

GESTALTUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR MODERNISIERUNGSPROZESSE IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Bogdan NIȚU¹

În cadrul acestei lucrări va fi prezentat un model (proces) de referință pentru modernizarea mașinilor și utilajelor din industria mecanică. Pentru a putea dezvolta un astfel de model trebuie găsită o metodă de cercetare adecvată. Ca urmare în acest articol vor fi prezentate în introducere stadiul problemei și scopul lucrării. În continuare vor fi definiți termenii relevanți pentru tematica lucrării și se va specifica stadiul actual al cercetărilor. În final vor fi prezentate metoda de elaborare și validare a modelului de referință, un studiu de caz și modelul propriu-zis.

Within this paper will be introduced a reference model for retrofit services in the machine building industry with key focus on business processes and information flows. In order to achieve this aim it is necessary to follow an appropriate research approach. Therefore the challenge regarding retrofit processes of older machines to modern products will be first presented. Further the most important terms will be defined and the state of the art will be analyzed. In a final step the validation methodology and a case study for the development of the reference model will be described and the model itself will be presented.

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Referenzmodell für die Erbringung von Modernisierungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau entwickelt werden, das sowohl Geschäftsprozesse als auch Informationsflüsse beinhalten soll. Um dieses Ziel erreichen zu können, ist es erforderlich, eine geeignete wissenschaftliche Vorgehensweise zu verfolgen. In diesem Sinne werden in diesem Artikel zunächst die Problemstellung und Motivation bezüglich der Modernisierung im Maschinen und Anlagenbau dargestellt. Anschließend wird der Betrachtungsbereich abgegrenzt und der Stand der Technik dargestellt. Zuletzt wird die Methode zur Referenzmodellentwicklung und -validierung zusammen mit einer Fallstudie beschrieben und das Modell an sich vorgestellt.

Schlüsselwörter: Referenzmodell, Prozesse, Dienstleistungen, Modernisierung, Umbau, Maschinen, Anlagen

1. Einführung und Motivation

Weltweit gibt es noch einen beachtlichen Bestand an ältere konventionelle Groß- und Werkzeugmaschinen wie z. B. Drehmaschinen, Pressen, Walzen, etc., die sich durch großzügig dimensionierte, stabile Gestellbaugruppen aus Guss auszeichnen. Allerdings genügen die Steuerungs- und Antriebstechnik nicht mehr

¹ Dipl.-Wirt.-Ing., Doktorand an der Universität Politehnica Bukarest, Rumänien

den Anforderungen einer produktiven Fertigung. Für ein Unternehmen stellt sich die Frage, ob eine neue Anlage eingekauft oder die vorhandene Maschine modernisiert werden soll. Dabei gilt als grobe Faustregel, dass eine Modernisierung bei ca. 60 % der Kosten einer Neuanschaffung mit gleichen Parametern liegt [1]. Zusätzlich müssen Auftraggeber für eine spezielle neue Maschine rund zwei Jahre ab Bestellung bis zur Auslieferung warten, während eine Modernisierung in der Hälfte der Zeit realisierbar ist [2].

Gleichzeitig können mit einem Umbau bestehende Investitionen länger genutzt werden, da nur die Teile einer Maschine oder Anlage erneuert werden, die auch tatsächlich veraltet sind. Die prinzipiellen Verfahren in vielen Branchen ändern sich im Laufe der Zeit nur wenig und die Maschinen sind sehr robust, so dass sie mehrere Jahrzehnte lang halten. Die mechanische Seite entwickelt sich nicht mit derselben Dynamik weiter wie die Elektro- und Automatisierungstechnik. Zudem stecken in Anlagen oft enorme Produktivitätsreserven, die mit zeitgemäßer Steuerungs- und Antriebstechnik genutzt werden können [3]. Darüber hinaus tendieren viele Unternehmen auch aus Umweltschutzgründen (wie z. B. die Wiederverwendung von knappen Rohstoffen und Materialien) die Anlagen eher zu modernisieren als neue einzukaufen.

Dennoch stellen besonders bei komplexen Modernisierungsarbeiten die Prozesse bzw. die Reihenfolge der einzelnen Schritte und die Informationsflüsse eine Herausforderung dar [2].

Vor diesem Hintergrund soll ein Referenzmodell (Prozessmodell mit Inputs und Outputs) für die Erbringung von Modernisierungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau entwickelt werden. Das Modell soll Unternehmen bei der Modellierung, Standardisierung und Optimierung der Geschäfts- und Informationsprozesse im Modernisierungsbereich helfen.

Um dieses Ziel erreichen zu können, bedarf es einer wissenschaftlichen Vorgehensweise. In diesem Sinne werden in den nächsten Abschnitten dieses Artikels zunächst der Betrachtungsbereich mit Hilfe von Beispielen abgegrenzt werden. Des Weiteren sollen der Stand der Technik und die Methode zur Referenzmodellierung einschließlich des Validierungskonzeptes dargestellt werden. Zum Schluss wird eine Fallstudie und das Modell zusammengefasst vorgestellt. Eine detaillierte Darstellung des gesamten Modells würde die Länge dieses Artikels sprengen.

2. Abgrenzung des Betrachtungsbereichs

In diesem Abschnitt wird anhand von Beispielen und ausführlichen Erläuterungen eine Eingrenzung des Untersuchungsbereichs vorgenommen.

Laut Schneidecker wird der Begriff Modernisierung wie folgt definiert: *Modernisieren* = Installation moderner Ausrüstung oder Umsetzung moderner Ideen oder Methoden [4]. Da diese Definition sehr allgemein formuliert ist, soll an

dieser Stelle eine Konkretisierung des Begriffs vorgenommen werden. Im Zuge einer Modernisierung werden generell folgende Maßnahmen durchgeführt:

- geometrische Überarbeitung der Maschine für das Erzielen einer hohen Genauigkeit;
- Austausch von Lager, Dichtungen, Federn und weiteren Verschleißteilen;
- Erneuerung der Hydraulik- und/ oder der Pneumatikanlagen;
- Austausch aller Längenmesssysteme;
- Einsatz neuer Motore (z. B. wartungsfreie, energiesparsame, drehzahlveränderbare Drehstrommotoren ohne Kohlebürsten und mit Frequenzumrichtertechnologie);
- neue Verkabelung der Maschine;
- Erneuerung der Steuerung- und Regelungstechnik inklusive neuestes Softwarestands und maximaler Rechnerleistung;
- Erneuerung des Schaltschranks und Bedienpults;
- Erstellung einer neuen Dokumentation [5].

Folgendes *Beispiel*, das im Rahmen des Validierungskonzepts bei einem der beteiligten Unternehmen analysiert wurde, soll den Untersuchungsbereich weiter eingrenzen.

In dem umfassenden Instandhaltungsplan des Unternehmens Deutsche Bahn sind unter Anderem regelmäßige Nachbearbeitungen von Eisenbahnradern vorgesehen. Wegen der vielen Kurvenfahrten und Bremsvorgänge sind die Räder nach einer bestimmten Anzahl von Kilometern aufgewalzt und verdichtet. Die dabei entstandenen Bremsplatten müssen entfernt werden. Dies geschieht mit einer speziellen Groß-Drehmaschine für Schwerzerspannung, die eine Radachse mit zwei Rädern in einem Vorgang bearbeitet.

Die Deutsche Bahn stellte fest, dass die Produktivität und Genauigkeit der 25 Jahre alten Drehmaschinen nicht mehr ausreichte, um die gestiegene Nachfrage an Instandhaltungsarbeiten zu bewältigen. Das Unternehmen musste die Entscheidung treffen, ob neue Maschinen eingekauft oder die vorhandenen Maschinen modernisiert werden sollten.

Nach einer betriebswirtschaftlichen Kalkulation hat sich die Deutsche Bahn für die Modernisierungslösung entschieden. Dabei spielten nicht nur die Kosten sondern auch die langen Bestellzeiten für eine neue Drehmaschine (ca. 2 Jahre) eine wichtige Rolle bei der Entscheidung.

Während der Modernisierung wurden die werthaltigen Gusskonstruktionen übernommen und die wesentlichen Funktionsgruppen wie Antriebe, Getriebe, Führungen, Kugelbahnen, hydraulisches Spann Futter, Späne-Förderer und Siemens-Steuerungen neu aufgebaut [1].

Bereits nach 8 Monaten nach dem Auftragseingang waren die ersten zwei Drehmaschinen modernisiert. Die überholten Drehmaschinen, die jetzt über eine CNC-Steuerung und moderne Antriebstechnik verfügen, haben eine rund ein

Viertel höhere Produktivität und eine höhere Genauigkeit. Zu den rund 40 % Einsparung im Vergleich zu den Kosten einer neuen Drehmaschine addieren sich ersparte Arbeiten und Kosten für Fundamente, die weiter benutzt werden konnten.

Zuletzt soll in diesem Abschnitt der Begriff *Referenzmodell* vereinfacht definiert werden. Ein Modell im Allgemeinen kann anhand des Systemverständnisses als ein spezielles System verstanden werden. Dabei wird das Modell nicht als Kopie oder Abbild der Realität sondern als eine Abstrakte Repräsentation für einen bestimmten Zweck, zu einer Zeit, mit Hilfe einer Sprache gesehen. Es resultiert eine reduzierte Modellkomplexität im Vergleich zu der Realwelt. Referenzmodelle sind allgemein gültige Modelle für eine Klasse von Unternehmen (z. B. für eine Branche). Neben der Allgemeingültigkeit hat ein Referenzmodell auch ein Empfehlungscharakter [6].

3. Stand der Technik

Aufbauend auf der Eingrenzung und Charakterisierung des Betrachtungsbereichs aus dem vorigen Abschnitt wird dieser Kapitel einen Überblick über vorhandene relevante Referenzmodelle geben. Untersuchungsziel ist einerseits die hier vorgestellten Modelle in die Forschungslandschaft einzuordnen und Entwicklungsbedarfe zu unterstreichen. Andererseits werden die vorgestellten Modelle als Informationsquellen und Ausgangslösungen für die Modellentwicklung innerhalb dieser Arbeit einbezogen.

Es wurden (Referenz-)Modelle mit und ohne explizitem Fokus auf Modernisierungsdienstleistungen untersucht und beurteilt. Als Schlussfolgerung der Untersuchung möglicher relevanter Ansätze für die Entwicklung eines Referenzmodells für Modernisierungsleistungen ergibt sich, dass umfassende, operativ fokussierte Modelle im Maschinenbau- bzw. Mechatronikbereich kaum vorhanden sind. Trotzdem konnten einige Arbeiten (wie z. B. ARIS - Architektur Integrierter Informationssysteme [7], SCOR – Supply-Chain Operation Reference-Model [8], das Referenzmodell für technische Dienstleistungen von Kallenberg [9], das neue St. Galler Management Modell [10], etc.) identifiziert werden, die einen Beitrag zu dem in dieser Arbeit zu entwickelnden Referenzmodell liefern könnten.

4. Methode zur Referenzmodellentwicklung

Jedes wissenschaftliche Vorhaben erfordert eine mittel- und zweckgeleitete Vorgehensweise. In einem ersten Schritt wurden die wichtigsten Arbeiten aus diesem Bereich (siehe die Vorgehensweisen von Hars, Lang, Bodendorf, Maicher, Schütte, Schwegmann, Becker et al., Schlagheck, Schulze, Wolf, Fettke, Loos, Becker, Knackstedt und Vom Brocke [11]) analysiert. Da die Arbeit von Becker et al. eine explizite Beschreibung der bei einer Referenzmodellierung zu bearbeitenden Aufgaben leistet, soll bei der

Entwicklung des Referenzmodells für Modernisierungsleistungen die von Becker formulierte Vorgehensweise verfolgt werden.

Das Vorgehensmodell der Methodik zur konfigurativen Referenzmodellierung von Becker et al. [12] unterscheidet die Phasen: „Projektziel definieren“, „Referenzmodellierungstechnik definieren“, „Referenzmodell erstellen“, „Referenzmodell evaluieren“ und „Referenzmodell vermarkten“ (siehe Abb. 1).

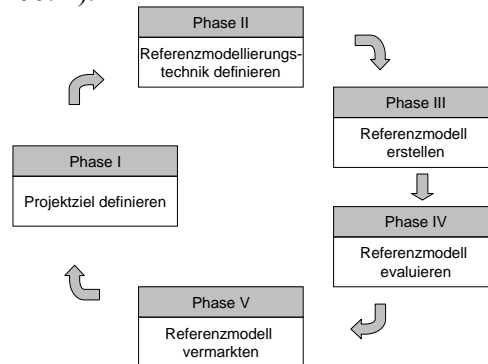


Abb. 1: Phasenmodell zur Referenzmodellierung [12]

In *der ersten Phase* werden das Projektziel und der Problembereich definiert. Es werden die Funktionsbereiche, die Unternehmensmerkmale und die Perspektiven eingegrenzt, die von dem Referenzmodell berücksichtigt werden sollten. Die Erhebung dieser Anforderungen erfolgte bereits im Rahmen der Einleitung dieser Arbeit.

Die Modellierungstechniken werden in *der zweiten Phase* aus methodischer und inhaltlicher Sicht definiert. Methodisch erfolgt die Definition mittels der Methodensprache und der Handlungsanleitung. Inhaltlich müssen drei weitere Aspekte definiert werden: der Modellrahmen, das Verfeinerungsmodell und die Konfigurationsregeln. Der Rahmen gibt dem Modell eine grobe Struktur. Verfeinerungsmodelle (auch Modellsichten genannt) sind den Elementen im Modellrahmen zugeordnet und beschreiben diese mit einem höheren Detaillierungsgrad [12]. Mit Hilfe von Konfigurationsregeln können unterschiedliche Modellvarianten abgeleitet werden. So kann der Anpassungsaufwand für den Referenzmodellnutzer reduziert und die Akzeptanz eines referenzmodellgestützten Vorgehens verbessert werden [12].

Die dritte Phase beschreibt die eigentliche Erstellung des Referenzmodells, d. h. die Auswertung der Quellen, die Erstellung des Modellrahmens und der Modellsichten [12]. In diesem Artikel wird anschließend der Modellrahmen (die erste Ebene des Modells) und die Prozessmodellsicht zusammengefasst vorgestellt. Eine Darstellung aller Modellsichten würde den Rahmen dieses Artikels sprengen und wird aus diesem Grund nur in der Dissertation abgebildet.

Die Evaluierung repräsentiert *die vierte Phase des Modells*. Das Modell für Modernisierungsdienstleistungen wurde anhand eines empirischen Validierungskonzepts evaluiert. Dieses wird im Anschluss vorgestellt.

Das Vermarkten des Referenzmodells findet laut Becker et al. in der *fünften Phase* statt. Diese Phase ist nicht Gegenstand dieser Arbeit.

5. Validierungskonzept

Im Kapitel 4 vorgestellte Vorgehensweise zur Referenzmodellentwicklung von Becker stellt im Sinne eines theoretischen Prozesses die Phasen der Modellentwicklung dar. Bei der Erstellung von Referenzmodellen ist es aber gleichzeitig notwendig einen iterativen Entwicklungsprozess unter stetiger *Einbeziehung der Praxis* zu verfolgen. Nur auf dieser Weise kann eine gründliche *empirische Validierung* des Modells erfolgen.

Dieser Gedanke wird auch bei der Entwicklung des Referenzmodells für Modernisierungsdienstleistungen verfolgt. Im Folgenden sollen die chronologischen Entwicklungsstufen und die Praxisuntersuchungen dargestellt werden. Abbildung 2 stellt die Validierungsstufen (siehe linke Seite des Bilds) bezogen auf die schon vorgestellten Modellentwicklungsphasen von Becker (siehe rechte Seite des Bilds) dar.

Der Grund für den kombinierten Einsatz mehrerer Validierungsmethoden (Literaturanalyse, Workshops, Experteninterviews, Fallstudie) ist die Vermeidung von methodenbedingten Verzerrungen.

Wie schon im ersten Teil des Artikels dargestellt wurde, basiert die erste Stufe des Untersuchungsprozesses auf einer *umfassenden Literaturanalyse*. Während dieser Phase wurden unterschiedliche Referenzmodelle mit verwandten Themen und etablierte Vorgehensweisen zur Referenzmodellierung untersucht. Die gesammelten Erfahrungen wurden in den nächsten Schritten von dem Autor eingebracht.

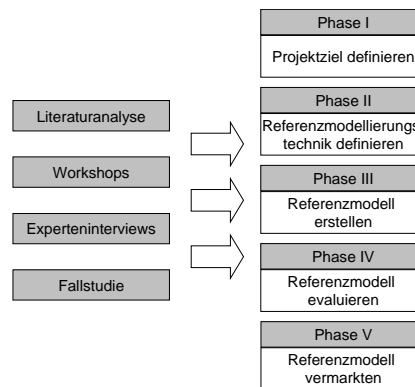


Abb. 2: Validierungskonzept

Die nächste Entwicklungsstufe basiert auf die Ergebnisse mehreren *Workshops* mit zwei deutschen Unternehmen aus der Branche Maschinen- und Anlagenbau sowie auf der spezifischen Projekterfahrung des Autors mit Dienstleistungsabteilungen in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Die Workshops mit den zwei Modernisierungsdienstleistern verlief in drei Stufen. Im ersten Schritt wurde die Ist-Situation der Prozesse aufgenommen. Im nachfolgenden Schritt wurde die Ist-Situation analysiert und ein Soll-Modell definiert. Zum Schluss wurde das Soll-Modell mit Hilfe von Vertreter aller relevanten Abteilungen der zwei Unternehmen auf Inkonsistenzen und Praxistauglichkeit überprüft. Das Ergebnis der Workshops war eine vorläufige Version des Referenzmodells für Modernisierungsdienstleistungen, das weitere Validierungsetappen durchlaufen muss.

Die *Experteninterviews* mit Vertretern von fünf Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, die auch eine Modernisierungssparte besitzen, dienten dazu, ergänzend zum vorliegenden Feedback aus dem Workshop, im Rahmen eines persönlichen Gesprächs weitere Anregungen für die Überarbeitung des Modells zu generieren und Alternativen der Modellgestaltung zu diskutieren. Als Grundlage für die Interviews wurden eine Präsentation zur Vorstellung des Referenzmodells und ein Fragebogen für eine leichtere und strukturierte Feedback-Aufnahme entwickelt. Nach jedem Gespräch wurden die Anregungen aufgenommen und die daraus resultierenden Modelländerungen durchgeführt.

In einer finalen Entwicklungsstufe wurde die letzte Version des Modells, die nach der Durchführung der fünf Experteninterviews entstanden ist, im Rahmen einer *Fallstudie* zusammen mit einem Unternehmen aus der Aufzugsbranche analysiert ggf. angepasst. Diese wird im 7. Kapitel dargestellt.

Unter der Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der theoretischen und empirischen Untersuchung erfolgt in den folgenden Abschnitten die Darstellung des Modellrahmens und der Prozesssicht.

6. Das Referenzmodell – Modellrahmen und Prozesssicht

Die Ziele der Erstellung eines **Modellrahmens** sind ein navigierbares Verzeichnis anzubieten und Hinweise auf den grundsätzlichen Aufbau des Modells zu liefern. Des Weiteren stellt ein Modellrahmen die Struktur des Modells dar.

Der Modellrahmen ist hinsichtlich der horizontalen Struktur an das SCOR Modell und bezogen auf die Vertikale Struktur an das neue St. Galler Management Modell angelehnt (siehe Kapitel 3). Das Referenzmodell für Modernisierungsdienstleistungen enthält auf der *vertikalen Achse* drei wesentliche Prozesse: Managementprozesse, Geschäftsprozesse und Unterstützungsprozesse.

Managementprozesse umfassen vor allem Planungsaktivitäten aber auch Koordinations- und Controllingtätigkeiten des Modernisierungsdienstleisters. Die Managementaktivitäten sind projektübergreifend. Es werden beispielsweise die benötigten internen und externen Ressourcen für die Erfüllung der Lastenhefte aller Modernisierungsprojekte aus einem bestimmten Zeitraum analysiert. Darauf aufbauend wird eine projektübergreifende Planung der Aktivitäten durchgeführt. Das Modell unterscheidet im Rahmen der Managementprozesse zwischen Managementprozesse für Anpassungs-, Vorbereitungs-, und Durchführungsaktivitäten. Der Fokus dieser drei Kategorien von Aktivitäten wird weiter unten dargestellt.

Geschäftsprozesse verkörpern die praktische Modernisierung der Maschinen und Anlagen. Diese Kernaktivitäten sind projektspezifisch. Auch die Geschäftsprozesse beinhalten Anpassungs-, Vorbereitungs-, und Durchführungsaktivitäten. Im Vergleich aber zu den Managementprozessen laufen diese Aktivitäten in jedem Modernisierungsprojekt ab (siehe Abb. 3).

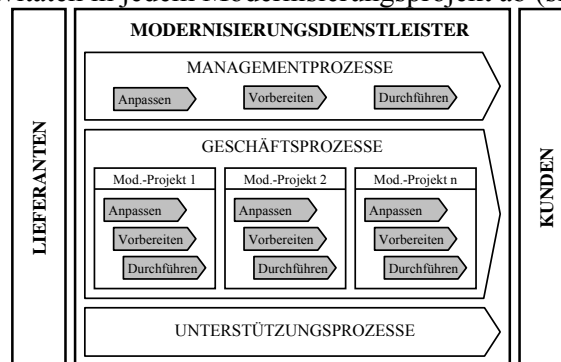


Abb. 3.: Modellrahmen

Unterstützungsprozesse dienen der Bereitstellung der Infrastruktur für die Erbringung von Modernisierungsdienstleistungen (siehe Abb. 8). Auf dieser Weise können die Geschäftsprozesse reibungsfrei vollzogen werden. Der kontinuierliche Verbesserungsprozess, die Verwaltung der Personal- und Sachressourcen, die Pflege der Kundendaten und des Partnernetzwerks sind repräsentative Beispiele für Unterstützungsprozesse. Wie im Falle von Managementprozessen sind Unterstützungsprozesse auch projektübergreifend, wobei diese nicht speziell für Anpassungs-, Vorbereitungs-, oder Durchführungsaktivitäten angepasst sind.

Auf der *Horizontale* werden die Aktivitäten aus dem Modell in drei oben genannten Kategorien eingeteilt: Anpassungs-, Vorbereitungs-, und Durchführungsaktivitäten (siehe Abb. 4).

Der erste Kundenkontakt bzw. die Angebotsanfrage repräsentieren den Start für die *Anpassungsaktivitäten* (siehe Abb. 5). Es folgen die Definition der Kundenanforderungen, die Anpassung der vorhandenen Ressourcen und des

Serviceportfolios an die Kundenanforderungen und die Ausarbeitung eines Modernisierungsangebots. Mit dem Unterschreiben eines Modernisierungsvertrags werden die Anpassungsaktivitäten beendet.

Die *Vorbereitungsaktivitäten* repräsentieren wie die Bezeichnung das bereits verrät, die Vorbereitung des Modernisierungsdienstleisters für die Durchführung der eigentlichen Modernisierung (siehe Abb. 6). Die zu modernisierende Anlage wird in transportierbaren Baugruppen demontiert und zu dem Standort des Dienstleisters transportiert. Hier werden die Baugruppen ggf. in Bauteilen demontiert und genau untersucht. Basierend auf die Untersuchungsergebnisse wird das Modernisierungskonzept aus dem unterschriebenen Vertrag ggf. angepasst und die notwendigen zusätzlichen Ressourcen zur Verfügung gestellt. Das endgültige Modernisierungskonzept wird mit dem Kunden besprochen.

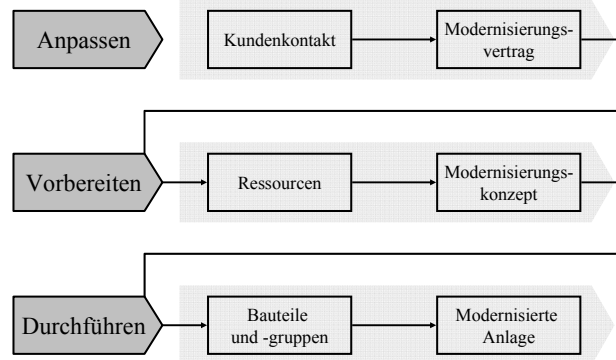


Abb. 4: Aktivitäteneinteilung

Anschließend findet die tatsächliche Modernisierung der Anlage im Rahmen der *Durchführungsaktivitäten* statt (siehe Abb. 7). Die notwendigen Baugruppen und -teile werden entweder intern hergestellt und/ oder extern angeschafft. Nach der Montage wird die modernisierte Anlage intern getestet und von dem Kunden am Standort des Modernisierungsdienstleisters vorläufig abgenommen. Nach der Demontage und dem Transfer der Anlage zurück in die Produktionslinie des Kunden wird die Anlage in Betrieb genommen. Weitere Tests und Justierarbeiten erfolgen vor der endgültigen Abnahme durch den Kunden.

Nach der Darstellung des Modellrahmens wird in den nächsten vier Abbildungen die **Prozesssicht** zusammengefasst dargestellt. Aufbauend auf dem bereits vorgestellten Modellrahmen, in der die Elemente des Referenzmodells dargestellt wurden, beschreibt die Prozesssicht die zeitlich-sachlogische Reihenfolge von Ereignissen und Zuständen.

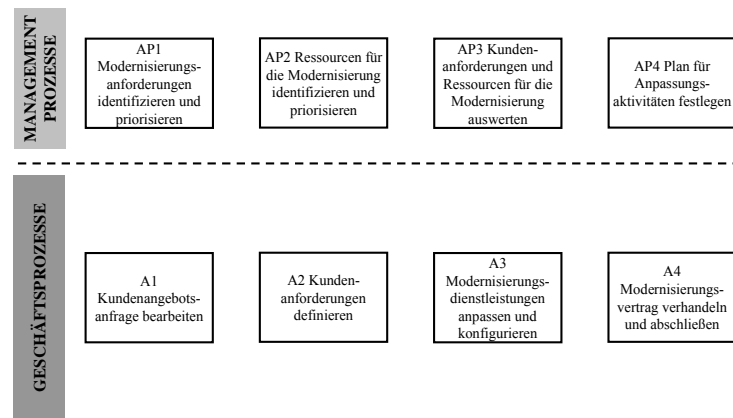


Abb. 5: Anpassungsaktivitäten - Übersicht

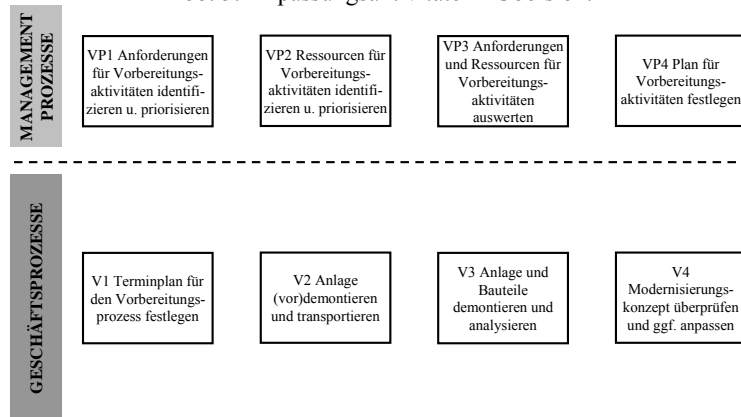


Abb. 6: Vorbereitungsaktivitäten - Übersicht

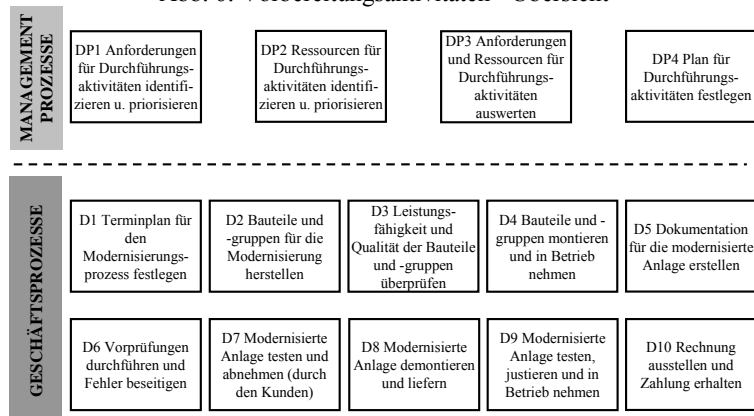


Abb. 7: Durchführungsaktivitäten - Übersicht

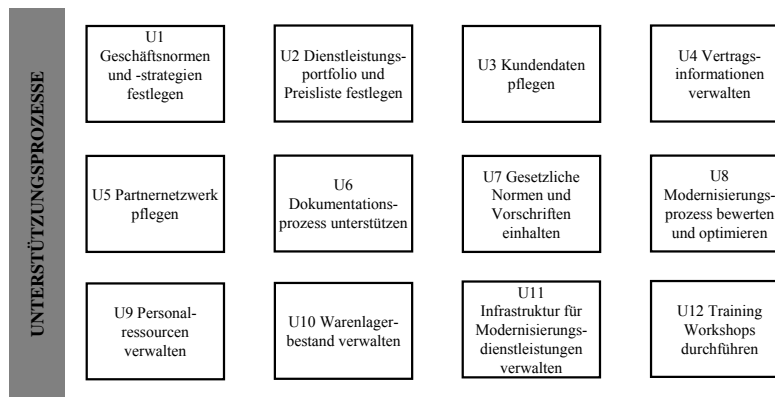


Abb. 8: Unterstützungsprozesse – Übersicht

Eine detaillierte Darstellung der Prozesse (mit Inputs und Outputs) ist aufgrund der vorgegebenen Länge des Artikels nicht möglich.

Im letzten Kapitel soll die Anwendung des Modells mit Hilfe einer Fallstudie gezeigt werden.

7. Fallstudie

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Fallstudie gezeigt, die im Rahmen der Validierungsstrategie angekündigt wurde. Zuerst werden die einzelnen Maßnahmen für den Umbau eines „mechanischen“ Aufzugs in ein „mechatronisches“ Produkt beschrieben. Anschließend wird das Referenzmodell bezüglich dieser Modernisierungsmaßnahme analysiert.

Fokus der Fallstudie ist die Modernisierung einer zweier Aufzugsgruppe aus einem Geschäftshaus in Hamburg durch Schindler Aufzüge und Fahrtreppen GmbH. Für die Durchführung der Fallstudie haben mehrere Workshops mit Vertretern aus der Vertriebs-, Back Office- und Montageabteilung der Niederlassung Hamburg stattgefunden.

Bei einem Aufzug, der länger als 20 Jahre ohne Erneuerung in Betrieb ist, nehmen die Reparatur- und Unterhaltskosten zu und die Verfügbarkeit ab. Aus diesen Gründen entscheiden sich viele Betreiber für die Erneuerung oder Modernisierung des Aufzugs.

In vielen Situationen bringt eine Modernisierung mehrere Vorteile mit sich als eine komplette Erneuerung. Bei einer Modernisierung können die Laufschienen und das Gegengewicht des Aufzugs (ggf. abhängig von dem Zustand auch die Kabine und die Schachttüren) weiter benutzt werden. Des Weiteren kann der alte Schacht so belassen werden wie er ist. Die Umbaumaßnahmen sind günstiger, umweltfreundlicher und schneller im Vergleich zu einer neuen Anlage. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Umbaumaßnahmen die durchgeführt wurden.

Tabelle 1

Überblick Umbaumaßnahmen

Komponente	Alt	Neu
Antrieb	Herkömmlicher Asynchronmotor mit 2 Wicklungen unterschiedlicher Polpaarzahl - Zweigeschwindigkeitsmotor	Frequenzgeregelter, permanentmagnetregter, getriebeloser Synchronmotor
Steuerung	Relaissteuerung mit Kopierwerk	Mikroprozessorsteuerung mit Magnetschalter u. Fernüberwachungsfunktion
Kabinen- und Schachttüren	Manuelle Drehtür (als Schachttür) bzw. Faltflügeltür (als Kabinentür)	Automatische Kabinen- u. Schachttür mit Lichtgitter u. Vorraumüberwachung

Der vorhandene Motor (Zweigeschwindigkeitsmotor) fährt mit der Nenngeschwindigkeit zwischen zwei Stopps. Bei Anfahren und Abbremsen fährt er mit einer niedrigen Geschwindigkeit, um den Ruck beim Anfahren und besonders beim Abbremsen zu reduzieren. Der Ruck bei Ein- und Umschalten ist trotzdem unvermeidbar. Der Fahrkomfort und die Anhaltegenauigkeit entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik.

Der neue Motor, der eingebaut werden soll, erreicht bei niedrigen Drehzahlen (um die 100 U/min) enorme Drehmomente, so dass auf ein zusätzliches Getriebe verzichtet werden kann. Damit wird ein nahezu geräuschloser Lauf und sehr geringer Wartungsaufwand erreicht. Die Geschwindigkeit wird mittels eines Frequenzumrichters optimal geregelt und sorgt für Fahrkomfort und eine hohe Anhaltegenauigkeit. Der Motor ist umweltfreundlich, denn er verbraucht weniger Energie und kommt ohne Getriebeöl aus.

Die Steuerung nimmt Befehle aus dem Fahrkorb oder von den Etagen entgegen. Abhängig von dem aktuellen Standort des Fahrkorbes und den vorliegenden Befehlen, wird ein zweckmäßiger Fahrtablauf festgelegt. Vor jeder Fahrt überprüft die Steuerung sämtliche Sicherheitseinrichtungen (z. B. sind die Schachttüren geschlossen, ist die Kabinentür geschlossen usw.).

Die eingebaute Steuerung basiert auf Relais- und Kopierwerktechnik. Das Kopierwerk ist eine elektromechanische Einrichtung, die der Aufzugsteuerung den aktuellen Stand des Fahrkorbes im Schacht übermittelt. Das Kopierwerk verfügt über eine Schaltwalze. Diese ist über eine Kette mit dem Fahrkorb verbunden. Mittels eines Getriebes wird die Fahrtstrecke in eine Umdrehung der Schaltwalze übersetzt. Die Schalter, die sich an der Schaltwalze befinden, teilen der Steuerung des Aufzugs die Verzögerungspunkte und die Haltepunkte mit. Der mechanische Verschleiß dieser Technik macht den Aufzug störanfällig und treibt die Servicekosten in die Höhe.

Die Relaissteuerung soll von einer Zielauswahlsteuerung mit Mikroprozessortechnik ersetzt werden. Die Schachtinformation wird mittels Magnetschaltertechnologie ermittelt. Bei dem Ruf des Aufzugs wird bei einer Zielauswahlsteuerung bereits das Zielstockwerk eingegeben. Die Steuerung hat so

die Möglichkeit gezielt zu disponieren und die Kapazität bis zu 40% zu steigern (laut Herstellerangaben). Das Resultat sind kurze Warte- und optimale Fahrtzeiten. Das Zielstockwerk kann manuell oder mittels Karte (mit z. B. fest zugeteiltem Stockwerk bei Geschäftshäusern) eingegeben werden. Dem Fahrgast wird der entsprechende Aufzug (z. B. A oder B bei einer zweier Aufzugsgruppe) angezeigt. In der Kabine befinden sich keine Etagentaster, da das Ziel schon vor dem Betreten der Kabine angegeben wurde. Die Mikroprozessorsteuerung arbeitet zusammen mit einem Fernüberwachungs-Modul. Dieses System führt eine automatische Überprüfung der Anlage und weist den Service über Ausfälle hin, in machen Fällen bevor sie sich auswirken. So kann die Reaktionszeit im Falle einer Störung verbessert und die Verfügbarkeit des Aufzugs erhöht werden.

Die letzten Hauptkomponenten, die im Rahmen der Umbauarbeiten modernisiert werden, sind die Türen. Die vorhandenen Schachttüren (manuelle Drehtüren) und die Kabinentür (manuelle Faltflügeltür) werden durch automatische zentralöffnende Türen ersetzt. Die automatischen Türen werden mittels eines Lichtgitters elektrisch überwacht. Mehrere Sendereinheiten, die über die ganze Türhöhe verteilt sind, strahlen Lichtsignale, die auf der anderen Seite der Tür von Empfängereinheiten angenommen werden. Sobald das Lichtsignal unterbrochen wird (z.B. durch eine Person die einsteigen möchte) reversiert die Tür. Die Person wird nicht eingequetscht und die Tür verzieht sich nicht mehr.

Nach der Vorstellung der konkreten Umbauarbeiten, die in dieser Fallstudie analysiert werden, sollen im Folgenden die Analyse der Prozesse und das Feedback des Workshopteams zu dem Referenzmodell dargestellt werden. Zwar wurde das ganze Referenzmodell den Unternehmensvertreter von Schindler um ein ganzheitliches Verständnis zu gewährleisten vorgestellt; das Team hat sich lediglich auf die Analyse der Geschäftsprozesse konzentriert.

Bei der Modernisierung des Geschäftshauses aus Hamburg ist der Kunde auf den Vertriebsmitarbeiter von Schindler zugekommen, um für die Erneuerung der Aufzüge ein Angebot zu bekommen. Der Vertriebsmitarbeiter hat die vorhandenen Aufzüge des Kunden analysiert, um die möglichen Lösungsansätze herauszufinden (siehe Geschäftsprozess A1). Im Gespräch zwischen dem Vertriebsmitarbeiter und dem Kunden hat sich herausgestellt, dass die Kundenanforderungen wirtschaftlicher und mit einem kürzeren Betriebsausfall der Aufzugsanlagen mit Hilfe einer Umbaumaßnahme erfüllt werden können. Der Kundenwunsch nach einer Kapazitätserhöhung der Aufzüge und nach einem Sicherheitskonzept, welches vorsieht, dass nur bestimmte Personen in manchen Bereichen des Geschäftshauses Zugang haben, können ohne Probleme auch durch eine Umbaumaßnahme erfüllt werden. Die Kapazitätserhöhung erfolgt einerseits durch die erhöhte Geschwindigkeit des frequenzgeregelten Antriebs und andererseits durch die intelligente Zielrufsteuerung, die die Fahrten optimiert. Das Sicherheitskonzept ist dank der Steuerung umsetzbar, indem alle Mitarbeiter eine

vorprogrammierte Karte zum Rufen des Aufzugs bekommen, die nur für bestimmte Bereiche des Gebäudes freigegeben ist (siehe Geschäftsprozess A2). Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist es nicht notwendig die Führungsschienen, das Gegengewicht und die Kabine zu erneuern sondern lediglich die in der Tabelle dargestellten Komponenten. Der Vertriebsmitarbeiter hat das Angebot mit dieser maßgeschneiderten Lösung erstellt und es dem Kunden überreicht (siehe Geschäftsprozess A3). Der Kunde war mit dem Angebot sehr zufrieden und hat nach einem Verhandlungsgespräch die Auftragserteilung unterschrieben (siehe Geschäftsprozess A4). In den meisten Fällen gibt es in dieser Branche keinen Modernisierungsvertrag, so wie das Referenzmodell es vorsieht. Das Angebot wird in diesem Fall zum Auftrag.

Die unterschriebene Auftragserteilung wird ins Back Office weitergeleitet, wo in einem ersten Schritt einen Terminplan für die Vorbereitungsaktivitäten erfolgt (siehe Geschäftsprozess V1). Das Back Office überprüft welcher Montagebereich dieses Projekt betreuen kann bzw. welches Montageteam sich vor der Bestellung der Teile die Aufzugsanlage genauer anschauen kann (siehe Geschäftsprozess V3) und das Modernisierungsvorgehen aus dem Angebot bestätigen kann. In diesem Fall wurde nach der Baustellenvorkontrolle (so heißt dieser Prozessschritt in der Schindler-Sprache) die Lösung aus dem Angebot bestätigt (siehe Geschäftsprozess V4). Bezüglich des Prozesses V4 vermerkte das Workshopteam, dass eine Nachverhandlung im Fall eines anderen Modernisierungskonzepts nach der Baustellenvorkontrolle nicht immer problemlos von dem Kunden akzeptiert wird. Aus diesem Grund soll schon während der Anpassungsphase die Anlage genau analysiert werden. Auf der anderen Seite soll der Aufwand minimiert werden, der vor der Auftragserteilung stattfindet, da nur jede zweite Offerte zum Auftrag wird. Es gilt also für dieses Dilemma einen guten Kompromiss zu finden.

Im Vergleich zu dem Referenzmodell für Modernisierungsdienstleistungen findet der Prozess V2 keine Anwendung in diesem Fallbeispiel. In der Aufzugsbranche gibt es nur selten den Fall, dass die Modernisierung der Anlage bei dem Dienstleister stattfindet. Generell findet der Umbau an dem Standort des Aufzugs. Das heißt aber nicht, dass das Referenzmodell aus diesem Grund angepasst werden soll, da das Modell als eine Sammlung von Prozesselementen verstanden werden soll. Für ein spezifisches Unternehmen, wie Schindler in diesem Fallbeispiel, können manche dieser Prozesselemente nicht relevant sein. Diese Prozesse brauchen also nicht berücksichtigt werden.

Nachdem das Modernisierungskonzept bestätigt wird, folgt die Durchführungsphase. Auch in diesem Fall sorgt das Back Office in erster Linie für einen Terminplan (siehe Geschäftsprozess D1). Es folgt die Herstellung der benötigten Umbaukomponenten (siehe Geschäftsprozess D2). Die Komponenten werden nicht in der Niederlassung Schindler Hamburg hergestellt. Der Antrieb

und die Steuerung werden von der Firma Schindler in der Schweiz und in Spanien hergestellt, während die Türen von einem Lieferanten aus Italien importiert werden (siehe Unterstützungsprozess U10). Anschließend werden alle Bauteile auf Qualitätsmängel überprüft (siehe Geschäftsprozess D3). Wenn Mängel festgestellt werden, können die Teile zurückgeschickt werden. Das Workshopteam vermerkt an dieser Stelle die Wichtigkeit dieses Schrittes. Bei der Terminplanung müssen mögliche Qualitätsmängel, die zu Verzögerungen führen können, berücksichtigt werden. Nach diesem Schritt kann die Montage und Inbetriebnahme durch das Montageteam stattfinden (siehe Geschäftsprozess D4). Gleichzeitig wird die Dokumentation des modernisierten Aufzugs gemäß den aktuellen Gesetzanforderungen im Back Office erstellt (siehe Geschäftsprozess D5). Vor der Abnahme durch den Kunden (siehe Geschäftsprozess D9) führt das Montageteam Vorprüfungen durch und beseitigt die ggf. entdeckten Fehler (siehe Geschäftsprozess D6). Ein Fehlerprotokoll (Testbericht) wird als interne Dokumentation erstellt. Bei der Inbetriebnahme kann der Kunde anfordern, dass die Abnahme zusammen mit einer zugelassenen Überwachungsstelle stattfindet. Dadurch, dass diese Vorgehensweise sehr speziell für die Aufzugsbranche ist, hat das Workshopteam entschieden, diesen Input nicht in den Prozessschritt aufzunehmen. Zuletzt wird die Rechnung im Back Office ausgestellt und dem Kunden verschickt. Der Modernisierungsprozess endet mit dem Eingang der Zahlung (siehe Geschäftsprozess D10). Das Workshopteam empfahl die Anwendung des Prozesses D10 schon am Anfang der Durchführungsphase und zwar vor der Bestellung der notwendigen Materialien. Der Modernisierungsdienstleister soll also bei solchen großen Projekten eine Anzahlung von dem Kunden am Anfang des Projektes fordern, um das finanzielle Risiko zu minimieren. Vor allem in dem Krisenjahr 2009, in dem viele Bauunternehmen Insolvenz anmeldeten, hat Schindler sehr gute Erfahrungen mit dieser Maßnahme gemacht.

Die Prozesse D7 und D8, die sich mit der Lieferung der Anlage auseinandersetzen, finden keine Anwendung in diesem Fallbeispiel. Aus diesem Grund werden diese Prozessschritte (analog zu dem Prozess V2 aus der Vorbereitungsphase – s. oben) nicht berücksichtigt.

Wie soeben dargestellt, wird das Modell mit dem Praxisbeispiel bestätigt bzw. validiert. Nach einer kritischen Analyse des Fallbeispiels hat das Workshopteam festgestellt, dass nicht alle Umbauprojekte von einem „mechanischen“ in einen „mechatronischen“ Aufzug diese Prozessschritte einhalten. In vielen Fällen wird beispielweise während der Anpassungsphase die Kundenanforderung nicht konkret im Gespräch mit dem Kunden definiert. Es wird oft etwas angeboten, was der Vertriebsmitarbeiter für passend hält oder was der Kunde direkt angefordert hat, ohne wirklich ein Beratungsgespräch durchzuführen. Des Weiteren wird in vielen Modernisierungsprojekten die

Vorbereitungsphase vernachlässigt. Die Materialien werden aufgrund des Wissenstands aus der Anpassungsphase hergestellt bzw. geliefert, ohne eine genauere Analyse des Falls durchzuführen. Die Gefahr ist dementsprechend groß, dass der Lösungsansatz nicht zu 100% umsetzbar ist. In anderen Projekten konnte festgestellt werden, dass der Liefertermin mangels eines Terminplans für den Modernisierungsprozess oder weil die Qualitätskontrolle der gelieferten Bauteile nicht durchgeführt wurde, nicht eingehalten werden konnte. Das sind Beispiele für Probleme, die auftreten können, wenn bestimmte Prozessschritte nicht berücksichtigt werden.

Das Workshopteam ist zuversichtlich, dass durch die Verwendung des Referenzmodells für Modernisierungsdienstleistungen als Dokumentation des Umbauprozesses von mechanischen in mechatronische Aufzüge solche Pannen in der Zukunft vermieden werden können. Vor allem für neue Mitarbeiter kann das auf die Firma Schindler angepasste Referenzmodell sehr hilfreich sein.

8. Schlussfolgerungen

Aufgrund der vorgegebenen Länge dieses Artikels kann nicht das gesamte Referenzmodell detailliert dargestellt werden. Diese Aspekte werden in Kürze im Rahmen der Doktorarbeit veröffentlicht. Dennoch bietet dieser Artikel eine gute Übersicht bezüglich des Referenzmodells für Modernisierungsdienstleistungen und dessen Anwendungsmöglichkeiten in Unternehmen aus der Branche Maschinen- und Anlagenbau.

L I T E R A T U R

- [1] *M. Utsch*, Modernisierung bringt alte Großwerkmaschinen auf den Stand der Technik, Vogel Business Media Verlag, Maschinenmarkt 2009
- [2] *I. Busch, S. Königl, H. Schempp*, Retrofit – Bekanntschaft aus Sowjetzeiten, Zeitschrift Instandhaltung, Verlag moderne Industrie GmbH, 2007
- [3] *C. Leifels*, Neue Technik für bewährte Anlagen: Funktionelle und wirtschaftliche Vorteile von Retrofit bei Maschinen und Anlagen, In: Advance - Produkte, Systeme, Lösungen für Totally Integrated Automation, Würzburg 2007
- [4] *J. Scheidecker, R. Glynn et al.*, Nachrüstung und Modernisierung von Maschinen und Ausrüstungen - Deckungskonzepte einschließlich Test und Inbetriebnahme, IMIA-Konferenz, Tokio 2007
- [5] *B. Kuttkat*, Modernisierung großer Portalfräsmaschinen steigert Leistung und Nutzungsdauer, Business Media Verlag, Maschinenmarkt 2007
- [6] *P. Fettke, P. Loos*, Classification of Reference Models. A Methodology and its Application, In: Information Systems and e-Business Management 1 (1), S. 35-53, 2003
- [7] *A.-W. Scheer*, ARIS-House of Business Engineering: Konzept zur Beschreibung und Ausführung von Referenzmodellen. In: Referenzmodellierung. State-of-the-Art und Entwicklungsperspektiven. Hrsg.: J. Becker, R. Rosemann, R. Schütte, Heidelberg 1999, S. 2-21
- [8] *Supply-Chain Council*, Supply-Chain Operations Reference-model, SCOR Overview, SCC 2008

- [9] *R. Kallenberg*, Ein Referenzmodell für den Service in Unternehmen des Maschinenbaus, Shaker Verlag, Aachen 2002
- [10] *J. Rüegg-Sturm*, Das neue St. Galler Management Modell (Grundkategorien einer integrierten Managementlehre - Der HSG Ansatz), 2. Auflage, Bern 2002
- [11] *O. Thomas*, Management von Referenzmodellen: Entwurf und Realisierung eines Informationssystems zur Entwicklung und Anwendung von Referenzmodellen, Logos Verlag, Berlin 2006
- [12] *J. Becker et al.*, Konfigurative Referenzmodellierung, In: Becker, J. / Knackstedt, R., Hrsg.: Wissensmanagement im Referenzmodellen: Konzepte für die Anwendungssystem- und Organisationsgestaltung, Physika Verlag, Heidelberg 2002.