer der drei oben genannten Gründe für eine Investition ein, entsteht daraus zuerst ein Bedarf zur Beschaffung neuer Anlagen und Maschinen. Aus diesem Bedarf ermittelt die Produktion bestimmte Anforderungen, die erfüllt werden müssen. Aufbauend auf diesen Anforderungen wird eine Vorauswahl passender Lieferanten gewählt. Anschließend wird eine genaue Spezifikation, rein technische Anforderungen, die die Anlage erfüllen muss, ausgearbeitet. Zusammen mit den zuvor festgelegten Lieferanten wird überprüft, ob die Spezifikationen erfüllt werden können. Jener Lieferant, der die Spezifikationen am besten erfüllen wird, ausgewählt.

Aufgabe des Einkaufes ist es, mit dem Lieferanten den Einkaufspreis zu verhandeln, die Einkaufsbedingungen abzustimmen und den Vertrag aufzusetzen.

Nachdem der Einkauf die Bestellung bestätigt hat, wird nach Erhalt die Anlage installiert und eine Qualifizierung durchgeführt. Fällt die Qualifizierung positiv aus, wird die Anlage abgenommen und der Betrieb beginnt.

Der gesamte Beschaffungsprozess der AT&S AG wird in Abbildung 11 veranschaulicht.



Abbildung 11: Beschaffungsprozess der AT&S AG¹⁵¹

Die Betrachtung der Kosten entlang des gesamten Lebenszyklus der Anlage bzw. Maschine haben bis jetzt nur eine untergeordnete Rolle gespielt. Für ein paar größere Investitionen im Produktionsbereich wurden Kosten in der Nutzungsphase berücksichtigt. Auch für Gebäudeanlagen, bei denen bekannt ist, dass die Lebenszykluskosten ein Vielfaches der Anschaffungskosten betragen, wurden die Kosten, die während der Betriebsphase anfallen, miteinbezogen. Allerdings wurden während des gesamten Lebenszyklus die Kosten nie einheitlich oder systematisch erfasst. Es gibt keine Vorgabe, wie die Lebenszykluskosten erfasst werden sollen oder welche Kosten zu berücksichtigen sind, auch gibt es keinen Verantwortlichen für die Erfassung der Lebenszykluskosten. Es fehlt zudem ein kontinuierlicher Vergleich

¹⁵¹ Quelle: eigene Darstellung

zwischen den geplanten Lebenszykluskosten und den tatsächlich anfallenden Lebenszykluskosten. Nur in wenigen Fällen wird kontrolliert, ob die vom Lieferanten zugesagten Anforderungen erfüllt werden. Zum Beispiel wurde nach auffallend hohen Kosten der Kupferanlagen die Verbräuche der Chemikalien überprüft. Dabei wurde festgestellt, dass die Verbräuche um einiges höher waren, als der Maschinenbetreiber angegeben hatte.

Nach der Erkenntnis, dass die Kosten, die während des Betriebs der Anlage anfallen, eine wesentliche Rolle spielen, erhielten diese größere Beachtung. Da während des Betriebs die Nutzungskosten kaum beeinflusst werden können, müssen diese bereits bei der Beschaffung von Maschinen und Anlagen berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 2.4). Für eine einheitliche und systematische Erfassung der Lebenszykluskosten in der Beschaffungsphase und einen kontinuierlichen Vergleich der geplanten und tatsächlichen Lebenszykluskosten soll ein Modell erstellt werden. Im anschließenden Abschnitt werden die Ziele und Anforderungen an dieses Lebenszykluskostenmodell (AT&S LCC-Modell) zusammengefasst.

3.3 Ziele und Anforderungen an das AT&S LCC-Modell

Anhand der Befragung der involvierten Abteilungen und der Betrachtung der Ausgangssituation wurden die Ziele und Anforderungen an das AT&S LCC-Modell ausgearbeitet. Abbildung 12 bietet eine Übersicht dieser Ziele und Anforderungen. In den anschließenden Abschnitten werden diese genauer beschrieben.

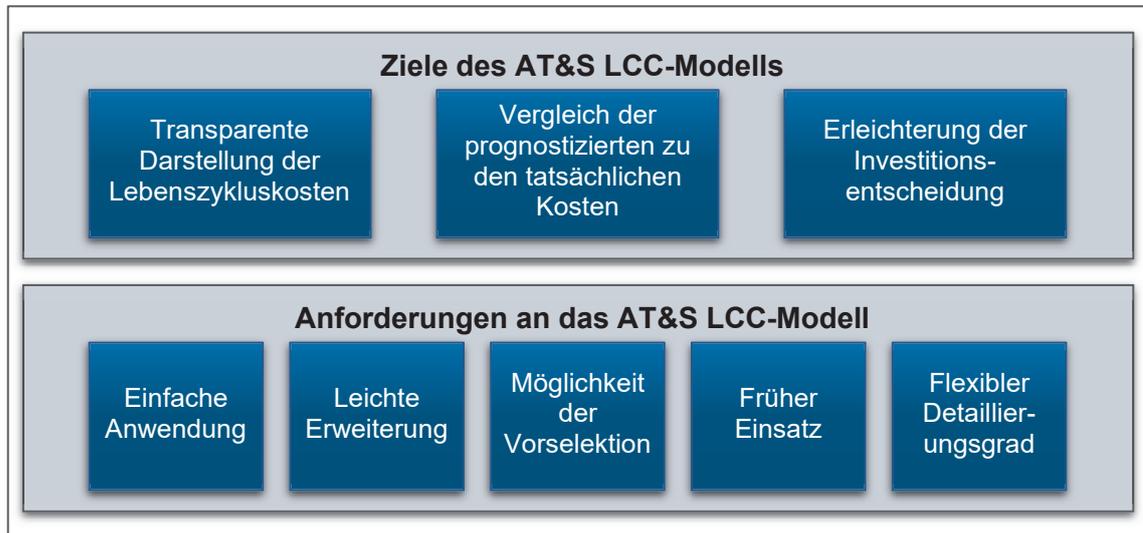


Abbildung 12: Ziele und Anforderungen an das LCC-Modell¹⁵²

Bei der Befragung der involvierten Abteilungen wurde ihnen zuerst das LCC-Konzept vorgestellt und anschließend mit ihnen diskutiert, welche Bedeutung dieses Thema für die Abteilungen hat, welche Punkte ihrer Meinung nach wichtig sind sowie die Chancen und Risiken, die sich daraus ergeben. Anhand dieser Informationen wurden die Ziele

¹⁵² Quelle: eigene Darstellung

und Anforderungen abgeleitet. Die Mitschriften dieser Besprechungen befinden sich im Anhang.

3.3.1 Ziele des AT&S LCC-Modells

Die Ziele des AT&S LCC-Modells sind eine Erleichterung der Investitionsentscheidung, eine transparente Darstellung der Lebenszykluskosten und der Vergleich zwischen prognostizierten und tatsächlichen Kosten. Diese wurden in Zusammenarbeit mit dem Projektteam und den involvierten Abteilungen ermittelt.

Unterstützung bei der Investitionsentscheidung

Das AT&S LCC-Modell soll bei der Investitionsentscheidung helfen. Gibt es mehrere Anlagen bzw. Maschinen zur Auswahl soll das AT&S LCC-Modell dabei unterstützen die optimale Anlage oder Maschine auszuwählen. Der Vergleich der Anlagen sollte dabei möglichst einfach visualisiert und mit Kennzahlen veranschaulicht werden.

Ebenso sollen bestehende ältere Anlagen mit möglichen Ersatzinvestitionen vergleichbar gemacht werden. Das Modell soll zur Entscheidungsunterstützung dienen, ob die bestehende Anlage weiter betrieben werden soll, oder ob eine Ersatzinvestition wirtschaftlicher wäre.

Transparente Darstellung der Lebenszykluskosten

Mit der Hilfe des AT&S LCC-Modells sollen die Kosten, die im Laufe des Lebenszyklus anfallen, anschaulich dargestellt werden. Mittels dieser Darstellung soll festgestellt werden, welche Kostentreiber die Lebenszykluskosten am stärksten beeinflussen. Sie soll auch die Planung unterstützen. Da auch Kosten in der Nutzungsphase wie Material und Instandhaltungskosten prognostiziert werden, kann das AT&S LCC-Modell auch die verschiedenen Abteilungen bei der Budgetierung unterstützen.

Vergleich der prognostizierten Kosten zu den tatsächlichen Kosten

Nach der Entscheidung für die Investition in eine Anlage oder Maschine sollen die prognostizierten Kosten mit den tatsächlichen Kosten verglichen werden. Dadurch können Zusagen vom Lieferanten bezüglich Instandhaltungskosten und Materialverbräuche kontrolliert werden. Außerdem können während der späteren Nutzungsphase noch Kosten anfallen, die während der Erhebung der Lebenszykluskosten nicht berücksichtigt wurden, oder es fallen in Bereichen deutlich mehr oder weniger Kosten an als kalkuliert. Diese Abweichungen können genutzt werden, um Erfahrungen für die nächsten Investitionen zu sammeln.

3.3.2 Anforderungen an das AT&S LCC-Modell

Wie die Ziele des AT&S LCC-Modells wurden auch die Anforderungen in Kooperation mit dem Projektteam und den involvierten Abteilungen bestimmt. Bei einem Vergleich der hier ermittelten Anforderungen mit jenen aus dem Abschnitt 2.5.1 kann eine Übereinstimmung erkannt werden.

Einfache Anwendung

Die Anwendung des AT&S LCC-Modells ist möglichst einfach zu gestalten, damit für den Nutzer nicht unnötiger Mehraufwand entsteht. Dazu ist das Modell bestmöglich in das bestehende System zu integrieren. Der Vergleich der Anlagen bzw. Maschinen ist idealerweise auf einem Blatt darzustellen. Der Detaillierungsgrad muss beim Vergleich nicht besonders hoch sein, allerdings soll die Option einer genaueren Ansicht bei Bedarf bestehen. Für den Vergleich soll auf einen Blick die optimale Anlage bzw. Maschine erkennbar sein sowie die Verteilung der Kosten dargestellt werden.

Eine einfache Anwendung ist ein zentraler Aspekt für die Erstellung des Modells, weil die Komplexität der Lebenszykluskostenberechnung einer der größten Kritikpunkte ist.

Leichte Erweiterung

Das Modell soll für alle Investitionsgüter einsetzbar sein, also sowohl für Produktionsanlagen als auch für Gebäudeanlagen und Laborequipment. Ferner soll das Modell nicht nur lokal an einem Standort verwendet werden, sondern nach erfolgreichem Testeinsatz auf alle Werke weltweit ausgerollt werden.

Da durch diese Komplexität nicht im Vorhinein alle Kostenstrukturen abgebildet werden können, ist das Modell so flexibel aufzubauen, dass Kostenelemente leicht hinzugefügt und entfernt werden können, wobei jedoch die allgemeine Kostenstruktur gleichbleiben soll.

Möglichkeit der Vorselektion

Wie oben schon erwähnt, gibt es unterschiedlich Maschinen- und Anlagentypen, für die das Modell erstellt werden soll. Um die Handhabung des Modells zu vereinfachen, sollen Maschinen und Anlagen mit ähnlichen Anforderungen in Gruppen zusammengefasst werden. Für diese Gruppen werden Kostenstrukturen bereits vorgeschlagen, um den Aufwand für den Anwender zu minimieren.

Früher Einsatz

Eine erste Betrachtung der Lebenszykluskosten ist bereits möglichst früh im Beschaffungsprozess von den Hauptanwendern erwünscht. Bei einer Anlagenbeschaffung für Kapazitätserweiterung soll bereits in der Kapazitätsplanung eine Analyse der Lebenszykluskosten durchgeführt werden. Bei einem technologischen Ersatz einer Anlage ist sogar noch früher, ab Bekanntwerden der Technologie, eine Lebenszykluskostenbetrachtung erwünscht. Allerdings wird in diesen Prozessschritten noch keine hohe Detaillierung gefordert.

Flexibler Detaillierungsgrad

Im Laufe des Anlagenbeschaffungsprozesses ändert sich der Detaillierungsgrad. Wie zuvor bereits erwähnt, ist anfangs nur eine geringe Genauigkeit der Lebenszykluskostenberechnung nötig. Im fortschreitenden Prozess steigt allerdings der Bedarf an Ausführlichkeit. Daher ist das AT&S LCC-Modell mit einer flexiblen Struktur, die sich in mehrere Ebenen untergliedern lässt, zu konzipieren.

3.4 Das lebenszyklusorientierte Anlagenbeschaffungsmodell für die AT&S AG

Aufbauend auf der Literaturrecherche, den ermittelten Zielen und Anforderungen sowie der Unternehmensstruktur wurde das spezifische LCC-Modell für die AT&S AG erstellt. Der erste Abschnitt beschreibt das Vorgehen bei der Erstellung des Modells und dessen Aufbau. Anhand dieses Modells ist für eine erste Austesten der Methode ein Excel-Tool entwickelt worden. Auf das Excel-Tool und dessen Erprobung an einem Fallbeispiel wird in den anschließenden Abschnitten eingegangen.

3.4.1 Entwicklung und Aufbau des AT&S LCC-Modells

Das Lebenszykluskostenmodell für die AT&S AG wurde so aufgebaut, dass alle Ziele und Anforderungen, die in den vorherigen Abschnitten erwähnt wurden, erfüllt sind. Dazu wurden als Grundgerüst die Konzepte der VDI 2884 und VDMA 34160 verwendet, die an die unternehmensspezifischen Bedingungen angepasst wurden.

Entwicklung des AT&S LCC-Modells

Zusammen mit den Hauptanwendern sowie dem Projektteam wurde das AT&S LCC-Modell in einem iterativen Prozess, welcher in Abbildung 13 dargestellt ist, erarbeitet. Zu Beginn wurde auf Basis einer Literaturrecherche sowie den ermittelten Zielen und Anforderungen ein Grundmodell entwickelt. Dieses wurde mit dem Projektteam besprochen und den Hauptanwendern vorgestellt, um Verbesserungsvorschläge einzuholen. Diese Verbesserungsvorschläge wurden in das Grundmodell eingearbeitet und daraus das Excel-Tool erstellt.



Abbildung 13: Entwicklung des AT&S LCC-Modells¹⁵³

Bei der Entwicklung des Excel-Tools stellten sich weitere Optimierungsmöglichkeiten des LCC-Modells heraus. Nachdem das Modell an die Optimierungsmöglichkeiten angepasst wurde, startete der Test des Excel-Tools an einem Fallbeispiel. Die letzten Adaptionen wurden nach dem Abschluss des Tests vorgenommen, aus denen das final

¹⁵³ Quelle: eigene Darstellung

abgestimmte und akzeptierte AT&S LCC-Modell resultierte, welches im Folgenden beschrieben wird.

Aufbau des AT&S LCC-Modells

Die Einteilung des AT&S LCC-Modells in unterschiedliche Ebenen erfolgte analog zum VDMA 34160 Einheitsblatt in Abschnitt 2.5.4. Das LCC-Modell der AT&S besteht aus vier unterschiedlichen Ebenen, wobei die ersten drei Ebenen für jede Maschine und Anlage gleich sind und die vierte Ebene flexibel angepasst werden kann. Die erste Ebene unterteilt sich in die Lebenszyklusabschnitte Beschaffung, Betrieb und Stillsetzung. Die Segmentierung in diese drei Bereiche erfolgt vor allem aus erfassungstechnischen und rechnerischen Gründen. Kosten, die in der Beschaffungsphase oder Stillsetzungsphase anfallen, sind Kosten, die nur einmalig anfallen, wohingegen Kosten in der Betriebsphase meist periodisch anfallen, also zum Beispiel monatlich, jährlich oder alle drei Jahre. Diese zwei Arten an Kostenanfällen sind unterschiedlich zu handhaben und spielen in spätere Folge bei der Entwicklung des Excel-Modells eine wichtige Rolle. In der zweiten Ebene gliedert sich die Beschaffungsphase in Anlehnung an die VDMA 34160 in die Kategorien Beschaffungskosten, die Kosten beinhaltet, die direkt mit der Maschine oder Anlage verbunden sind, und Infrastrukturkosten, die zusätzlich anfallende Kosten berücksichtigen. Des Weiteren wurden noch die Planungskosten hinzugefügt. Diese beinhalten die Kosten, die vor der eigentlichen Beschaffung anfallen, wie zum Beispiel Bedarfsermittlungskosten und Kosten für die Marktanalyse. Die Betriebsphase wurde in fünf Kostenblöcke unterteilt, die sich an den Kostenstellen der AT&S AG orientieren. Die Kostenblöcke sind die Personalkosten für die Maschinenbedienung, Materialkosten, Instandhaltungskosten, Energiekosten und sonstige Betriebskosten. Die Stillsetzungsphase teilt sich in Außerbetriebnahme und Verwertung auf. Dies entspricht derselben Gliederung wie der VDI 2884 in Abschnitt 2.5.3. Die drei Lebenszyklusphasen Beschaffung, Betrieb und Stillsetzung sind mit ihren Teilebenen in Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Aufbau des AT&S LCC-Modells - Ebene 1 und Ebene 2¹⁵⁴

Beschaffung	Betrieb	Stillsetzung
<ul style="list-style-type: none"> • Planungskosten • Beschaffungskosten • Infrastrukturkosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Personalkosten für die Maschinenbedienung • Materialkosten • Instandhaltungskosten • Energiekosten • Sonstige Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Außerbetriebnahme • Verwertung

Kostenelemente des AT&S LCC-Modells

In der dritten Ebene stehen die unterschiedlichen Kostenelemente der Lebenszyklusphasen und sind den Kategorien der zweiten zugeordnet. Diese

¹⁵⁴ Quelle: eigene Darstellung

Kostenelemente werden jetzt der Reihe nach, beginnend bei der Beschaffungsphase über die Betriebsphase bis hin zur Stillsetzungsphase, erörtert.

Beschaffungsphase

Begonnen wird mit der Beschaffungsphase, deren Kostenelemente in Tabelle 15 zusammengefasst sind.

Die Planungskosten in der Beschaffungsphase setzen sich zusammen aus den Bedarfsermittlungskosten (diese Kosten fallen bei der Ermittlung der Maschinen- und Anlagenanforderungen an) und den Kosten für die Marktanalyse, um relevante Lieferanten zu finden. Diese beiden Kostenelemente wurden aus der VDI 2884 übernommen. Das AT&S spezifische LCC-Modell wurde noch um die Kategorien Kosten für die Angebotseinholung und Kosten für Lieferantenkooperation ergänzt. Zu den Kosten der Angebotseinholung zählen Kosten für das Erstellen des Angebots, die Ausschreibung usw. Bei den Kosten für die Lieferantenkooperation werden die Kosten für die Zusammenarbeit mit den Lieferanten bewertet, da sich der Aufwand bei Lieferanten, mit denen das Unternehmen bereits zusammengearbeitet hat, wesentlich unterscheidet von jenen Lieferanten, von denen noch nie eine Maschine oder Anlage bestellt wurde.

Tabelle 15: Kostenelemente in der Beschaffungsphase¹⁵⁵

Beschaffungsphase		
Planungskosten	Beschaffungskosten	Infrastrukturkosten
<ul style="list-style-type: none"> • Bedarfsermittlungskosten • Kosten für Marktanalyse • Kosten für Angebotseinholung • Kosten für Lieferantenkooperation 	<ul style="list-style-type: none"> • Anschaffungspreis der Maschine oder Anlage • Werkzeugerstausstattung • Ersatzteilpaket • Garantieverlängerung • Installationskosten • Inbetriebnahmekosten • Transportkosten • Schulungskosten • Software- und Hardwarekosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Neu- und Umbaukosten • Anschluss an Versorgungs- und Entsorgungsnetzwerke • Netzinfrastruktur

Die Kostenelemente Anschaffungspreis der Maschine oder Anlage, Werkzeugerstausstattung, Ersatzteilpaket, Garantieverlängerung und Installationskosten der Beschaffungskosten entsprechen jenen aus der VDMA 34160. Deren Beschreibung erfolgte bereits in Tabelle 11 im Abschnitt 2.5.4. Die Transportkosten setzen sich aus den Fracht- und Zollkosten der VDMA 34160 zusammen. Die Software- und Hardwarekosten, Schulungskosten sowie Installationskosten stammen aus der VDI 2884. Zu den Software- und Hardwarekosten in der Beschaffungsphase gehören nur jene Kosten, die einmalig anfallen. Sind jährliche Softwarelizenzen zu zahlen, werden diese in der Betriebsphase berücksichtigt. In den Schulungskosten sind alle Kosten für die Ausbildung des Personals, die für den Betrieb

¹⁵⁵ Quelle: eigene Darstellung

der Maschine oder Anlage benötigt werden, wie z.B. Maschinenbediener, Instandhalter, Informatiker usw., inbegriffen. Zu den Inbetriebnahmekosten zählen Kosten, die anfallen bis die Maschine oder Anlage ihre Sollkapazität erreicht hat. Das sind z.B. Kosten für Probeläufe, Verluste durch verringerte Kapazität usw.

Die Infrastrukturkosten wurden der VDMA 34160 entnommen. Die Details können in Tabelle 11 nachgeschlagen werden.

Betriebsphase

Die Kostenelemente in der Betriebsphase sind hauptsächlich an die unternehmensinterne Kostenabrechnung der AT&S AG angelehnt. Diese Kostenelemente sind alle in Tabelle 16 dargestellt.

Die Personalkosten für die Maschinenbedienung werden nicht weiter aufgeteilt und bestehen daher in der dritten Ebene nur aus einem Kostenelement.

Tabelle 16: Kostenelemente in der Betriebsphase¹⁵⁶

Betriebsphase				
Personalkosten für die Maschinenbedienung	Materialkosten	Instandhaltungskosten	Energiekosten	Sonstige Betriebskosten
<ul style="list-style-type: none"> • Personalkosten für die Maschinenbedienung 	<ul style="list-style-type: none"> • Rohstoffe • Hilfs- und Betriebsstoffe und Werkzeuge • Fertigungshilfsstoffe • Chemie • Laufende Software- und Hardwarekosten • Raumkosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Fremd-instandhaltung • Geplante interne Instandhaltung • Ungeplante interne Instandhaltung • Ersatzteile 	<ul style="list-style-type: none"> • Strom • Öl • Gas • Wasser • Druckluft • Sonstige Energiekosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Entsorgungskosten und -erlöse • Sonstige Betriebskosten

Die Materialkosten inkludieren Kosten für Rohstoffe, Hilfs- und Betriebsstoffe und Werkzeuge, Fertigungsstoffe sowie die Chemie. Diese vier Kostenelemente entsprechen den Kategorien, in die die Kostenstelle Material bei der AT&S AG unterteilt wird. Zudem werden die laufenden Software- und Hardwarekosten sowie die Raumkosten hinzugefügt. Aufgrund der zunehmenden Digitalisierung wird es auch für die AT&S AG immer wichtiger, die Maschinen und Anlagen laufend zu überwachen. Deshalb nehmen auch die Kosten für Software und Hardware zu, weshalb sie in die Lebenszyklusbetrachtung zu integrieren sind. Raumkosten sind zu berücksichtigen, wenn der physische Platz für Maschinen und Anlagen beschränkt ist, wie es bei der AT&S AG der Fall ist.¹⁵⁷ Des Weiteren müssen Maschinen und Anlagen, die in einer Reinraumumgebung betrieben werden müssen, von jenen, die keinen Reinraum benötigen, unterschieden werden.

¹⁵⁶ Quelle: eigene Darstellung

¹⁵⁷ Vgl. Bünting, F. (2009), S. 48

Die Instandhaltung wird zwar üblicherweise in Wartung, Inspektion, geplante Instandsetzung und ungeplante Instandsetzung gegliedert, ist aber in der AT&S AG in Fremdinstandhaltung, geplante interne Instandhaltung, ungeplante interne Instandhaltung und Ersatzteile gruppiert.¹⁵⁸ Das AT&S LCC-Modell orientiert sich an der Gliederung der AT&S AG. Der Fremdinstandhaltung sowie der geplanten und ungeplanten internen Instandhaltung werden nur Personalkosten zugeordnet. Jegliche Aufwände für Instandhaltungsmaterial werden dem Kostenelement Ersatzteilkosten zugewiesen.

Die Kostenelemente der Energiekosten sind an die im Unternehmen verwendeten Ressourcen Strom, Öl, Gas, Wasser und Druckluft angelehnt. Alle Energiekosten, die nicht diesen Kostenelementen zuordenbar sind, können in der Kategorie sonstige Energiekosten eingetragen werden.

Betriebskosten, die weder den Personalkosten, Materialkosten, Instandhaltungskosten noch den Energiekosten zugeteilt werden können, sind in die Kategorie sonstige Betriebskosten einzutragen. Diese Kategorie besteht aus zwei Kostenelementen: aus den Kosten und Erlösen für die Entsorgung einerseits und einmal aus den sonstigen Betriebskosten andererseits. Die Entsorgungskosten und -erlöse wurden als eigenes Kostenelement zu den sonstigen Betriebskosten hinzugefügt, weil sie zu keinen der vorhandenen Kategorien passen und zu wichtig sind, sie nur der vierten Ebene zuzuteilen. Zu diesem Kostenelement gehören zum Beispiel Kosten und Erlöse für die Entsorgung von Schrott, Kupfer, Gold, Chemieabfällen usw. Bei Anlagen, die mit chemischen Substanzen arbeiten, muss der Abfall meist erst aufwendig aufbereitet werden, bevor er entsorgt werden kann. Wie viel Chemie und wie komplex deren Aufbereitung ist, kann einen wesentlichen Einfluss auf die Betriebskosten haben und darf daher in einer Lebenszyklusbetrachtung nicht fehlen. Zu den Entsorgungskosten gehören auch die Qualitätsverluste. Das sind jene Kosten, die durch fehlerhafte Produkte an der Maschine oder Anlage entstehen.

Stillsetzungsphase

Aus der VDI 2884 wurden die Kostenelemente für die Stillsetzungsphase übernommen (siehe Tabelle 10) und definiert, welche Kosten die AT&S AG darunter versteht. Nur die Sanierungskosten wurden aus der VDI 2884 nicht übernommen, weil diese nach Auffassung des Projektteams und den Hauptanwendern nur notwendig sind, wenn die Maschinen oder Anlagen weiter betrieben werden sollen und daher entweder im Kostenelement Recycling- bzw. Wiederverwendungskosten oder Weiterverwendung einzutragen sind. Alle für das AT&S LCC-Modell vorgesehenen Kostenelemente sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Entsorgungskosten von Betriebsstoffen fallen an, wenn die in der stillgelegten Maschine oder Anlage benötigten Betriebsstoffe nicht weiterverwendet oder verkauft werden können. Dies tritt vor allem häufig bei Spezialanlagen auf, bei denen etwa die Zusammensetzung der Chemikalien auf die Anlage und den Prozess angepasst wurde und daher nicht für andere Zwecke genutzt werden kann. Bei den Demontagekosten handelt es sich nur um jene Kosten, die für den Abbau der Maschine oder Anlage nötig

¹⁵⁸ Vgl. Biedermann, H. (2008), S. 19

sind. Bei den Rückbaukosten wird der Aufwand für den Rückbau der Gebäude sowie Infrastrukturanlagen in ihren Ausgangszustand und bei den Rekultivierungskosten die nötigen Maßnahmen für die Wiederherstellung eines nutzbaren Zustands der Landschaft berechnet. Die letzten Kostenelemente der Außerbetriebnahme sind die Kosten für notwendige, in der Regel gesetzlich vorgegebene Gutachten und alle sonstigen Außerbetriebnahmekosten.

Tabelle 17: Kostenelemente in der Stillsetzungsphase¹⁵⁹

Stillsetzungsphase	
Außerbetriebnahme	Verwertung
<ul style="list-style-type: none"> • Entsorgung von Betriebsstoffen • Demontagekosten • Rückbaukosten • Rekultivierungskosten • Kosten für notwendige Gutachten • Sonstige Außerbetriebnahmekosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Endlagerungskosten • Verkauf • Recycling- bzw. Wiederverwendungskosten • Verschrottungskosten • Auflösung des Lagerbestands bzw. Verwertung der Ersatzteile • Weiterverwendung • Sonstige Verwertungskosten

Zu der Kategorie Verwertung zählt das Kostenelement der Endlagerungskosten, die die Kosten aller Materialien und Abfälle beinhaltet, für die keine andere Möglichkeit der Entsorgung außer der Endlagerung besteht. Das nächste Kostenelement Verkauf inkludiert alle Aufwände und Erlöse, die durch den Verkauf der Maschine oder Anlage entstehen. Die Recycling- bzw. Wiederverwendungskosten sind jene Kosten und Erlöse, die bei der Verwertung der Maschine oder Anlage anfallen oder um den ursprünglichen Zustand der Maschine oder Anlage wiederherzustellen. Anschließend kann die Maschine oder Anlage wieder für ihren vorgesehenen Zweck oder einen anderen, gleichwertigen Zweck genutzt werden. Im Gegensatz dazu reicht bei der Weiterverwendung das Herstellen des Ausgangszustandes der Maschine oder Anlage nicht aus. Zusätzlich muss in technische, qualitative, kapazitive und ähnliche Erweiterungen investiert werden, um die Maschine bzw. Anlage wirtschaftlich weiterbetreiben zu können. Weitere Kostenelemente sind Kosten und Erlöse, die bei der Verschrottung der Maschine oder Anlage entstehen, und jene, die durch den Verkauf von Lagerbeständen und Ersatzteilen lukriert werden können. Alle nicht zuordenbaren Verwertungskosten können im Kostenelement sonstige Verwertungskosten eingetragen werden.

Definition der Rahmenbedingungen

Wie zuvor in der VDMA 34160 erwähnt, sind bei einer Lebenszykluskostenbetrachtung auch Rahmenbedingungen zu definieren, die in Abschnitt 2.5.4 nachgeschlagen werden können. Diese Rahmenbedingungen bilden die Grundlage für die Vergleichbarkeit mehrerer Maschinen bzw. Anlagen von unterschiedlichen Herstellern.

¹⁵⁹ Quelle: eigene Darstellung

In der AT&S AG wird bereits, wie in Abschnitt 3.2 beschrieben, die Spezifikation der Maschinen und Anlagen, in der auch das Lastkollektiv festgelegt wird, durchgeführt. Da diese Daten bereits im Bestellprozess integriert sind, werden diese nicht noch zusätzlich in das AT&S LCC-Modell aufgenommen. Die Spezifikation der Maschinen und Anlagen dient der AT&S AG als Vorselektion der Lieferanten und hat auf die Berechnung der Lebenszykluskosten keinen Einfluss.

Die Anzahl der zu produzierenden Produkte an einer Maschine oder Anlage ist aufgrund der in Abschnitt 1.5 dargelegten Bedingungen schwer möglich. Die Produktion der AT&S AG bezieht sich daher immer auf die benötigten Betriebsstunden und nicht auf die Anzahl der zu produzierenden Produkte. Die Maschinen- und Anlageneffektivität wird bei der Bestimmung der benötigten Betriebsstunden miteinbezogen. Die Anlageneffektivität wird mittels der Overall Equipment Efficiency (OEE) berechnet. Diese ist das Produkt aus Anlagenverfügbarkeit, Leistungsgrad und Qualitätsrate oder das Verhältnis von Nettoproduktivzeit zur Laufzeit. Die OEE zeigt Verluste durch technische Störungen, Rüsten und Einstellen, Leerlauf und Kurzstillstände, verringerte Geschwindigkeit, Qualitätsverluste sowie Anlaufverluste auf. Verluste durch geplante Stillstände werden in der OEE nicht betrachtet. In Abbildung 14 werden die einzelnen Zeitabschnitte mit ihren Verlustarten dargestellt.¹⁶⁰

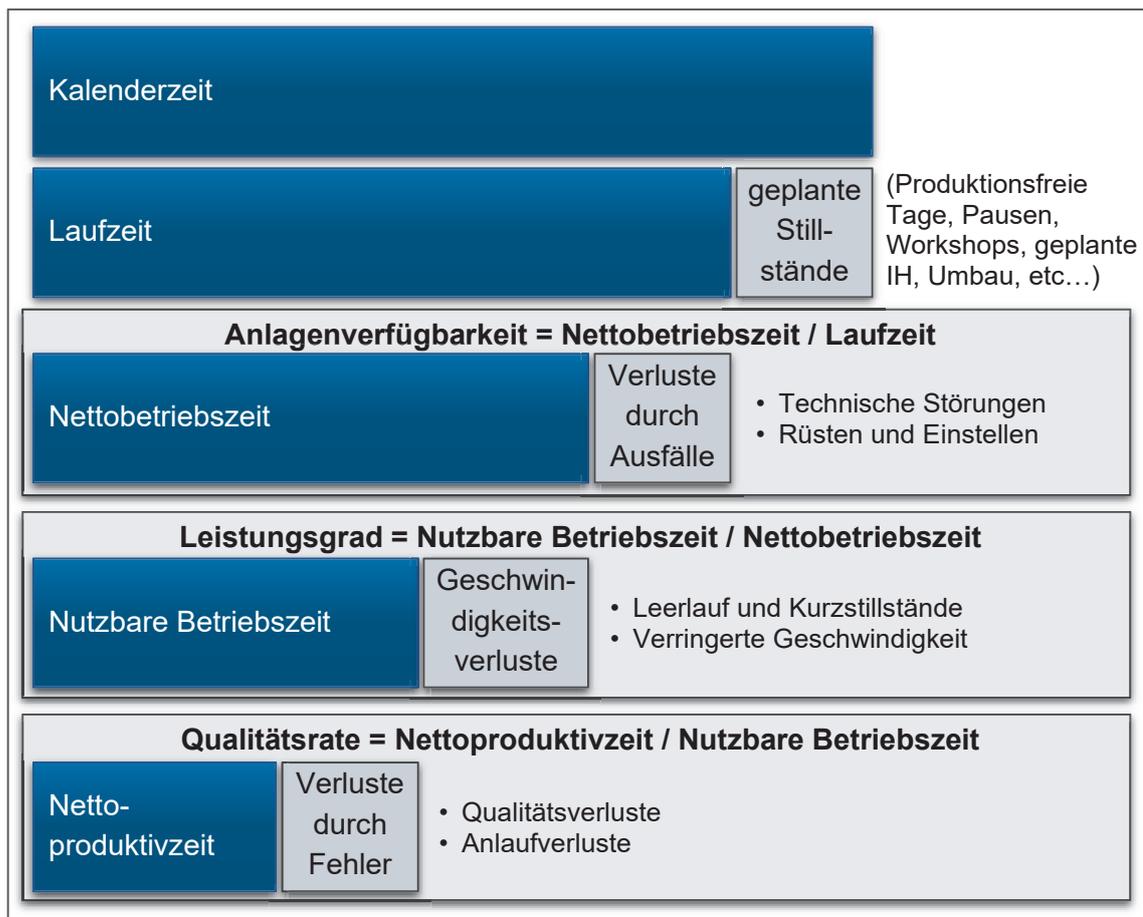


Abbildung 14: Gliederung Overall Equipment Efficiency¹⁶¹

¹⁶⁰ Vgl. Nakajima, S. (1988), S. 21 ff.

¹⁶¹ Quelle: in Anlehnung an Nakajima, S. (1988), S. 25

Die Nettoproduktivzeit der Maschine bzw. Anlage sollte größer sein als die benötigten Betriebsstunden, die für die Produktion der Panels benötigt werden.

Hier sei noch erwähnt, dass sich die Qualitätsrate nur auf zeitliche Verluste bezieht und die finanziellen Kosten, die durch fehlerhafte Produkte entstehen, wie zuvor erläutert, im Kostenelement Entsorgungskosten und -erlöse berücksichtigt werden.¹⁶²

Aus den benötigten Betriebsstunden lässt sich die Anzahl an Maschinen bzw. Anlagen ermitteln, um die gewünschte Produktionskapazität zu erreichen. Die Anzahl der Maschinen oder Anlagen wird immer ganzzahlig aufgerundet. Werden zum Beispiel in der Produktion für einen Vorgang 900 Betriebsstunden pro Jahr benötigt und die zu beschaffende Maschine schafft 600 Betriebsstunden pro Jahr, werden zwei Maschinen angegeben und nicht 1,33. Dies bedeutet auch, dass bei einer zweiten Anlage, die 700 Betriebsstunden pro Jahr schafft, die zusätzliche Kapazität gegenüber der Anlage mit 600 Betriebsstunden keine Auswirkung auf die Berechnung hat, da diese nicht genutzt werden kann.

Eine der ausschlaggebendsten Rahmenbedingungen für die Lebenszykluskostenberechnung ist der gewählte Betrachtungszeitraum. Je kürzer dieser gewählt wird, desto bedeutsamer sind die Investitionskosten während der Beschaffungsphase und je länger dieser ist, desto relevanter werden die Betriebskosten für die Berechnung der Lebenszykluskosten. Der Betrachtungszeitraum ist in der Regel die Zeitspanne vom Beginn der Anschaffung addiert mit der Nutzungsdauer (siehe Abschnitt 2.5.1). Die Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer kann in Abschnitt 2.1.2 nachgeschlagen werden.

Die Lebenszykluskosten einer Maschine oder Anlage fallen zu unterschiedlichen Zeitpunkten an. Damit diese zusammenaddiert werden können, müssen sie auf einen gemeinsamen Zeitpunkt bezogen werden. In dem AT&S LCC-Modell wird der Beginn des Betrachtungszeitraums als Referenzzeitpunkt gewählt. Die Kosten, die in den Lebenszyklusphasen anfallen, werden unter Berücksichtigung der kalkulatorischen Zinsen auf diesen Zeitpunkt auf- bzw. abgezinst. Dadurch erhält man, wie in Abschnitt 2.1.2 beschrieben, den Kapitalwert der Investition.

Ermittlung und Eingabe der Kosten

Die Erhebung der Kosten in den einzelnen Lebenszyklusphasen sollte, ähnlich dem M-TCO Verfahren in Abschnitt 2.5.5, nur auf jene Kosten beschränkt werden, die eine signifikante Auswirkung auf die Lebenszykluskosten haben und sich in den zu vergleichenden Maschinen bzw. Anlagen unterscheiden. Es ist zum Beispiel nicht zielführend die Personalkosten zu ermitteln, wenn für alle Maschinen gleich viele Angestellte benötigt werden, oder Schmierölkosten zu erheben, wenn die Anlage mehrere Millionen Euro kostet. In die Kostenelemente, die in der Lebenszykluskostenbetrachtung nicht berücksichtigt werden sollen, wird der Wert Null eingetragen.

Des Weiteren werden in das AT&S LCC-Modell nur die Kosten und Erlöse eingetragen, die sich direkt auf die Maschine oder Anlage beziehen. Erlöse aus den hergestellten

¹⁶² Vgl. Schmitt, R.; Pfeifer, T. (2015), S. 577 ff.

Produkten können aufgrund der komplexen Fertigung (siehe Abschnitt 1.5) nicht den einzelnen Maschinen oder Anlagen zugeordnet werden. Allerdings können die Erlöse, die durch den Verkauf von Abfällen an der Maschine bzw. Anlage wie Schrott, Kupfer, Gold usw. erzielt werden, miteinkalkuliert werden. Diese Erlöse werden als negative Werte in das AT&S LCC-Modell eingetragen.

Dem Anwender des AT&S LCC-Modells muss immer bewusst sein, dass die eingetragenen Lebenszykluskosten nur Prognosewerte sind und von der Wirklichkeit abweichen können (siehe Abschnitt 2.4). Daher wurde in das AT&S LCC-Modell die Funktion zum Vergleich der prognostizierten mit den tatsächlichen Lebenszykluskosten integriert. Dafür müssen die tatsächlich anfallenden Kosten in das AT&S LCC-Modell eingetragen werden. Dies ermöglicht, wie in Abschnitt 2.5.5 erwähnt, frühzeitig Abweichungen zu erkennen und Gegenmaßnahmen zu ergreifen sowie bei fehlerhaften Abschätzungen des Maschinen- bzw. Anlagenherstellers, wenn vertraglich festgelegt, von ihm Kostenrückerstattungen zu verlangen. Aus diesen Gründen sollte immer, auch wenn es nur einen einzigen Maschinen- bzw. Anlagenlieferanten gibt, eine Lebenszykluskostenbetrachtung durchgeführt werden.

Auswertung und Vergleich der Maschinen und Anlagen

Um die Auswahl einer Maschine bzw. Anlage zu erleichtern, werden die Lebenszykluskosten in die Kategorien der unterschiedlichen Ebenen, die oben beschrieben wurden, zusammengefasst. Dadurch wird ein flexibler Detaillierungsgrad ermöglicht. Es können nebst den gesamten Lebenszykluskosten der Maschinen bzw. Anlagen auch die Kosten in den drei Lebenszyklusphasen oder nur die einzelnen Kostenelemente verglichen werden. Mittels dieser transparenten Kostendarstellung kann die Investitionsentscheidung erleichtert und nachvollziehbarer gestaltet werden.

Für die Ermittlung der Energiekosten wird in der Regel auch die verbrauchte Menge des Energieträgers erfasst. Wenn zusätzlich im Unternehmen die CO₂-Äquivalente für diese Energieträger zur Verfügung stehen, können diese Werte in das AT&S LCC-Modell eingetragen werden und der Kohlenstoffdioxidverbrauch der einzelnen Maschinen bzw. Anlagen gegenübergestellt werden. Dabei wird der Kohlenstoffdioxidverbrauch nicht mittels eines Punktesystems oder Faktoren zu den Kosten addiert, sondern als zweite Kennzahl neben den Lebenszykluskosten angeführt. In der AT&S AG steht bis jetzt nur das CO₂-Äquivalent für Strom zur Verfügung. Aufgrund der steigenden Bedeutung der Nachhaltigkeit, die auch in der Mission und Vision des Unternehmens verankert ist,¹⁶³ hat die AT&S AG beschlossen, in Zukunft weitere CO₂-Äquivalente aufzunehmen. Durch die Kohlenstoffdioxidbetrachtung werden in das LCC-Modell der AT&S AG auch Teile eines Life Cycle Assessments aufgenommen.

3.4.2 Das LCC-Excel-Tool

Das AT&S LCC-Modell wird von unterschiedlichen Personen für die Maschinen- bzw. Anlagenbewertung verwendet und trotzdem sollen die Lebenszykluskosten auf dieselbe

¹⁶³ Vgl. AT&S AG, <https://ats.net/de/unternehmen/corporate-social-responsibility/> (Zugriff: 24.08.2019)

Art und Weise erhoben und berechnet werden. Des Weiteren soll dadurch möglichst wenig Mehraufwand für den Anwender des AT&S LCC-Modells entstehen. Nur ein Modell zur Verfügung zu stellen reicht nicht aus, um diesen Anforderungen und den weiteren Anforderungen aus den Abschnitten 2.5.1 und 3.3.2 gerecht zu werden. Zusätzlich muss eine Vorlage oder ein Werkzeug bereitgestellt werden, die bzw. das für die Ermittlung und Auswertung der Lebenszykluskosten verwendet werden kann. Deshalb wurde für die AT&S AG ein eigenes Excel-Tool entwickelt, welches als Werkzeug für die Erfassung, Berechnung und Analyse der Lebenszykluskosten eingesetzt werden kann. Dieses Tool bietet eine Übersicht möglicher Lebenszykluskosten, dadurch können diese systematisch erhoben werden. Die Berechnungsformeln sind im Excel-Tool hinterlegt wodurch sich der Berechnungsaufwand für den Anwender des Tools reduziert. Zudem stellt das LCC-Excel-Tool mehrere Auswertungen zur Verfügung, sowohl als Unterstützungshilfe bei der Maschinen- und Anlagenentscheidung als auch für den Vergleich von prognostizierten und tatsächlichen Lebenszykluskosten.

Das LCC-Excel-Tool orientiert sich am Aufbau des in Abschnitt 3.4.1 beschriebenen AT&S LCC-Modells und kann in die drei Bereiche Eingabe der Lebenszykluskostendaten, Vergleich der Alternativen und das Monitoring der Kosten der ausgewählten Maschine oder Anlage gegliedert werden. Die drei Bereiche enthalten folgende Tabellenblätter:

- Eingabe der Lebenszykluskostendaten
 - Allgemeines
 - Technische Spezifikation
 - Eingabe pro Anlage
 - Tabellenblätter für Betriebskosteneingabe
- Vergleich der Alternativen
 - Auswertung
- Monitoring der Kosten
 - Anlagenentscheidung
 - Beschaffung IST-Zustand und Vergleich
 - IST-Zustand im Betrieb
 - Vergleich im Betrieb
 - Jahresvergleich im Betrieb
 - Stillsetzung IST-Zustand und Vergleich

Die einzelnen Bereiche mit ihren zugehörigen Tabellenblättern werden anschließend beschrieben. Dabei werden auch die Berechnungen erklärt, die dort stattfinden. Diese Berechnungen müssen nicht vom Anwender des LCC-Excel-Tools durchgeführt werden, sondern sind im Tool hinterlegt und werden automatisch ausgeführt. In die Tabellenblätter müssen nur die Kosten und Erlöse der jeweiligen Maschine oder Anlage in die grau hinterlegten Zellen eingefügt werden.

Eingabe der Lebenszykluskostendaten

In den ersten Tabellenblättern werden die Daten für die Berechnung der Lebenszykluskosten eingetragen. Dazu zählen die Rahmenbedingungen und die Kostenelemente, die in Abschnitt 3.4.1 beschrieben wurden. Neben den Kosten können

auch Erlöse als negative Werte erfasst werden. Die Aufnahme der Rahmenbedingungen in das LCC-Excel-Tool erfolgt im Tabellenblatt Allgemeines und die der Kostenelemente im Tabellenblatt für die Eingabe pro Anlage sowie in den Tabellenblättern für die Betriebskosteneingabe. Zusätzlich forderte die Produktion, dass die Daten aus der Spezifikation der Maschinen und Anlagen auch im LCC-Excel-Tool zur Verfügung stehen. Daher wurde ein eigenes Tabellenblatt für die Spezifikation eingefügt, in das die Informationen aus dem bestehenden System in das LCC-Excel-Tool übertragen werden können. Da dieses Tabellenblatt aus dem vorhandenen System entnommen wurde und keinen Einfluss auf die Berechnung der Lebenszykluskosten hat sowie nicht Teil dieser Arbeit ist, wird auf dieses Tabellenblatt nicht genauer eingegangen.

Allgemeines

Die Rahmenbedingungen Betrachtungszeitraum, Anzahl der benötigten Anlagen und die kalkulatorischen Zinsen aus Abschnitt 3.4.1 sind in das Tabellenblatt Allgemeines einzutragen, wie in Abbildung 15 ersichtlich. Zusätzlich wird auch die Anzahl der Maschinen bzw. Anlagen, deren Bezeichnung und Beschreibung angegeben.

Anzahl zu vergleichenden Maschinen bzw. Anlagen:	3		
Maschinen- bzw. Anlagenbezeichnung:	Anlage A	Anlage B	Anlage C
Mögliche Nutzungsdauer der Anlage in Jahren:	10	10	10
Anzahl benötigter Anlagen um vorgegebene Kapazität zu erreichen:	1	2	3
Maschinen- bzw. Anlagenbeschreibung Anlage A:			
Maschinen- bzw. Anlagenbeschreibung Anlage B:			
Maschinen- bzw. Anlagenbeschreibung Anlage C:			
Kalkulatorische Zinsen in Prozent	3%		

Abbildung 15: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Allgemeines¹⁶⁴

In den anderen Tabellenblättern wird automatisch die Maschinen- bzw. Anlagenbezeichnung übernommen und die Tabellenblätter werden auf den ausgewählten Betrachtungszeitraum sowie die Anzahl der zu vergleichenden Maschinen bzw. Anlagen angepasst.

Eingabe pro Anlage

Die Kostenelemente der Lebenszyklusphasen Beschaffung, Betrieb und Stillsetzung aus dem Abschnitt 3.4.1 sind im Tabellenblatt Eingabe pro Anlage abgebildet, wie in Abbildung 16, Abbildung 17 und Abbildung 18 dargestellt.

Hier werden die Kosten in den unterschiedlichen Ebenen zusammengefasst. Eingetragen werden immer nur die Kosten für eine Maschine bzw. Anlage, auch wenn mehrere nötig sind, die gewünschte Kapazität zu erreichen. Sollte für den Anwender

¹⁶⁴ Quelle: eigene Darstellung

nicht klar sein, welche Kosten einem Kostenelement zuzuordnen sind, können in der Spalte Info über einen Button weitere Informationen über das Kostenelement abgerufen werden. Diese Beschreibung der Kostenelemente gleicht jener aus Abschnitt 3.4.1. Nur bei den Kostenelementen aus der Betriebsphase wurden zusätzlich noch die SAP-Nummern hinzugefügt, damit sie eindeutig ihren SAP-Konten zugeordnet werden können. Die Anzahl der Spalten für die Kosteneingabe wird automatisch an die Anzahl der ausgewählten Maschinen bzw. Anlagen im Tabellenblatt Allgemeines angeglichen. In Absprache mit dem Projektteam und den Hauptanwendern wurde bestimmt, dass die Darstellung von drei Ebenen in der Beschaffungsphase ausreichend ist und eine vierte Ebene nicht benötigt wird. Wie in Abbildung 16 ersichtlich, werden die Kosten für die Kategorien der zweiten Ebene, dazu zählen die Planungskosten, Beschaffungskosten und Infrastrukturkosten, sowie für die gesamte Beschaffungsphase berechnet.

AT&S		Eingabe pro Anlage für Life-Cycle-Costs			Info	Kosten Anlage A	Kosten Anlage B	Kosten Anlage C
Beschaffung	Planungskosten	Bedarfsermittlungskosten				- €	- €	- €
		Kosten für Marktanalyse				- €	- €	- €
		Kosten für Angebotseinholung				- €	- €	- €
		Kosten für Lieferantenkooperation				- €	- €	- €
						- €	- €	- €
	Beschaffungskosten	Anschaffungspreis der Anlage				- €	- €	- €
		Werkzeugerstattung				- €	- €	- €
		Ersatzteilpaket				- €	- €	- €
		Garantieverlängerung				- €	- €	- €
		Installationskosten				- €	- €	- €
		Inbetriebnahmekosten				- €	- €	- €
		Transportkosten				- €	- €	- €
		Schulungskosten				- €	- €	- €
	Software- und Hardwarekosten				- €	- €	- €	
						- €	- €	- €
	Infrastrukturkosten	Neu- und Umbaukosten				- €	- €	- €
Anschluss an Versorgungs- und Entsorgungsnetzwerke					- €	- €	- €	
Netzinfrastruktur					- €	- €	- €	
					- €	- €	- €	

Abbildung 16: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe pro Anlage (Teil 1)¹⁶⁵

In Abbildung 17 erkennt man, dass im Bereich der Betriebsphase keine grauen Felder zum Eintragen der Kosten sind. Aufgrund der aufwendigeren Erhebung dieser Kosten werden sie in den Tabellenblättern für die Ermittlung der Betriebskosten eingefügt, welche im nächsten Abschnitt behandelt werden.

Sie werden anschließend zusammengefasst und den entsprechenden Kostenelementen aus Abbildung 17 zugeteilt. Des Weiteren werden in diesem Bereich die Personalkosten für die Maschinenbedienung, die Materialkosten, die Instandhaltungskosten, die Energiekosten, die sonstigen Betriebskosten und die Summe der gesamten Betriebskosten ermittelt.

Genauso wie im Bereich der Beschaffungsphase und aus demselben Grund werden im Bereich der Stillsetzungsphase nur drei Ebenen dargestellt. In diesem Bereich werden die Summen aus den in Abbildung 18 dargestellten Kostenelementen ermittelt, für die Kalkulation der Verwertungskosten, Außerbetriebnahmekosten und der

¹⁶⁵ Quelle: eigene Darstellung

Stillsetzungskosten. Die Stillsetzungskosten werden mit den vorgegeben kalkulatorischen Zinsen auf den Investitionszeitpunkt abgezinst.¹⁶⁶

Betrieb	Personalkosten	Personalkosten für Maschinenbedienung	- €	- €	- €
	Maschinenbedienung		- €	- €	- €
	Materialkosten	Rohstoffe	- €	- €	- €
		Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Werkzeuge	- €	- €	- €
		Fertigungshilfsstoffe	- €	- €	- €
		Chemie	- €	- €	- €
		Laufende Software- und Hardwarekosten	- €	- €	- €
		Raumkosten	- €	- €	- €
	Instandhaltungskosten	Fremdinstandhaltung	- €	- €	- €
		Geplante Instandhaltung	- €	- €	- €
		Ungeplante Instandhaltung	- €	- €	- €
		Spare Parts	- €	- €	- €
	Energiekosten	Strom	- €	- €	- €
		Öl	- €	- €	- €
		Gas	- €	- €	- €
		Wasser	- €	- €	- €
		Druckluft	- €	- €	- €
		Sonstige Energiekosten	- €	- €	- €
	Sonstige Betriebskosten	Entsorgungskosten und -erlöse	- €	- €	- €
		Sonstige Betriebskosten	- €	- €	- €
			- €	- €	- €

Abbildung 17: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe pro Anlage (Teil 2)¹⁶⁷

Nach der Bestimmung der Kosten für drei Lebenszyklusphasen Beschaffung, Betrieb und Stillsetzung werden diese addiert. Daraus ergeben sich die gesamten Lebenszykluskosten für eine Maschine bzw. Anlage.

Stillsetzung	Außerbetriebnahme	Entsorgung von Betriebsstoffen	- €	- €	- €
		Demontagekosten	- €	- €	- €
		Rückbaukosten	- €	- €	- €
		Rekultivierungskosten	- €	- €	- €
		Kosten für notwendige Gutachten	- €	- €	- €
		Sonstige Außerbetriebnahmekosten	- €	- €	- €
	Verwertung	Endlagerungskosten	- €	- €	- €
		Verkauf	- €	- €	- €
		Recycling- bzw. Wiederverwendungskosten	- €	- €	- €
		Verschrottungskosten	- €	- €	- €
		Auflösung Lagerbestand/Verwertung Ersatzteile	- €	- €	- €
		Weiterverwendung	- €	- €	- €
		Sonstige Verwertungskosten	- €	- €	- €
					- €
Gesamte Lebenszykluskosten für eine Anlage:			- €	- €	- €

Abbildung 18: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe pro Anlage (Teil 3)

Tabellenblätter für Betriebskosten

Die Betriebskosten werden für jede Maschine bzw. Anlage in einem eigenen Tabellenblatt eingetragen, da diese Eingabe im Vergleich zu den Beschaffungskosten und Stillsetzungskosten und wegen der mehrmalig anfallenden Kosten über den Betrachtungszeitraum viel komplexer ist. Zum Beispiel können Wartungskosten halbjährlich, jährlich oder nur alle zwei Jahre durchgeführt werden und müssen im LCC-Excel-Tool ihrem entsprechenden Jahr zugeordnet werden. Für die halbjährlichen

¹⁶⁶ Quelle: eigene Darstellung

¹⁶⁷ Quelle: eigene Darstellung

Wartungskosten bedeutet dies, dass diese mit dem Faktor zwei multipliziert werden, da sie zweimal in einem Jahr anfallen, und in jedes Jahr des gewählten Betrachtungszeitraumes eingetragen werden, gleich den jährlich anfallenden Wartungskosten. Die zweijährigen Wartungskosten werden nur in jedes zweite Jahr eingetragen. Für jedes Kostenelement werden die zugehörigen Kosten zusammengezählt, die zuvor auf den Investitionszeitpunkt abgezinst wurden. Die kalkulatorischen Zinsen werden dafür aus dem Tabellenblatt Allgemeines entnommen. Die Kostenelemente werden anschließend in das Tabellenblatt Eingabe pro Anlage übertragen.

Alle Kostenelemente der Betriebsphase sind in diesem Tabellenblatt, wie in Abbildung 19 und Abbildung 20 ersichtlich, abgebildet und können hier noch einmal feiner unterteilt werden. Für jedes Kostenelement kann mit dem grünen Button eine neue Kostenkategorie hinzugefügt werden und mit dem roten Button wieder gelöscht werden. Über den grünen und roten Button kann die Bezeichnung der Kostenkategorie eingefügt werden. Auf der rechten Seite in Abbildung 19 und Abbildung 20 werden die Kosten in die Zelle mit dem zugehörigen Jahr eingetragen. Es werden immer so viele Jahre angezeigt, wie zuvor im Tabellenblatt Allgemeines ausgewählt wurden.

Zurück zur Übersicht			Summe	Kosten Jahr 1	Kosten Jahr 2	Kosten Jahr 3
Pers.- Mb.	Personal			- €	- €	- €
	Maschine	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €			
Material	Rohstoffe	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €			
	Betriebs- und Hilfsstoffe	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €
	Fertigungshilfsstoffe	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €
	Chemie	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €
	Software und Hardware	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €
	Raumkosten	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €
Instandhaltung	Fremd- instandhaltung	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €			- €
	Geplante Instandhaltung	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €
	Ungeplante Instandhaltung	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €
	Spare Parts	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €			
Sonstige Betriebsk.	Entsorgung	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €
	Sonstige Betriebskosten	Neues Element hinzufügen Zelle löschen	- €	- €	- €	- €

Abbildung 19: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe Betriebskosten (Teil 1)¹⁶⁸

Wie in Abbildung 20 erkennbar, unterscheidet sich die Eingabe der Energiekosten leicht von jenen der restlichen Betriebskosten. Dies hat den Hintergrund, dass vom Maschine- bzw. Anlagenhersteller die Verbräuche von Strom, Öl, Gas, Wasser und Druckluft angegeben werden und nicht die Kosten. Um die Ermittlung der Energiekosten dem Anwender des LCC-Excel-Tools zu erleichtern, sollen die Kostensätze für die Energiekosten in das LCC-Excel-Tool eingetragen und jährlich aktualisiert werden. Mit der Eingabe der Verbräuche lassen sich damit einzelne Energiekosten berechnen.

¹⁶⁸ Quelle: eigene Darstellung

Allerdings bietet die AT&S AG bis jetzt nur die Kostensätze für Strom und Druckluft mit 0,1 Euro je Kilowattstunde bzw. 0,012 Euro je Normkubikmeter an.

		Kosten je Einheit		Menge pro Jahr		Summe	Kosten Jahr 1	Kosten Jahr 2	Kosten Jahr 3
Energie	Strom	0,1	€/kWh		kWh	- €	- €	- €	- €
		Neues Element hinzufügen	Zelle löschen						
	Öl					- €	- €	- €	- €
		Neues Element hinzufügen	Zelle löschen						
	Gas					- €	- €	- €	- €
		Neues Element hinzufügen	Zelle löschen						
	Wasser					- €			
	Neues Element hinzufügen	Zelle löschen							
Druckluft	0,012	€/Nm ³		Nm ³	- €	- €	- €	- €	
	Neues Element hinzufügen	Zelle löschen							
Sonstige Energiekosten					- €	- €	- €	- €	
	Neues Element hinzufügen	Zelle löschen							

Abbildung 20: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Eingabe Betriebskosten (Teil 2)¹⁶⁹

Des Weiteren kann durch Angabe des Energieverbrauches der Kohlenstoffdioxidverbrauch der Maschine bzw. Anlage berechnet werden.

Vergleich der Alternativen

Um den Vergleich zwischen den Maschinen und Anlagen möglichst anschaulich zu gestalten, wurden mehrere Auswertungen und Grafiken erstellt, die im Tabellenblatt Auswertung zusammengefasst sind. In der Auswertung werden die Kosten nur bis zur zweiten Ebene aufgespaltet. Zuerst werden die Kosten aller Betriebsphasen verglichen und später folgt eine eigene Auswertung für die Kosten in der Betriebsphase, da diese in der Lebenszyklusbetrachtung der AT&S besonders hervorgehoben werden sollen. Am Ende folgt noch eine Kostendarstellung über den zeitlichen Verlauf ähnlich Abbildung 5 in Abschnitt 2.4 und ein Vergleich des Kohlenstoffdioxidverbrauchs. Die dargestellten Kosten in den nachfolgenden Abbildungen sind rein fiktive Werte und dienen nur zur Veranschaulichung der Auswertungen.

Auswertung

Für die Gegenüberstellung der Kosten aus allen Lebenszyklusphasen enthält das Tabellenblatt Auswertung vier unterschiedliche Darstellungen. Diese vier Auswertungen sind alle identisch aufgebaut und unterscheiden sich nur in der Anzahl an Maschinen bzw. Anlagen sowie der ausgewählten Jahre. Für die erste Auswertung wird, wie in Abbildung 21 ersichtlich, immer nur eine Maschine bzw. Anlage über den gesamten Lebenszyklus betrachtet. Dadurch können die Lebenszykluskosten der einzelnen Maschinen und Anlagen verglichen werden.

In der nächsten Analyse wird die Anzahl der Anlagen eingegeben, die für die Erfüllung der gewünschten Produktionskapazität nötig ist. Dies wird in Abbildung 22 dargestellt.

Zu diesen zwei Auswertungen forderten die Hauptanwender noch zusätzlich eine Betrachtung nur für ein Jahr, damit die jährlich anfallenden Kosten ersichtlich sind. Daher wurden die durchschnittlichen Kosten pro Jahr kalkuliert und genauso wie für die Auswertungen über den gesamten Betrachtungszeitraum dargestellt.

¹⁶⁹ Quelle: eigene Darstellung

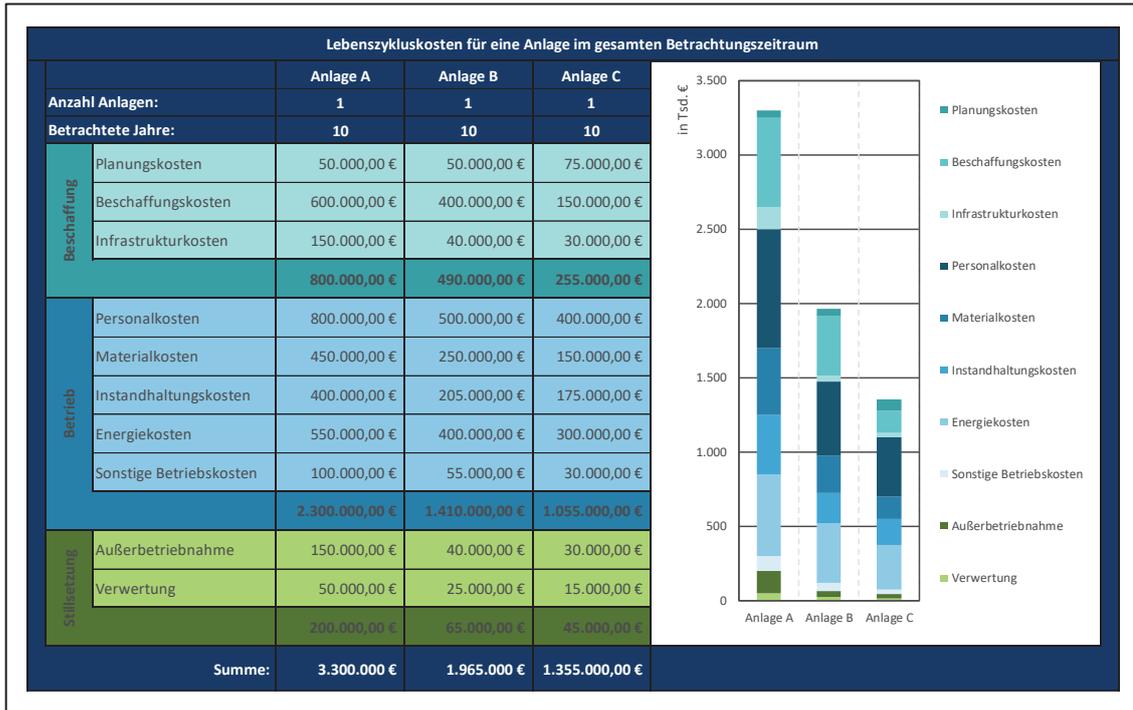


Abbildung 21: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 2)¹⁷⁰

Für die Auswertung aller Lebenszyklusphasen werden auf der rechten Seite die Lebenszykluskosten grafisch in einem Balkendiagramm dargestellt.

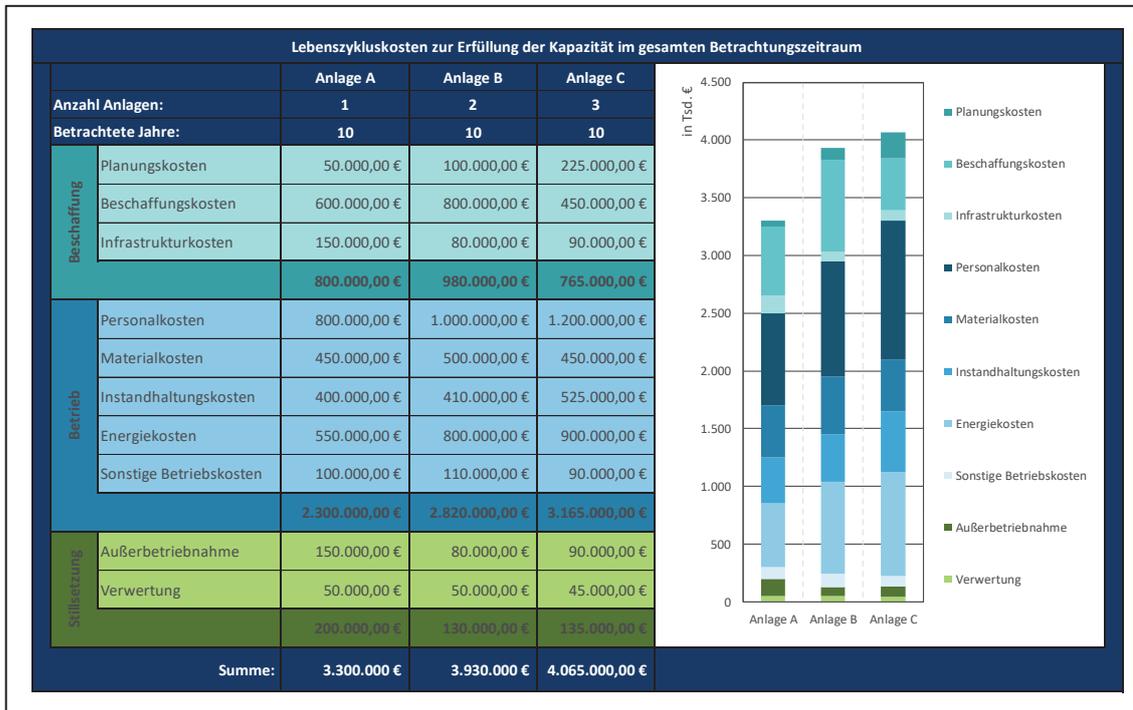


Abbildung 22: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 2)¹⁷¹

¹⁷⁰ Quelle: eigene Darstellung

¹⁷¹ Quelle: eigene Darstellung

Auf der linken Seite werden, wie in Abbildung 21 und Abbildung 22 erkennbar, die gesamten Lebenszykluskosten, die Kosten je Lebenszyklusphase und die Kosten für die Kategorien Planung, Beschaffung, Infrastruktur, Personal, Material, Instandhaltung, Energie, sonstige Betriebskosten, Außerbetriebnahme und Verwertung angegeben.

Für die Auswahl der besten Alternative ist die Auswertung aus Abbildung 22 zu wählen. Dort wird nämlich im Gegensatz zur Auswertung aus Abbildung 21 auch die Kapazität, die für die Produktion benötigt wird, berücksichtigt.

Neben der Auswertung aller Lebenszyklusphasen wird noch eine eigene Auswertung nur für die Betriebsphase angeboten. Es werden wie bei der Darstellung der gesamten Lebenszyklusphasen auf der linken Seite die Kosten als Zahlenwerte angegeben und auf der rechten Seite in einem Balkendiagramm dargestellt. Dieses Mal werden jedoch nur die Kosten für die Betriebsphase und die Kategorien Personal, Material, Instandhaltung, Energie und sonstige Betriebskosten abgebildet. Wie in Abbildung 23 ersichtlich, werden die Kosten der Betriebsphase auf zwei unterschiedliche Arten ausgewertet. Bei beiden wird der gesamte Betrachtungszeitraum zur Berechnung der Kosten ausgewählt. Allerdings wird bei der ersten Auswertung immer nur eine Maschine bzw. Anlage untersucht und bei der zweiten wird die Anzahl verwendet, um die gewünschte Produktionskapazität zu erreichen.

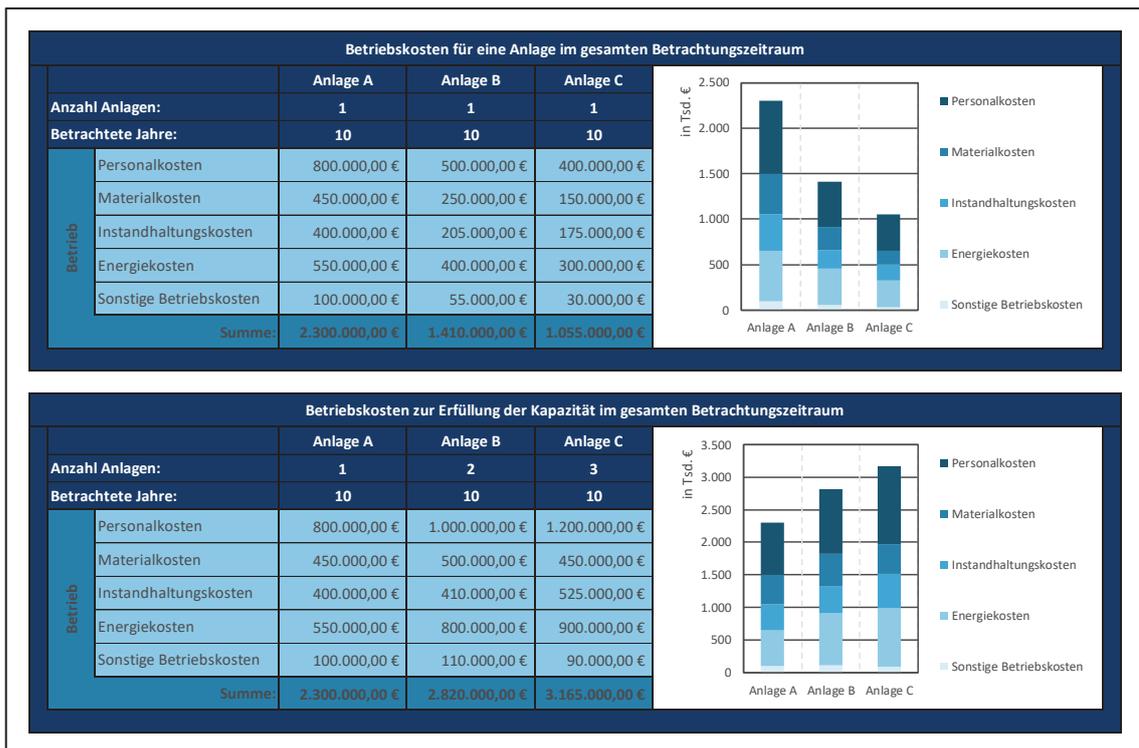


Abbildung 23: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 3)¹⁷²

Zusätzlich zu den oben genannten Auswertungen der Kosten soll auch der zeitliche Verlauf der Kosten wie in Abbildung 5 in Abschnitt 2.4 veranschaulicht werden. Dies ist besonders für Ersatzinvestitionen interessant, da durch diese Darstellung leicht erkennbar ist, ab welchem Jahr die neue Maschine bzw. Anlage günstiger ist als die alte.

¹⁷² Quelle: eigene Darstellung

Dazu werden die jährlichen Betriebskosten Jahr für Jahr bis zum Ende des Betrachtungszeitraums zusammengezählt. Daraus ergibt sich ein Kostenverlauf gemäß Abbildung 24. Der Beginn des Kostenverlaufes entspricht den Beschaffungskosten plus den abgezinsten Stillsetzungskosten. Bei diesem Kostenverlauf werden immer der gesamte Betrachtungszeitraum und die Anzahl der Maschinen bzw. Anlagen, die für die Erfüllung der gewünschten Produktionskapazität nötig sind, ausgewählt.

Das LCC-Excel-Tool enthält eine weitere Darstellung des Kostenverlaufes, die der zuvor erwähnten Darstellung ähnelt. Dieser zweite Kostenverlauf erstreckt sich immer über zwanzig Jahre und dient dazu, die Kostentwicklung über den gewählten Betrachtungsraum hinaus abzuschätzen. Dafür werden aus den vorhandenen Daten die durchschnittlichen jährlichen Betriebskosten berechnet. Zusammen mit den Beschaffungskosten und den Stillsetzungskosten lässt sich dadurch der Kostenverlauf über zwanzig Jahre darstellen.

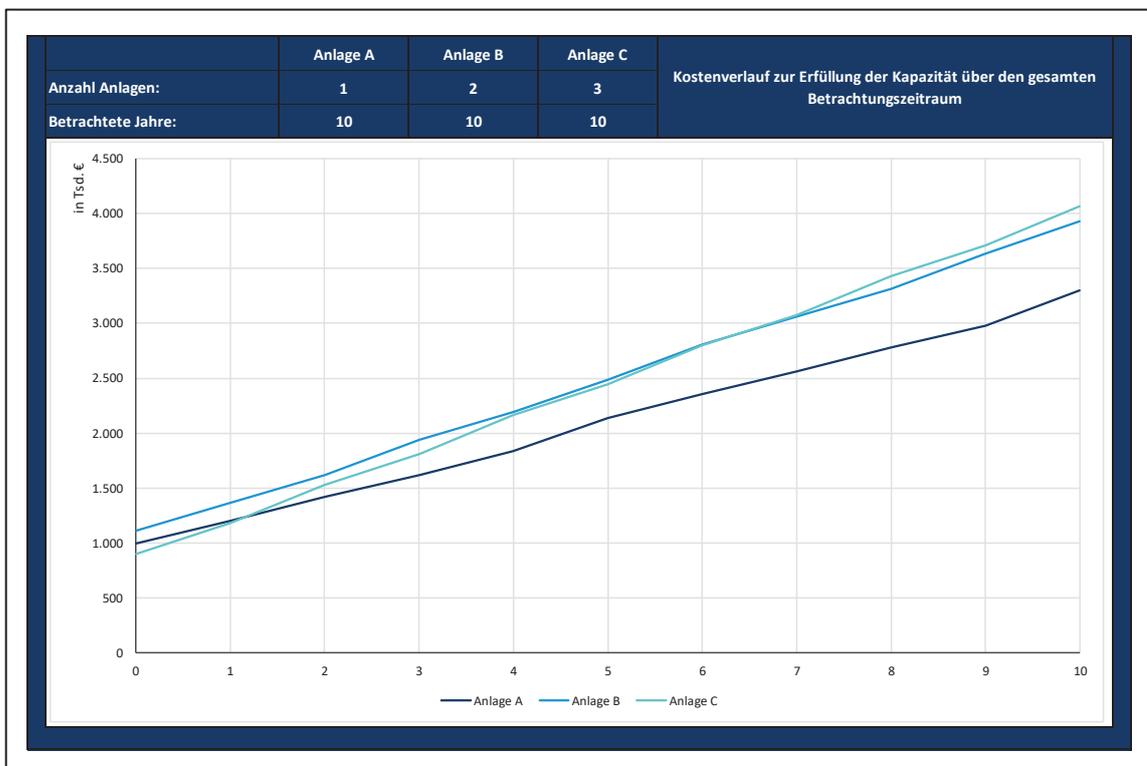


Abbildung 24: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 4)¹⁷³

Am Ende des Tabellenblatts Auswertung erfolgt noch der Vergleich des Kohlenstoffdioxidverbrauchs. Dazu werden die Energieverbräuche, welche im Tabellenblatt für die Betriebskosten eingetragen wurden, mit dem von der AT&S AG vorgegebenen CO₂-Äquivalenten multipliziert und in die Darstellung aus Abbildung 25 eingefügt. Der Kohlenstoffdioxidverbrauch wird sowohl als Zahlenwert angegeben als auch in einem Balkendiagramm veranschaulicht.

Dazu werden die Energieverbräuche, welche im Tabellenblatt für die Betriebskosten eingetragen wurden, mit dem von der AT&S AG vorgegebenen CO₂-Äquivalenten multipliziert und in die Darstellung aus Abbildung 25 eingefügt. Der

¹⁷³ Quelle: eigene Darstellung

Kohlenstoffdioxidverbrauch wird sowohl als Zahlenwert angegeben als auch in einem Balkendiagramm veranschaulicht.

Es wird wiederum eine Auswertung pro Maschine bzw. Anlage und eine mit der Anzahl an Maschinen und Anlagen, die notwendig ist, um die Produktionskapazität zu erfüllen, durchgeführt.

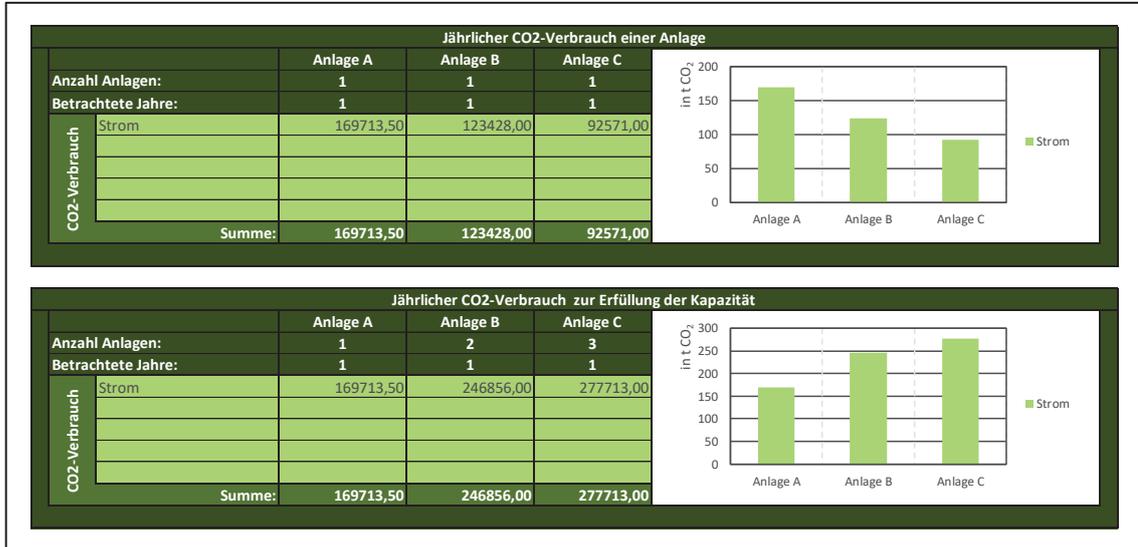


Abbildung 25: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Auswertung (Teil 5)¹⁷⁴

Wie bereits in Abschnitt 3.4.1 erwähnt, bietet die AT&S AG bis jetzt nur das CO₂-Äquivalent für Strom an, soll aber in Zukunft erweitert werden. Daher kann in dieser Auswertung nur der Kohlenstoffdioxidverbrauch für Strom verglichen werden. Die leeren Zeilen wurden für die zukünftige Erweiterung eingefügt und freigehalten.

Monitoring der Kosten

Wie in Abschnitt 2.5.5 und Abschnitt 3.4.1 erläutert, können durch die Überprüfung der prognostizierten Kosten, die in den vorherigen Tabellenblättern eingegeben und ausgewertet wurden, mit den tatsächlich angefallenen Kosten frühzeitig Abweichungen erkannt und Gegenmaßnahmen getroffen werden. Außerdem kann kontrolliert werden, ob die Angaben vom Maschinen- bzw. Anlagenhersteller eingehalten werden.

In diesem Bereich des LCC-Excel-Tools werden die tatsächlichen Kosten, die Großteiles aus SAP ermittelt werden können, in ihre zugehörigen Tabellenblätter eingetragen und mit den prognostizierten Kosten verglichen.

Wie zuvor beim Vergleich der Alternativen werden hier fiktive Werte in den Grafiken angegeben, um die Funktionen des LCC-Excel-Tools zu erklären.

Anlagenentscheidung

Im Tabellenblatt Anlagenentscheidung wird die Maschine oder Anlage ausgewählt, für die sich die AT&S AG entschieden hat zu kaufen. Mittels der Radiobuttons, wie in Abbildung 26 veranschaulicht, kann die gewünschte Maschine oder Anlage selektiert werden.

¹⁷⁴ Quelle: eigene Darstellung

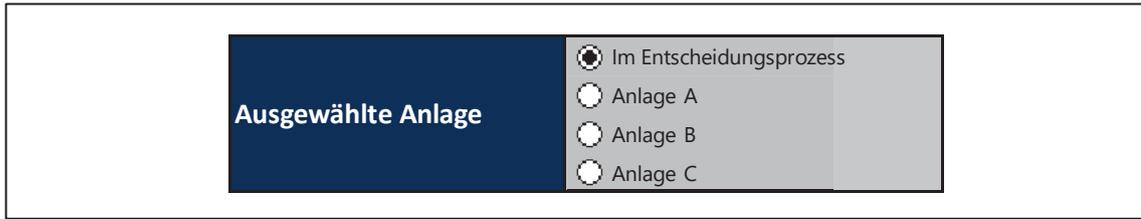


Abbildung 26: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Anlagenentscheidung¹⁷⁵

Nach der Auswahl für eine Maschine oder Anlage werden die Eingaben für die anderen Maschinen und Anlagen ausgeblendet und die Daten der ausgewählten Maschine oder Anlage in die anderen Tabellenblätter für das Monitoring der Kosten übertragen.

Beschaffung IST-Zustand und Vergleich

Die Beschaffungsphase ist der erste Abschnitt des Lebenszyklus, in dem die tatsächlichen Kosten eingetragen werden können.

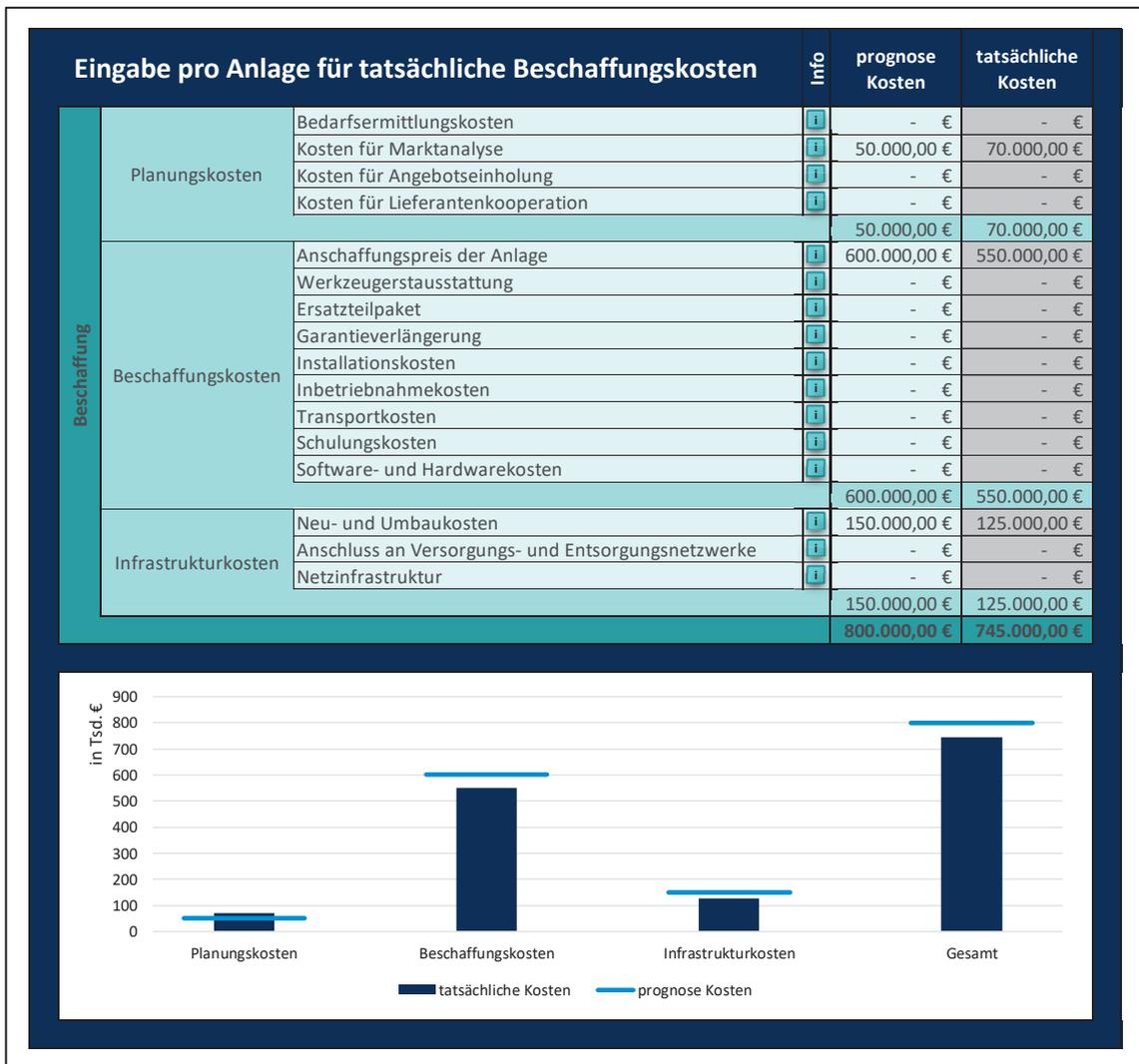


Abbildung 27: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Beschaffung IST-Zustand¹⁷⁶

¹⁷⁵ Quelle: eigene Darstellung

¹⁷⁶ Quelle: eigene Darstellung

Der Aufbau des Tabellenblatts entspricht jenem des Tabellenblatts Allgemeines. Hier wird allerdings nur, wie in Abbildung 27 erkennbar, die Beschaffungsphase des Lebenszyklus betrachtet und die prognostizierten Kosten der ausgewählten Maschine bzw. Anlage mit den tatsächlichen Kosten verglichen.

Zusätzlich wurde unterhalb der Eingabe ein Balkendiagramm eingefügt, welches die gesamten Beschaffungskosten mit ihren Unterkategorien Planung, Beschaffung und Infrastruktur grafisch darstellt.

IST-Zustand im Betrieb

Die Eingabe der tatsächlichen Kosten im Betrieb erfolgt auf dieselbe Art wie die der prognostizierten Kosten. Das Tabellenblatt für den IST-Zustand im Betrieb gleicht den Tabellenblättern für die Betriebskosten. In dem Abschnitt für die Eingabe der prognostizierten Betriebskosten wurde das Tabellenblatt schon ausführlich beschrieben und in Abbildung 19 sowie Abbildung 20 dargestellt. Deshalb wird hier auf die Beschreibung des Tabellenblattes verzichtet.

Vergleich im Betrieb

Der Vergleich zwischen den tatsächlichen Kosten und den prognostizierten Kosten findet für die Betriebsphase in einem eigenen Tabellenblatt statt. Alle Kostenkategorien der Betriebsphase werden hier mit ihren Kostenelementen angeführt. Zuerst werden die Kostenelemente numerisch pro Jahr verglichen und anschließend folgt für die Kostenkategorien Personalkosten für die Maschinenbedienung, Materialkosten, Instandhaltungskosten, Energiekosten sowie sonstige Betriebskosten eine grafische Darstellung des Kostenverlaufs über die Jahre. Stellvertretend für alle Kostenkategorien wurde in Abbildung 28 und Abbildung 29 die Instandhaltung als Vorzeigekategorie gewählt. In den Abbildungen wird ein mögliches Szenario dargestellt, nachdem die Maschine bzw. Anlage fünf Jahre in Betrieb war.

			Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	
Instandhaltung	Fremd-instandhaltung	Prognose:	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
		IST:	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Geplante Instandhaltung	Prognose:	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	
		IST:	8.000,00 €	7.000,00 €	9.000,00 €	8.000,00 €	14.000,00 €	- €	
	Ungeplante Instandhaltung	Prognose:	- €	20.000,00 €	- €	20.000,00 €	- €	20.000,00 €	
		IST:	5.000,00 €	16.000,00 €	- €	12.000,00 €	16.000,00 €	- €	
	Spare Parts	Prognose:	- €	- €	- €	- €	100.000,00 €	- €	
		IST:	- €	- €	- €	- €	90.000,00 €	- €	
	Summe Prognose:			10.000,00 €	30.000,00 €	10.000,00 €	30.000,00 €	110.000,00 €	30.000,00 €
	Summe IST:			13.000,00 €	23.000,00 €	9.000,00 €	20.000,00 €	120.000,00 €	- €

Abbildung 28: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Vergleich im Betrieb (Teil 1)¹⁷⁷

Abbildung 28 zeigt, dass für jedes Kostenelement sowie für die Kostenkategorien der Betriebsphase die prognostizierten Kosten und die tatsächlichen Kosten pro Jahr angegeben werden. Je nachdem, ob die tatsächlichen Kosten höher oder niedriger als die prognostizierten Kosten sind, wird ein roter oder grüner Balken unter der Betriebskostenkategorie angezeigt. Im Beispiel in Abbildung 28 wird ein roter Balken für

¹⁷⁷ Quelle: eigene Darstellung

das erste und fünfte Jahr angezeigt, da dort die tatsächlichen Kosten höher sind als die prognostizierten.

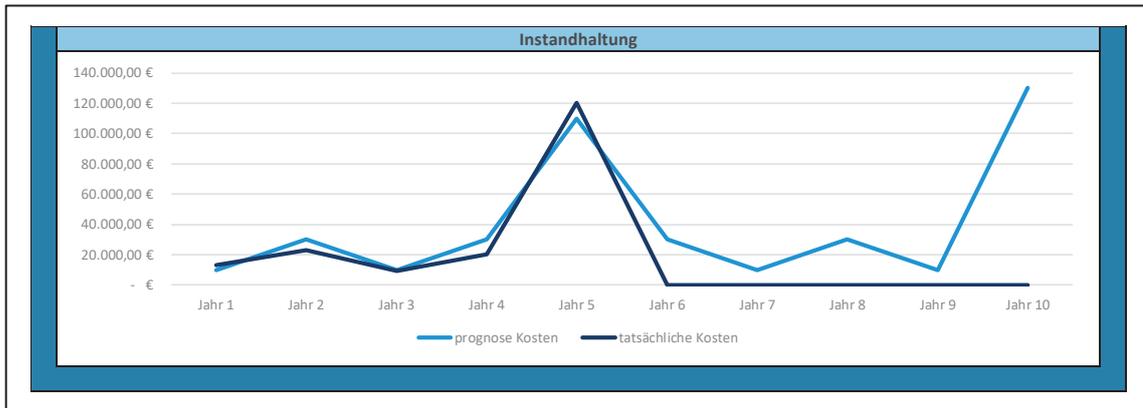


Abbildung 29: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Vergleich im Betrieb (Teil 2)¹⁷⁸

Um neben der numerischen Auswertung auch einen grafischen Vergleich zu ermöglichen, wurde am Ende des Tabellenblattes noch ein Liniendiagramm eingefügt, für einen jährlichen Verlauf der Kosten. Da in diesem Beispiel die Maschine bzw. Anlage erst fünf Jahre betrieben wurde, stehen ab dem sechsten Jahr keine tatsächlichen Kosten mehr zur Verfügung. Daher sinkt die Linie für die tatsächlichen Kosten in Abbildung 29 im sechsten Jahr auf Null ab.

Jahresvergleich im Betrieb

Neben dem Vergleich der Betriebskosten über den gesamten Betrachtungszeitraum, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, war es der Wunsch der Hauptanwender, zusätzlich nur die Betriebskosten des aktuellen Jahres zu vergleichen, um einen besseren Überblick der aktuellen Kostensituation zu erhalten.

Daher ähnelt das Tabellenblatt für den Jahresvergleich der Betriebskosten jenem für den Vergleich der Betriebskosten über den gesamten Betrachtungszeitraum sehr. In diesem Tabellenblatt wird zu Beginn das gewünschte Jahr ausgewählt. Anschließend werden die Betriebskosten der einzelnen Kostenelemente, wie in Abbildung 28 zu sehen, dargestellt, mit der Ausnahme, dass hier nur das ausgewählte Jahr angezeigt wird. Auch das Liniendiagramm aus Abbildung 29 steht in diesem Tabellenblatt nicht zur Verfügung.

Stillsetzung IST-Zustand und Vergleich

Die letzten Daten sind bei der Stillsetzung der Maschine oder Anlage, wie in Abbildung 30 und Abbildung 31 dargestellt, einzutragen. Genauso wie beim Tabellenblatt für die Eingabe der IST-Werte in der Beschaffung, besteht auch die Grundstruktur dieses Tabellenblattes aus dem Tabellenblatt Allgemeines.

¹⁷⁸ Quelle: eigene Darstellung

Eingabe pro Anlage für tatsächliche Stillsetzungskosten		Info	prognose Kosten	tatsächliche Kosten
Stillsetzung	Außerbetriebnahme	Entsorgung von Betriebsstoffen	- €	
		Demontagekosten	- €	
		Rückbaukosten	150.000,00 €	200.000,00 €
		Reaktivierungskosten	- €	
		Kosten für notwendige Gutachten	- €	
		Sonstige Außerbetriebnahmekosten	- €	
			150.000,00 €	200.000,00 €
	Verwertung	Endlagerungskosten	- €	
		Verkauf	- €	
		Recycling- bzw. Wiederverwendungskosten	- €	
Verschrottungskosten		50.000,00 €	40.000,00 €	
Auflösung Lagerbestand/Verwertung Ersatzteile		- €		
Weiterverwendung		- €		
		50.000,00 €	40.000,00 €	
		200.000,00 €	240.000,00 €	

Abbildung 30: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Stillsetzung IST-Zustand (Teil 1)¹⁷⁹

Dieses Mal wird der Bereich der Stillsetzungsphase aus dem Tabellenblatt Allgemeines entnommen und die prognostizierten Stillsetzungskosten der ausgewählten Maschine oder Anlage übernommen sowie die tatsächlich angefallenen Kosten eingetragen.

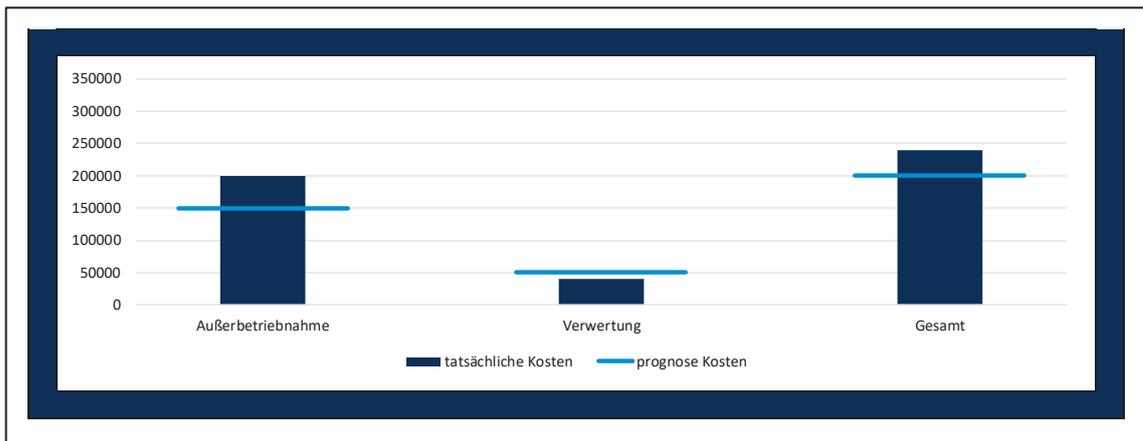


Abbildung 31: LCC-Excel-Tool - Tabellenblatt Stillsetzung IST-Zustand (Teil 2)¹⁸⁰

Des Weiteren wird hier ebenfalls wie beim Tabellenblatt für die Eingabe der IST-Werte in der Beschaffung ein Balkendiagramm zur Illustration der gesamten Stillsetzungskosten sowie ihren Unterkategorien Außerbetriebnahme und Verwertung angeführt.

3.5 Test des LCC-Excel-Tools

Nach der Erstellung des LCC-Excel-Tools sollte dieses auch an einem Fallbeispiel getestet werden. Die Produktion beschloss, dass der Test des LCC-Excel-Tools an der alten Anlage der Pressblechreinigung und der neuen Anlage, die die alte ersetzen soll,

¹⁷⁹ Quelle: eigene Darstellung

¹⁸⁰ Quelle: eigene Darstellung

durchgeführt werden sollte. Zu diesem Zeitpunkt war die neue Anlage bereits ausgewählt und bestellt. Dies hatte den Vorteil, dass die meisten Daten zur Verfügung standen und nicht erst vom Anlagenhersteller eingefordert werden mussten. Da für die alte Anlage der Hersteller keine Ersatzteile mehr liefert und die Anlage technologisch bereits sehr veraltet war, war die Vorteilhaftigkeit der neuen Anlage gegeben und es wurde daher keine ausführliche Betrachtung der Kosten durchgeführt. Mittels der Lebenszykluskostenbetrachtung sollte dies allerdings nachgeholt werden und gezeigt werden, in welchen Bereichen die neue Anlage geringere bzw. höhere Kosten verursacht und ab dem wievielten Jahr sich die Ersatzinvestition rentiert oder es besser gewesen wäre, die alte Anlage weiter zu betreiben.

Dafür wurden zuerst alle benötigten Daten für die Eingabe in das LCC-Excel-Tool in Zusammenarbeit mit dem Projektteam und den Hauptanwendern gesammelt. Anschließend wurden diese Daten in das LCC-Excel-Tool eingetragen und ausgewertet.

Erhebung der Daten

Zur Erhebung der Daten für die Lebenszykluskostenberechnung wurden die Vergangenheitswerte und die Angaben des Anlagenherstellers verwendet. In Kooperation mit den Mitarbeitern, die für die Anlagen der Pressblechreinigung verantwortlich sind, konnte durch deren fachliche Expertise eine realistische Prognose der zukünftigen Kosten erreicht werden.

Grunddaten

Im ersten Schritt wurden die Grunddaten für den Vergleich der Anlagen bestimmt. Von jeder Anlage wird nur ein Stück benötigt, daher wurde für die Anzahl der Anlagen die Zahl Eins ausgewählt. Für den Betrachtungszeitraum wurden zehn Jahre festgelegt. Die kalkulatorischen Zinsen sollen für die Gegenüberstellung der Anlagen nach Absprache mit dem Projektteam und den Hauptanwendern vernachlässigt werden und wurden daher mit null Prozent angegeben.

Beschaffungskosten

Bei den Beschaffungskosten fallen nur Kosten für die neue Anlage an, da der Betrachtungszeitraum erst ab dem Zeitpunkt der Anschaffung der neuen Anlage beginnt und zu diesem Moment die Anschaffungskosten der alten Anlage bereits abgezahlt sind. Für die neue Anlage fallen Kosten für den Anschaffungspreis der Anlage von 800.000 Euro, für das Ersatzteilpaket von 6.624,98 Euro und für die Umbaukosten der Produktionshalle von 147.750 Euro an. In Summe ergibt das Beschaffungskosten in der Höhe von 954.374,98 Euro. Die Planungskosten wurden für die neue Anlage vernachlässigt, da diese keine großen Auswirkungen auf die Gesamtkosten haben und aufwendig zu erheben sind.

Betriebskosten

Die Betriebskosten bestehen aus mehreren Eintragungen. Daher wird anschließend nur auf die Ermittlung der Betriebskosten eingegangen. Die Zahlenwerte der einzelnen Betriebskosten können Tabelle 18 und Tabelle 19 entnommen werden.

Für die Ermittlung der zukünftigen Betriebskosten der alten Anlage wurden die Kosten, die in den letzten Jahren an der Anlage angefallen sind, herangezogen. An der alten Anlage sind jährliche Kosten für Rohstoffe, Nachbearbeitungen, Walzenverbrauch, Strom und Wasser angefallen. Die Werte aus dem letzten Geschäftsjahr wurden für die Lebenszykluskostenberechnung verwendet. Die Instandhaltungs- und Ersatzteilkosten sind in den letzten Jahren stetig gestiegen. Daher wurden für diese Kosten nicht die Werte aus dem letzten Geschäftsjahr in die Berechnung eingesetzt, sondern auf Basis der Vergangenheitswerte ein linearer Trend erstellt, mit dem die zukünftigen Kosten kalkuliert wurden. In Tabelle 18 können die Instandhaltungs- und Ersatzteilkosten für die einzelnen Jahre nachgeschlagen werden. Zusätzlich müsste die alte Anlage in Jahr eins überholt werden, damit diese überhaupt weiter betrieben werden kann.

Bei der neuen Anlage geht man davon aus, dass die Rohstoffkosten im Vergleich zur alten Anlage um 25 Prozent gesenkt werden können. Auch die Nachbearbeitung entfällt bei der neuen Anlage. Die Kosten für Ersatzteile, Walzenverbrauch, Strom und Wasser wurden aus der Spezifikation der neuen Anlage ermittelt. Die Walzen der neuen Anlage sind deshalb so viel teurer als die der alten Anlage, weil diese mehr und bessere Funktionen bieten und durch ihre längere Lebensdauer wartungsfreundlicher sind. Durch den Einsatz der besseren Walzen haben sich auch der Strom- und Wasserverbrauch erhöht.

Tabelle 18: Instandhaltungskosten für die alte Anlage¹⁸¹

Instandhaltungskosten für die alte Anlage					
Beschreibung	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Geplante interne Instandhaltung	72.889,60 €	77.626,80 €	82.364,00 €	87.101,20 €	91.838,40 €
Ersatzteilkosten	39.772,08 €	41.547,75 €	43.323,42 €	45.099,09 €	46.874,76 €
Beschreibung	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
Geplante interne Instandhaltung	96.575,60 €	101.312,80 €	106.050,00 €	110.787,20 €	115.524,40 €
Ersatzteilkosten	48.650,43 €	50.426,10 €	52.201,77 €	53.977,44 €	55.753,11 €

Die neue Anlage muss die ersten zwei Jahre vom Anlagenhersteller gewartet werden, damit die Garantie nicht verfällt. Nach den zwei Jahren kann die Fremdinstandhaltung durch eine interne Instandhaltung ersetzt werden, wodurch sich die Kosten ungefähr halbieren.

Diese internen Instandhaltungskosten werden dem Kostenelement für geplante interne Instandhaltungen zugewiesen. Die fortschrittlichere Technologie der neuen Anlage soll die Produktionsqualität erhöhen, wodurch die Anzahl an fehlerhaften Produkten reduziert wird. Die bessere Produktionsqualität wird berücksichtigt, indem bei der alten Anlage die Einsparung als Aufwand in das Kostenelement Entsorgung eingetragen wird.

¹⁸¹ Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 19: Betriebskosten für die alte und neue Anlage¹⁸²

Jährliche Betriebskosten für die alte und neue Anlage		
Beschreibung	Alte Anlage	Neue Anlage
Rohstoffkosten	82.576,00 €	61.932,00 €
Nachbearbeitungskosten	30.000,00 €	0,00 €
Überholungskosten	300.000,00 € (einmalig im ersten Jahr)	0,00 €
Walzenverbrauch	8.924,00 €	42.008,00 €
Entsorgungskosten	66.000,00 €	0,00 €
Stromkosten	20.012,90 €	25.000,00 €
Wasserkosten	2.136,96 €	10.224,00 €
Fremdinstandhaltung	0,00 €	13.000,00 € (für die ersten zwei Jahre)
Geplante interne Instandhaltung	siehe Tabelle 18	7.000,00 € (ab dem dritten Jahr)
Ersatzteilkosten	siehe Tabelle 18	14.817,14 €

Da für beide Anlagen gleich viel Personal benötigt wird, fließen diese Kosten nicht in die Lebenszykluskostenbetrachtung mit ein.

Stillsetzungskosten

Die Stillsetzungskosten wurden nicht als ausschlaggebend für die Auswahl der Anlagen erachtet. Außerdem sind diese schwierig vorherzusagen und wurden daher nicht in die Lebenszykluskostenbetrachtung mitaufgenommen.

Berechnung und Vergleich der Lebenszykluskosten

Nachdem, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, alle Daten für die Lebenszykluskostenberechnung erfasst wurden, sind diese in das LCC-Excel-Tool eingetragen und ausgewertet worden. Dafür wurden der Reihe nach alle Tabellenblätter des LCC-Excel-Tools, wie in Abschnitt 3.4.2 beschrieben, mit den Daten aus dem vorherigen Abschnitt ausgefüllt.

Als Erstes wurden die Daten in das Tabellenblatt für die allgemeinen Eingaben eingesetzt. Wie in Abbildung 32 ersichtlich, wurde die neue Anlage mit PeM und die alte Anlage mit DMT bezeichnet. Durch das Ausfüllen des Tabellenblattes für die allgemeinen Daten wurden die folgenden Tabellenblätter auf diese Daten automatisch angepasst.

¹⁸² Quelle: eigene Darstellung

Anzahl zu vergleichender Anlagen:	2	
Anlagenbezeichnung:	PeM	DMT
Mögliche Nutzungsdauer der Anlage in Jahren:	10	10
Anzahl benötigter Anlagen um vorgegebene Kapazität zu erreichen:	1	1
Anlagenbeschreibung PeM:	Neue Anlage der Firma Pola e Massa	
Anlagenbeschreibung DMT:	Alte Anlage mit der technischen Arbeitsplatzbezeichnung HB-342-02-01	
Kalkulatorische Zinsen in Prozent	0%	

Abbildung 32: Eingabe der allgemeinen Informationen in das LCC-Excel-Tool¹⁸³

Der nächste Schritt war das Eintragen der Kosten für die Lebenszyklusphasen Beschaffung, Betrieb und Stillsetzung, wie in Abbildung 33 erkennbar. Da die Stillsetzungskosten aus der Betrachtung ausgeschlossen wurden, blieben die Felder dieser Phase leer. Wie bereits oben erwähnt, sind für die alte Anlage im gewählten Betrachtungszeitraum keine Beschaffungskosten angefallen und daher wurden nur die Beschaffungskosten der neuen Anlage in das Tabellenblatt Eingabe pro Anlage eingetragen.

Für die Betriebskosten wurde sowohl für die neue als auch für die alte Anlage ein eigenes Tabellenblatt ausgefüllt. Die Vorlage der Tabellenblätter ist in Abbildung 19 und Abbildung 20 des Abschnitts 3.4.2 dargestellt. Dort wird auch die Eingabe der Daten erklärt.

Für einen anschaulichen Vergleich der zwei Anlagen wurde, wie in Abschnitt 3.4.2 gezeigt, das Tabellenblatt Auswertung verwendet. Anschließend werden drei Ausschnitte aus dem Tabellenblatt Auswertung in Abbildung 34, Abbildung 35 und Abbildung 36 gezeigt.

¹⁸³ Quelle: eigene Darstellung

AT&S		Eingabe pro Anlage für Life-Cycle-Costs	Info	Kosten PeM	Kosten DMT	
Beschaffung	Planungskosten	Bedarfsermittlungskosten	1	- €	- €	
		Kosten für Marktanalyse	1	- €	- €	
		Kosten für Angebotseinholung	1	- €	- €	
		Kosten für Lieferantenkooperation	1	- €	- €	
					- €	- €
	Beschaffungskosten	Anschaffungspreis der Anlage	1	800.000,00 €	- €	
		Werkzeugerstaustattung	1	- €	- €	
		Ersatzteilkpaket	1	6.624,98 €	- €	
		Garantieverlängerung	1	- €	- €	
		Installationskosten	1	- €	- €	
		Inbetriebnahmekosten	1	- €	- €	
		Transportkosten	1	- €	- €	
		Schulungskosten	1	- €	- €	
	Software- und Hardwarekosten	1	- €	- €		
			806.624,98 €	- €		
Infrastrukturkosten	Neu- und Umbaukosten	1	147.750,00 €	- €		
	Anschluss an Versorgungs- und Entsorgungsnetzwerke	1	- €	- €		
	Netzinfrastruktur	1	- €	- €		
			147.750,00 €	- €		
			954.374,98 €	- €		
Betrieb	Personalkosten Maschinenbedienung	Personalkosten für Maschinenbedienung	1	- €	- €	
				- €	- €	
	Materialkosten	Rohstoffe	1	619.320,00 €	825.760,00 €	
		Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Werkzeuge	1	- €	- €	
		Fertigungshilfsstoffe	1	- €	- €	
		Chemie	1	- €	- €	
		Laufende Software- und Hardwarekosten	1	- €	- €	
		Raumkosten	1	- €	- €	
				619.320,00 €	825.760,00 €	
	Instandhaltungskosten	Fremdinstandhaltung	1	26.000,00 €	600.000,00 €	
		Geplante Instandhaltung	1	56.000,00 €	942.070,00 €	
		Ungeplante Instandhaltung	1	- €	- €	
		Spare Parts	1	568.251,40 €	566.865,99 €	
				650.251,40 €	2.108.935,99 €	
	Energiekosten	Strom	1	250.000,00 €	200.129,00 €	
		Öl	1	- €	- €	
		Gas	1	- €	- €	
		Wasser	1	102.240,00 €	21.369,60 €	
		Druckluft	1	- €	- €	
		Sonstige Energiekosten	1	- €	- €	
			352.240,00 €	221.498,60 €		
Sonstige Betriebskosten	Entsorgungskosten und -erlöse	1	- €	660.000,00 €		
	Sonstige Betriebskosten	1	- €	- €		
			- €	660.000,00 €		
			1.621.811,40 €	3.816.194,59 €		
Stilllegung	Außerbetriebnahme	Entsorgung von Betriebsstoffen	1	- €	- €	
		Demontagekosten	1	- €	- €	
		Rückbaukosten	1	- €	- €	
		Rekultivierungskosten	1	- €	- €	
		Kosten für notwendige Gutachten	1	- €	- €	
	Sonstige Außerbetriebnahmekosten	1	- €	- €		
				- €	- €	
	Verwertung	Endlagerungskosten	1	- €	- €	
		Verkauf	1	- €	- €	
		Recycling- bzw. Wiederverwendungskosten	1	- €	- €	
		Verschrottungskosten	1	- €	- €	
		Auflösung Lagerbestand/Verwertung Ersatzteile	1	- €	- €	
		Weiterverwendung	1	- €	- €	
Sonstige Verwertungskosten		1	- €	- €		
			- €	- €		
			2.576.186,38 €	3.816.194,59 €		

Abbildung 33: Übersicht der eingegebenen Kosten je Anlage¹⁸⁴

¹⁸⁴ Quelle: eigene Darstellung

Durch das Balkendiagramm in Abbildung 34 kann man gut erkennen, dass die Betriebskosten einen größeren Anteil an den Lebenszykluskosten einnehmen als die Beschaffungskosten. Bei der Gegenüberstellung der alten und neuen Anlage zeigt sich, dass außer den Energiekosten alle Betriebskosten der alten Anlage höher sind als die der neuen, besonders die Instandhaltungskosten stechen hier hervor. Deshalb sind die Lebenszykluskosten der neuen Anlage um mehr als eine Million Euro niedriger als die der alten.

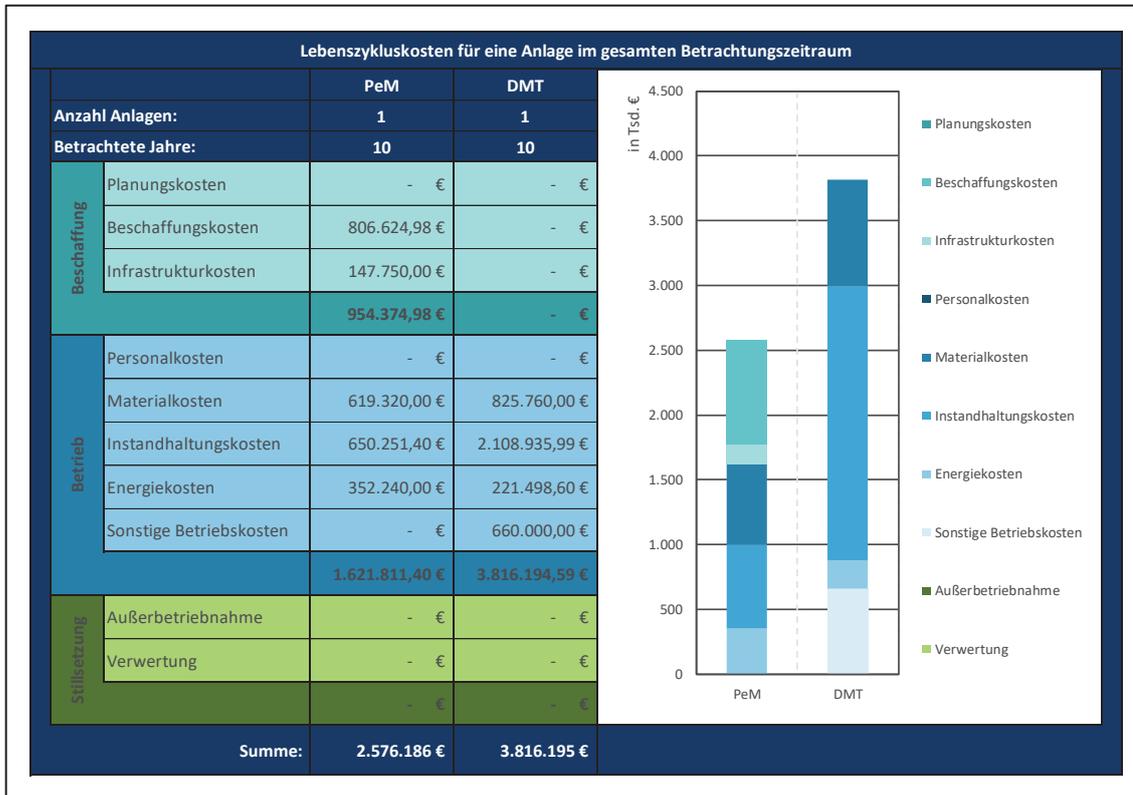


Abbildung 34: Vergleich der Lebenszykluskosten der alten und neuen Anlage¹⁸⁵

Besonders der Kostenverlauf der alten und neuen Anlage in Abbildung 35 war für die Verantwortlichen der Anlagen von großer Bedeutung. In diesem Verlauf ist nämlich zu erkennen, dass nach vier Jahren die Kosten der neuen Anlage niedriger sind als die der alten Anlage und somit die Investition in eine neue Anlage die richtige aus Kostensichtbetrachtung war.

Der Knick bei der Linie der alten Anlage im ersten Jahr entsteht durch die einmaligen Überholungskosten der Anlage. Der Verlauf der neuen Anlage beginnt bei etwa einer Million Euro, weil dies die Beschaffungskosten der Anlage widerspiegelt. Da bei der alten Anlage keine Beschaffungskosten anfallen, beginnt deren Verlauf bei Null.

Am Ende des Tabellenblattes Auswertung wurde noch der jährliche Kohlenstoffdioxidverbrauch der beiden Anlagen berechnet und verglichen. Wie bereits in Abschnitt 3.4.1 erwähnt, kann bis jetzt nur für den Energieträger Strom der CO₂-Verbrauch in der AT&S AG ermittelt werden. Da der Stromverbrauch bei der neuen

¹⁸⁵ Quelle: eigene Darstellung

Anlage höher ist, produziert die neue Anlage auch mehr Kohlenstoffdioxid, wie in Abbildung 36 erkennbar ist.

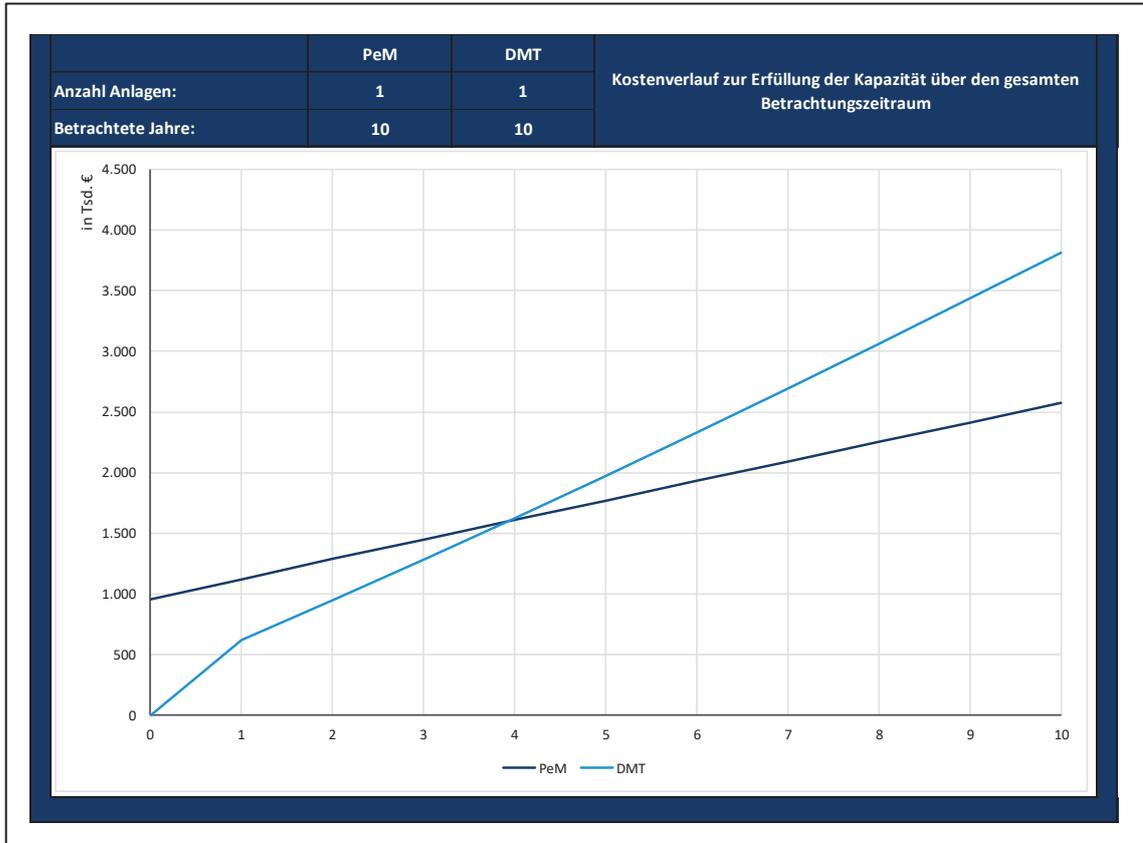


Abbildung 35: Zeitlicher Kostenverlauf der alten und neuen Anlage¹⁸⁶

Die Überprüfung der tatsächlichen Kosten mit den prognostizierten Kosten konnte nicht durchgeführt werden, da die neue Anlage noch nicht in Betrieb war und es einen Beobachtungszeitraum von mehreren Jahren benötigt, um diesen Teil des LCC-Excel-Tools an einem Fallbeispiel zu erproben.

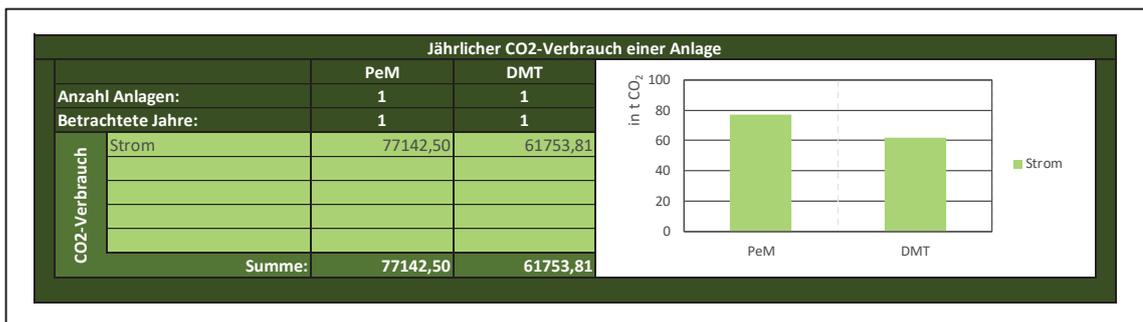


Abbildung 36: Vergleich des CO₂-Verbrauchs der alten und neuen Anlage¹⁸⁷

Daher wurden die Funktionen dieses Teils des LCC-Excel-Tools anhand fiktiver Daten getestet und mit dem Projektteam sowie den Hauptanwendern abgeprochen.

¹⁸⁶ Quelle: eigene Darstellung

¹⁸⁷ Quelle: eigene Darstellung

3.6 Weitere Vorgehensweise

Das LCC-Modell und ein zugehöriges Werkzeug, das LCC-Excel-Tool, wurden für die AT&S AG erstellt und getestet und somit die Ziele dieser Arbeit erreicht. In Ergänzung wurde allerdings mit dem Projektteam und den Hauptanwendern die weitere Vorgehensweise ausgearbeitet und zusammengefasst, welche Punkte bei einer zukünftigen Erweiterung der Lebenszykluskostenbetrachtung zu beachten sind.

Für die Implementierung des AT&S LCC-Modells in der AT&S AG soll die Lebenszykluskostenbetrachtung in den Beschaffungsprozess des Managementhandbuchs, welches alle Abläufe und Prozesse des Unternehmens beschreibt, integriert werden. Als Erstes soll das AT&S LCC-Modell am Standort in Leoben verwendet und anschließend auf alle Werke ausgerollt werden. Für die Einführung am Standort Leoben sollen die zuständigen Mitarbeiter in das LCC-Excel-Tool eingeschult werden und ihnen die Vorteile und Wichtigkeit der Lebenszykluskostenbetrachtung vermittelt werden.

Vor der Übertragung des AT&S LCC-Modells auf alle anderen Werke sollte in Betracht gezogen werden, das LCC-Excel-Tool durch eine spezielle Softwarelösung zu ersetzen, die auch mit SAP und anderen Systemen kommunizieren kann. Denn ab einer bestimmten Anzahl an Maschinen bzw. Anlagen ist das LCC-Excel-Tool wahrscheinlich nicht mehr ausreichend, um die Lebenszykluskosten zu überwachen. Je höher die Anzahl der Maschinen bzw. Anlagen ist, desto größer ist auch der Aufwand für die Betreuung des LCC-Excel-Tools. Für den Vergleich der prognostizierten Kosten und tatsächlichen Kosten müssen die Daten immer aus SAP in das LCC-Excel-Tool händisch eingetragen werden. Mittels einer eigenen Softwarelösung könnten die Daten aus SAP automatisch erfasst und dadurch der Wartungsaufwand reduziert werden. Erhöht sich die Anzahl an Maschinen und Anlagen, die zu beobachten sind, wird es auch schwieriger einen Überblick über die Kosten zu behalten, da die Lebenszykluskosten jeder Maschine bzw. Anlage in einem eigenen Excel-File abgespeichert sind. In der Softwarelösung könnte ein Dashboard integriert werden, welches alle Maschinen und Anlagen in einer Ansicht darstellt und den Kostenstatus mittels des vorgestellten Ampelsystems aus Abschnitt 2.5.4 wiedergibt. Sollte eine Softwarelösung umgesetzt werden, ist die Integration einer Sensitivitätsanalyse zu erwägen. Diese wurde nicht im LCC-Excel-Tool implementiert, weil sie die Handhabung des LCC-Excel-Tools um einiges erschwert hätte und für eine erste Anwendung des Lebenszykluskonzepts noch nicht notwendig war und die Implementierung erschwert hätte.

Wie bereits in Abschnitt 3.4.1 erwähnt, werden nicht alle CO₂-Äquivalente in der AT&S AG erhoben. Sobald jedoch die nächsten CO₂-Äquivalente zur Verfügung stehen, sind diese in das LCC-Excel-Modell einzutragen, um eine bessere ökologische Betrachtung der Maschinen und Anlagen zu erhalten.

Um das gesamte Potenzial der Lebenszykluskostenrechnung auszuschöpfen, ist eine Zusammenarbeit mit den Maschinen- und Anlagenherstellern nötig. Nach Gesprächen mit dem Einkauf gibt es Lieferanten bei der AT&S AG mit denen eine Kooperation zur Vertiefung der Lebenszykluskostenbetrachtung möglich ist. Wie schon in Abschnitt 2.4 und Abschnitt 2.5.1 erwähnt, ist bei dieser Kooperation darauf zu achten, dass keine der beiden Parteien bevorteilt oder benachteiligt wird, sondern für beide ein Nutzen entsteht.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In vielen Unternehmen, so auch bei der AT&S AG, werden bei der Investitionsentscheidung von Maschinen und Anlagen hauptsächlich qualitative und kaum quantitative Faktoren berücksichtigt. Der Fokus liegt dabei meist auf den Anforderungen, die die Maschine bzw. Anlage erfüllen soll, und ihrem Einkaufspreis. Der Einkaufspreis stellt in vielen Fällen jedoch nur einen Bruchteil der Lebenszykluskosten einer Maschine oder Anlage dar und ausschlaggebendere Kosten wie jene für Umbauten im Werk, Instandhaltung, Energie, Material usw. werden häufig nur unvollständig und ohne Systematik in die Entscheidung miteinbezogen. Daher wurde in dieser Arbeit ein Lebenszykluskostenmodell, basierend auf bestehenden Normen, Richtlinien und Konzepten entwickelt, welches eine systematische und ganzheitliche Erfassung aller Kosten, die während des Einsatzes der Maschine oder Anlage im Unternehmen anfallen, ermöglicht.

Bei der Beschaffung von Maschinen und Anlagen sprechen besonders zwei Aspekte für die Anwendung der Lebenszykluskostenanalyse. Der erste ist, dass die Maschine oder Anlage mit dem billigsten Einkaufspreis nicht zwingend auch jene mit den niedrigsten Lebenszykluskosten ist. Teure Maschinen und Anlagen sind in der Regel qualitativ hochwertiger, wodurch im Betrieb zum Beispiel Kosten für die Instandhaltung oder Energie eingespart werden können. Es gilt, das Kostenminimum aus dem Anschaffungspreis und den Folgekosten im Betrieb zu ermitteln. Dabei spielt der gewählte Betrachtungszeitraum für die Lebenszykluskostenanalyse eine entscheidende Rolle, denn je kürzer der Betrachtungszeitraum ist, desto bedeutsamer ist der Anschaffungspreis für die Investitionsentscheidung und je länger dieser ist, desto wichtiger sind die Betriebskosten. Der zweite Aspekt ist, dass bereits in der Entwicklungs- und Designphase die Kosten der Maschinen und Anlagen festgelegt werden, jedoch erst viel später anfallen und danach kaum noch beeinflusst werden können. Dies bedeutet, dass bereits bei der Anlagenbeschaffung der Großteil der Kosten bestimmt sind und nur noch schwierig geändert werden können. Daher ist es wichtig, zu diesem Zeitpunkt alle Lebenszykluskosten zu kennen, damit sich die Kosten im späteren Betrieb nicht unerwartet erhöhen.

Das Lebenszykluskostenmodell für die AT&S AG wurde in Zusammenarbeit mit dem Projektteam und den zukünftigen Hauptanwendern des LCC-Excel-Tools sowie auf Basis der VDI 2884, der VDMA 34160 und des M-TCO Verfahrens ausgearbeitet. Mit diesem Modell sind eine Erleichterung der Investitionsentscheidung, eine transparente Darstellung der Lebenszykluskosten und der Vergleich zwischen prognostizierten Kosten und tatsächlichen Kosten realisiert worden. Das AT&S LCC-Modell besteht aus vier Ebenen, die die Lebenszykluskosten strukturiert einordnen und die flexibel an die auszuwertenden Maschinen und Anlagen angepasst werden können. Die erste Ebene teilt sich in die Lebenszyklusphasen Beschaffung, Betrieb und Stillsetzung auf. Das LCC-Excel-Tool baut auf dem AT&S LCC-Modell auf und dient den Mitarbeitern als Werkzeug zur Erhebung und Analyse der Lebenszykluskosten. Neben der Betrachtung der Kosten wurde in das AT&S LCC-Modell und in das LCC-Excel-Tool eine Gegenüberstellung der

Kohlenstoffdioxidproduktion der Maschinen und Anlagen integriert. Aufgrund der Datenlage bei der AT&S AG wurde dabei jedoch nur der Kohlenstoffdioxidausstoß für den Energieträger Strom berücksichtigt. Die Funktionalität und der Aufbau des LCC-Excel-Modells wurden an einem Fallbeispiel erprobt.

Die nächsten Schritte der AT&S AG sehen vor, das AT&S LCC-Modell in den Beschaffungsprozess zu integrieren und nach einer Einführung im Werk in Leoben auf alle anderen Werke zu übertragen. Bei einem erhöhten Einsatz des AT&S LCC-Modells ist das LCC-Excel-Tool wahrscheinlich nicht mehr ausreichend und muss durch ein umfassenderes IT-Tool ersetzt werden. Des Weiteren sollte die Kooperation mit den Maschinen- und Anlagenherstellern vertieft werden, um gemeinsam an der Verbesserung der Lebenszykluskosten zu arbeiten. Denn das volle Potenzial der Lebenszykluskostenbetrachtung kann nur durch die Zusammenarbeit von Betreiber und Hersteller der Maschine bzw. Anlage ausgeschöpft werden.

Neben der ökonomischen Betrachtung sollen zusätzlich ökologische und soziale Aspekte in die Entscheidung miteinfließen, da das Thema der Nachhaltigkeit für Unternehmen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Deshalb wird eine Life Cycle Assessment Analyse für die ökologische Betrachtung der Maschinen und Anlagen immer häufiger durchgeführt. Während der Entwicklung des AT&S LCC-Modells wurde festgestellt, dass bei einer Lebenszykluskostenbetrachtung einige Daten erhoben werden, die als Basis für die ökologische Bewertung der Maschine bzw. Anlage genutzt werden können. Daher hat sich die Frage ergeben, ob das Life Cycle Costing und das Life Cycle Assessment Konzept nicht in einem Modell zusammengefasst werden könnten, anstatt beide parallel zu betreiben und Daten doppelt zu erheben. Es existieren bereits Studien, welche die Verknüpfung beider Konzepte zum Gegenstand ihrer Untersuchungen machen. Wie diese bei der AT&S AG umgesetzt werden können, bedarf allerdings weitergehender Forschungsarbeiten.

Literaturverzeichnis

- Abele, E.; Dervisopoulos, M.; Kuhrke, B. (2009): Bedeutung und Anwendung von Lebenszyklusanalysen bei Werkzeugmaschinen. In: Schweiger, S. (Hrsg.): Lebenszykluskosten optimieren: Paradigmenwechsel für Anbieter und Nutzer von Investitionsgütern. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-8094-6, S. 51–80.
- Albrecht, V.; Wetzel, P. (2009): M-TCO — Daimler AG. In: Schweiger, S. (Hrsg.): Lebenszykluskosten optimieren. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-0989-3, S. 81–95.
- AT&S AG (2019): Geschäftsbericht der AT&S AG 2018/19.
- AT&S AG Nachhaltigkeit. URL: <https://ats.net/de/unternehmen/corporate-social-responsibility/> (Zugriff: 24.08.2019).
- AT&S AG Wie funktioniert eine Leiterplatte. URL: https://ats.net/de/wp-content/uploads/sites/3/2017/05/Brosch%C3%BCre_Wie-funktioniert-eine-Leiterplatte.pdf (Zugriff: 23.08.2019).
- Biedermann, H. (2008): Anlagenmanagement: Managementinstrumente zur Wertsteigerung. 2., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl, Köln: TÜV Media. ISBN 978-3-8249-1080-9.
- Brecht, U. (2004): Controlling für Führungskräfte. Wiesbaden: Gabler Verlag. ISBN 978-3-409-12553-6.
- Bremen, P. M. (2010): Total Cost of Ownership: Kostenanalyse bei der globalen Beschaffung direkter Güter in produzierenden Unternehmen. Dissertation, ETH Zurich.
- Brämer, U.; Aubertin, B. (2016): Lernfeld: Sachgüter und Dienstleistungen beschaffen und Verträge schließen - Lehrerhandbuch Arbeitsbuch mit Lernarrangement für die Kompetenz Beschaffungsprozesse zu planen, steuern und durchzuführen. Ulmen: SOL-Verlag GmbH. ISBN 978-3-942264-64-8.
- Busse von Colbe, W.; Laßmann, G. (1990): Betriebswirtschaftstheorie: Investitionstheorie. 3. Aufl., Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. ISBN 978-3-642-61511-5.
- Bünting, F. (2009): Lebenszykluskostenbetrachtungen bei Investitionsgütern. In: Schweiger, S. (Hrsg.): Lebenszykluskosten optimieren: Paradigmenwechsel für Anbieter und Nutzer von Investitionsgütern. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-8094-6, S. 35–50.
- Byrne, G.; Dornfeld, D.; Inasaki, I.; Ketteler, G.; König, W.; Teti, R. (1995): Tool Condition Monitoring (TCM) — The Status of Research and Industrial Application. In: CIRP Annals, Jg. 44, Nr. 2, S. 541–567.
- Defense Technical Information Center (1996): DTIC ADA325893: Executive Summary DoDD 5000.1, DoD 5000.2-R. Update of the DOD 5000 Documents.

- DIN EN 60300-3-3 (2004): Zuverlässigkeitsmanagement Teil 3-3: Anwendungsleitfaden Lebenszykluskosten. Brüssel: Europäische Norm.
- Dunst, K. H. (2019): Portfolio-Management Konzeption Für Die Strategische Unternehmensplanung. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH. ISBN 978-3-11-157534-6.
- Edeltraud Günther Definition: Life Cycle Costing. Gabler Wirtschaftslexikon. URL: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/life-cycle-costing-52323> (Zugriff: 23.06.2019).
- Ellram, L. (1993): Total Cost of Ownership: Elements and Implementation. In: International Journal of Purchasing and Materials Management, Jg. 29, Nr. 3, S. 2–11.
- Ellram, L. (1994): A taxonomy of total cost of ownership models. In: Journal of Business Logistics, Jg. 15, Nr. 1, S. 171–191.
- Ellram, L. M. (1995): Total cost of ownership: an analysis approach for purchasing. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Jg. 25, Nr. 8, S. 4–23.
- EN ISO 14040 (2009): Umweltmanagement — Ökobilanz — Grundsätze und Rahmenbedingungen. Wien: Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- EN ISO 14044 (2006): Umweltmanagement – Ökobilanz Anforderungen und Anleitungen. Wien: Österreichisches Normungsinstitut (ON).
- eurocircuits Herstellung einer Leiterplatte - Schritt für Schritt erklärt. Eurocircuits. URL: <https://www.eurocircuits.de/lehrfilme/> (Zugriff: 12.08.2019).
- Geißdörfer, K. (2009): Total cost of ownership (TCO) und life cycle costing (LCC): Einsatz und Modelle: ein Vergleich zwischen Deutschland und USA. LIT Verlag Münster. ISBN 978-3-8258-1863-0.
- Geißdörfer, K.; Gleich, R.; Wald, A. (2009): Standardisierungspotentiale lebenszyklusbasierter Modelle des strategischen Kostenmanagements. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 79, Nr. 6, S. 693–715.
- Günther, T.; Kriegbaum, C. (1997): Life Cycle Costing. In: Das Wirtschaftstudium, Jg. 4, S. 900–912.
- Götze, U. (2014): Investitionsrechnung: Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben. 7. Aufl, Berlin: Springer Gabler. ISBN 978-3-642-54622-8.
- Herrmann, C. (2010): Ganzheitliches Life Cycle Management: Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen. Berlin: Springer. ISBN 978-3-642-01420-8.
- Hertel, J.; Zentes, J.; Schramm-Klein, H. (2011): Supply-Chain-Management und Warenwirtschaftssysteme im Handel. 2., erw. und aktualisierte Aufl, Berlin: Springer. ISBN 978-3-642-19178-7.
- Kaufmann, L. (2001): Internationales Beschaffungsmanagement: Gestaltung strategischer Gesamtsysteme und Management einzelner Transaktionen. 1. Aufl, Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. [u.a.]. ISBN 978-3-8244-9060-8.

- Klöpper, W.; Grahl, B. (2009): Ökobilanz (LCA): ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. Weinheim: Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-32043-1.
- Köllner, T.; Wieser, R.; Striefler, M. (2009): Betrachtungen zu Life-Cycle-Costing bei Werkzeugmaschinen aus der Sicht eines Automobilzulieferers. In: Schweiger, S. (Hrsg.): Lebenszykluskosten optimieren: Paradigmenwechsel für Anbieter und Nutzer von Investitionsgütern. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-8094-6, S. 97–116.
- Large, R. (2009): Strategisches Beschaffungsmanagement: eine praxisorientierte Einführung; mit Fallstudien. 4., vollst. überarb. Aufl, Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-0811-7.
- Leipner, I. Produktlebenszyklus - Aufstieg und Fall eines Produktes. URL: <https://www.foerderland.de/managen/marketing/produktlebenszyklus/> (Zugriff: 19.09.2019).
- Lindner, R.; Götze, U. (2013): Lebenszykluskostenrechnung als Instrument der energiebezogenen wirtschaftlichen Bilanzierung und Bewertung von Werkzeugmaschinen. In: Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung und Bewertung technischer Systeme – Erkenntnisse aus dem Spitzentechnologiecluster eniPROD, 1. und 2. Methodenworkshop der Querschnittsarbeitsgruppe 1 „Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung“ des Spitzentechnologieclusters eniPROD. Auerbach: Wissenschaftliche Skripten. ISBN 978-3-942267-72-4.
- Meffert, H.; Burmann, C.; Kirchgeorg, M.; Eisenbeiß, M.; Meffert, H. (2019): Marketing: Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung: Konzepte - Instrumente - Praxisbeispiele. 13., überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-21195-0.
- Mieritz, L.; Kirwin, B. (2005): Defining Gartner Total Cost of Ownership.
- Nakajima, S. (1988): Introduction to TPM: total productive maintenance. Cambridge, Mass.: Productivity Press. ISBN 978-0-915299-23-2.
- Noske, H.; Kalogerakis, C. (2009): Design-to-Life-Cycle-Cost bei Investitionsgütern am Beispiel von Werkzeugmaschinen. In: Schweiger, S. (Hrsg.): Lebenszykluskosten optimieren: Paradigmenwechsel für Anbieter und Nutzer von Investitionsgütern. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-8094-6, S. 135–151.
- Ragona, S. (2002): Cost of ownership (COO) for optoelectronic manufacturing equipment. Proceedings of 2002 Microsystems Conference, Rochester, New York, 2002. Rochester, New York: Citeseer.
- Schmitt, R.; Pfeifer, T. (2015): Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken. 5., überarbeitete Auflage, München Wien: Hanser. ISBN 978-3-446-43432-5.
- Schweiger, S. (2009): Nachhaltige Wettbewerbsvorteile für Anbieter und Nutzer von Maschinen/ Anlagen durch Lebenszykluskostenoptimierung schaffen. In: Schweiger, S. (Hrsg.): Lebenszykluskosten optimieren: Paradigmenwechsel für Anbieter und Nutzer von Investitionsgütern. Wiesbaden: Gabler. ISBN 978-3-8349-8094-6, S. 15–34.

- Topic, M.; Biedermann, H. (2019): Life Cycle Assessment zur Entscheidungsunterstützung bei der Gestaltung, Verbesserung und Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen. In: Biedermann, H.; Vorbach, S.; Posch, W. (Hrsg.): Industrial Life Cycle Management Innovation durch Lebenszyklusdenken. München: Rainer Hampp Verlag. ISBN 978-3-95710-345-1, S. 74–86.
- VDI 2884 (2005): Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC). Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure.
- VDMA 34160 (2006): Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen. Frankfurt/Main: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA).
- Zehbold, C. (1996): Lebenszykluskostenrechnung. Gabler Verlag. ISBN 978-3-409-12153-8.
- ZVEI (2019): ZVEI Welt Elektromarkt Ausblick Juli 2019. URL: https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2019/Juli/ZVEI-Welt-Elektromarkt_Ausblick_bis_2020/ZVEI-Welt-Elektromarkt-Ausblick-Juli-2019.pdf (Zugriff: 25.08.2019).

Anhang

Tabellen für die LCC-Faktoren aus der VDI 2884

Tabelle 1. Kosten, die in der Phase „vor den Nutzung“ berücksichtigt werden können					
zu VDI 2884, Abschnitt 5.5		zu VDI 2884, Abschnitt 5.6			
	Vor der Nutzung	Informations- bereitstellung durch den Betreiber	Informations- bereitstellung durch den Hersteller	Kosten Alternative (A) in EUR	Kosten Alternative (B) in EUR
	Allgemeine Beschaffungskosten				
	Bedarfsermittlungskosten	X			
	Kosten für Marktanalyse	X			
	Anschaffungspreis pro Maschine		X		
	Kapitalbeschaffungskosten	X			
	Frachtkosten		X		
	Zusätzliche Garantiekosten		X		
	Kosten für Umbaumaßnahmen	X			
	Kosten für Aufbau/Einbau		X		
	Kosten der Inbetriebnahme	X	(X)		
	Ersatzteilkosten (Erstausstattung)		X		
	Kosten zusätzlicher Anlagen (Peripheriegeräte)	(X)	X		
	Planungs- und Angebotskosten				
	Folgekosten der Beschaffung				
	Personalbeschaffungskosten	X			
	Kosten für zusätzliches Personal	X			
	Kosten für Schulungen	X	X		
	Reisekosten	(X)	X		
	Hardwarekosten	(X)	X		
	Softwarekosten	(X)	X		
	Kosten für Beratung		X		
	Weitere Bewertungskriterien				
	Lieferzeit		X	-	-
	Marktstellung des Lieferanten	X		-	-
	Kundenorientierung	X		-	-
	Garantieleistungen		X	-	-
			Gesamtkosten		

Tabelle 3. Kosten, die in der Phase „nach der Nutzung“ berücksichtigt werden können			
zu VDI 2884, Abschnitt 5.5	Nach der Nutzung	zu VDI 2884, Abschnitt 5.6	
		Kosten in EUR	Erlöse in EUR
	Außerbetriebnahme		
	Entsorgung von Betriebsstoffen		-
	Demontagekosten		-
	Rückbaukosten		-
	Rekultivierungskosten		-
	Sanierungskosten		-
	Kosten für notwendige Gutachten		-
	Verwertung		
	Endlagerungskosten		-
	Verkauf		
	Recyclingkosten/Wiederverwendung		
	Verschrottung		
	Auflösung des Lagerbestands/Verwertung der Ersatzteile		
	Weiterwendungswert		
	Gesamt		

Tabellen für die Kostenelemente aus der VDMA 34160

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
E	Entstehungskosten	Beschaffungskosten und Infrastrukturkosten	$E1 + E2 + E3$	Währung
E1	Beschaffungskosten	Preis aller Entstehungsleistungen bis zum Produktionsbeginn	$E1.1 + E1.2 + E1.3 + E1.4 + E1.5 + E1.6 + E1.7 + E1.8 + E1.9 + E1.10$	Währung
E1.1	Anschaffungspreis	Preis der Maschine mit gesetzlicher Gewährleistung	Eingabe	Währung
E1.2	Werkzeugerstaussstattung	Preis der Werkzeuge, die mit der Maschine beschafft werden.	Eingabe	Währung
E1.3	Ersatzteilpaket	Preis für Ersatzteile, die mit der Maschine beschafft werden.	Eingabe	Währung
E1.4	Garantieverlängerung	Preis für die Verlängerung der Garantie gemäß Anforderung. Negativ bei Garantieverkürzung.	Eingabe	Währung
E1.5	Installationskosten	Summe	$E1.5.1 + E1.5.2 + E1.5.3 + E1.5.4$	Währung
E1.5.1	Personalkosten Installation	Preis für das zur Installation benötigte Personal	Eingabe	Währung
E1.5.2	Reisekosten	Preis der Aufwendungen für die Reisen des Installationspersonals	Eingabe	Währung
E1.5.3	Gerätschaften	Preis oder Miete für Geräte, die zur Installation benötigt werden.	Eingabe	Währung
E1.5.4	Sonstige Installationskosten	Preis oder Mieten für sonstige Installationsleistungen	Eingabe	Währung
E1.6	Inbetriebnahmekosten	Summe	$E1.6.1 + E1.6.2 + E1.6.3 + E1.6.4 + E1.6.5 + E1.6.6$	Währung
E1.6.1	Personalkosten Inbetriebnahme	Preis für das zur Inbetriebnahme benötigte Personal	Eingabe	Währung
E1.6.2	Reisekosten	Preis der Aufwendungen für die Reisen des Inbetriebnahmepersonals	Eingabe	Währung
E1.6.3	Gerätschaften	Preis oder Miete für Geräte, die zur Inbetriebnahme benötigt werden, z. B. Messmittel, Gabelstapler, Kräne.	Eingabe	Währung
E1.6.4	Werkzeug- und Verschleißteilkosten	Kosten für Werkzeuge und Verschleißteile während der Inbetriebnahme	Eingabe	Währung
E1.6.5	Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	Kosten für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe während der Inbetriebnahme	Eingabe	Währung
E1.6.6	Sonstige Inbetriebnahmekosten	z. B. Preise oder Mieten für sonstige Inbetriebnahmeleistungen	Eingabe	Währung
E1.7	Frachtkosten	Kosten für den Transport der Maschine zum Aufstellort	Eingabe	Währung

Tabelle 3 (fortgesetzt)

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
E1.8	Zollkosten	Kosten für Verzollung, Ein- und Ausfuhr	Eingabe	Währung
E1.9	Schulungskosten	Kosten zur Erstschulung des Bedienpersonals	Eingabe	Währung
E1.10	Sonstige Beschaffungskosten	z. B. kundenspezifische Sicherheitsausstattung, Sonderlösungen, Anpassung gemäß Lieferantenvorgaben	Eingabe	Währung
E2	Infrastrukturkosten	Kosten zur Einrichtung des Aufstellorts und zur Einbindung der Maschine in die Umgebung	$E2.1+E2.2+E2.3+E2.4$	Währung
E2.1	Neu- und Umbaukosten	Kosten für Neu- und Umbauten insbesondere an Gebäuden und anderen Einrichtungen	Eingabe	Währung
E2.2	Versorgungs- und Entsorgungsnetzwerke	Kosten zur Anbindung an Versorgung und Entsorgung von Energie, Hilfsstoffen, Daten u. ä.	Eingabe	Währung
E2.3	Netzinfrastruktur	Kosten für die Erstellung von Versorgungs- und Entsorgungsnetzwerken, z. B. Aufbau von Druckluftversorgung	Eingabe	Währung
E2.4	Sonstige Infrastrukturkosten	z. B. Versicherungskosten, Programmierkosten (EDV, Telefonanbindung) usw.	Eingabe	Währung
E3	Sonstige Entstehungskosten		Eingabe	Währung

Tabelle 4 – Kostenelemente der Betriebsphase

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
B	Gesamte Betriebskosten über den Betrachtungszeitraum	Summe aller Betriebskosten über den Betrachtungszeitraum	$B1 * D1$	Währung
B1	Gesamte Betriebskosten pro Jahr	Summe der Einzelkosten für den Betrieb und die Erhaltung der Funktionsfähigkeit pro Jahr	$IH1 + IH2 + IH3 + RK1 + MK1 + EK1 + HB1 + EN1 + PK1 + WK1 + RU1 + LK1 + SO1$	Währung
IH1	Wartung & Inspektion	Summe aller Einzelkosten pro Jahr, die zur Wartung und Inspektion der Maschine notwendig sind, im Nachfolgenden mit Wartung bezeichnet und je Wartungsvorgang n darstellbar.	$\Sigma ((IH1.1_n * (IH1.2_n * IH1.6_n + IH1.3_n + IH1.4_n * IH1.5_n)) + IH1.7_n)$ oder Pauschale	Währung
IH1.1 _n	Häufigkeit der Wartung	Häufigkeit dieses Wartungsvorgangs pro Jahr, entweder in Abhängigkeit der Betriebsstunden oder in festen Zeitintervallen	Eingabe	Anzahl
IH1.2 _n	Arbeitsaufwand pro Wartungsvorgang	Durchschnittlicher Zeitaufwand für diesen Wartungsvorgang	Eingabe	Stunden
IH1.3 _n	Materialaufwand pro Wartungsvorgang	Durchschnittlicher Materialaufwand für diesen Wartungsvorgang	Eingabe	Währung
IH1.4 _n	Betriebsmittel-Einsatzzeit pro Wartungsvorgang	Durchschnittlicher Betriebsmittel-Zeitaufwand für diesen Wartungsvorgang (z. B. Messmittel, Hubbühne)	Eingabe	Stunden
IH1.5 _n	Betriebsmittel-Stundensatz	Stundensatz des Betriebsmittels für diesen Wartungsvorgang	Eingabe	Währung/ Stunde
IH1.6 _n	Stundensatz des Ausführenden	Stundensatz des Ausführenden, z. B. vom Anbieter, vom Kunde oder beiden gemeinsam	Eingabe	Währung/ Stunde
IH1.7 _n	Wartungspauschale	z. B. Kosten eines Dienstleistungsvertrages	Eingabe	Währung
IH2	Geplante Instandsetzung	Summe aller Einzelkosten pro Jahr, die zur geplanten Instandsetzung der Maschine notwendig sind, dargestellt je Instandsetzungsvorgang n.	$\Sigma (IH2.1_n * (IH2.2_n * IH2.6_n + IH2.3_n + IH2.4_n * IH2.5_n))$ oder Pauschale	Währung
IH2.1 _n	Häufigkeit der Instandsetzung	Häufigkeit dieses geplanten Instandsetzungsvorgangs pro Jahr, entweder in Abhängigkeit von den Betriebsstunden oder in festen Zeitintervallen	Eingabe	Anzahl

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
IH2.2 _n	Arbeitsaufwand pro geplantem Instandsetzungsvorgang	Durchschnittlicher Zeitaufwand für diesen geplanten Instandsetzungsvorgang	Eingabe	Stunden
IH2.3 _n	Materialaufwand pro geplantem Instandsetzungsvorgang	Durchschnittlicher Materialaufwand für diesen geplanten Instandsetzungsvorgang	Eingabe	Währung
IH2.4 _n	Betriebsmittel-Einsatzzeit pro geplantem Instandsetzungsvorgang	Durchschnittlicher Betriebsmittel-Zeitaufwand für diesen geplanten Instandsetzungsvorgang	Eingabe	Stunden
IH2.5 _n	Betriebsmittel-Stundensatz	Stundensatz des Betriebsmittels für diesen geplanten Instandsetzungsvorgang	Eingabe	Währung/ Stunde
IH2.6 _n	Stundensatz des Ausführenden	Stundensatz des Ausführenden, z. B. vom Anbieter, vom Kunde oder beiden gemeinsam	Eingabe	Währung
IH3	Ungeplante Instandsetzung	Summe aller Einzelkosten pro Jahr, die zur ungeplanten Instandsetzung der Maschine notwendig sind, dargestellt je ungeplanten Instandsetzungsvorgang n.	$\Sigma (D2/IH3.1_n * (IH3.2_n * IH3.6_n + IH3.3_n + IH3.4_n * IH3.5_n))$ oder Pauschale	
IH3.1 _n	Mittlere Zeit zwischen zwei ungeplanten Instandsetzungsvorgängen	Mittlere Zeit zwischen zwei solchen ungeplanten Instandsetzungsvorgängen (herangezogen werden könnten z. B. Angaben zu MTBF, zu Lebensdauer, zu Standzeiten von Komponenten usw.)	Eingabe	Stunden
IH3.2 _n	Arbeitsaufwand pro ungeplantem Instandsetzungsvorgang	Durchschnittlicher Zeitaufwand für diesen ungeplanten Instandsetzungsvorgang	Eingabe	Stunden
IH3.3 _n	Materialaufwand pro ungeplantem Instandsetzungsvorgang	Durchschnittlicher Materialaufwand für diesen ungeplanten Instandsetzungsvorgang	Eingabe	Währung
IH3.4 _n	Betriebsmittel-Einsatzzeit pro ungeplantem Instandsetzungsvorgang	Durchschnittlicher Betriebsmittel-Zeitaufwand für diesen ungeplanten Instandsetzungsvorgang	Eingabe	Stunden
IH3.5 _n	Betriebsmittel-Stundensatz	Stundensatz des Betriebsmittels für diesen ungeplanten Instandsetzungsvorgang	Eingabe	Währung/ Stunde
IH3.6 _n	Stundensatz des Ausführenden	Stundensatz des Ausführenden, z. B. vom Anbieter, vom Kunde oder beiden gemeinsam	Eingabe	Währung/ Stunde

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
RK1	Raumkosten	Summe der Raumkosten für die Maschinen oder Komponente pro Jahr je betrachteter Maschine oder Komponente n	$\Sigma (RK1.1_n * RK1.3_n)$ oder alternativ $\Sigma (RK1.2_n * RK1.4_n)$	Währung
RK1.1 _n	Benötigte Fläche	Benötigte Fläche	Eingabe	m ²
RK1.2 _n	Benötigter Raum	Benötigter Raum	Eingabe	m ³
RK1.3 _n	Flächenkosten pro m ²	Kalkulierter Flächenkostensatz inklusive Miete, Heizung und Instandhaltung des Gebäudes	Eingabe	Währung/ m ²
RK1.4 _n	Raumkosten pro m ³	Kalkulierter Raumkostensatz inklusive Miete, Heizung und Instandhaltung des Gebäudes	Eingabe	Währung/ m ³
MK1	Materialkosten und Rohstoffe	Durchschnittliche Materialkosten pro Jahr je Material n	$\Sigma ((1/D3 * D5 * (MK1.1_n * MK1.3_n) + (D2 * MK1.2_n * MK1.3_n))$	Währung
MK1.1 _n	Materialverbrauch pro Stück	Durchschnittlicher Materialverbrauch je gefertigtes Produkt	Eingabe	Einheiten/ Stück
MK1.2 _n	Materialverbrauch pro Betriebsstunde	Durchschnittlicher Materialverbrauch je Betriebsstunde	Eingabe	Einheiten/ Stunde
MK1.3 _n	Materialpreis / Einheit	Durchschnittlicher Materialpreis pro Einheit	Eingabe	Währung/ Einheit
EK1	Energiekosten	Durchschnittliche Energiekosten der Maschinen im geplanten Lastkollektiv mit n = 1 elektrischer Strom n = 2 Gas n = 3 Öl n = 4 Fernwärme n = 5 Kälte n = 6 Druckluft n > 6 weitere	$\Sigma ((1/D3 * D5 * (EK1.1_n * EK1.3_n) + (D2 * EK1.2_n * EK1.3_n))$	Währung
EK1.1 _n	Energieverbrauch pro Stück	Durchschnittlicher Energieverbrauch je gefertigtes Produkt	Eingabe	Einheiten/ Stück
EK1.2 _n	Energieverbrauch pro Betriebsstunde	Durchschnittlicher Energieverbrauch je Betriebsstunde	Eingabe	Einheiten/ Stunde
EK1.3 _n	Energiepreis / Einheit	Durchschnittlicher Energiepreis pro Einheit	Eingabe	Währung/ Einheit
HB1	Hilfs- und Betriebsstoffe	Durchschnittliche Kosten für Hilfs- und Betriebsstoffe im geplanten Lastkollektiv je Hilfs- oder Betriebsstoff n	$\Sigma ((1/D3 * D5 * (HB1.1_n * HB1.3_n) + (D2 * HB1.2_n * HB1.3_n))$	Währung
HB1.1 _n	Hilfs- und Betriebsstoffverbrauch pro Stück	Durchschnittlicher Hilfs- und Betriebsstoffverbrauch je gefertigtes Produkt	Eingabe	Einheiten/ Stück

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
HB1.2 _n	Hilfs- und Betriebsstoffverbrauch pro Betriebsstunde	Durchschnittlicher Hilfs- und Betriebsstoffverbrauch je Betriebsstunde	Eingabe	Einheiten
HB1.3 _n	Hilfs- und Betriebsstoffpreis pro Einheit	Durchschnittlicher Hilfs- und Betriebsstoffpreis pro Einheit	Eingabe	Währung/ Einheit
EN1	Entsorgungskosten	Durchschnittliche Entsorgungskosten im geplanten Lastkollektiv je Materialart n	$\Sigma ((1/D3 * D5 * (EN1.1_n * EN1.3_n) + (D2 * EN1.2_n * EN1.3_n))$	Währung
EN1.1 _n	Entsorgungseinheiten pro Produkt pro Stück	Durchschnittliche Anzahl von Entsorgungseinheiten je gefertigtes Produkt	Eingabe	Einheiten/ Stück
EN1.2 _n	Entsorgungseinheiten pro Betriebsstunde	Durchschnittliche Entsorgungseinheiten je Betriebsstunde	Eingabe	Einheiten/ Stunde
EN1.3 _n	Entsorgungskosten pro Einheit	Durchschnittliche Entsorgungskosten pro Einheit	Eingabe	Währung/ Einheit
PK1	Personalkosten	Durchschnittliche Personalkosten zum Betreiben der Maschine im Lastkollektiv je Personalgruppe n	$\Sigma (D1 * PK1.1_n * PK1.2_n)$	Währung
PK1.1 _n	Personalaufwand des Ausführenden	Durchschnittlicher Aufwand zur Betreuung der Maschinen während der Produktion durch den Ausführenden, z. B. vom Anbieter, vom Kunde oder beiden gemeinsam	Eingabe	Stunden
PK1.2 _n	Stundensatz des Ausführenden	Durchschnittlicher Stundensatz des Ausführenden, z. B. vom Anbieter, vom Kunde oder beiden gemeinsam	Eingabe	Währung/ Stunde
WK1	Werkzeugkosten	Durchschnittliche Werkzeugkosten zum Betreiben der Maschine im Lastkollektiv je Werkzeug n	$\Sigma (WK1.1_n * (WK1.2_n + WK1.3_n * WK1.4_n))$	Währung
WK1.1 _n	Anzahl Werkzeuge pro Jahr	Anzahl der benötigten Werkzeuge pro Jahr	Eingabe	Anzahl
WK1.2 _n	Anschaffungspreis	Durchschnittlicher Anschaffungspreis eines Werkzeugs	Eingabe	Währung
WK1.3 _n	Aufbereitungskosten	Durchschnittliche Aufbereitungskosten eines Werkzeugs	Eingabe	Währung
WK1.4 _n	Anzahl Aufbereitungen	Durchschnittliche Aufbereitungen pro Werkzeug und Jahr	Eingabe	Anzahl
RU1	Rüstkosten	Durchschnittliche Rüstkosten beim Betreiben der Maschine im Lastkollektiv je Rüstvorgang n	$\Sigma (RU1.1_n * (RU1.2_n * RU1.3_n + RU1.4_n))$	Währung

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
RU1.1 _n	Rüstvorgänge pro Jahr	Durchschnittliche Rüstvorgänge pro Jahr	Eingabe	Anzahl
RU1.2 _n	Personalaufwand	Durchschnittlicher Personalaufwand des Ausführenden zum Umrüsten der Maschine	Eingabe	Stunden
RU1.3 _n	Stundensatz des Ausführenden	Durchschnittlicher Stundensatz des Ausführenden, z. B. vom Anbieter, vom Kunde oder beiden gemeinsam	Eingabe	Währung/ Stunde
RU1.4 _n	weitere Kosten	Durchschnittliche weitere Kosten für die Umrüstung, wie z. B. Material, Prüfling usw.	Eingabe	Währung
LK1	Lagerkosten	Durchschnittliche Lagerkosten für Werkzeuge, Ersatzteile usw. pro Jahr je Teil und Lagerort n	$\Sigma (LK1.1*(LK1.2_n + LK1.3_n))$	Währung
LK1.1 _n	Anzahl Lagerplätze	Durchschnittliche Anzahl von Lagerplätzen, die pro Jahr benötigt werden	Eingabe	Anzahl
LK1.2 _n	Lagerkostensatz pro Lagerplatz des Anbieters	Durchschnittlicher Lagerkostensatz pro Lagerplatz pro Jahr, wenn das Teil beim Anbieter oder in einem Konsignationslager gelagert wird	Eingabe	Währung
LK1.3 _n	Lagerkostensatz pro Lagerplatz des Kunden	Durchschnittlicher Lagerkostensatz pro Lagerplatz pro Jahr beim Kunden	Eingabe	Währung
SO1	Sonstige Betriebskosten	Sonstige jährliche Betriebskosten, z. B. Updatekosten für Software, zusätzliche Dokumentation usw.	Eingabe	Währung

Tabelle 5 – Kostenelemente der Verwertungsphase

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
V	Verwertungskosten	Kosten zum Rückbau und gegebenenfalls Erlöse aus Restwert oder Verkauf	$V1 + V2 + V3$	Währung
V1	Rückbau	Kosten für den Rückbau	$V1.1 + V1.2 + V1.3 + V1.4 + V1.5$	
V1.1	Demontage und Außerbetriebnahme	Kosten zur Demontage und Außerbetriebnahme	Eingabe	Währung
V1.2	Logistikkosten	Kosten zum Abtransport der Maschine	Eingabe	Währung

Seite 13
VDMA 34160 : 2006-06

Tabelle 5 (fortgesetzt)

Kode	Name	Beschreibung	Berechnungsformel	Einheit
V1.3	Verschrottungskosten	Kosten zur Verschrottung der Maschine	Eingabe	Währung
V1.4	Entsorgungskosten	Kosten zur Entsorgung von Material, Hilfs- und Betriebsstoffen, Werkzeugen, usw.	Eingabe	Währung
V1.5	Sanierung	Kosten für Rückbau und Sanierung der Infrastruktur, z. B. Gebäude, Grundstücke	Eingabe	Währung
V2	Restwert	Restwert oder potentieller Preis am Ende des Betrachtungszeitraums (mit negativem Vorzeichen angeben)	Eingabe	Währung
V3	Sonstige Verwertungskosten	Sonstige Kosten und Erlöse der Verwertung	Eingabe	Währung

Mitschrift aus den Meetings mit Produktion, Controlling, Buchhaltung und Einkauf

AT&S		Minutes of Meeting	Topic: Vorstellung des Projektes für Markus Sterba	Project: LCC		
Date: 09.04.2019	Time: 09:00 – 10:00	Location: HTB	Author: Thomas Kurz	Page 1 Of 1		
Participants: Markus Sterba, Jürgen Hiebler, Thomas Mandl, Thomas Kurz			Distribution-List: Markus Sterba, Jürgen Hiebler, Thomas Mandl, Herwig Aigner, Thomas Kurz			
Pos.	Issue	Contents	Responsible	Date	Status	
1	Vorstellung des Projektes	<ul style="list-style-type: none"> Was ist Life Cycle Costing Warum ist Life Cycle Costing wichtig Welche Ziele sollen damit erreicht werden 	-	-	-	
2	Input von Herrn Markus Sterba	<ul style="list-style-type: none"> Zustimmung der Ziele der vorgestellten Ziele Investitionen in Maschinen und Anlagen erfolgen, wenn: neue Technologie benötigt wird, mehr Kapazität benötigt wird oder die neuen Anlagen kostengünstiger sind Für manche Anlagen wurden die in der Produktion angefallenen Verbräuche mit den Angaben der Hersteller verglichen Z.B.: Kupfer, Bond, Gold Der Vergleich wurde allerdings nie regelmäßig oder einheitlich durchgeführt, sondern nur wenn unerwartet hohe Kosten angefallen sind Zuerst Vergleich von alten und neuen Modellen behandeln Investitionsvergleich für nur neue Anlage auch berücksichtigen Investitionsmodelle, bei denen die Anlage oder Maschine nur gemietet wird, auch berücksichtigen Nach Spezifikation zu spät (früher Einsatz → flexibler Detaillierungsgrad) Zusätzliche Informationen von Zanker, Gross und Peinsipp Für Anfang Excel Template erstellen Controlling → Informationen für Kosten Einfache Verwendung, Excel Template sollte selbsterklärend sein Unterscheidung der Maschinen und Anlagen in Wet, Dry und Lab 	-	-	-	

AT&S		Minutes of Meeting	Topic: Vorstellung des Projektes für Robert Ofner	Project: LCC		
Date: 09.04.2019	Time: 14:30 – 15:30	Location: HTB	Author: Thomas Kurz	Page 1 Of 1		
Participants: Robert Ofner, Jürgen Hiebler, Thomas Mandl, Thomas Kurz			Distribution-List: Robert Ofner, Jürgen Hiebler, Thomas Mandl, Herwig Aigner, Thomas Kurz			
Pos.	Issue	Contents	Responsible	Date	Status	
1	Vorstellung des Projektes	<ul style="list-style-type: none"> Was ist Life Cycle Costing Warum ist Life Cycle Costing wichtig Welche Ziele sollen damit erreicht werden Wie läuft der Einkaufsprozess momentan ab 	-	-	-	
2	Input von Herrn Robert Ofner	<ul style="list-style-type: none"> Erklärung E-Budget Bedarf abtesten LCC für Kapazitätsplanung Nutzungsdauer der Anlagen und Maschinen kann in SAP nachgeschlagen werden Erklärung / Aufbau der einzelnen Kostenstellen → manche Kosten (z.B. Bohrer) werden dem Produkt zugeordnet und nicht der Kostenstelle Aufschlüsselung der Kosten für die Kostenstellen des letzten Geschäftsjahres werden zugeschickt 	-	-	-	

AT&S		Minutes of Meeting		Topic: Vorstellung des Projektes für Eva Lorenzoni		Project: LCC	
Date: 11.04.2019	Time: 15:30 – 16:30	Location: HTB		Author: Thomas Kurz		Page 1 of 1	
Participants: Eva Lorenzoni, Thomas Kurz				Distribution-List: Eva Lorenzoni, Jürgen Hiebler, Thomas Mandl, Herwig Aigner, Thomas Kurz			
Pos.	Issue	Contents	Responsible	Date	Status		
1	Vorstellung des Projektes	<ul style="list-style-type: none"> Was ist Life Cycle Costing Warum ist Life Cycle Costing wichtig Welche Ziele sollen damit erreicht werden 	-	-	-		
2	Input von Frau Eva Lorenzoni	<ul style="list-style-type: none"> LCC für Prognose interessant → Zukünftige Wartungskosten sind schwer abzuschätzen und fehlerhaft für manche Anlagentypen Versicherungs- und Transportkosten bei LCC berücksichtigen Daten mit derzeitiger Einsatzdauer der Maschinen und Anlagen wird zugeschickt 	-	-	-		

AT&S		Minutes of Meeting		Topic: Vorstellung des Projektes für Eva Lorenzoni		Project: LCC	
Date: 11.04.2019	Time: 15:30 – 16:30	Location: HTB		Author: Thomas Kurz		Page 1 of 1	
Participants: Eva Lorenzoni, Thomas Kurz				Distribution-List: Eva Lorenzoni, Jürgen Hiebler, Thomas Mandl, Herwig Aigner, Thomas Kurz			
Pos.	Issue	Contents	Responsible	Date	Status		
1	Vorstellung des Projektes	<ul style="list-style-type: none"> Was ist Life Cycle Costing Warum ist Life Cycle Costing wichtig Welche Ziele sollen damit erreicht werden 	-	-	-		
2	Input von Frau Eva Lorenzoni	<ul style="list-style-type: none"> LCC für Prognose interessant → Zukünftige Wartungskosten sind schwer abzuschätzen und fehlerhaft für manche Anlagentypen Versicherungs- und Transportkosten bei LCC berücksichtigen Daten mit derzeitiger Einsatzdauer der Maschinen und Anlagen wird zugeschickt 	-	-	-		