

Life Cycle Costing im Sondermaschinenbau – Vorgehensmodell und Fallstudie

Dipl.-Ing. Alois Wiesinger, MSc; Dipl.-Ing. Harald Sehrs Schön, IWE

Abstract—Um im internationalen Wettbewerb des Anlagenbaus speziell im Sondermaschinenbau bestehen zu können rückt der Fokus zunehmend auf die Gesamtkostenbetrachtung von Produktionsprozessen. Diese Arbeit diskutiert unterschiedliche Ansätze zur Lebenszykluskostenbetrachtung und leitet daraus ein Vorgehensmodell ab welches sich auf die Eigenheiten des Sondermaschinenbaus für komplexe Produktionsprozesse bezieht. Die Anwendbarkeit wird an Hand einer Fallstudie erörtert und der Einsatz eines eigens entwickelten Softwaretools gezeigt.

Index Terms—Gesamtkostenbetrachtung, Lifecyclecosting, Lifecyclemanagement, Total Cost of Ownership,

I. EINFÜHRUNG

ENERGIEEFFIZIENZ ist eines der aktuellsten Themen im Anlagenbau, motiviert aus ökologischer und ökonomischer Sicht des Betreibers, gefordert und gefördert durch Politik, und als gesellschaftliche Verantwortung für die nächsten Generationen ein Dogma.

Als Anlagenbauer weitet sich der Fokus, und nicht nur die Energieverbräuche sondern auch alle anderen Verbräuche bekommen Relevanz um im internationalen Wettbewerb zu bestehen.

Dadurch muss eine ganzheitliche Sicht der Kosten - *der Life Cycle Costs* – erfolgen. Um diese vergleichbar darzustellen und hierarchisch zu addieren ist eine einheitliche Kostenstruktur notwendig. Diese Kostenstruktur muss alle Kosten und Berechnungsmöglichkeiten standardisiert abbilden.

Da die Kostenfestlegung und deren Entstehung über die geplante Einsatzdauer in der Entwicklung und hier speziell in der frühesten Phase der Layoutierung erfolgt, muss der Ansatz des Lifecyclecosting einfach und übersichtlich sein. Abbildung 1 verdeutlicht die Wichtigkeit der frühen Innovationsphase was die Kostenfestlegung und Kostenentstehung betrifft. Die Struktur muss mit wenig konkreten, wenig detaillierten Daten funktionieren und eine rasche Anpassung an Veränderungen ermöglichen.

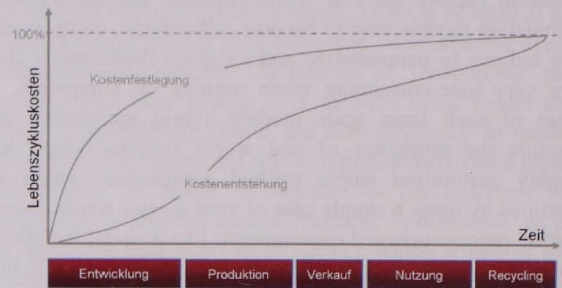


Abbildung 1: Festlegung und Entstehung der Lebenszykluskosten (vgl. Herstatt 2007, Müller et al. 1999)

Diese Arbeit beinhaltet Auszüge der Literaturrecherche aus Sicht des Sondermaschinenbaus, Ziele des operativen Einsatzes, ein aus mehreren Ansätzen entwickeltes Vorgehensmodell, die Implementierung der Anwendung und Darstellung in einer Fallstudie. Abschließend wird ein Ausblick auf die weitere Entwicklung des Themas gegeben.

II. ENTSTEHUNG

Die Konzepte *Life Cycle Costing (LCC)* und *Total Cost of Ownership (TCO)* wurden nahezu parallel und, zumindest bis in die 1990er, in der Literatur unabhängig voneinander entwickelt (vgl. Geissdörfer 2009).

A. Werdegang und Anwendungsgebiete von Life Cycle Costing

Bereits 1933 berücksichtigte das General Accounting Office in den USA beim Kauf von Traktoren die Betriebs- und Wartungskosten (vgl. Geissdörfer 2009). Diese Vorgehensweise wurde weiterentwickelt, wodurch in den 1960ern der Begriff *Life Cycle Costing* (Lebenszykluskostenrechnung) entstand. Von da an kam das Konzept neben den Bereichen der Luft- und Raumfahrt hauptsächlich im Verteidigungsministerium, Department of Defense (DoD) zum Einsatz. Dieses veröffentlichte 1971 die DoD Directive 5000.1 „Acquisition of Major Defense Systems“. Das DoD verwendete LCC hauptsächlich zur Bestimmung von konstruktiven, technologischen und wirtschaftlichen Vorgaben in der Produktentwicklung und zur Lieferantenauswahl. Später fand das Konzept in anderen Branchen, z. B. in der Bauwirtschaft (in den 80ern), seine

Paper was accepted on 13/11/2013 by Siegfried Vössner. The paper was revised once.

Anwendung (vgl. Dhillon 2009 und VDI Richtlinie 2884). Die Entwicklung von LCC hat also im Einkauf begonnen und wurde anfangs vor allem für den öffentlichen Sektor, im Bereich der Bauwirtschaft, weiterentwickelt (vgl. Woodward 1997). Ab 1979 wurde LCC im Marketing eingesetzt, um höhere Preise durch niedrigere Folgekosten zu rechtfertigen (vgl. Geissdörfer 2009). Aufgrund der steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz von Produkten, Maschinen und Anlagen (vgl. Müller 2009), und der steigenden Lohn-, Material-, Betriebs- und Wartungskosten, wird LCC in immer mehr Bereiche eingesetzt, wie z. B. in der Konsumgüterindustrie (vgl. Geissdörfer 2009 und Höhne 2009).

Laut VDMA 34160 und Geißdörfer 2009 werden im Gegensatz zu TCO bei einer LCC-Analyse die Transaktionskosten keiner detaillierten Betrachtung unterzogen. Deshalb wird idealerweise LCC für langlebige Produkte mit hohen Anfangsinvestitionen und hohen Kosten in der Betriebsphase, wo Transaktionskosten meist vernachlässigbar sind, wie dies bei Investitionsgütern oft der Fall ist, eingesetzt (vgl. Höhne 2009 und Schweiger 2009).

Um die Prognose der Lebenszykluskosten überprüfen und die aktuellen Kosten überwachen zu können, ist eine laufende Berechnung und Analyse der Lebenszykluskosten sinnvoll. Die laufenden LCC-Analysen können dann zur Verbesserung zukünftiger Analysen ähnlicher Systeme bzw. zur Steuerung (controlling) und Überwachung (monitoring) der eigentlichen Maschine oder Anlage herangezogen werden (vgl. Lindholm 2004). Dazu ist es von wesentlicher Bedeutung die Kosten in Bezug zu den Kennzahlen der Produktivität und Auslastung zu setzen.

B. Werdegang und Anwendungsgebiete von Total Cost of Ownership

Der Begriff „Total Cost of Ownership“ wurde 1987 von Bill Kirwin für die Unternehmensberater Gartner entwickelt. Dieser verwendete das Konzept zur Bestimmung der Kosten eines PC-Arbeitsplatzes, wobei nicht nur die Anschaffungskosten, sondern alle Kosten die während der Nutzungsdauer anfallen, berücksichtigt wurden (vgl. Bünting 2009 und Heilala 2006). Bereits in den 1920ern werden in Lehrbüchern für die Lieferantenauswahl Kostenbetrachtungen, welche über den Einkaufspreis hinausgehen, vorgeschlagen (vgl. Ellram 1993). Nach den ersten firmeninternen Einsätzen solcher Konzepte in den 1940ern, z. B. in der Lagerhaltung, wurde das TCO-Konzept ständig erweitert und fand über die Firmengrenzen hinaus seine Anwendungsbereiche (vgl. Cavinato 1992). Cavinato entwickelte dazu 1992 ein „Total Cost/Value Hierarchy Model“. Dieses besteht aus zwanzig grundlegenden Kostenarten bzw. -faktoren, die mit zehn Schlüsselstrategien und Managementbereichen im Unternehmen verknüpft sind. Weiters führt Cavinato Entwicklungsstufen bzw. Reifegrade der Kostenbetrachtung ein.

Einige Autoren sehen den Einsatz von TCO vor allem im Bereich der Beschaffung von IT-Systemen, da dort die Transaktionskosten eine tragende Rolle spielen (vgl. Heilala 2006, Schweiger 2009 und VDI-Richtlinie 2884). Vor allem bei kritischen Investitionen wird der Einsatz von TCO empfohlen. Kritische Investitionen können intern motiviert sein, z. B. wenn die Investition strategische Hintergründe hat, bzw. extern, beispielsweise durch Konkurrenzdruck (vgl. Ellram 1994).

Im Bereich der Produktion und Instandhaltung entstand 1990 das COO-(Cost of Ownership)-Konzept, welches alle Kosten vom Einbau, Betrieb und Abbau eines Systems samt den Stückkosten während des Betriebs ermittelt. 1995 wurde das COO-Konzept in der SEMI-E35 als Standardmodell in der Halbleiterindustrie eingeführt.

Heilala et al. 2006 greifen das COO-Konzept auf und erweitern es um das OEE (Overall Equipment Efficiency) Kennzahlensystem. Eine weitere Möglichkeit die OEE gemeinsam mit den Lebenszykluskosten zu berücksichtigen geben Fleischer et al. 2005. Durch eine Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten errechnen Fleischer et al. die sogenannte Life Cycle Performance (LCP).

III. IMPLEMENTIERUNG UND UMSETZUNG VON LCC UND TCO

Entscheidet man sich für den Einsatz von LCC oder TCO im Unternehmen, wesentliche Gründe wurden in der Einleitung erörtert, sind die zu durchlaufenden Schritte entscheidend für die erfolgreiche Einführung (vgl. Geissdörfer 2009 und Höhne 2009). In Anlehnung an Geissdörfer und Höhne zeigt Abbildung 2 eine für den Sondermaschinenbau angepasste Vorgehensweise bei der Implementierung von LCC und TCO (vgl. Wiesinger 2011).

A. Hürden

Die dargestellte Vorgehensweise deckt den LCC und TCO Prozess von der Entscheidung über die Implementierung bis zur Umsetzung ab. Andere in der Literatur beschriebene Vorgehensweisen sind grundsätzlich gleich aufgebaut und unterscheiden sich lediglich im Detaillierungsgrad.

Für die operative Umsetzung sind zusätzlich Berechnungsmodelle bzw. -vorschriften notwendig. Solche für den Sondermaschinenbau relevante sind entweder speziell von Unternehmen entwickelt und vorgegeben, z.B. M-TCO Daimler AG (vgl. Albrecht et al. 2009), oder standardisierte Ansätze, z.B. VDMA 34160, VDI-Richtlinie 2884 und SEMI E35.

Auf Basis einer Fallstudie von Ellram und Siferd 1998 können 4 Hürden bei der Umsetzung identifiziert werden.

- Datenverfügbarkeit und -erfassung
- Komplexität
- Unternehmenskultur
- Sachgemäße Nutzung und Relevanz der TCO-Modelle

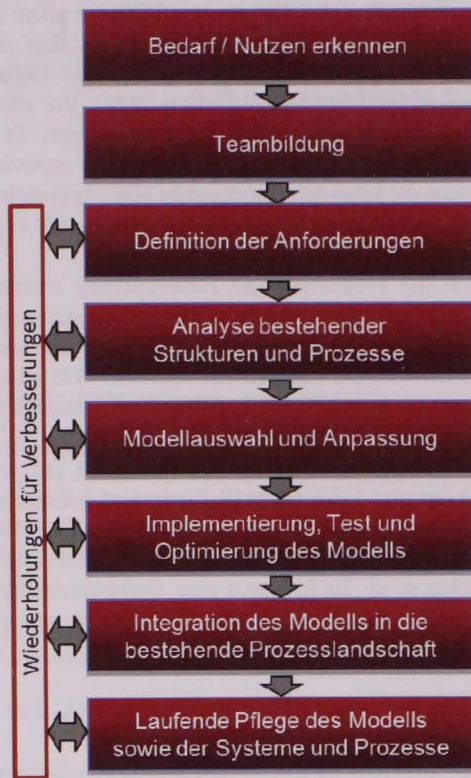


Abbildung 2: Vorgehensweise bei der Implementierung von LCC und TCO (Wiesinger 2011, S.57, Abb.5.1)

Die angeführte strukturierte Vorgehensweise unterstützt die erfolgreiche Einführung und laufende Umsetzung von LCC und TCO wesentlich. Gezielte Ausbildung und Schulung für ein besseres Verständnis und die richtige Sichtweise kann vor allem die Komplexität aus Sicht des Anwenders verringern. Wesentliche Bedeutung kommt der Verwendung und Entwicklung des richtigen Modells zu. Aus diesem Grund sind für einzelne Branchen etablierte Standardmodelle zu bevorzugen.

Ein letzter entscheidender Punkt ist die Unterstützung durch die richtigen Personen. Das LCC- bzw. TCO-Konzept sollte nicht nur durch die Anwender getragen werden, sondern im Speziellen durch das Top-Management. (vgl. Ellram 1998).

Grundsätzlich ist eine schrittweise Einführung, Umsetzung und Verfeinerung des Konzeptes in Zusammenarbeit von Anbieter und Abnehmer anzustreben. Idealerweise um erste Erfahrungen zu sammeln, sollte auf Basis eines bestehenden Kunden-Lieferanten-Verhältnisses ein Pilotprojekt durchgeführt werden (vgl. Schweiger 2009).

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei der Umsetzung von LCC-Projekten ist die Festlegung von Zielen. LCC und TCO können somit aus unternehmensstrategischer Sicht zur Erreichung von Unternehmenszielen eingesetzt werden (vgl. VDI Richtlinie 2884).

B. Definition und Modelle für den Sondermaschinebau

Prinzipiell ist die Definition von LCC und TCO unternehmensspezifisch, dennoch sorgt die Fülle von Definitionen und Begriffen für Verwirrung („conceptual confusion“), wodurch der praktische Nutzen von LCC stark eingeschränkt werden kann (vgl. Gluch und Baumann 2003).

Auffallend ist, das LCC meist für Investitionsgüter Verwendung findet. Im Gegensatz dazu werden bei TCO neben den Investitionsgütern auch Verbrauchsgüter betrachtet. Da der Sondermaschinenbau zum Investitionsgüterbereich zählt, ist der LCC-Begriff für diese Arbeit am besten geeignet. In Anlehnung an die VDMA 34160 soll die hier gültige Definition folgendermaßen lauten: „Life Cycle Costing (LCC) bzw. Lebenszykluskostenrechnung ist eine Kostenmanagementmethode zur Berechnung der Lebenszykluskosten von Investitionsgütern. Unter Lebenszykluskosten versteht man die Summe aller zum bestimmungsgemäßen Gebrauch einer geeigneten Maschine oder Anlage erforderlichen Aufwendungen von der Anschaffung bis zur Entsorgung.“

Neben Geissdörfer 2009, der 17 LCC-Modelle vergleicht, ist die Gegenüberstellung von Bünting 2009 für diese Arbeit von Bedeutung. Bünting behandelt die Lebenszykluskosten bei Investitionsgütern und stellt 7 LCC-Berechnungsansätze gegenüber.

Alle Modelle verwenden Begriffe und Kennwerte aus der Zuverlässigkeitstheorie. Es werden Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Instandhaltungsstrategie angesprochen, jedoch nur oberflächlich behandelt. Es zeigte sich, dass speziell im Maschinen- und Anlagenbau diese Begriffe eine bedeutende Rolle für die Lebenszykluskosten spielen (vgl. Dhillon 2009, VDI-Richtlinie 2884, Baumeister 2008, De Vasconcellos et al. 1999). So wird beim M-TCO Verfahren der Daimler AG der Fokus auf die Instandhaltungskosten gelegt. In den letzten Jahren konnte man feststellen, dass die Instandhaltungskosten bzgl. der Lebenszykluskosten einer Anlage an Bedeutung gewinnen und damit einen betrieblichen Erfolgsfaktor darstellen (vgl. Baumeister 2008 und Kuhn 2006). Damit beeinflusst die Instandhaltung, und damit verbunden die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit, den Lebenszyklus einer Anlage wesentlich. Sie bilden den Fokus im Anlagengeschäft, da der Hersteller dem Käufer Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit (quantitativ) garantiert (vgl. Baumeister 2008).

Die bestehenden LCC-Modelle weisen genau in diesem Bereich, wie vorher erwähnt, Defizite bzgl. Instandhaltung, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit auf. Die Kenntnisse dieser sind jedoch wesentlich für die Anwendung und Qualität von LCC-Analysen. Durch Wahl der richtigen Instandhaltungsstrategie und Einführung von Zustandsüberwachung (condition monitoring) kann in den Instandhaltungskosten wesentliches Einsparungspotential gefunden werden und aktiv zum betriebswirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens beitragen. Abele et al. 2009 geben

an, dass bei Werkzeugmaschinen die Instandhaltungskosten über 30% der Lebenszykluskosten betragen können.

C. Vorgehensmodell „Operativer Einsatz von LCC im Sondermaschinenbau“

In Anlehnung an das in Abbildung 2 dargestellte Vorgehensmodell und unter Einbeziehung der Ergebnisse von Woodward (1997) und Geissdörfer (2009) wurde ein neues speziell an die Anforderungen des Sondermaschinenbaus abgestimmtes Vorgehensmodell entwickelt. Abbildung 3 zeigt das angepasste Vorgehensmodell für den operativen Einsatz von LCC (vgl. Wiesinger 2011).

Bedarf / Nutzen erkennen, der Fokus liegt nicht auf den Anwendungsbereich sondern auf einem Projekt bzw. einer Anlage, für die eine LCC-Analyse durchgeführt werden soll.

Teambildung, für die Durchführung soll ein Kernteam festgelegt werden die für Datensammlung, Datenermittlung, LCC-Berechnung und Ergebnisinterpretation verantwortlich sind. Für die unterschiedlichen Quellen der Daten werden nach Bedarf Fachexperten hinzugezogen.

Definition der Anforderungen, diese müssen sich auf das Analyseergebnis beziehen, z. B. Verbrauchssenkung, Verfügbarkeit steigern, Rechtfertigen von höherem Invest.

Festlegen der Grunddaten, je nach implementiertem Modell sind unterschiedliche Grunddaten zu definieren.

Modellprüfung, nach Anforderungen und Grunddaten muss das LCC-Modell überprüft und ggfs. muss das Modell erneut angepasst werden.

Modellierung der Anlagenstruktur, es empfiehlt sich von Top-Down Ansatz ausgehend die Anlagenstruktur im ersten Schritt sehr flach zu halten und erst mit weiteren Schritten die Detaillierung voranzutreiben. Wichtig hierbei ist ein konsistentes Datenmodell.

Datenermittlung, Annahmen, Abschätzungen und Extrapolation sollten nur in den Fällen Anwendung finden wo keine realen Maschinendaten verfügbar sind. Die beste Datenbasis sind Messungen und Erhebungen im industriellen Umfeld. Hier empfiehlt es sich auf eine handeingabefreie (automatisierte) Maschinen-/Betriebsdatenerfassung zurückzugreifen.

Ermittlung der Lebenszykluskosten, je nach implementiertem Modell wird in diesem Schritt die durchgängige Datenstruktur überprüft und die Lebenszykluskosten ermittelt.

Ergebnisinterpretation und Plausibilitätsprüfung, die ermittelten Ergebnisse sind von Kennern der Branche oder Fachexperten auf Plausibilität zu prüfen um nicht Fehlern aufzusitzen.

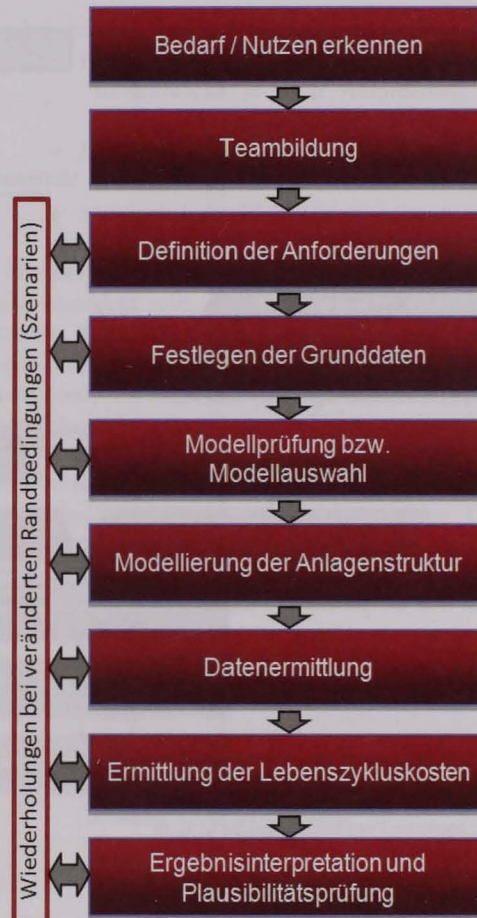


Abbildung 3: Vorgehensweise für den operativen Einsatz von LCC im Sondermaschinenbau (Wiesinger 2011, S.62, Abb. 5.2)

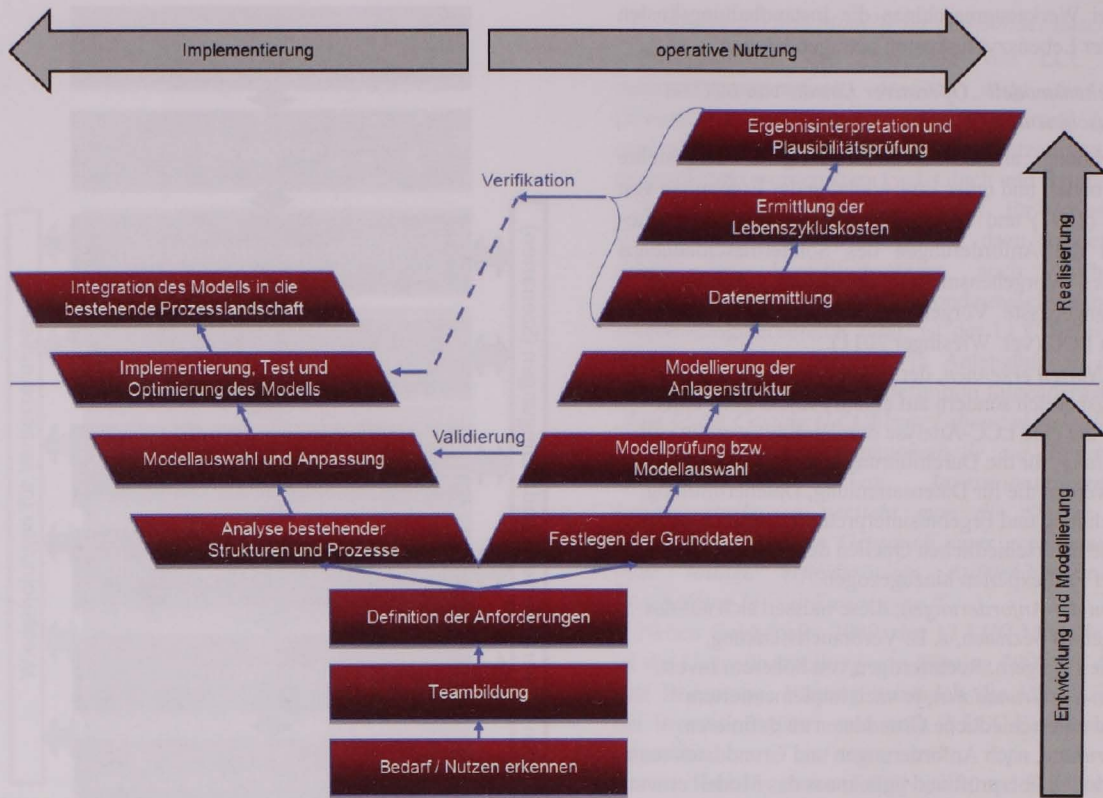


Abbildung 4: Integriertes Vorgehensmodell für LCC im Sondermaschinenbau (Wiesinger 2011, S.65, Abb.5.3)

D. Integriertes Vorgehensmodell des LCC

Die beschriebenen Vorgehensmodelle weisen vor allem in den ersten Schritten Parallelen und Ähnlichkeiten auf. Es liegt daher nahe die beiden Modelle in einem integrierten Modell zu vereinen. Ziel ist, neben dem Zusammenführen ähnlicher Schritte, die Prüf- und Optimierungszyklen darzustellen. Das so entwickelte Vorgehensmodell ist in Abbildung 4 dargestellt.

Das Modell überdeckt zwei Bereiche, links den Bereich der *Implementierung* von LCC und rechts den Bereich der *operativen Nutzung* von LCC in einem Unternehmen.

Der Ablauf des Modells ist ebenfalls in zwei Bereiche gegliedert, der erste Bereich erstreckt sich über die Schritte der *Entwicklung und Modellierung*, der zweite Bereich umfasst die Schritte der *Realisierung*. Der Abgleich erfolgt über *Validierung* und *Verifizierung* und gibt die Möglichkeit der kontinuierlichen Verbesserung (KVP).

Die ersten drei Schritte, sind in den vorherigen Modellen ähnlich bzw. gleich. Im integrierten Modell sind diese mittig positioniert und gelten für beide Bereiche.

Bei der Validierung wird die Eignung des implementierten Modells bzgl. der Anforderungen geprüft. Man stellt sich die Fragen: Verwendet man das richtige Modell? Berechnet man die richtigen Daten?

Bei der Verifikation werden die Eingangsdaten sowie die Ergebnisse des Modells auf Plausibilität geprüft. Man stellt sich die Fragen: Verwendet man das Modell richtig? Berechnet man die Daten richtig?

Das so entstandene Modell eignet sich sowohl für die einmalige Anwendung, also zur Entwicklung eines LCC-Modells speziell für eine einzige Anlage, als auch zur Entwicklung eines allgemeinen LCC-Modells zur Mehrfachnutzung. Im Sondermaschinenbau werden aus Kundensicht Investitionen nur in größeren Abständen getätigt, z.B. alle drei bis fünf Jahre und länger (vgl. Geissdörfer 2009). Deshalb werden LCC-Analysen kundenseitig oft mit spezifischen Modellen durchgeführt. Anders verhält es sich aus Herstellersicht wo mehrere Anlagen im Jahr verkauft werden. Hier haben LCC-Analysen einen wiederkehrenden Charakter. Aus Herstellersicht werden deshalb im Sondermaschinenbau allgemeine LCC-Modelle bevorzugt. Das integrierte Vorgehensmodell eignet sich für beide Sichtweisen gleichermaßen.

IV. FALLSTUDIE

Das Unternehmen Fill GmbH in Gurten OÖ entwickelt und produziert Sondermaschinen. Im Umfeld des hochkompetitiven Sondermaschinenbaus ist es schwierig Wettbewerbsvorteile gegenüber dem Mitbewerb zu finden. Ziel der Fallstudie ist es ein Instrument zu entwickeln, das Fill ermöglicht die Lebenszykluskosten effektiv und effizient

zu berechnen, damit diese im Verkaufsgespräch als ein entscheidender Faktor in der Argumentationskette verwendet werden können. Die LCC-Analyse soll somit schon in der Entwicklungsphase Anwendung finden. Um dieses Ziel zu erreichen, wird das integrierte Vorgehensmodell des LCC angewendet.

A. Implementierung

Wie aus obigen Ausführungen ersichtlich, konnte im ersten Schritt der Bedarf und Nutzen von LCC im Bereich des Vertriebs identifiziert werden. Anschließend wurden die Anforderungen definiert. Hervorzuheben ist die Berücksichtigung der Anforderungen zur Umsetzung in ein Softwarewerkzeug. Hier liegt ein Hauptaugenmerk auf einem standardisierten Austauschformat, Exportmöglichkeit in Excel, flexible Baumstruktur sowie Zuladen und Wiederverwendung von Baugruppen. Dadurch soll eine Integration in die 3D Simulationsumgebung ermöglicht werden. Dabei wurde besonders auf die Flexibilität der Modellierungsmöglichkeiten der Anlagenstruktur, ähnlich wie bei Abele et al. 2009 und bei Albrecht et al. 2009 vorgeschlagen, geachtet. Die erarbeiteten Anforderungen konnten in drei Themenschwerpunkte gegliedert werden,

- Anforderungen an die Modellierung der Anlagenstruktur
- Anforderungen an die IT-Fähigkeit und
- Anforderungen an die Ergebnisse und Auswertung.

Heute ist im Sondermaschinenbau die 3D Materialfluss- bzw. Ablaufsimulation Stand der Technik. Durch Standardisierung der Maschinen und Baugruppen des Produktmanagements und einer soliden Datenbasis aus einer Vielzahl an integrierten Maschinendatenerfassungen sowie qualifizierter erfahrener Experten kann Fill auf Daten guter Qualität aufbauen.

Das LCC-Modell soll das existierende Fill Simulation Framework erweitern, siehe Abbildung 5.

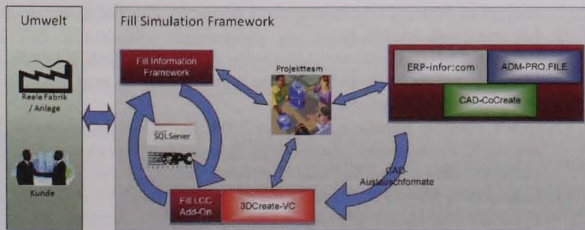


Abbildung 5: Fill Simulation Framework

Nach der Analyse bestehender Strukturen und Prozesse und auf Basis der analysierten LCC-Modelle entschied man sich für das VDMA 34160 Standardmodell. Die besonders gute Eignung des VDMA-Modells als Grundlage für ein LCC-Add-On in der Simulation wird dadurch begründet, dass es aufgrund seines einfachen Aufbaus und generischen Charakters sehr flexibel und anpassungsfähig ist. Dadurch

ergeben sich folgende Stärken:

- Flexibler Detailierungsgrad, damit können die Kostenblöcke je nach Anforderung abgebildet werden, z.B. gemäß Anlagenstruktur
- Das Modell kann nach Bedarf um Kostenblöcke erweitert oder reduziert werden
- Standardisiertes Einheitsblatt

Die Definition und Struktur des LCC-Modells soll in einer Datei hinterlegt sein. Als Format wurde das XML Format gewählt. XML, eXtensible Markup Language (erweiterbare Auszeichnungssprache), ist eine vom World-Wide-Web-Consortium (W3C) standardisierte Metasprache für das Speichern und Austauschen von Daten sowie zur Definition weiterer Auszeichnungssprachen. Mit diesem Konzept von XML können Informationen nicht nur dargestellt, sondern deren Inhalte und Struktur beschrieben werden. Die VDMA 34160, mit den erforderlichen Anpassungen, konnte so erfolgreich modelliert werden. Exemplarisch ist in den Abbildungen 6, 7 und 8 die Umsetzung für den Kostenblock „Materialkosten und Rohstoffe“ (MK1) dargestellt.

| Kode | Name | Beschreibung | Berechnungsformel | Einheit |
|--------------------|--------------------------------------|---|--|------------------|
| MK1 | Materialkosten und Rohstoffe | Durchschnittliche Materialkosten pro Jahr je Material n | $\sum ((D3 \cdot D5 \cdot (MK1.1 \cdot MK1.3_n) + (D2 \cdot MK1.2_n \cdot MK1.3_n))$ | 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 |

Abbildung 6: Auszug aus VDMA 34160 für MK1

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 ...
3 <repeat-node id="MK1" name="Materialkosten und Rohstoffe" description="Durchschnittliche
  Materialkosten pro Jahr je Material n" formula="100/(D3+D5*(MK1.1+MK1.3+D2*(MK1.2+MK1.3)
  >
4   <node id="MK1.1" name="Materialverbrauch pro Stück" description="
    Durchschnittlicher Materialverbrauch je gefertigtes Produkt" unit="Einheiten/
    Stück" editable="true"/>
5   <node id="MK1.2" name="Materialverbrauch pro Betriebsstunde" description="
    Durchschnittlicher Materialverbrauch je Betriebsstunde" unit="Einheiten/h"
    editable="true"/>
6   <node id="MK1.3" name="Materialpreis/Einheit" description="Durchschnittlicher
    Materialpreis pro Einheit" unit="EUR()/Einheit" editable="true"/>
7 </repeat-node>
8 ...
  
```

Abbildung 7: Umsetzung des Kostenblocks MK1 im XML-Format

| | | |
|--|--|-------------------------|
| | Materialkosten und Rohstoffe (MK1) | 1.477.440,00 € |
| | Materialkosten und Rohstoffe: Schnittfluge 1.8mm (1) | 1.477.440,00 € |
| | Materialverbrauch pro Stück (MK1.1_1): | 0,00 Einheiten/Stück |
| | Materialverbrauch pro Betriebsstunde (MK1.2_1): | 0,54 m ³ /h |
| | Materialpreis/Einheit (MK1.3_1): | 800,00 €/m ³ |

Abbildung 8: Kostenblockdarstellung für MK1 im LCC-Add-On

Schließlich wurde das LCC-Konzept in die Unternehmensprozesse der Angebotserstellung und Projektierung integriert, wie es in der ISO 9001 gefordert wird. Nach Implementierung der Software dienten die ersten Tests zur Überprüfung der Berechnungsvorschriften und für Modellanpassungen. Die entwickelte Software wurde nicht

nur als Add-On integriert, sondern ist auch als selbstständig ausführbare Software unter dem Namen „LCCC-LifeCycleCostingCalculator“¹ verfügbar.

B. Operative Nutzung

Der LCCC wird bei Fill im Verkaufsprozess eingesetzt. Es wurde damit die Möglichkeit geschaffen schon im Verkaufs- bzw. Projektierungsgespräch die Lebenszykluskosten abzuschätzen. Neben dem Einsatz im Verkaufsprozess konnten auch Verbesserungen für bestehende Maschinen durch LCC-Analysen identifiziert und bewertet werden. Der Einsatz des LCC-Konzepts konnte so auf die Bereiche Produktmanagement und Produktentwicklung erweitert werden.

Auch wenn die Akzeptanz im Unternehmen Fill hoch ist, sind bei den ersten Anwendungen des LCCC folgende Hindernisse aufgetreten (vgl. Wiesinger 2011),

- Die Beschaffung geeigneter Daten ist nur dort wirklich möglich, wo es der Kunde erlaubt. Damit ist mit einer Erhöhung des Aufwands für die Kundenbetreuung zu rechnen.
- Die Bereitstellung von Kapazitäten zur Erstellung von LCC Analysen ist äußerst schwierig. Die qualifizierten Mitarbeiter sind meist mit Arbeiten des Tagesgeschäfts voll ausgelastet.
- Der Nutzen durch den Einsatz des LCCC ist nur sehr schwer quantifizierbar. Es leidet dadurch die Akzeptanz und die Bereitstellung von Kapazitäten
- Da das LCC-Konzept auf alle Unternehmensbereiche Einfluss ausübt, gibt es auch aus all diesen Bereichen Widerstände. Grund ist die Angst vor Veränderungen.

Um diese Hindernisse zu überwinden, ist vor allem ein erhöhter Personaleinsatz notwendig. Weitere Einflussfaktoren deren Abschätzung einen Mehraufwand und weitere Forschungstätigkeiten erfordern, wirken sich vor allem auf die Qualität und Genauigkeit der Prognose aus. Dies sind z.B.

- die Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen Anlagenkomponenten
- die Einflüsse der Instandhaltungsstrategie
- die Abhängigkeit der Verfügbarkeit von der Qualität des Personals, der Unternehmenskultur und der Unternehmensstruktur
- das Ausfallverhalten kann auch standortabhängig sein, so spielen z.B. Klima (Luftfeuchtigkeit) oder die Qualität der Stromversorgung eine Rolle

V. AUSBLICK

Auf Basis dieser Arbeit und der erfolgreichen Einführung des Werkzeuges LCCC werden weitere Arbeiten auf dem Gebiet durchgeführt. Speziell um die Aussagen zur Verfügbarkeit und Instandhaltung zu verbessern werden neben theoretischen Arbeiten empirische Untersuchungen

durchgeführt.

Die erwähnte Datenbasis der Betriebsdatenerfassung bildet das Vorbild für eine lückenlose Servicedatenerfassung. Auf dieser Basis sollen die Ansätze von Zustandsorientierter Instandhaltung (condition monitoring) vertieft werden. Ziel ist es hier das Datawarehouse zum Fill Simulation Framework zu vervollständigen.

Parallel dazu wird der Frage, „Wie wirkt sich der Einsatz von LCC auf den Unternehmenserfolg aus?“ nachgegangen und bildet einen Schwerpunkt im Controlling.

DANKSAGUNG

Dank soll an dieser Stelle Hr. Fill Andreas und Hr. Rathner Wolfgang beide Geschäftsführer der Fa. Fill GmbH ausgesprochen werden, die die Umsetzung unterstützt und motiviert haben.

REFERENZEN

1. Abele, Eberhard; Dervisopoulos, Marina; Kuhrke, Benjamin: 2009 Bedeutung und Anwendung von Lebenszyklusanalysen bei Werkzeugmaschinen. In: *Stefan Schwaiger (Hrsg.) Lebenszykluskosten optimieren* Gabler – GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden 1. Auflage.
2. Albrecht, Volker; Wetzler, Peter: 2009 M-TCO-Daimler AG. In: *Stefan Schwaiger (Hrsg.) Lebenszykluskosten optimieren* Gabler – GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden 1. Auflage.
3. Baumeister, Alexander 2008: *Lebenszykluskosten alternativer Verfügbarkeitsgarantien im Anlagenbau*. Gabler – GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden 1. Auflage.
4. Bünting, Frank 2009: Lebenszykluskostenbetrachtungen bei Investitionsgütern. In: *Stefan Schwaiger (Hrsg.) Lebenszykluskosten optimieren* Gabler – GWV Fachverlag GmbH, Wiesbaden 1. Auflage.
5. Cavinato, Joseph L. 1992: A total cost/value model for supply chain competitiveness. *Journal of Business Logistics*; Vol. 13; No.2.
6. Dhillon, B.S. 2009: *Life cycle costing for engineers*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
7. De Vasconcellos N.M.; Yoshimura, M. 1999: Life cycle cost model for acquisition of automated systems. *International Journal of Production Research*; Vol.37; No. 9; 2059-2076
8. Ellram, Lisa M. 1994: A Taxonomy Of Total Cost Of Ownership Models. *Journal of Business Logistics*; Vol.15; No.1.
9. Ellram, Lisa M.; Siferd, Sue P. 1993: Purchasing: The cornerstone of the Total Cost of Ownership Concept. *Journal of Business Logistics*; Vol. 14; No. 1.
10. Ellram, Lisa M.; Siferd, Sue P. 1998: Total Cost of Ownership: A key concept in strategic cost management decisions. *Journal of Business Logistics*; Vol. 19; No. 1.
11. Fleicher, Jürgen; Weismann, Udo; Schmalzried, Siegfried; Wawerla, Marc 2005: Life-Cycle-Performance: partnerschaftlich zum Ziel. *Wb-Werkstatt und Betrieb*; 5:75-78.
12. Gulch, Pernilla; Baumann, Henrikke 2003: The life cycle costing (LCC) approach: a conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making. *Building and Environment*; 39:571-580.
13. Geissdörfer, Klaus 2009: *Total Cost of Ownership (TCO) and Life Cycle Costing (LCC): Einsatz und Modelle: ein Vergleich zwischen Deutschland und den USA*. Lit-Verlag.
14. Höhne, Christoph 2009: *Dresdner Beiträge zur Lehre der betrieblichen Umweltökonomie: Life Cycle Costing-Systematisierung bestehender Studien*. Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre Betriebliche Umweltökonomie, TU Dresden.
15. Heilala, J; Helin, K; Montonen, J 2006: Total cost of ownership analysis for modular final assembly systems. *International Journal of Production Research*; Vol.44;No.18-19, 3967-3988, 15 September – 1 October.

¹LCCC Softwarehersteller www.catalysts.cc/lccc [29.04.2013]

16. Herstatt, C.;Verworn, B. 2007: *Management der frühen Innovationsphasen*. Gabler – GWV Fachverlag GmbH, 2. Auflage.
17. Kuhn, Axel; Schuh, Günther; Stahl, Beate 2006: *Nachhaltige Instandhaltung: Trends, Potentiale und Handlungsfelder Nachhaltiger Instandhaltung*. VDMA Verlag.
18. Lindholm, Anni; Suomala, Petri 2004: The Possibilities of Life Cycle Costing in Outsourcing Decision Making. *Frontiers of the e-Business Research* 2004.
19. Müller, K.G.; Court, A.W.; Besant, C.B. 1999: Energy life cycle design: a method. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers; Vol.213 Part B: *Journal of Engineering Manufacture*.
20. Müller, Egon; Engelmann, Jörg; Löffler, Thomas; Strauch, Jörg 2009: *Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
21. Schweiger, Stefan 2009: Nachhaltige Wettbewerbsvorteile für Anbieter und Nutzer von Maschinen/Anlagen durch Lebenszykluskostenoptimierung schaffen. In: *Stefan Schweiger (Hrsg.): Lebenszykluskosten optimieren*; Gabler – GWV Fachverlag GmbH Wiesbaden, 1. Auflage.
22. VDI Richtlinie 2884 (2005): *Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC)*; Verein Deutscher Ingenieure.
23. VDMA Einheitsblatt 34160 (2006): *Prognosemodell für Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen*. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer e.V.
24. Wiesinger, Alois 2011: *Life Cycle Costing und Total Cost of Ownership im Sondermaschinenbau*. Diplomarbeit FH OÖ, Fakultät für Management, Steyr.
25. Woodward, David G. 1997: Life cycle costing-theory, information acquisition and application. *International Journal of Project Management*; Vol.15.No.6; pp.335-344.



Dipl.-Ing. Alois Wiesinger, MSc Jahrgang 1980, Studium Mechatronik an der JKU Linz 2007, berufsbegleitendes Masterstudium an der FH Steyr Operations Management 2011. Seit 2007 in der Produktentwicklung des Sondermaschinenbauers Fill GmbH in Gurten und seit 2011 Innovationsmanager bei Fill. Dipl.-Ing. Wiesinger begleitete die Einführung von 3D Simulation bei der Firma Fill und spezialisierte sich auf die Simulation von Instandhaltungsstrategien, führte die

Projektleitung für die Einführung von Life Cycle Costing bei Fill und entwickelte in seiner Masterarbeit das beschriebene integrierte Vorgehensmodell.

Das Fill Simulation Framework als Modell der digitalen Fabrik wurde wesentlich von ihm gestaltet und erstmals 2010 am Industriellen Symposium für Mechatronik in Linz vorgestellt.



Dipl.-Ing. Harald Sehrs Schön, IWE Jahrgang 1977, Studium Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau Studienzweig Mechatronik an der TU Graz 2004, Ausbildung zum IWE 2012. Seit 2008 Teamleiter der Produktentwicklung des Sondermaschinenbauers Fill GmbH in Gurten.

Dipl.-Ing. Sehrs Schön initiierte die Digitale Fabrik bei Fill und entwickelt mit seiner Abteilungen Methoden und Werkzeuge für die Unterstützung der frühen Innovationsphase.