

Modellgestützte Dokumentation und Integration von Managementsystemen

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. rer. pol.

vorgelegt an der

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

der

Technischen Universität Dresden

von

Dipl.-Wirt.-Ing. Richard Rößler

geb. 27.03.1987

Vorgelegt am: 31.03.2016

Verteidigt am: 08.09.2016

Gutachter:

Prof. Dr. Werner Esswein

Prof. Dr. Susanne Strahringer

Vorwort

„In der Wissenschaft gibt es nie ein Erreichen des Ziels. In der Wissenschaft gibt es immer nur Etappenziele.“

(Henning M. Beier, deutscher Biologe
und Mediziner, * 26.10.1940)

Mit dem Abschluss der vorliegenden Dissertation ist für mich ein wissenschaftliches, aber auch persönliches Etappenziel erreicht. Die vorliegende Arbeit bildet den Abschluss meiner Ausbildung an der Technischen Universität Dresden, die durch Aufnahme des Studiums des Wirtschaftsingenieurwesens im Jahr 2006 begann.

Bereits während der frühen Phasen meines Studiums interessierte ich mich für Fragestellungen des effizienten Ressourceneinsatzes und ergriff nach Beendigung meiner Diplomarbeit die Möglichkeit, diesem Interesse im Rahmen einer selbstständigen Forschungsarbeit am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Systementwicklung nachzugehen. Basierend auf den Erfahrungen aus dem Forschungs- und Transferprojekt „Energieeffizienz-Netzwerk Sachsen“ erkannte ich den Bedarf nach systematischer Unterstützung bei den Aufgaben der Einführung und Dokumentation von Energiemanagementsystemen. Nach zahlreichen Gesprächen mit Fachexperten verschiedener Unternehmen und der kontinuierlichen Auseinandersetzung mit dem aktuellen Forschungsstand wurde deutlich, dass eine isolierte Betrachtung des Energiemanagements den Erfordernissen der Praxis jedoch nur bedingt genügen kann. Vielmehr zeigte sich, dass die Überlegungen um Aspekte der Integration von Managementsystemen erweitert werden müssen. Diese Erkenntnisse stellen den Kern der vorliegenden Forschungsarbeit dar.

Die Dissertation ist das Ergebnis eines kumulativen Forschungsprozesses, der eine Reihe von in Fachzeitschriften und Konferenzbänden veröffentlichten Einzelbeiträgen hervorbrachte, die jeweils eigenständige Forschungsarbeiten darstellen.

Für das Gelingen des Dissertationsvorhabens möchte ich meinen Kollegen des WiSe-Teams danken. Das freundliche und hilfsbereite Klima am Lehrstuhl und die konstruktive Kritik, die im Rahmen mehrerer Diskussionsrunden geäußert wurde, schafften eine angenehme und produktive Arbeitsatmosphäre.

Ich danke meinem Doktorvater Prof. Dr. Werner Esswein, der mir während der gesamten Zeit die Freiheit einräumte, meinen eigenen Forschungsinteressen nachzugehen, diese vorbehaltlos

unterstützte und mich durch konstruktive und visionäre Kritik zu weiterführenden Überlegungen anregte.

Mein besonderer Dank gilt außerdem Dr. Hannes Schlieter, durch dessen außerordentlich wertvolle Unterstützung mir ein zügiger Einstieg in den Prozess des wissenschaftlichen Publizierens gelang. Zudem konnte ich inhaltlich auf seine Vorarbeiten im Bereich des Energiemanagements aufbauen, wodurch vergleichsweise schnell der rote Faden der Forschungsarbeit definiert werden konnte.

Frau Lisa Gerstenberger danke ich dafür, dass Sie mir während der gesamten Zeit am Lehrstuhl stets als hilfsbereite und engagierte Ansprechpartnerin in jeglichen Belangen zur Verfügung stand.

Frau Prof. Strahringer danke ich für ihre Bereitschaft die Zweitbegutachtung der Dissertation zu übernehmen.

Während der gesamten Zeit meiner akademischen Ausbildung konnte ich mich auf die Unterstützung meiner Familie verlassen. Insbesondere meinen Eltern, Ramona Kramer und Olaf Rößler, möchte ich von ganzem Herzen dafür danken, dass sie ein stetes Interesse an den Etappen meines Lebenswegs zeigen und diesen im Rahmen ihrer Möglichkeiten bestmöglich unterstützen.

Meiner Partnerin Svea Paukstadt danke ich für ihre Liebe und Unterstützung. Sie hat mir insbesondere in der finalen Phase meines Dissertationsvorhabens einen wunderbaren Rückhalt gegeben.

Abstract

Im Sinne einer nachhaltigen und ganzheitlichen Firmenentwicklung lässt sich in der Unternehmenslandschaft ein Trend in Richtung einer kontinuierlichen Erweiterung des unternehmerischen Zielsystems beobachten. Neben etablierten Aspekten, wie dem Qualitätsmanagement und der Arbeitssicherheit, erlangen weitere Themen, wie beispielsweise das betriebliche Umwelt- und Energiemanagement, zunehmend an Bedeutung.

Um die Berücksichtigung dieser Aspekte nachzuweisen, steht Unternehmen die Möglichkeit zur Zertifizierung nach funktionsspezifischen Managementsystemnormen offen. Die Einführung und Dokumentation entsprechender Managementsysteme erweist sich jedoch als ein zeitintensiver Prozess, dessen Schwierigkeit vor allem in der unternehmensspezifischen Interpretation der allgemein formulierten Normanforderungen liegt. Strebt ein Unternehmen die Zertifizierung nach mehreren Managementsystemnormen an, so eröffnet sich die Möglichkeit zur Integration der Managementsysteme. Allerdings sind auch die Aufgaben der Integration durch verschiedene Herausforderungen gekennzeichnet, die den Bedarf nach einer systematischen Unterstützung verdeutlichen.

Im Bereich der Wirtschaftsinformatik haben sich konzeptuelle Modelle als Instrument zur zielorientierten und verständlichen Beschreibung komplexer Informationssysteme etabliert. Entsprechende Modelle können die Durchdringung und Kommunikation komplexer Sachverhalte durch eine zweckmäßige Abstraktion und Strukturierung vereinfachen und eine Überführung in Anwendungssoftware vorbereiten.

Für die vorliegende Dissertation leitet sich unter Berücksichtigung dieser Aspekte folgende zentrale Forschungsfrage ab: Wie kann die konzeptuelle Modellierung bei den Aufgaben der Dokumentation und Integration standardisierter Managementsysteme unterstützen?

Der Forschungsmethode des Design Science Research folgend, präsentiert die vorliegende Arbeit funktionsspezifische und funktionsunspezifische Artefakte, die bei der Dokumentation standardisierter Managementsysteme und deren Integration modellbasiert unterstützen. Die Anwendbarkeit der Artefakte wird anhand eines realen Anwendungsfalls demonstriert.

Die Ausführungen der vorliegenden Arbeit basieren auf einer Analyse der Anforderungen nach ISO 9001 für Qualitätsmanagementsysteme, ISO 14001 für Umweltmanagementsysteme, ISO 50001 für Energiemanagementsysteme, OHSAS 18001 für Arbeitsschutz- und Arbeitssicherheitsmanagementsysteme sowie des durch die Internationale Organisation für Standardisierung veröffentlichten Annex SL.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	vi
Tabellenverzeichnis.....	vii
Abkürzungsverzeichnis	viii

Teil I: Gesonderte Abhandlung

1 Motivation.....	1
2 Forschungsdesign.....	5
2.1 Wissenschaftstheoretische Positionierung.....	5
2.2 Forschungsziel	5
2.3 Forschungsmethode	7
3 Aufbau der Dissertation	9
3.1 Vorüberlegung: Anforderungsanalyse.....	11
3.2 Zusammenfassung der Einzelbeiträge	14
3.2.1 Modellgestützte Dokumentation und Steuerung von Energiemanagementsystemen.....	16
3.2.2 Extending Enterprise Management Systems – The Case of Energy Management.....	18
3.2.3 Towards Model-based Integration of Management Systems.....	19
3.2.4 Documentational aspects of integrated management systems on the example of a plastics manufacturing company.....	21
3.2.5 Modeling Integrated Management Systems.....	22
4 Fazit.....	25
4.1 Diskussion der Ergebnisse	25
4.2 Wissenschaftlicher Beitrag	30
4.3 Praktischer Beitrag.....	31
5 Quellen	33
Anhang A	38
Anhang B	39

Teil II: Publikationen

6	Publikation I	50
7	Publikation II	51
8	Publikation III	52
9	Publikation IV	53
10	Publikation V	54

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kumulierte Anzahl von Zertifikaten, Europa	2
Abbildung 2: Kumulierte Anzahl von Zertifikaten, Deutschland.....	2
Abbildung 3: Forschungsziele und Aufträge	6
Abbildung 4: Forschungsrahmen.....	10
Abbildung 5: Einordnung der Einzelbeiträge in den Forschungsrahmen.....	10
Abbildung 6: Inhaltlicher Zusammenhang der Einzelbeiträge	15
Abbildung 7: Übersicht der Modellebenen.....	39
Abbildung 8: Abstrakte Syntax der Modellierungssprache	40
Abbildung 9: Konkrete Syntax der Präsentation: Zielplan	41
Abbildung 10: Konkrete Syntax der Präsentation: Aktionsplan.....	41
Abbildung 11: Konkrete Syntax der Präsentation: Maßnahmenaußensicht	42
Abbildung 12: Konkrete Syntax der Präsentation: Maßnahmeninnensicht.....	42
Abbildung 13: Konkrete Syntax der Präsentation: Programminnensicht	42
Abbildung 14: Konkrete Syntax der Präsentation: Energetische Bewertung - Prozessorientierung.....	43
Abbildung 15: Konkrete Syntax der Präsentation: Messstellenplan.....	43
Abbildung 16: Konkrete Syntax der Präsentation: Energetische Bewertung - Struktuorientierung.....	44
Abbildung 17: Konkrete Syntax der Präsentation: Gesetzliche und allgemeine Verpflichtungen	45
Abbildung 18: Konkrete Syntax der Präsentation: Organisationsstruktur.....	46
Abbildung 19: Konkrete Syntax der Präsentation: Stellenbeschreibung.....	47
Abbildung 20: Konkrete Syntax der Präsentation: Prozessdiagramm.....	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Artefakttypen	8
Tabelle 2: Bewertung der Erfüllung der Anforderungen.....	27
Tabelle 3: Übersicht der entwickelten Artefakte	38
Tabelle 4: Beiträge der Autoren zur Publikation I.....	50
Tabelle 5: Beiträge der Autoren zur Publikation II	51
Tabelle 6: Beiträge der Autoren zur Publikation III	52
Tabelle 7: Beiträge der Autoren zur Publikation IV	53
Tabelle 8: Beiträge der Autoren zur Publikation V	54

Abkürzungsverzeichnis

AMCIS	Americas Conference on Information Systems
CASE	Computer Aided Software Engineering
DSR	Design Science Research
EAF	Enterprise Architecture Frameworks
EMS	Energiemanagementsystem
HMD	Handbuch der maschinellen Datenverarbeitung bzw. HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik
IMS	Integriertes Managementsystem
ISO	Internationale Organisation für Standardisierung
OHSAS	Occupational Health- and Safety Assessment Series
UML	Unified Modeling Language
WI	Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik

Teil I

Gesonderte Abhandlung

1 Motivation

Unternehmen agieren im Spannungsfeld von Anforderungen verschiedener Stakeholder. Dabei wird zwischen externen Anspruchsgruppen, wie beispielsweise den Kunden, Lieferanten, der Gesellschaft und dem Staat und internen Adressaten, zu denen unter anderem die Mitarbeiter gehören, unterschieden (vgl. [Stu06]). Neben einem kontinuierlich steigenden Qualitätsanspruch auf Seite der Kunden und einem Sicherheits- und Komfortbedürfnis der Mitarbeiter kann in den vergangenen Jahren auch ein stetig wachsendes gesellschaftliches Interesse an Nachhaltigkeitsaspekten und der sozialen Verantwortung von Unternehmen beobachtet werden (vgl. [WHHB14]). Diese Aspekte stellen nur einen Ausschnitt möglicher Faktoren dar, die im Rahmen eines ganzheitlichen Unternehmensmanagements zu berücksichtigen sind.

Um den individuellen Anforderungen der Anspruchsgruppen in strukturierter und planmäßiger Art und Weise nachzukommen, werden seitens der Internationalen Organisation für Standardisierung (ISO) und weiteren Institutionen Normen veröffentlicht, die den Rahmen zum Aufbau von zielorientierten Managementstrukturen, sog. Managementsystemen, definieren. Normen stellen dabei den Konsens einer Gruppe von Fachexperten in Bezug auf eine funktionsspezifische Domäne dar (vgl. [ISO16]). Die Anwendung der Normen erfolgt zwar freiwillig, jedoch kann eine Normkonformität Voraussetzung für die Vergabe von Aufträgen oder Gegenstand von Vertragsvereinbarungen sein. Darüber hinaus stellt die Standardisierung eine Grundlage für die Überwachung und Auditierung der Managementstrukturen durch unabhängige Dritte dar, die im Ergebnis zur Zertifizierung führen kann (vgl. [Hue13]).

Eine Voraussetzung für die erfolgreiche Zertifizierung ist die Darlegung des entsprechenden Managementsystems und der erforderlichen Tätigkeiten anhand einer aussagekräftigen Dokumentation. Am Beispiel des standardisierten Energiemanagements nach ISO 50001 (vgl. [ISO11]) wird durch die vorliegende Dissertation gezeigt, dass kaum adäquate Werkzeuge zur Dokumentation und Aufrechterhaltung eines entsprechenden Systems verfügbar sind (vgl. [RSE14b]), wodurch oftmals auf Office-Tools, wie MS Word und Excel, zurückgegriffen wird. Entsprechende Dokumentationen sind durch eine aufwendige Pflege und Anfälligkeit für Inkonsistenzen gekennzeichnet (vgl. [GZ02]). Nach Ansicht des Autors können Modelle ein geeignetes Medium zur Dokumentation darstellen und die genannten Schwierigkeiten vermeiden. Ein entsprechendes Artefakt wird im Rahmen dieser Dissertation vorgestellt (vgl. [RSE13], [RSE14b]).

Innerhalb der letzten Jahre wurde eine Fülle von Normen für unterschiedliche Anwendungsdomänen veröffentlicht. Zu diesen gehören unter anderem: Qualität (ISO 9001, vgl. [ISO15b]), Qualität im Automobilbau (ISO/TS 16949, vgl. [ISO09]), Umwelt (ISO 14001, vgl. [ISO15c]), Energie (ISO 50001, vgl. [ISO11]), Arbeitssicherheit und Gesundheit (OHSAS 18001, vgl. [BSI07]), Informationssicherheit (ISO 27001, vgl. [ISO13]) und soziale Verantwortung (ISO 26000, vgl. [ISO10]). Jede dieser Normen beinhaltet einen Katalog von Anforderungen, der teilweise um die Beschreibung bewährter Verfahren ergänzt wird. Die Abbildungen 1 und 2 stellen den Anstieg der entsprechenden Zertifikate im Zeitraum zwischen 1993 und 2014 in Europa und Deutschland dar. Weltweit betrachtet weisen die Normen ISO 9001¹ und ISO 14001 die höchsten Zertifizierungszahlen auf (vgl. ISO15a). In den vergangenen Jahren lässt sich zudem eine kontinuierlich zunehmende Anzahl von Zertifizierungen nach „jüngeren“ Normen, wie beispielsweise der ISO 27001, ISO/TS 16949 und ISO 50001 verzeichnen.

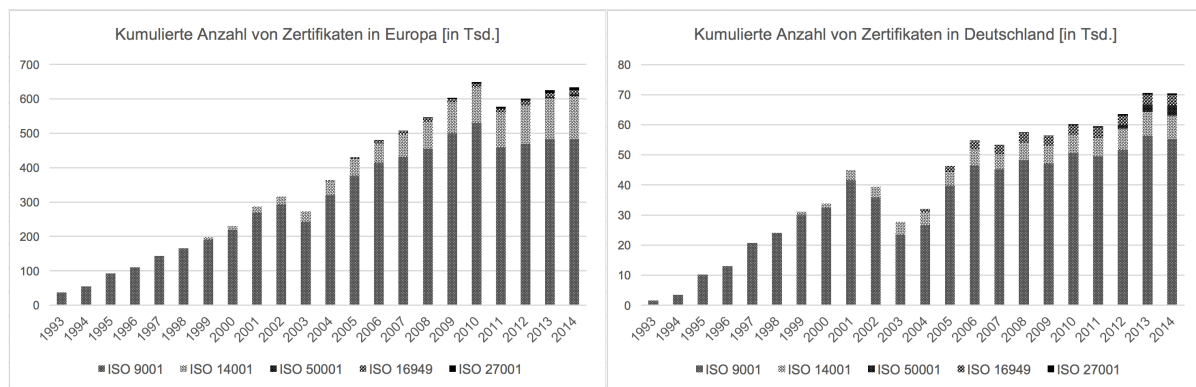


Abbildung 1: Kumulierte Anzahl von Zertifikaten, Europa (in Anlehnung an ISO15a)

Abbildung 2: Kumulierte Anzahl von Zertifikaten, Deutschland (in Anlehnung an ISO15a)

Die immer größer werdende Vielfalt an Normen und anderen managementrelevanten Anforderungen gab den Anstoß, sich mit einer bestmöglichen Orchestrierung der entsprechenden Managementaspekte auseinanderzusetzen. Vor diesem Hintergrund entstand das Konzept der Integration von Managementsystemen. Nach Asif et al. (vgl. [AFBP10], S. 147) wird ein Integriertes Managementsystem (IMS) definiert als: "[...] a single set of interconnected processes that share a unique pool of human, informational, material, infrastructure and financial resources in order to achieve a composite of goals related to the satisfaction of a variety of stakeholders."

¹ In den Abbildungen 1 und 2 lässt sich im Jahr 2003 ein Rückgang der Anzahl der nach ISO 9001 zertifizierten Unternehmen erkennen. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass der 15. Dezember 2003 der Stichtag für die Überführung der Zertifikate nach ISO 9001:1994 auf die damals neuere Version ISO 9001:2000 war. Einerseits führte dies dazu, dass einige Unternehmen die Überführung erst nach dem Stichtag umsetzten. Andererseits wandelten sich in einigen Fällen die Zertifizierungen von mehreren Ein-Standort-Zertifikaten zu einzelnen Multi-Standort-Zertifikaten, was bei einer gleichbleibenden Menge von Unternehmensstandorten zu einer Reduktion der Zertifikate führte (vgl. [ISO04]).

Gianni und Gotzamani (vgl. [GG15]) stellen fest, dass fehlende einheitliche Vorgaben für das Vorgehen der Integration dazu führen, dass Unternehmen eigene Lösungen für die Aufgaben der Integration entwickeln, was zu einer hohen Variabilität hinsichtlich der Ausgestaltung der Managementstrukturen führt. Während in der Forschung Erfolgsfaktoren, Methoden und Hemmnisse der Integration schon vielfältig diskutiert wurden, kommen Gianni und Gotzamani zu dem Ergebnis, dass die eigentliche Entwicklung und Implementierung eines IMS unter Einbezug informationstechnischer Unterstützung bisher zu wenig adressiert wurde.

Aus dem Blickwinkel der Wirtschaftsinformatik kann die konzeptuelle Modellierung einen Beitrag zur informationstechnischen Unterstützung dieser Domäne liefern. Konzeptuelle Modelle bieten ein adäquates Medium, um komplexe Sachverhalte in verständlicher Form abzubilden, zu kommunizieren und für eine anschließende Implementierung in Anwendungssoftware vorzubereiten (vgl. [Fra11]). Unternehmensarchitekturen bzw. Unternehmensmodelle² stellen spezielle konzeptuelle Modelle dar, die zur Beschreibung von Unternehmen und als Grundlage für deren Reorganisation genutzt werden. Eine entsprechende Modellbildung verfolgt das Ziel „auf einer aggregierten Ebene die gegenseitigen Abhängigkeiten der Gestaltungsgegenstände eines Unternehmens im Ist-Zustand (zum Zweck der Dokumentation wie auch der Analyse) und in Soll-Zuständen (zum Zweck der Planung) zu beschreiben“ (vgl. [ARW08], S. 292).

Der bedeutendste Nutzeffekt der Explikation von Unternehmensarchitekturen ergibt sich nach Aier et al. (vgl. [ARW08]) aus der Dokumentation und der damit geschaffenen Transparenz. Auf Grundlage einer Befragung innerhalb der deutschen Unternehmenslandschaft stellen Aier et al. fest, dass bisherige Architekturkonzepte und deren Verwendung in der Praxis in hohem Maße durch eine informationstechnische Perspektive geprägt sind. Gleichzeitig wird konstatiert, dass der Bedarf zur Annäherung an die Fachbereiche und die damit verbundene Nutzung von Artefakten der Organisations- und Strategieebene durchaus erkannt wurde. Auf Grundlage dieser Erkenntnis betonen Aier et al. die Forderung, dass Unternehmensarchitekturen verstärkt Gestaltungsobjekte der fachlichen Ebene betrachten sollten.

Etablierte Ansätze zur Beschreibung von Unternehmensarchitekturen eignen sich zwar, um Organisationen umfassend zu beschreiben und Entscheidungsträgern ein Gesamtbild vom Unternehmen zu vermitteln. Spezielle Aspekte, so wie sie beispielsweise aus den Bereichen

² Die Begriffe Unternehmensarchitektur und Unternehmensmodell werden im Kontext der vorliegenden Arbeit synonym verwendet. In der Literatur herrscht Unsicherheit bezüglich einer klaren definitiven Abgrenzung. Für eine entsprechende Begriffsdiskussion sei auf Frank (vgl. [Fra11]) verwiesen.

des funktionspezifischen Managements hervortreten, werden dabei aber nach eigenen Erkenntnissen meist nur unzureichend berücksichtigt (vgl. [Roe16]).

Vor diesem Hintergrund widmet sich die vorliegende Dissertation der Frage:

Wie kann die konzeptuelle Modellierung bei den Aufgaben der Dokumentation und Integration standardisierter Managementsysteme unterstützen?

Als Ausgangspunkt der vorliegenden Dissertation kann festgehalten werden, dass aus der Perspektive der (Integrierten) Managementsysteme ein Bedarf zur informationstechnischen Unterstützung gegeben ist. Andererseits besteht aus Sicht der Wirtschaftsinformatik bzw. Unternehmensmodellierung ein Bedarf zur Orientierung an realen Anwendungsfällen. Nach Ansicht des Autors stellt die Verknüpfung dieser beiden Forschungsbereiche einen ergiebigen Startpunkt zur Durchführung interdisziplinärer, innovativer Forschungsarbeiten dar.

Die vorliegende Dissertation setzt sich mit der Erstellung und Nutzung von Modellen, als möglicher Bestandteil von Unternehmensarchitekturen, für die Erfüllung betrieblicher Managementaufgaben auseinander. Vor diesem Hintergrund werden konzeptuelle Modelle genutzt, um bei der Bewältigung komplexer realer Anwendungsfälle, am Beispiel der Dokumentations- und Analyseaufgaben im Kontext des standardisierten Energiemanagements und der IMS zu unterstützen.

2 Forschungsdesign

Um die Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit einer Forschungsarbeit zu gewährleisten, bedarf es der Explikation derjenigen Parameter, die durch Becker et al. (vgl. [BHKN03]) als das Forschungsdesign bezeichnet werden. Das Forschungsdesign wird durch die Offenlegung der wissenschaftstheoretischen Position des Forschers, des verfolgten Forschungsziels sowie der genutzten Forschungsmethoden definiert. Nachfolgend wird das Forschungsdesign der vorliegenden Arbeit unter Berücksichtigung der genannten Parameter beschrieben.

2.1 Wissenschaftstheoretische Positionierung

Die wissenschaftstheoretische Position wird gemäß Braun & Esswein (vgl. [BE06]) durch die Offenlegung des ontologischen und epistemologischen Standpunktes sowie die Bestimmung des Wahrheitsverständnisses charakterisiert.

Die epistemologische Positionierung eines Forschers beschreibt dessen Einstellung bezüglich einer erkennbaren Wirklichkeit. Somit wird der Frage nachgegangen, ob der menschliche Geist in der Lage ist eine äußere Welt so zu erkennen, wie sie existiert. Dabei wird unterschieden, ob der Forscher der Ansicht ist, dass eine objektive Erkenntnis der Realität möglich ist oder ob eine Erkenntnis nur subjektiv möglich ist. Die ontologische Positionierung stellt sich der Frage, ob eine vom Subjekt unabhängig beobachtbare Welt existiert oder nicht.

Der Autor der vorliegenden Arbeit vertritt den Standpunkt des gemäßigten Konstruktivismus, der gemäß Becker et al. (vgl. [BNK04]) keine Festlegung bezüglich einer ontologischen Positionierung trifft (offene ontologische Position) und eine subjektabhängige Wahrnehmung der Welt impliziert. Der Autor folgt weiterhin der Konsens Theorie der Wahrheit. Somit gilt eine Aussage als genau dann wahr, wenn sie unter (idealen und optimalen) Bedingungen innerhalb einer Forschergemeinschaft als wahr angesehen wird.

2.2 Forschungsziel

Neben der wissenschaftstheoretischen Positionierung bedarf es weiterhin der Formulierung des Forschungsziels. Im Rahmen der Informationssystemforschung wird grundsätzlich zwischen deskriptiven und gestaltungsorientierten Forschungszielen unterschieden. In diesem Zusammenhang wird auch von dem Erkenntnis- bzw. Gestaltungsziel einer Forschungsarbeit gesprochen (vgl. [BHKN03]). Das Erkenntnisziel ist darauf ausgerichtet, ein Verständnis über

gegebene Sachverhalte zu erlangen, dessen Motivation sich häufig aus dem Wunsch der Prognostizierbarkeit von Veränderungen ergibt. Demgegenüber steht das Gestaltungsziel, dessen Anspruch es ist, bestehende Sachverhalte zu gestalten bzw. zu verändern, sodass neue Sachverhalte geschaffen werden. Die Schaffung neuer Sachverhalte geschieht jedoch nicht willkürlich, sondern orientiert sich bzw. basiert auf früheren Forschungsergebnissen.

Becker et al. (vgl. [BHKN03]) differenzieren weiterhin nach der inhaltlichen Ausrichtung eines Forschungsziels. Dabei wird zwischen dem methodischen und dem inhaltlich-funktionalen Auftrag unterschieden. Die Autoren betonen, dass zwischen diesen Perspektiven eine Zweck-Mittel-Beziehung besteht, die dadurch charakterisiert ist, dass der methodische Auftrag das Verständnis und die Entwicklung von Methoden und Techniken der Informationssystemgestaltung adressiert und der inhaltlich-funktionale Auftrag das hierfür notwendige Verständnis und die Gestaltung betrieblicher Informationssysteme betrachtet. Abbildung 3 stellt das Zusammenspiel der Perspektiven zur Zieldefinition dar.

	Erkenntnisziel	Gestaltungsziel
Methodischer Auftrag	Verständnis von Methoden und Techniken der Informationssystemgestaltung	Entwicklung von Methoden und Techniken der Informationssystemgestaltung
Inhaltlich-funktionaler Auftrag	Verständnis von betrieblichen Informationssystemen und ihrer Anwendungsbereiche	Bereitstellung von IS-Referenzmodellen für einzelne Betriebe oder Branchen

Abbildung 3: Forschungsziele und Aufträge (vgl. [BHKN03])

Das Forschungsziel der vorliegenden Arbeit leitet sich unmittelbar aus der in der Einleitung formulierten Forschungsfrage ab:

Forschungsziel: *Ziel der Arbeit ist die Konzeption von Modellartefakten, die die Dokumentation und Integration standardisierter Managementsysteme unterstützen.*

Anhand dieser Zielstellung wird ersichtlich, dass ein Gestaltungsziel mit einem inhaltlich-funktionalen Auftrag verfolgt wird. Dabei steht nicht die Entwicklung eines Artefakts für ein konkretes Unternehmen im Fokus der vorliegenden Forschungsarbeit, sondern die Bereitstellung generisch verwendbarer Modellartefakte, die sich für verschiedene Einsatzszenarien konfigurieren lassen.

2.3 Forschungsmethode

Die vorliegende Arbeit ordnet sich in den Bereich der gestaltungs- bzw. designorientierten Informationssystemforschung ein. Diese verfolgt die Zielstellung Artefakte zu erschaffen, die eine bedeutende Problemstellung adressieren. Basierend auf praxisorientierten Anforderungen und dem Rückgriff auf die existierende theoretische Wissensbasis ist der Kerngedanke dieses Forschungsansatzes die Schaffung von Artefakten, die zur Lösung bisher ungelöster Probleme oder zu einer substanziellen Verbesserung bestehender Lösungen führen (vgl. [HMPR04]).

Das Framework nach Hevner et al. (vgl. [HMPR04]) definiert einen allgemeinen Rahmen für die Durchführung von designorientierten Forschungsprojekten, die dem Paradigma des Design Science Research (DSR) folgen. Ein etabliertes Vorgehen im Rahmen des DSR liefert das Prozessmodell nach Peffers et al. (vgl. [PTRC08]). Es definiert Schritte, die zur effektiven Bearbeitung eines DSR-Projekts zu durchlaufen sind (vgl. Abbildung 4). Die Autoren treffen keine Festlegungen darüber, in welcher Art die Schritte zu erfüllen sind. Somit lässt das Prozessmodell Freiraum bezüglich der Methoden, die in den Prozessschritten angewendet werden können.

Hevner et al. (vgl. [HMPR04]) betonen, dass es sich bei der Durchführung eines DSR-Vorhabens um einen Suchprozess handeln sollte, der zu einer effektiven Lösung eines Problems führt. Dieser Anspruch impliziert, dass ein entsprechendes Forschungsprojekt üblicherweise nicht sofort zu einer Ideallösung führt. Vielmehr wird klargestellt, dass die Forschung in iterativer Art und Weise Artefakte generiert, die sich schrittweise den realen Anforderungen und Umweltbedingungen anpassen. Initiale Lösungsvorschläge weisen typischerweise eine starke Abstraktion bzw. Vereinfachung auf. Beispielsweise erfolgt eine Dekomposition, um eine Zerlegung in Teilprobleme zu gewährleisten und damit dem üblicherweise hohen Komplexitätsgrad einer realen Problemstellung zu begegnen. Ein entsprechendes initiales Artefakt ist typischerweise nicht geeignet, um den realen Anforderungen zu genügen. Der praxisbezogene Nutzen ist vergleichsweise gering. Jedoch wird eine Startlösung generiert, auf die weitere Forschungsarbeiten aufbauen können. Als Ergebnis der Demonstration und Evaluation können Rückschlüsse für die inkrementelle Anpassung des Artefakts gezogen werden. Eine Verfeinerung und stückweise Erweiterung des Artefakts kann schließlich zu einer nützlicheren Lösung führen. Ein Artefakt ist dann vollständig und wirksam, wenn es den Anforderungen und Randbedingungen des Problems, für das es geschaffen wurde, genügt.

Artefakte lassen sich anhand von vier Typen unterscheiden (vgl. [MS95]). Diese sind in Tabelle 1 charakterisiert. Aufgrund der Abhängigkeiten zwischen den Typen können im Rahmen eines designorientierten Forschungsprojekts Artefakte mehrerer Typen entstehen.

Artefakttyp	Eigenschaften
Konstrukt	Vokabular (bzw. gedankliche Hilfskonstruktion), das zur Beschreibung eines Phänomens einer Domäne dient
Modell	Repräsentation eines Phänomens einer Domäne unter Verwendung von Konstrukten; Beschreibung des Problems und des Lösungsraums der Domäne
Methode	Handlungshinweise, um den Lösungsraum zur Lösung des Problems zu durchsuchen; Beschreibung eines Verfahrens, das auf einer Repräsentation des Lösungsraums (bspw. Modell) durchgeführt wird
Instanziierung	Implementierung von Konstrukten, Modellen oder Methoden in Arbeitssystemen; Realisierung eines der drei anderen Artefakte für einen beabsichtigten Zweck

Tabelle 1: Artefakttypen (in Anlehnung an [MS95])

Neuere Publikationen der DSR-Forschung greifen diese Überlegungen auf und führen den Reifegrad des Designwissens sowie den Abstraktionsgrad des Artefakts als ergänzende Abgrenzungsmerkmale an. Unter Berücksichtigung dieser beiden Aspekte unterscheiden Gregor & Hevner (vgl. [GH13]) drei Ebenen, denen unterschiedliche Artefakttypen zugeordnet werden können. Die unterste Ebene ist durch ein vergleichsweise schwer verallgemeinerbares Designwissen gekennzeichnet, das sich in einer starken Spezifität und Situationsabhängigkeit des entwickelten Artefakts niederschlägt. Ein Beispiel hierfür ist die Instanz eines Artefakts, wie beispielsweise eine neuartige Softwareentwicklung, die ein unternehmensspezifisches Problem adressiert. Beiträge der zweiten Ebene stellen eine weiter fortgeschrittene Reife des Designwissens dar und drücken sich in operativ anwendbaren Prinzipien, bspw. in Form von Konstrukten, Methoden oder Designprinzipien aus. Auf oberster Ebene ist der Abstraktionsgrad am höchsten. Entsprechend handelt es sich bei diesen Beiträgen um grundlegende und umfangreiche Designtheorien, die auch Erkenntnisse über mögliche Effekte, die aus der Anwendung dieser Theorien resultieren, berücksichtigen. Eine Einordnung der im Rahmen der Forschungsarbeit erstellten Artefakte findet in Abschnitt 4.1 statt.

3 Aufbau der Dissertation

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um das Ergebnis eines kumulativen Forschungsprojektes. Somit setzt sich das Gesamtergebnis der Dissertation aus mehreren Einzelbeiträgen zusammen, die jeweils eigenständige, abgeschlossene Forschungsarbeiten darstellen. Nachfolgend werden die Inhalte der Einzelpublikationen beschrieben und deren thematischer Zusammenhang offengelegt.

Der Aufbau der Gesamtarbeit und der Einzelbeiträge orientiert sich an dem im vorigen Abschnitt beschriebenen Vorgehensmodell von Peffers et al. (vgl. [PTRC08]). Für die Durchführung einer Forschungsarbeit werden durch Peffers et al. mögliche Startpunkte definiert. Zu diesen gehören unter anderem die Problemzentrierte und die Zielzentrierte Initiierung. Während die Problemzentrierte Initiierung auf der Beobachtung und Beschreibung eines Problems fußt, adressiert die Zielzentrierte Initiierung ein bereits bekanntes Problem, zu dessen Lösung die Notwendigkeit der Artefaktentwicklung entweder durch vorhergehende Forschungsarbeiten oder Bedarfe aus der Unternehmenspraxis bestätigt wurde. Ausgangspunkt für die vorliegende Forschungsarbeit sind einerseits explizit und implizit geäußerte Problemstellungen, denen sich Fachexperten aus der Unternehmenspraxis bei der täglichen Arbeit mit standardisierten Managementsystemen auseinandergesetzt sehen (vgl. [RSE13]). Andererseits konnte als Ergebnis einer literaturgestützten Analyse von Werkzeugen zur Dokumentation und Integration von Managementsystemen festgestellt werden, dass diese insbesondere hinsichtlich Strukturierungs- und Konsistenzaspekten Defizite aufweisen (vgl. [RSE14b], [RS15]). Folglich wird die Zielzentrierte Initiierung als Startpunkt zur Durchführung der Forschungsarbeit festgelegt.

In Abbildung 5 werden die erarbeiteten Forschungspapiere (vgl. Teil II der Dissertation) in die Phasen des Vorgehensmodells nach Peffers et al. (vgl. [PTRC08]) eingeordnet. Durch ein „x“ vorgenommene Markierungen stellen den inhaltlichen Schwerpunkt der Einzelarbeiten dar, ein „o“ symbolisiert eine periphere Berücksichtigung innerhalb des Beitrags. Es ist anzumerken, dass sich die vorliegende Arbeit mit zwei Domänen auseinandersetzt. Während sich die ersten beiden Arbeiten schwerpunktmäßig mit dem betrieblichen Energiemanagement auseinandersetzen, fokussieren die Beiträge 3, 4 und 5 Fragestellungen der IMS, die das Energiemanagement als möglichen Teilbereich berücksichtigen.

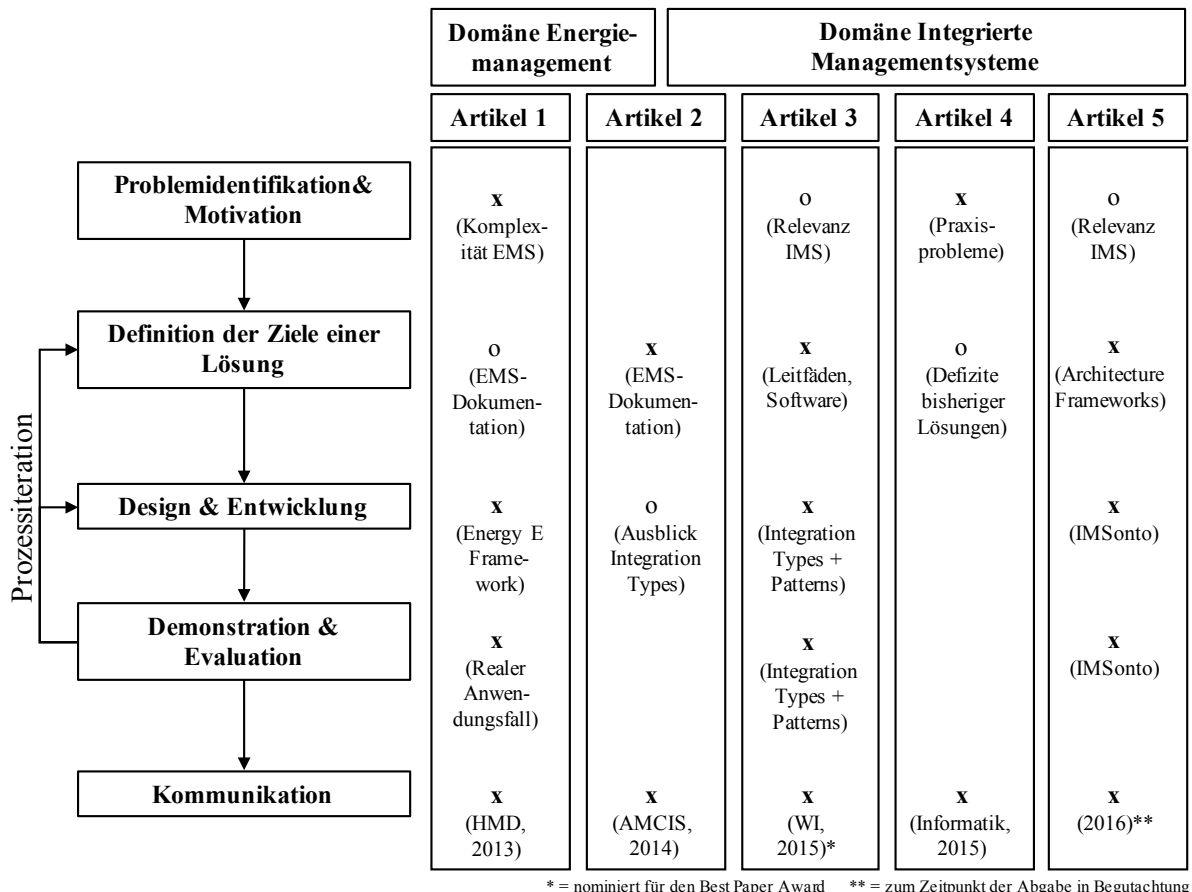


Abbildung 4: Forschungsrahmen (in Anlehnung an [PTRC08])

Abbildung 5: Einordnung der Einzelbeiträge in den Forschungsrahmen

Als Ausgangspunkt der vorliegenden Forschungsarbeit beschreibt der erste Beitrag ein Artefakt zur modellgestützten Dokumentation eines standardisierten Energiemanagementsystems (EMS). Die Anwendbarkeit wird anhand eines realen Unternehmensbeispiels illustriert. Das entwickelte Artefakt beinhaltet neben der abstrakten Syntax in Form eines Metamodells (UML-Klassendiagramm) auch die konkrete Syntax zur grafischen Beschreibung der Dokumentationsinhalte. Die nachfolgenden Beiträge bauen auf diesen Überlegungen auf und setzen sich insbesondere mit Erweiterungsmöglichkeiten des erarbeiteten Metamodells auseinander. Demensprechend erfolgt im zweiten Beitrag eine exemplarische Gegenüberstellung von Anforderungen des standardisierten Energiemanagements sowie weiterer Managementsystemnormen. Im Ergebnis führt der Beitrag zu der Überlegung, die Aufgaben der Integration von Managementsystemen modellbasiert zu bewältigen. Der dritte Beitrag stellt eine konsequente Fortführung der im zweiten Beitrag gewonnenen Erkenntnisse dar. Die zunächst exemplarisch dargestellten Gegenüberstellungen und die abstrakt gehaltenen Gestaltungsempfehlungen werden hierbei konkretisiert. Im Ergebnis liefert der Beitrag einen vollständigen und detaillierten Vergleich vier etablierter Managementsystemnormen. Der Vergleich führt zur Identifikation von Anforderungstypen,

die als Integration Types bezeichnet werden. Aus den inhaltlichen und strukturellen Eigenschaften dieser Anforderungstypen werden Gestaltungsempfehlungen zur Erweiterung des Metamodells abgeleitet, die als Integration Patterns bezeichnet werden. Die Anwendbarkeit wird ebenfalls an einem realen Anwendungsfall demonstriert. Anhand einer Einzelfallstudie werden im vierten Beitrag Herausforderungen der Managementsystemintegration am Beispiel eines Fertigungsunternehmens identifiziert. Die Erkenntnisse der Untersuchung werden insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Dokumentation und damit verbundener Problemstellungen diskutiert. Basierend auf den zuvor gewonnenen Erkenntnissen wird innerhalb des fünften Beitrags eine funktionsunspezifische Ontologie vorgestellt, die als Nukleus einer modellgestützten Integration standardisierter Managementsysteme interpretiert wird. Hierbei werden allgemeine Kernanforderungen von Managementsystemnormen und deren Beziehungen identifiziert und modellhaft beschrieben. Ein Überblick über die im Rahmen der Forschungsarbeit entwickelten Artefakte wird in Anhang A gegeben.

Vorbereitend auf die Diskussion der Einzelbeiträge werden nachfolgend zunächst die initialen Anforderungen beschrieben, die im Rahmen der Evaluation (vgl. Abschnitt 4.1) eine Beurteilung hinsichtlich der Zielerreichung ermöglichen.

3.1 Vorüberlegung: Anforderungsanalyse

Jedes standardisierte Managementsystem verlangt nach einer Dokumentation der entsprechenden Managementstrukturen. Es obliegt dem Unternehmen, wie die Dokumentation durchgeführt wird. Unter den Rahmenbedingungen der Ressourcenknappheit, insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen, existiert jedoch nach eigenen Erfahrungen ein Bedarf nach einer effizienten, d. h. "pflegeleichten" Dokumentation, die bei der Pflege und Aufrechterhaltung möglichst wenig manuelle Tätigkeiten erfordert. Andererseits soll die Dokumentation nicht nur einem Selbstzweck dienen, sondern allen Interessenten einen Überblick zu den Aspekten des Managementsystems geben und eine Informationsgrundlage für unternehmerische Entscheidungen bereitstellen. Vor diesem Hintergrund ergeben sich für das Design der Artefakte verschiedene Anforderungen. Zwei Anforderungsgruppen stehen im Fokus der Betrachtung: a) Anforderungen an die Gestaltung der Artefakte, b) inhaltliche Anforderungen der zugrundeliegenden Standards. Normbasierte bzw. inhaltliche Anforderungen werden in den entsprechenden Forschungsbeiträgen diskutiert. Nachfolgend wird ein Überblick zu den Anforderungen an die Entwicklung der Artefakte gegeben (vgl. [Roe14]). Neben Anforderungen, die sich direkt aus dem

Anwendungskontext ergeben, werden auch relevante Designprinzipien nach Hilpert et al. (vgl. [HKS13]) zur Entwicklung von IS-Artefakten sowie Anforderungen an den Aufbau einer informationstechnisch gestützten Managementsystemdokumentation (vgl. [Pfe01]) berücksichtigt.

Anforderung 1: Vollständigkeit und Konsistenz der Dokumentationsinhalte

Unabhängig von der Art und Weise der Dokumentation ist eine wesentliche Eigenschaft, um einerseits fundierte Unternehmensentscheidungen treffen und andererseits ein ordentliches Managementsystem gegenüber Dritten nachweisen zu können, die Führung einer konsistenten und vollständigen Dokumentation. Hinsichtlich der Konsistenzanforderung muss ein entsprechendes Artefakt dazu beitragen, eine parallele bzw. redundante Pflege identischer Informationen zu vermeiden. Ebenso ist die Pflege isolierter, nicht verknüpfter Informationen zu vermeiden. Vielmehr ist durch ein Artefakt zu gewährleisten, dass dokumentierte Informationen konsequent durch Referenzen wiederverwendet werden können und sich Änderungen automatisch auf alle Referenzen, d. h. alle Stellen innerhalb des Modellsystems, an denen diese Information verwendet wird, übertragen.

Anforderung 2: Vollständigkeit des Modellsystems

Unter der Prämisse einer strukturierten, informationstechnischen Unterstützung gehen damit gleichfalls Anforderungen an das Modellsystem einher. Es muss innerhalb des Modellsystems möglich sein, alle relevanten Aspekte zu dokumentieren. Es darf zu keiner Verkürzung aufgrund fehlender Sprachkonzepte kommen. Wenn es beispielsweise notwendig ist, die Aufbauorganisation zu beschreiben, dann müssen hierfür im Modellsystem alle notwendigen Konzepte vorzufinden sein.

Anforderung 3: Strukturierung

Insbesondere die Dokumentation eines IMS ist dadurch gekennzeichnet, dass Fachexperten unterschiedlicher Funktionsbereiche an deren Pflege beteiligt sind. Diese setzen hinsichtlich der dokumentierten Aspekte des Managementsystems ggf. unterschiedliche Schwerpunkte, die sich typischerweise aus den Anforderungen der jeweils relevanten Normen ergeben. Aufgrund unterschiedlicher Schwerpunktsetzung und verschiedener Arbeitsweisen besteht ein Risiko, dass die Dokumentation einen Komplexitätsgrad erreicht, der die Handhabung, insbesondere durch verteilte Informationen und unklare Strukturen, erschwert. Hinsichtlich der Verwendbarkeit muss die Suche nach bestimmten Informationen bzw. Dokumenten einfach und flexibel erfolgen und auch Personen möglich sein, die nicht direkt mit den entsprechenden Themen vertraut sind. Der Aufbau der Dokumentation und die

Zusammenhänge zwischen den Modellsichten müssen somit transparent und verständlich sein.

Anforderung 4: Verfügbarkeit

Die Dokumentation eines Managementsystems bedarf regelmäßiger Aktualisierungen und Überarbeitungen, ggf. durch verschiedene Stellen innerhalb eines Unternehmens. Dies zieht die Anforderung der Verfügbarkeit für die entsprechenden Akteure nach sich. Hinsichtlich der Verwaltung der gepflegten Informationen sind außerdem Festlegungen zu Zugriffsrechten und Verantwortungsbereichen zu treffen.

Anforderung 5: Analyse- und Berichtsfunktionalitäten

Auf Grundlage der dokumentierten Informationen sollen die Artefakte Informationen zum Zustand des (Integrierten) Managementsystems liefern können, um somit auf Überarbeitungsbedarfe und zu pflegende Informationen hinzuweisen. Auf Grundlage einer strukturierten Informationsbasis können Exportmöglichkeiten ggf. die Generierung von Berichten im Sinne eines Managementhandbuchs gewährleisten.

Anforderung 6: Explizite Adressierung des Integrationsaspekts

Die Konzeption eines Artefakts soll die Integration von Managementsystemen unterstützen. Somit sollten Möglichkeiten zur Integration aufgezeigt und durch entsprechende Designvorschläge in eine modellbasierte Lösung überführt werden. Im Ergebnis bedeutet dies, dass eine entsprechende Implementierung bereits bei der Pflege der Informationen so unterstützt, dass über Auswahlmöglichkeiten oder konsolidierte Darstellungsformen eine integrierte Repräsentation ermöglicht wird und ineffiziente Parallelitäten, wie sie beispielsweise bei der parallelen Dokumentation funktionsspezifischer Teilsysteme auftreten, vermieden werden.

Anforderung 7: Konfigurierbarkeit

Aufgrund der individuellen Gegebenheiten eines Unternehmens müssen die Artefakte über Konfigurationsmöglichkeiten verfügen, die eine unternehmensspezifische Anpassung ermöglichen. Dies bedeutet beispielsweise, dass eine Anpassung von grafischen Darstellungsformen und dokumentierbaren Inhalten ebenso möglich ist wie der Verweis auf externe Daten beliebigen Formats.

Anforderung 8: Formale Interpretierbarkeit

Die informationstechnische Unterstützung setzt voraus, dass die im Modellsystem hinterlegten Informationen formal interpretiert werden können. Sie müssen in einer

semantisch definierten Struktur abgelegt sein. Ist die Aufgabe zum Beispiel die Dokumentation eines Unternehmensziels und dessen zugehöriger Kennzahlen, müssen die Modellelemente so spezifiziert sein, dass der Nutzer beim Anlegen eines Unternehmensziels dieses als solches deklarieren kann. Es muss sich semantisch von Kennzahlen unterscheiden lassen. Die Spezifikation der Modellelemente erfolgt in der Modellierung durch die Definition eines Metamodells, in dem die Modellierungssprache inkl. ihrer Modellelemente, deren Beziehungen zueinander und deren Semantik festgelegt werden. Für das Beispiel der „Zuordnung von Kennzahlen zu Unternehmenszielen“ wären zwei Modellelemente im Metamodell inklusive einer Beziehung zwischen diesen zu spezifizieren, sodass der Modellersteller in der verwendeten Sprache diesen Sachverhalt auch tatsächlich ausdrücken kann und computergestützt auf die Informationen zugegriffen werden kann.

Anforderung 9: Integrierbarkeit in bestehende Frameworks

In der Literatur werden verschiedene Enterprise Architecture Frameworks (EAF) diskutiert, die eine modellhafte Abbildung von Unternehmensstrukturen ermöglichen. Um Redundanzen in der Entwicklung zu vermeiden und dem Anspruch des DSR, auf vorhandenes Wissen aufzubauen, zu genügen, ist zu diskutieren, inwiefern ein normbasiertes Artefakt zur Erweiterung bereits verfügbaren EAFs geeignet ist.

3.2 Zusammenfassung der Einzelbeiträge

In den nachfolgenden Abschnitten werden die im Rahmen der kumulativen Forschungsarbeit gewonnenen Erkenntnisse durch eine Kurzbeschreibung der Einzelbeiträge dargestellt. Abbildung 6 gibt hierzu einen zusammenfassenden Überblick über die den Beiträgen zugrundeliegende Problemstellung, Forschungsfragen und Forschungsbeiträge. Mit Ausnahme der Beiträge drei und vier wurden die Artikel nacheinander und unter Berücksichtigung der zuvor gewonnenen Erkenntnisse erarbeitet. Die Erarbeitung der Beiträge drei und vier erfolgte größtenteils parallel, wobei Beitrag vier im Gegensatz zu den konstruktionsorientierten Beiträgen eine empirische Arbeit darstellt.

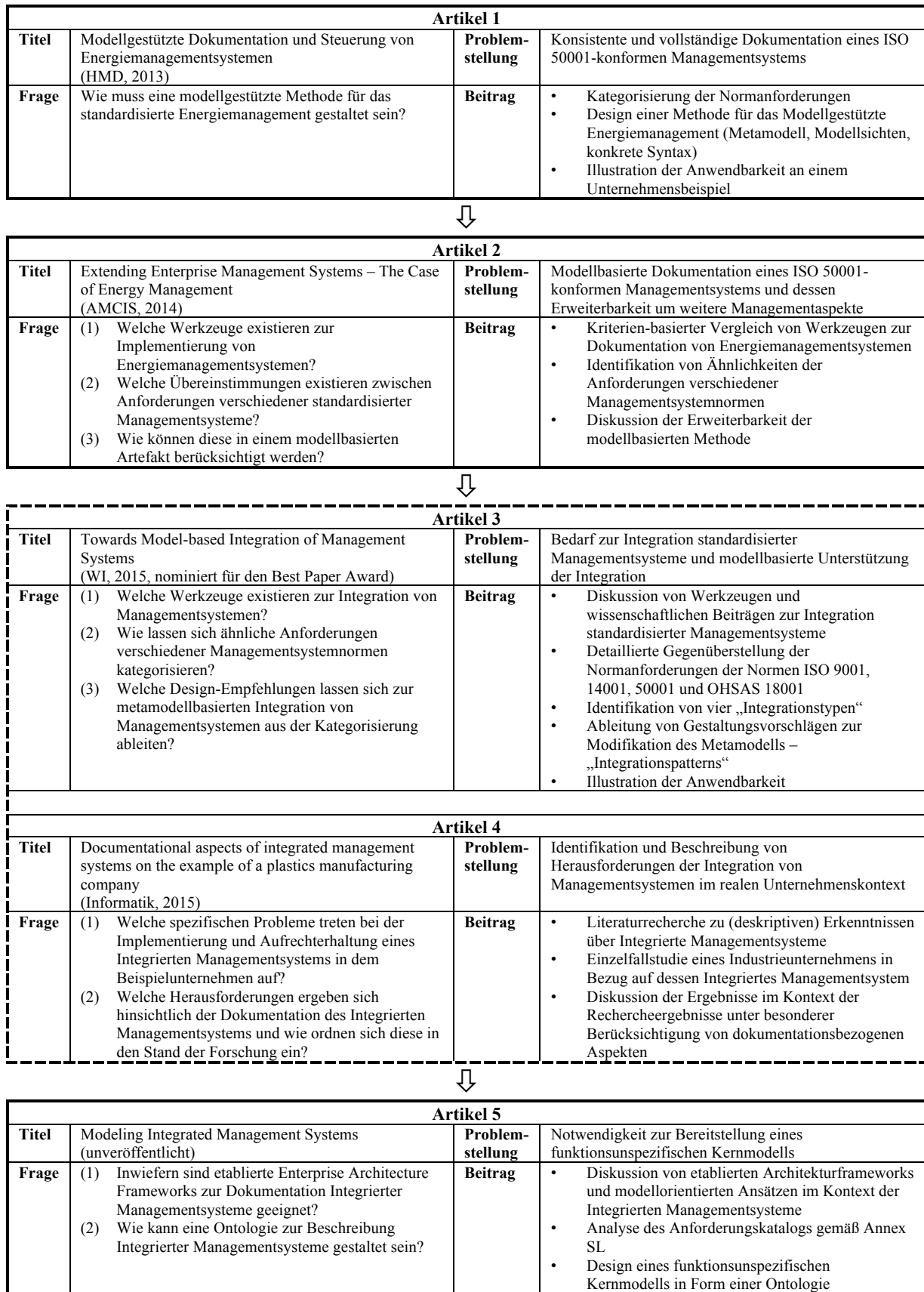


Abbildung 6: Inhaltlicher Zusammenhang der Einzelbeiträge

3.2.1 Modellgestützte Dokumentation und Steuerung von Energiemanagementsystemen

Motivation:

Nachdem im Jahr 2011 die Norm ISO 50001 (vgl. [ISO11]) für standardisierte EMS veröffentlicht wurde, ergab sich für eine Vielzahl von Unternehmen die Notwendigkeit, entsprechende Managementstrukturen aufzubauen und diese in adäquater Art und Weise zu dokumentieren. Dies begründete sich nicht zuletzt mit den finanziellen Anreizen durch die Rückerstattung der Energie- und Stromsteuer, die durch den Gesetzgeber an eine entsprechende Zertifizierung geknüpft wurde.

Aus eigenen Erfahrungen bei der Betreuung eines Energieeffizienz-Netzwerkes, dem Energieeffizienz-Netzwerk Sachsen, wurde deutlich, dass zwar verschiedene Instrumente zum Aufbau der Managementstrukturen und zur Bewältigung der Dokumentationsaufgaben existieren, diese jedoch kaum eine durchgängige Unterstützung von der Interpretation der Normanforderungen bis hin zur konsistenten Dokumentation bieten.

Modelle haben sich im Bereich der Wirtschaftsinformatik für die Visualisierung komplexer Systemstrukturen etabliert. Darüber hinaus bieten Sie gegenüber rein textuellen Beschreibungen den Vorteil, durch den gezielten Einsatz bildlicher Darstellungen ein schnelleres und einfacheres Verständnis für den Modellnutzer herbeizuführen.

Die Autoren des Beitrags betrachten konzeptionelle Modelle als ein geeignetes Medium zur zielorientierten Beschreibung und Untersuchung des komplexen Systems, welches sich durch Umsetzung der Normanforderungen in einem Unternehmen ergibt. Basierend auf dieser Überlegung adressiert der Beitrag die Entwicklung einer modellgestützten Methode zur Dokumentation eines ISO 50001-konformen EMS.

Ergebnisse:

Im ersten Abschnitt stellt der Beitrag verschiedene Motive zur Implementierung von EMS dar. Daraus begründet sich die praktische Relevanz des Untersuchungsgegenstandes.

Wenn auch in diesem Beitrag noch nicht direkt expliziert, wird bereits bei der Diskussion bisheriger Forschungsarbeiten die in der Literatur vorherrschende Unsicherheit bezüglich der Begriffsverwendung des „Energiemanagements“ deutlich. So lassen sich unter dem Begriff sowohl Arbeiten identifizieren, die sich mit dem Aufbau normkonformer Managementstrukturen auseinandersetzen, andere Beiträge fokussieren jedoch nur auf

spezialisierte Teilaufgaben, wie beispielsweise das Energiemonitoring. Konsolidierend kann durch die Autoren festgestellt werden, dass der Handlungsbedarf hinsichtlich des Energiemanagements durchweg bestätigt wird, durch die Literatur jedoch kaum methodische Unterstützung für die Durchführung entsprechender Aktivitäten gegeben wird.

Zur Gestaltung des Artefakts, dem Energy E Framework, führen die Autoren eine detaillierte Anforderungsanalyse der ISO 50001 (vgl. [ISO11]) durch. Darauf aufbauend werden vier Anforderungskategorien identifiziert, die den Input für die nachfolgende Sichtenkonzeption darstellen. Hinsichtlich einer zweckmäßigen Abgrenzung von Teilmodellen werden vier Modellsichten definiert, die eine Strukturierung des Modellsystems unter inhaltlichen Gesichtspunkten gewährleisten:

- Strategiesicht
- Organisationssicht
- Energetische Analyse und Dokumentation
- Energiemanagementprozesse

Diesen Modellsichten werden Präsentationstypen zugeordnet, die eine vollständige diagrammatische Abbildung der Normanforderungen gewährleisten.

Innerhalb der Methodenkonzeption wird sowohl die abstrakte als auch die konkrete Syntax der zur Beschreibung des Gegenstandsbereichs entwickelten Modellierungssprache beschrieben (vgl. Anhang B). Die abstrakte Syntax ist anhand eines UML-Klassendiagramms beschrieben. Die ikonische Repräsentation der Modellkonzepte, die konkrete Syntax, wird anhand eines realen Anwendungsbeispiels veranschaulicht. Das methodische Vorgehen zur Spezifikation der konkreten und abstrakten Syntax orientiert sich an der E³-Methode nach Greiffenberg (vgl. [Gre04]).

Der Beitrag demonstriert, dass die Aufgabe der Dokumentation eines standardisierten Managementsystems durch die Verwendung von Modellen unterstützt werden kann und die relevanten Informationen in diagrammatischer Weise erfasst werden können. Durch die Verwendung von Modellelementen in mehreren Modellsichten und durch sichtenübergreifende Referenzen wird außerdem die Konsistenz der dokumentierten Inhalte in allen Repräsentationen innerhalb des Modellsystems gewährleistet.

3.2.2 Extending Enterprise Management Systems – The Case of Energy Management

Motivation: Aufbauend auf den Erkenntnissen des ersten Artikels und deren kritischer Reflexion im Kontext realer Anwendungsfälle wurde deutlich, dass eine isolierte Betrachtung des standardisierten Energiemanagements eine relativ geringe Relevanz im Unternehmensumfeld besitzt. Vielmehr stellte sich heraus, dass das Energiemanagement nur einen Teilaspekt des Unternehmensmanagements darstellt und üblicherweise weitere standardisierte, funktionspezifische Managementstrukturen in Unternehmen existieren. Somit stellt sich die Frage, wie eine zweckmäßige Erweiterung etablierter Strukturen um funktionspezifische Aspekte in möglichst effizienter Form durchgeführt werden kann. Vor diesem Hintergrund schafft der Beitrag den Übergang von einer modellbasierten Unterstützung beim Aufbau und Aufrechterhaltung singulärer Managementsysteme zur modellgestützten Integration von Managementsystemen.

Ergebnisse: Ausgehend von einem kriterienbasierten Vergleich von Werkzeugen, die bei den Teilaufgaben eines strukturierten Energiemanagements unterstützen, kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass keine der verfügbaren Lösungen einerseits eine Konsistenzsicherung der Dokumentation aktiv unterstützt und andererseits die Integration von weiteren funktionspezifischen Managementaspekten berücksichtigt.

Um in den Themenkomplex der IMS überzuleiten, stellen die Autoren einen ersten Anforderungsvergleich von drei standardisierten Managementsystemnormen an. Im Ergebnis dieser Analyse werden vier charakteristische Anforderungstypen identifiziert, die zu einer Kategorisierung von normseitig formulierten Anforderungen genutzt werden können:

- Identische Anforderungen – Strukturelle und inhaltliche Identität der Anforderung in mehreren Normen
- Integrierbare Anforderungen – Strukturell ähnliche Anforderungen, die sich inhaltlich zusammenfassen lassen
- Parallele Anforderungen – Strukturell ähnliche Anforderungen, die sich inhaltlich nicht zusammenfassen lassen
- Verschiedene Anforderungen – Anforderungen, die keine Ähnlichkeiten zu Anforderungen anderer Normen aufweisen

Darüber hinaus kommen die Autoren zu der Erkenntnis, dass die vier zuvor identifizierten Modellsichten in einer leicht abgewandelten Form auch für ein Modellsystem zur Beschreibung umfassenderer Managementstrukturen geeignet sind.

Während frühere Arbeiten aus dem Bereich der IMS zwar auf Parallelitäten und identische Anforderungen innerhalb unterschiedlicher Normen hinweisen, wurde diese Diskussion bisher nicht hinsichtlich einer Kategorisierung von Anforderungstypen geführt. Somit stellt dieser Ansatz einen innovativen Beitrag im Kontext der IMS dar.

Die praktische Relevanz dieser Überlegungen wird anhand einer Erweiterung des im ersten Beitrag beschriebenen Anwendungsfalles demonstriert. Auf Grundlage eines realen Integrationsszenarios werden Fragestellungen der Dokumentation eines IMS aufgezeigt.

Die Autoren halten fest, dass eine Berücksichtigung ergänzender Managementaspekte Modifikationen des zugrundeliegenden (energiemanagementbezogenen) Metamodells erfordert. Hierzu skizzieren die Autoren erste, einfache Lösungsvorschläge, die eine Berücksichtigung funktionspezifischer Anforderungen innerhalb des Modellsystems erlauben.

3.2.3 Towards Model-based Integration of Management Systems

Motivation: Nachdem im vorigen Beitrag festgestellt werden konnte, dass zwischen den Anforderungen verschiedener Managementsystemnormen unterschiedlich stark ausgeprägte Ähnlichkeiten bestehen, liegt der Fokus dieses Beitrags auf dem systematischen und vollständigen Vergleich der Anforderungen der ISO-Normen 9001 (vgl. [ISO15b]), 14001 (vgl. [ISO15c]) und 50001 (vgl. [ISO11]) sowie der Norm OHSAS 18001 (vgl. [BSI07]). Zielstellung dieses Vergleichs ist die Identifikation von charakteristischen Anforderungstypen, denen sich Anforderungen standardisierter Managementsysteme zuordnen lassen. Mit der Zielstellung, die Integration von Managementsystemen durch die Verwendung konzeptioneller Modelle zu unterstützen, werden aus strukturellen und inhaltlichen Eigenschaften der Anforderungstypen konkrete Gestaltungsempfehlungen zum Aufbau bzw. zur Modifikation eines IMS-orientierten Metamodells abgeleitet.

Ergebnisse: Im Rahmen der Grundlagenanalyse wird durch die Autoren eine Literaturanalyse durchgeführt, deren Zielstellung die Beschreibung verfügbarer Werkzeuge und Handlungsempfehlungen zum Aufbau von IMS ist. Dabei werden sowohl praxisorientierte Leitfäden als auch wissenschaftliche Beiträge, die sich mit der Domäne der IMS

auseinandersetzen, berücksichtigt. Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass die beschriebenen Leitfäden in erster Linie die Interpretation der Anforderungen von Managementsystemnormen unterstützen. Bei den Leitfäden handelt es sich um überwiegend textbasierte Beschreibungen, die teilweise durch die Bereitstellung von Dokumentenvorlagen ergänzt werden. Wissenschaftliche Beiträge nehmen in den überwiegenden Fällen eine deskriptive Perspektive ein und liefern kaum methodische Unterstützung für die Tätigkeiten der Integration. Nowicki et al. (vgl. [NKS13]) kommen zu dem Ergebnis, dass die von ihnen untersuchten Unternehmen trotz der Verfügbarkeit von Leitfäden auf eine individuelle Vorgehensweise zur Integration zurückgreifen.

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass bislang keine ganzheitliche Methode existiert, die alle relevanten Aspekte der Integration von Managementsystemen berücksichtigt und Unternehmen aktiv und nicht nur durch Handlungsempfehlungen unterstützt.

Die umfassende Anforderungsanalyse der oben genannten Normen führt zu dem Ergebnis, dass die vier Anforderungstypen: Identisch, Integrierbar, Parallel und Verschieden ausreichen, um alle Anforderungen unter inhaltlichen und strukturellen Gesichtspunkten zu strukturieren. Vor dem Hintergrund des Integrationsgedankens werden die Anforderungstypen als Integrationstypen bezeichnet.

Zur (meta-)modellbasierten Repräsentation der Integrationstypen präsentieren die Autoren Gestaltungsempfehlungen in Form sogenannter Integrationspatterns. Es werden drei Patterns vorgeschlagen:

- Identisch – Strukturelle Ähnlichkeit, inhaltliche Ähnlichkeit bzw. Identität, keine Funktionsspezifik
- Integrierbar – Strukturelle Ähnlichkeit, inhaltliche Verschiedenheit, funktionsspezifische Erweiterung eines allgemeinen Managementaspekts, Teil-Ganzes-Beziehung zwischen den Managementaspekten
- Parallel / Semi-Integrierbar – Strukturelle Ähnlichkeit, inhaltliche Verschiedenheit, funktionsspezifische Erweiterung eines allgemeinen Managementaspekts, keine Teil-Ganzes-Beziehung zwischen den Managementaspekten

Jedes dieser Patterns wird durch eine Beschreibung, spezifische Charakteristiken, eine allgemeine Anwendungsbeschreibung sowie eine beispielhafte Anwendung definiert.

Abschließend stellt der Beitrag anhand eines realen Anwendungsbeispiels die grafische Repräsentation eines entsprechenden Modellsystems dar. Hierzu wird das Zusammenspiel der Modellsichten und die Verwendung der Integrationspatterns illustriert.

3.2.4 Documentational aspects of integrated management systems on the example of a plastics manufacturing company

Motivation: Nach Durchsicht verfügbarer Literatur, die sich mit Fragestellungen der IMS auseinandersetzt, konnte festgestellt werden, dass eine Vielzahl der Arbeiten eine wenig detaillierte und relativ abstrakte Sichtweise auf die Herausforderungen, die mit der Integration von Managementsystemen einhergehen, einnehmen. Aus einer Anwenderperspektive sind die größtenteils theoretischen Erkenntnisse nur bedingt nützlich, da konkrete Herausforderungen des Aufbaus und der operativen Pflege eines entsprechenden Systems kaum diskutiert werden. Vor diesem Hintergrund ist die Zielstellung des Beitrags die Analyse eines realen Integrationsprozesses innerhalb eines mittelständischen Fertigungsunternehmens. Der Schwerpunkt der hierzu durchgeführten Einzelfallstudie liegt auf der Identifikation von Herausforderungen und Problemen, die während des Aufbaus eines IMS und den damit einhergehenden dokumentationsbezogenen Aspekten auftreten.

Ergebnisse: In Vorbereitung auf die Durchführung der Fallstudie wird durch die Autoren eine Literaturanalyse durchgeführt, die einen Überblick zu den wesentlichen, in der Literatur diskutierten Aspekten von IMS gibt. Als Ergebnis der Literaturanalyse stellt der Beitrag fünf Bereiche dar, in denen durch die Verwendung eines IMS Nutzeffekte generiert werden können. Neben den Vorteilen werden in der Literatur auch Vorgehen beschrieben, die zur Einrichtung eines IMS genutzt werden können. Der Beitrag charakterisiert sechs Ansätze, die diskutiert werden. Weiterhin werden drei Problemkategorien identifiziert, die den Rahmen für die Beschreibung von Problemen und Herausforderungen, die den Integrationserfolg beeinflussen können, darstellen.

Als Ergebnis der Einzelfallstudie kann festgestellt werden, dass sich einige Erkenntnisse aus der Literatur auch für das Beispielunternehmen bestätigen lassen. Jedoch werden auch Probleme identifiziert, die in der Literatur nur in allgemeiner Form beschrieben werden und

durch die Erkenntnisse des Leitfadeninterviews detailliert werden. Dies betrifft insbesondere Aspekte der Dokumentation.

Von den fünf Problembereichen, die für das untersuchte Unternehmen identifiziert werden konnten, betreffen drei Bereiche direkt oder indirekt Herausforderungen der Dokumentation des Managementsystems. Diese drei Bereiche sind:

- Geringe Synchronisation der Dokumente
- Konzentration von Verantwortlichkeiten auf wenige Personen
- Keine kohärente Informationsbasis

Während die geringe Synchronisation von Dokumenten und das Fehlen einer kohärenten Informationsbasis direkt Probleme einer widersprüchlich und teilweise redundanten Dokumentation aufzeigen, adressiert die Verantwortungs- und Wissenskonzentration Probleme, die sich insbesondere in einer schlechten Verfügbarkeit von Informationen für Dritte, auch innerhalb des Unternehmens, niederschlagen. Für das untersuchte Unternehmen konnte außerdem festgestellt werden, dass für die Integration keine dedizierten Werkzeuge eingesetzt wurden. Vielmehr orientierte sich die Zusammenführung der verschiedenen Aspekte an den jeweils zugrundeliegenden Normen. Sowohl die Analyse der Normanforderungen als auch die Entwicklung einer adäquaten Dokumentation wurden individuell durch das Unternehmen durchgeführt. Ergebnis dieser Arbeiten sind Dokumentationsstrukturen, die sich stark auf die Verwendung von Microsoft Office-Produkten konzentrieren.

Die Autoren führen weiterhin aus, dass in der Literatur die Bedeutung der Dokumentation für die erfolgreiche Implementierung von IMS erkannt wurde. Hierzu stellen die Autoren die wesentlichen dokumentationsbezogenen Aspekte der IMS-Forschung dar und kommen zu dem Ergebnis, dass zwar die Relevanz der Dokumentation ausnahmslos bestätigt wird, konkrete Gestaltungsempfehlungen für die informationstechnische Unterstützung der damit verbundenen Aufgaben jedoch kaum gegeben werden.

3.2.5 Modeling Integrated Management Systems

Motivation: Anhand der bisherigen Erkenntnisse konnte dargestellt werden, dass eine modellbasierte Unterstützung zur Integration von Managementsystemen grundsätzlich umsetzbar ist. Jedoch adressierten die bisherigen Beiträge entweder den Anwendungsfall des Energiemanagements oder sie stellten Erweiterungsmöglichkeiten anhand von

Gestaltungsempfehlungen dar. Zum Aufbau eines modellgestützten IMS sind beide Ansätze noch nicht ausreichend, da das standardisierte Energiemanagement nur für einen Teil von Unternehmen relevant ist und die Anwendung der Integrationspatterns eine bereits vorhandene modellbasierte Dokumentation des Managementsystems erfordert. Dementsprechend setzt sich der Beitrag mit der Frage auseinander, welche Elemente ein funktionsunspezifisches Kernmodell umfassen sollte, das einerseits Kernelemente verschiedener standardisierter Managementsysteme vereint und andererseits funktionspezifische Erweiterungen ermöglicht.

Ergebnisse: Zur Entwicklung eines funktionsunspezifischen Kernmodells werden in dem Beitrag zunächst die Ergebnisse einer Literaturanalyse zur bisherigen Modellverwendung im Kontext von IMS dargestellt. Hierzu werden sieben etablierte Architekturframeworks einer kriterienbasierten Analyse unterzogen. Der Autor kommt zu dem Ergebnis, dass die verschiedenen Frameworks deutliche Unterschiede hinsichtlich der Offenlegung des zugrundeliegenden Metamodells und der bereitgestellten Modellierungssprachen aufweisen. Vor dem Hintergrund einer normkonformen Dokumentation standardisierter Managementsysteme stellt der Autor für alle betrachteten Rahmenwerke einen Erweiterungsbedarf fest, da die Berücksichtigung funktionspezifischer Managementaspekte typischerweise Spezialisierungen der basalen Modellelemente erfordert. Da nur ein Teil der Frameworks konkrete Modellierungssprachen definiert und diese wiederum nicht in allen Fällen durch eine Veröffentlichung des zugrundeliegenden Metamodells beschrieben sind, ist die Möglichkeit zur Erweiterung nur in Einzelfällen gegeben.

Nach Durchsicht weiterer Arbeiten, die sich mit der modellbasierten Umsetzung von internen und externen Anforderungen auseinandersetzen, kann festgestellt werden, dass bisher noch kein ganzheitlicher modellbasierter Ansatz entwickelt wurde, der sich auf die modellgestützte Implementierung von IMS spezialisiert. Jedoch konnte festgestellt werden, dass weitere modellbasierte Arbeiten existieren, die sich mit funktionspezifischen Domänen auseinandersetzen.

Zur Konzeption eines funktionsunspezifischen Kernmodells greift der Autor auf ein von der ISO veröffentlichtes Dokument mit der Bezeichnung Annex SL (vgl. [ISO15d]) zurück, welches Kernanforderungen für die Gestaltung von Managementsystemnormen definiert. Diese Anforderungen werden als „kleinster gemeinsamer Nenner“ von IMS, die sich aus verschiedenen standardisierten Managementsystemen zusammensetzen, interpretiert.

Eine vollständige Analyse der Anforderungen des Annex SL führt zu der Erkenntnis, dass die bisher genutzten Modellsichten einer leichten Änderung bedürfen. Die Sichten des Kernmodells, das als IMSonto bezeichnet wird, sind:

- Anforderungssicht
- Strategiesicht
- Organisationssicht
- Prozesssicht

Durch den Autor kann gezeigt werden, dass sich alle Anforderungen des Annex SL innerhalb dieser Sichten durch entsprechende Modellkonzepte repräsentieren lassen. Bei der Konzeption der Modellsichten und der zugehörigen Modellelemente wurde explizit darauf geachtet, dem Vokabular des Annex SL zu folgen, um somit eine direkte Beziehung zwischen dem Modellsystem und den zugrundeliegenden Normen herzustellen. Als Ergebnis der Forschungsarbeit wird eine Ontologie in Form eines UML Klassendiagramms präsentiert, die alle Anforderungen des Annex SL berücksichtigt und deren Beziehungen offenlegt.

4 Fazit

4.1 Diskussion der Ergebnisse

Zur Durchführung effektiver Forschungsprojekte, die den Prinzipien des DSR folgen, definieren Hevner et al. (vgl. [HMPR04]) sieben Leitlinien, die im Rahmen einer entsprechenden Arbeit adressiert werden sollten. Zur Diskussion der Ergebnisse werden diese Leitlinien nachfolgend aufgegriffen und im Kontext der Arbeit diskutiert.

Gestaltung als Artefakt

Das Ergebnis der vorliegenden Forschungsarbeit ist ein Set von Modellen, die bei den Aufgaben der Dokumentation und Integration standardisierter Managementsysteme unterstützen. Gemäß der Kategorisierung nach Gregor und Hevner (vgl. [GH13]) lassen sich die Artefakte der mittleren Ebene (operativ anwendbaren Prinzipien, bspw. in Form von Konstrukten, Methoden oder Designprinzipien, vgl. Abschnitt 2.3) zuordnen. Die Modelle wurden bewusst mithilfe eines frei verfügbaren CASE-Tools erstellt, sodass eine Überarbeitung und Weiterentwicklung der Artefakte auch durch Dritte möglich ist.

Problemrelevanz

Die Relevanz der Teilprobleme wird in den jeweiligen Artikeln und im ersten Abschnitt dieser Arbeit dargelegt. Außerdem wurden durch die überwiegende Mehrheit der Gutachter der innovative Charakter der Forschungsbeiträge und die Relevanz der zugrundeliegenden Problemstellung bestätigt.

Suchprozess zur Gestaltung des Artefakts

Hevner et al. (vgl. [HMPR04]) betonen, dass die Gestaltung des Artefakts einem iterativen Prozess folgen sollte, der durch einen Wechsel von Entwicklungs- und Evaluationsphasen gekennzeichnet ist. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde zunächst ein Artefakt entwickelt, das auf die Dokumentation eines singulären Managementsystems ausgelegt ist. Nach Rücksprache mit Fachexperten und ergänzender Literaturanalyse konnte festgestellt werden, dass eine isolierte, nur auf das Energiemanagement ausgelegte, Lösung lediglich eine eingeschränkte praktische Relevanz aufweist, da in Unternehmen üblicherweise weitere (normbasierte) Managementaspekte zu berücksichtigen sind. Diese Erkenntnis gab den Anstoß für die Durchführung weiterführender Forschungsarbeiten, die sich mit der Erweiterung der Methode zum modellgestützten Energiemanagement auseinandersetzten und zur Definition der Integrationstypen und zur Konzeption der Integrationspatterns führten. Da

die Verfügbarkeit eines funktionspezifischen Managementsystemmodells zum Aufbau eines IMS nur in den wenigsten Unternehmen gegeben ist, stellte sich die Frage, wie ein IMS unabhängig von funktionspezifischen Managementstrukturen aufgebaut werden kann. Die Überlegungen, die im Rahmen dieser Entwicklungsphase angestellt wurden, führten zu der Erkenntnis, dass eine modellgestützte Methode zur Integration von Managementsystemen auf einer modularen Modellstruktur aufsetzen sollte. Dies gab wiederum den Anstoß zur Erarbeitung eines funktionsunspezifischen Kernmodells, das durch funktionspezifische Erweiterungen für beliebige Anwendungsfälle konfigurierbar ist.

Im Ergebnis wird deutlich, dass sich einerseits das adressierte Forschungsproblem während des Bearbeitungszeitraums erweitert hat und teilweise erst im Laufe des Forschungsprozesses Erkenntnisse zur Gestaltung der entwickelten Artefakte erlangt wurden.

Evaluierung des Designs

Die Evaluierung verfolgt das Ziel festzustellen, ob und wie gut ein entwickeltes Artefakt seinen Zweck erfüllt (vgl. [MS95]). Alturki et al. (vgl. [AGB11]) merken an, dass die Evaluierung einen komplexen Prozess darstellt, da eine Beurteilung der Effektivität eines Artefakts von dessen beabsichtigten Einsatzzweck abhängt.

Das der Arbeit zugrundeliegende Prozessmodell nach Peffers et al. (vgl. [PTRC08]) unterscheidet zwischen der Phase der Demonstration und der Evaluation. Die Demonstration wird dabei als leichtgewichtige Evaluation verstanden, die einen Nachweis über die Anwendbarkeit des Artefakts für mindestens eine Probleminstanz adressiert. Eine interne Überprüfung des Modellartefakts im Sinne eines Nachweises der Anwendbarkeit, die gegebenenfalls um eine kriterien- bzw. anforderungsbasierte Evaluation ergänzt wird, korrespondiert mit der von Venable (vgl. [Ven06]) als Artifizielle Evaluation bezeichneten Art der Beurteilung.

Für die vorliegende Arbeit ist festzustellen, dass eine Anwendbarkeit der konzipierten Modellartefakte in den Teilpublikationen nachgewiesen werden konnte. Unter Rückgriff auf die in Abschnitt 2.4 definierten Anforderungen soll nachfolgend deren Erfüllungsgrad diskutiert werden. Tabelle 2 stellt hierzu die formulierten Anforderungen und die Bewertung des Erfüllungsgrads dar. Eine Kennzeichnung mit „x“ bedeutet, dass die Anforderung vollständig erfüllt wird. Ein „o“ bedeutet, dass die Anforderung teilweise erfüllt werden konnte.

Anforderung	Bewertung
A1: Vollständigkeit und Konsistenz der Dokumentationsinhalte	x
A2: Vollständigkeit des Modellsystems	x
A3: Strukturierung	x
A4: Verfügbarkeit	o
A5: Analyse- und Berichtsfunktionalitäten	x
A6: Explizite Adressierung des Integrationsaspekts	x
A7: Konfigurierbarkeit	x
A8: Formale Interpretierbarkeit	x
A9: Integrierbarkeit in bestehende Frameworks	o

Tabelle 2: Bewertung der Erfüllung der Anforderungen

Für die Gestaltung der Methode für das modellgestützte Energiemanagement, die Identifikation der Integrationstypen, die Entwicklung der daraus abgeleiteten Integrationspatterns sowie die Entwicklung des Kernmodells IMSonto wurden alle Anforderungen der zugrundeliegenden Normen bzw. des Annex SL (vgl. [ISO15d]) berücksichtigt, sodass die Forderung nach einer vollständigen Berücksichtigung der normseitig formulierten Anforderungen als erfüllt betrachtet werden kann (A1). Eine Ausnahme bilden „weiche“ Anforderungen, wie beispielsweise die Etablierung einer adäquaten Unternehmenskultur. Solche Anforderungen können innerhalb einer Dokumentation nur indirekt über den Nachweis entsprechender Schulungsmaßnahmen oder anderer Maßnahmen adressiert werden. Dies ist jedoch kein Defizit einer modellbasierten Dokumentation, sondern tritt ebenso in einer rein textorientierten Lösung auf. Allen identifizierten und dokumentationsrelevanten Anforderungen wurden entsprechende Modellkonzepte zugeordnet, die eine Repräsentation innerhalb des Modellsystems ermöglichen (A2). Ebenfalls wurde ab dem ersten Forschungsbeitrag die Konsistenz der im Modellsystem hinterlegten Informationen gefordert. Alle entwickelten Modelle folgen einem sichtenübergreifenden Modellierungsansatz, wodurch Objekte bei Verwendung in mehreren Sichten nur einmal angelegt und nachfolgend durch Referenzen wiederverwendet werden. Änderungen in einer Instanz werden zeitgleich in allen Referenzen übernommen, sodass die Aktualität und Konsistenz in allen Repräsentationen gewahrt wird (A1). Zur Komplexitätsbewältigung wurden Modellsichten definiert, die eine inhaltliche Abgrenzung der Dokumentationsinhalte ermöglichen (A3). Im Rahmen der Konzeption der Methode für das modellgestützte Energiemanagement wurden den einzelnen Modellsichten Präsentationstypen zugeordnet, die eine grafische Repräsentation der dokumentierten Inhalte

erlauben und dem Nutzer einen anschaulichen Überblick über die Merkmale des Managementsystems geben. Anhand der prototypischen Implementierung im CASE-Tool (Computer Aided Software Engineering) *Cubetto Toolset* kann nachgewiesen werden, dass ein erstelltes Modellsystem im Sinne eines Dokumentationstemplates genutzt werden kann. Dem Anwender wird durch die definierten Modellelemente ein Überblick über die zu dokumentierenden Inhalte gegeben. Gleichfalls konnte gezeigt werden, dass durch Exportfunktionen der Implementierungsumgebung die modellgestützte Generierung von Textdokumenten, bspw. für die Weiterverwendung als Managementhandbuch, möglich ist (A5). Aus der Beschreibung realer Einsatzszenarien konnte die notwendige Berücksichtigung von Integrationsaspekten abgeleitet werden, die zur Erarbeitung von Designvorschlägen führten (A6). Die erarbeiteten Designvorschläge orientieren sich in erster Linie an den normseitig formulierten Anforderungen. Für einen realen Anwendungsfall sind ggf. Modifikationen des Modellsystems, beispielsweise durch unternehmensindividuelle, alternative Bezeichnungen, notwendig. Durch die Implementierung innerhalb des frei verfügbaren CASE-Tools und die Offenlegung des zugrundeliegenden Metamodells in Form eines UML-Klassendiagramms wird die semantische Struktur des Modellsystems offengelegt und eine Konfiguration durch Dritte ermöglicht (A7 & A8).

Für die Verfügbarkeit und die Integrierbarkeit in bestehende Architekturframeworks (A4 & A9) kann eine eingeschränkte Erfüllung der Anforderungen festgestellt werden. Während die Verfügbarkeit nicht den entwickelten Artefakten inhärent ist und von der Art und Weise der Nutzung in einem Unternehmen abhängt (bspw. lokal vs. intranetbasiert), konnten hinsichtlich der Integrierbarkeit in bestehende Frameworks die Unzulänglichkeiten bisheriger Ansätze bezüglich der Transparenz und der damit verbundenen Erweiterbarkeit aufgezeigt werden. Die erarbeitete Ontologie IMSonto kann als Gestaltungsempfehlung für die Spezialisierung etablierter Frameworks im Kontext standardisierter Managementsysteme verstanden werden.

Es lässt sich zusammenfassend feststellen, dass alle zuvor definierten Anforderungen entweder vollständig oder zumindest teilweise erfüllt werden konnten.

An die Artifizielle Evaluation schließt sich nach Venable (vgl. [Ven06]) die Naturalistische Evaluation an. Deren Gegenstand ist der praktische Test, in dem das entwickelte Artefakt unter den realen Rahmenbedingungen eines Unternehmens verwendet wird. Alturki et al. (vgl. [AGB11]) heben hervor, dass es sich bei einem realen Unternehmen um ein komplexes Gebilde handelt, das durch eine einzigartige Kombination von Personen, Prozessen,

Ressourcen etc. gekennzeichnet ist, die in der Erstellung eines Evaluationsdesigns entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Nicht zuletzt aufgrund der Komplexität und der damit verbundenen Schwierigkeit der Evaluation betont Winter (vgl. [Win08]) die explizite Unterscheidung in konstruktions- und evaluationsorientierte Forschung. Gestützt wird diese Unterscheidung auch durch das Argument von March & Smith (vgl. [MS95]), dass die reine innovative Entwicklung von Artefakten bereits die (Haupt-) Forschungsleistung darstellt. Da der Fokus der vorliegenden Forschungsarbeit auf der Konzeption geeigneter Artefakte liegt, wird ein konstruktionsorientiertes Forschungsziel verfolgt.

Eine Evaluation der finalen Artefakte im realen Unternehmenskontext steht noch aus. Diese sollte nach Ansicht des Autors im Rahmen einer Aktionsforschung durchgeführt werden. Weitere Methoden zur Evaluation werden beispielsweise durch Venable (vgl. [Ven06]) aufgezeigt. Für die Durchführung einer Aktionsforschung ist es Voraussetzung, die entwickelte Ontologie IMSonto für die Entwicklung bzw. Konfiguration von Anwendungssoftware zu verwenden und um für den Anwendungsfall relevante Aspekte ggf. unter Einbezug der Integrationspatterns zu erweitern. Der erarbeitete Demonstrator für die Energiemanagementdomäne kann dabei hinsichtlich der konkreten Syntax als Orientierung dienen. Nach Ansicht des Autors ist erst anhand der Nutzung durch Fachexperten eine abschließende Bewertung der Nützlichkeit der vorgestellten Artefakte möglich. Fachexperten im Sinne des beschriebenen Anwendungsfalls sind beispielsweise Managementbeauftragte, die innerhalb von Unternehmen die Verantwortung für normbasierte Managementsysteme tragen. Es gilt insbesondere zu untersuchen, inwiefern durch den modellbasierten Ansatz eine bessere Erledigung der Dokumentations- bzw. Integrationsaufgaben gewährleistet wird. „Besser“ kann in diesem Zusammenhang beispielsweise einen geringeren Zeitaufwand zur Pflege der Dokumentation, einen einfacheren Zugang zu relevanten Informationen oder neue Funktionalitäten, wie beispielsweise die automatische Generierung eines Managementhandbuchs aus dem erarbeiteten Modell, bedeuten.

Kommunikation der Forschungsergebnisse

Ergänzend zu den im Rahmen dieser Niederschrift diskutierten Artikel, wurden weitere Texte verfasst, die der Publikationsliste des Autors entnommen werden können. Die Kommunikation der erarbeiteten Forschungsergebnisse erfolgte kontinuierlich während des gesamten Bearbeitungszeitraumes in Form von doppelt-blind begutachteten Buch-, Journal- und Konferenzbeiträgen.

Rigorosität der Forschung

Das gesamte Forschungsprojekt orientiert sich an der Methode des DSR. Eine Einordnung der Einzelbeiträge in das Vorgehensmodell zum DSR wird in Abbildung 5 dargestellt. Innerhalb der Teilbeiträge wurde auf etablierte Methoden der Modellierung zurückgegriffen. Auf diese wird in den jeweiligen Beiträgen eingegangen. Die Qualität der erarbeiteten Forschungsergebnisse kann durch die positiven Beurteilungen der Gutachter im Rahmen der Veröffentlichung bestätigt werden.

Forschungsbeiträge

Ein effektives DSR-Projekt leistet sowohl einen neuartigen Beitrag zur theoretischen Wissensbasis als auch zur Lösung einer praktischen Problemstellung. In den beiden nachfolgenden Abschnitten werden die Beiträge der Arbeit diskutiert.

4.2 Wissenschaftlicher Beitrag

Durch die vorliegende Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Domäne der standardisierten Managementsysteme und insbesondere die Integration von Managementsystemen bisher vor allem Untersuchungsgegenstand der betriebswirtschaftlich orientierten Forschung ist.

Forschungsarbeiten aus diesem Bereich liefern in erster Linie deskriptive Aussagen über die Wirkungen, Hemmnisse und Erfolgsfaktoren sowie Charakteristiken der Implementierung und Gestalt von IMS. Es konnte gezeigt werden, dass bisherige Forschungsarbeiten zwar die Relevanz einer adäquaten und integrierten Dokumentation nachweisen und bestätigen, hierfür aber kaum anwendbare Artefakte bereitgestellt werden.

Vor diesem Hintergrund liefert die vorliegende Arbeit einen innovativen Beitrag zur methodischen Unterstützung bei der Dokumentation und Integration standardisierter Managementsysteme. Durch die konsequente Anwendung der konzeptuellen Modellierung für den beschriebenen Anwendungsfall wird ein Beitrag zum Methodenspektrum der Wirtschaftsinformatik geleistet und dargestellt, wie Modelle bei der Bewältigung von Managementaufgaben unterstützen können. Im Ergebnis der Arbeit werden Modellkonzepte präsentiert, die eine normkonforme Darlegung von Managementaspekten erlauben und dabei gleichzeitig Defizite bisheriger Architekturframeworks und Modellierungsansätze illustrieren und somit Vorschläge zur Erweiterung darstellen. Bei einer abstrakteren Betrachtung der zugrundeliegenden Entwicklungsschritte wird deutlich, dass die Anforderungen der fachlichen Ebene, im vorliegenden Fall konkrete Normanforderungen, einer vergleichenden Gegenüberstellung unterzogen wurden. Für Gruppen von konkreten Anforderungen konnten

Merkmale herausgearbeitet werden, die eine abstraktere Beschreibung von unterschiedlichen Anforderungstypen erlauben, nach denen sich konkrete Anforderungen kategorisieren lassen. Für diese Typen wurden Gestaltungsempfehlungen zur modellgestützten Beschreibung erarbeitet, um schließlich eine modellbasierte Repräsentation konkreter Normanforderungen auf der Fachebene zu ermöglichen. Die Überlegungen zur inhaltlichen und strukturellen Kategorisierung von (normbasierten) Anforderungen sowie deren modellhafte Repräsentation können einen Ausgangspunkt für neue oder weiterführende wissenschaftliche Arbeiten darstellen, die sich mit einer ähnlichen Problemklasse auseinandersetzen.

Den einzelnen Forschungsbeiträgen liegt jeweils eine Konsolidierung vorangegangener Forschungsarbeiten und praktischer Lösungsansätze zugrunde. Somit stellt die Arbeit eine Aufarbeitung relevanter Literatur im Kontext der (integrierten) Managementsysteme dar.

Durch die intensive Analyse eines Unternehmens im Rahmen einer Fallstudie konnten detaillierte, qualitative Erkenntnisse hinsichtlich der Herausforderungen der Managementsystemintegration gewonnen werden. Hierdurch konnte ein Beitrag zur Wissensbasis geschaffen werden, der über den Detailgrad üblicher Forschungsarbeiten in diesem Bereich hinausgeht, wengleich die Beschränkung auf ein Einzelunternehmen keine Verallgemeinerbarkeit erlaubt.

4.3 Praktischer Beitrag

Die Motivation zur Durchführung der Forschungsarbeit begründet sich in den Erfahrungen, die in der Zusammenarbeit mit Unternehmen gemacht wurden. Anstoß des Forschungsvorhabens ist die Erkenntnis, dass für die Einführung standardisierter Managementsysteme und deren Dokumentation sowie Integration zwar Dokumentenvorlagen, Leitfäden und Handlungsempfehlungen existieren, diese aber in der Unternehmenspraxis auf eine vergleichsweise geringe Akzeptanz stoßen.

Nach Ansicht des Autors begründet sich dies unter anderem mit der Tatsache, dass viele dieser Lösungen zwar die Interpretation der teilweise abstrakt formulierten Normanforderungen unterstützen, aber die eigentlichen Tätigkeiten, die zum Aufbau und zur Dokumentation entsprechender Strukturen notwendig sind, kaum unterstützt werden. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, liefert die vorliegende Arbeit eine Reihe von praktischen Beiträgen, die Fachexperten bei der Arbeit mit Managementsystemnormen unterstützen und den Entwicklern entsprechender Softwarelösungen Gestaltungsempfehlungen liefern können:

- Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde eine Methode zum modellgestützten Energiemanagement gemäß ISO 50001 (vgl. [ISO11]) erarbeitet. Unter Anwendung eines multiperspektivischen Modellierungsansatzes können alle dokumentationsrelevanten Informationen innerhalb des Modellsystems hinterlegt werden.
- Die im Rahmen der Entwicklung des Modellsystems definierten Sichten können gleichfalls zur Strukturierung einer nicht-modellgestützten Dokumentation eines Managementsystems verwendet werden.
- Als Teil der Methode für das modellgestützte Energiemanagement wurde ein Metamodell erarbeitet, welches auch zur Implementierung in anderen Entwicklungsumgebungen, als dem durch die Autoren genutzten *Cubetto Toolset*, geeignet ist. Somit kann das Metamodell auch für die Entwicklung domänenspezifischer Anwendungssoftware weiterverwendet werden. Es ist anzumerken, dass alle im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Modelle als Vorschläge zu verstehen sind und mithilfe entsprechende Editoren frei veränderbar sind. Somit können den erstellten Modellen je nach Anwendungsfall Konzepte und Modellsichten hinzugefügt werden. Ebenso ist eine Veränderung oder Entfernung dieser möglich.
- Zur Kategorisierung von Normanforderungen unter inhaltlichen und strukturellen Gesichtspunkten werden Anforderungstypen, sogenannte Integrationstypen, definiert. Diese können auch unabhängig von der Verwendung eines modellbasierten Ansatzes genutzt werden, um Ansatzpunkte für die Integration von Managementsystemen zu identifizieren.
- Die auf Grundlage der Integrationstypen entwickelten Integrationspatterns stellen konkrete Designempfehlungen für die Erweiterung bisheriger normorientierter Metamodelle dar.
- Zur Erarbeitung der funktionsunspezifischen Ontologie, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit als IMSonto bezeichnet wird, wurde eine intensive Anforderungsanalyse des durch die ISO veröffentlichten Annex SL (vgl. [ISO15d]) durchgeführt. Unabhängig von dem modellbasierten Aufbau eines IMS legt die Arbeit die Kernkonzepte einer entsprechenden Managementsystemdokumentation offen, die auch als Basis einer dokumentenbasierten Integration interpretiert werden können.
- Das Kernmodell IMSonto stellt die Grundlage zur Entwicklung von Anwendungssoftware dar, die eine modulare Dokumentation eines IMS unterstützt.

5 Quellen

- [AFBP10] ASIF, M.; FISSCHER, O. A.; DE BRUIJN, E. J.; PAGELL, M.: Integration of management systems: A methodology for operational excellence and strategic flexibility. In: *Operations Management Research* 3 (2010), Nr. 3-4, S. 146–160
- [AGB11] ALTURKI, A.; GABLE, G. G.; BANDARA, W.: A design science research roadmap. In: *Service-Oriented Perspectives in Design Science Research*. Berlin / Heidelberg: Springer, 2011, S. 107–123
- [ARW08] AIER, S.; RIEGE, C.; WINTER, R.: Unternehmensarchitektur – Literaturüberblick und Stand der Praxis. In: *Wirtschaftsinformatik* 50 (2008), Nr. 4, S. 292–304
- [BE06] BRAUN, R.; ESSWEIN, W.: Eine Methode zur Konzeption von Forschungsdesigns in der konzeptuellen Modellierungsforschung. In: *Integration, Informationslogistik und Architektur (DW2006)*, Lecture Notes in Informatics (2006), S. 143–171
- [BHKN03] BECKER, J.; HOLTEN, R.; KNACKSTEDT, R.; NIEHAVES, B.: Wissenschaftstheoretische Grundlagen und ihre Rolle für eine konsensorientierte Informationsmodellierung. In: *Proceedings der Tagung Wissenschaftstheorie in Ökonomie und Wirtschaftsinformatik* (2003), S. 307–334
- [BNK04] BECKER, J.; NIEHAVES, B.; KNACKSTEDT, R.: Bezugsrahmen zur epistemologischen Positionierung der Referenzmodellierung. In: *Referenzmodellierung: Grundlagen, Techniken und domänenbezogene Anwendung*. Heidelberg: Physica-Verlag, 2004, S. 1–17
- [BSI07] BSI Technical Committee HS/1: BS OHSAS 18001:2007 – Occupational health and safety management systems – Requirements
- [Fra11] FRANK, U.: *ICB-Research Report No. 46: Multi-perspective enterprise modelling: Background and terminological foundation*. University Duisburg-Essen, Institute for Computer Science and Business Information Systems, 2011

- [Fra14] FRANK, U.: Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges. In: *Software & Systems Modeling* 13 (2014), Nr. 3, S. 941–962
- [GG15] GIANNI, M.; GOTZAMANI, K.: Integrated Management Systems and Information Management Systems: Common Threads. In: PAPAJOJGI, P.; PINET, F.; GUIMARÃES, A. M.; PAPATHANASIOU, J. (Hrsg.): *Automated Enterprise Systems for Maximizing Business Performance*. Hershey: IGI Global, 2015, S. 195–214
- [GH13] GREGOR, S.; HEVNER, A.: Positioning and presenting design science research for maximum impact. In: *Management Information Systems Quarterly* 37 (2013), Nr. 2, S. 337–355
- [Gre04] GREIFFENBERG, S.: *Methodenentwicklung in Wirtschaft und Verwaltung*. Hamburg: Kovač, 2004
- [GZ02] GREINKE, G.; ZINFLOU, S. Prozessmanagement mit ARIS bei der ImmoBilia AG. In: Scheer, A.-W.; Jost, W. (Hrsg.): *ARIS in der Praxis*. Berlin Heidelberg: Springer, 2002, S. 97–118
- [HF14] HOY, Z.; FOLEY, A.: A structured approach to integrating audits to create organisational efficiencies: ISO 9001 and ISO 27001 audits. In: *Total Quality Management & Business Excellence* 26 (2014), Nr. 5-6, S. 690–702
- [HKS13] HILPERT, H.; KRANZ J.; SCHUMANN, M.: Green Information Systems wirksam einsetzen. In: *Wirtschaftsinformatik* 55 (2013), Nr. 5, S. 315–327
- [HMPR04] HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S.: Design Science in Information Systems Research. In: *Management Information Systems Quarterly* 28 (2004), Nr. 1, S. 75–105
- [Hue13] HUEMER, H.: Normung und Standardisierung. In: KUHLEN, R.; SEMAR, W.; STRAUCH, D. (Hrsg.): *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation: Handbuch zur Einführung in die Informationswissenschaft und –praxis*. München: De Gruyter Saur, 2013, S. 541–549

- [ISO04] ISO: The ISO Survey of ISO 9001:2000 and ISO 14001 Certificates – 2003. URL: <http://www.iso.org/iso/survey2003.pdf> (Abruf am 29/02/2016)
- [ISO09] ISO/TC 176: ISO/TS 16949:2009 – Quality management systems -- Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations
- [ISO10] ISO/TMBG: ISO 26000:2010 – Guidance on social responsibility
- [ISO11] ISO/TC 242: ISO 50001:2011 – Energy management systems -- Requirements with guidance for use
- [ISO13] ISO/IEC JTC 1/SC 27: ISO/IEC 27001:2013 – Information technology -- Security techniques -- Information security management systems – Requirements
- [ISO15a] ISO: The ISO Survey 2014. URL: <http://www.iso.org/iso/iso-survey> (Abruf am 29/02/2016)
- [ISO15b] ISO/TC 176/SC 2: ISO 9001:2015 – Quality management systems -- Requirements
- [ISO15c] ISO/TC 207/SC 1: ISO 14001:2015 – Environmental management systems -- Requirements with guidance for use
- [ISO15d] ISO/IEC: Annex SL – Proposals for management system standards. URL: <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=4230452> (Abruf am 11/11/2015)
- [ISO16] ISO/IEC: How does ISO develop standards?. URL: http://www.iso.org/iso/home/standards_development.htm (Abruf am 24/03/2016)
- [MS95] MARCH, S. T.; SMITH, G.: Design and Natural Science Research on Information Technologies. In: *Decision Support Systems* 15 (1995), Nr. 4, S. 251–266
- [NKS13] NOWICKI, P.; KAFEL, P.; SIKORA, T.: Selected requirements of integrated management systems based on Pas 99 specification. In: *International Journal for Quality research* 7 (2013), S. 93–102

- [Pfe01] PFEIFER, T.: *Praxisbuch Qualitätsmanagement / Aufgaben, Lösungswege, Ergebnisse*. 2. München: Hanser, 2001
- [PTRC08] PEFFERS, K.; TUUNANEN, T.; ROTHENBERGER, M. A.; CHATTERJEE, S.: A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. In: *Journal of Management Information Systems* 24 (2008), Nr. 3, S. 45–77
- [RLE15] RÖBLER, R.; LACHMANN, H.; ESSWEIN, W.: Documentational aspects of integrated management systems on the example of a plastics manufacturing company. In: *Proceedings der 45. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik* (2015), S. 259–270
- [Roe14] RÖBLER, R.: Modellgestützte Integration von Managementsystemen - Entwicklung eines IT-Artefakts. In: *Tagungsband des 18. Interuniversitären Doktorandenseminars Wirtschaftsinformatik* (2014), S. 25–37
- [Roe16] RÖBLER, R.: Modeling Integrated Management Systems. unveröffentlicht.
- [RSE13] RÖBLER, R.; SCHLIETER, H.; ESSWEIN, W.: Modellgestützte Dokumentation und Steuerung von Energiemanagementsystemen. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 50 (2013), Nr. 3, S. 26–39
- [RSE14a] RÖBLER, R.; SCHLIETER, H.; ESSWEIN, W.: Towards Model-based Energy Management. In: *Proceedings der Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2014* (2014), S. 1375–1389
- [RSE14b] RÖBLER, R.; SCHLIETER, H.; ESSWEIN, W.: Extending Enterprise Management Systems - The Case of Energy Management. In: *Proceedings der Americas Conference on Information Systems 2014* (2014), S. 1–11
- [RS15] RÖBLER, R.; SCHLIETER, H.: Towards Model-based Integration of Management Systems. In: *Proceedings der 12. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik* (2015), S. 31–45
- [Stu06] STURM, R.: *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. Berlin, Boston: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2006

- [Ven06] VENABLE, J.: The Role of Theory and Theorising in Design Science Research. In: *Proceedings der First International Conference on Design Science Research in IT* (2006), S. 24–25
- [WHHB14] WHEELLEN, T.; HUNGER, D.; HOFFMAN, A.; BAMFORD, C.: *Strategic Management and Business Policy: Globalization, Innovation and Sustainability*. 14. Boston: Pearson Press, 2014.
- [Win08] WINTER, R.: Design science research in Europe. In: *European Journal of Information Systems* 17 (2008), Nr. 5, S. 470–475

Anhang A

Übersicht der entwickelten Artefakte

	Bezeichnung	Publikation
Artefakt 1	Modellierungssprache für das Modellgestützte Energiemanagement („Energy-E Framework“)	[RSE13], [RSE14a], Anhang B
Artefakt 2	Gestaltungsempfehlungen für eine modellbasierte Integration von Anforderungen („Integrations-Patterns“)	[RS15]
Artefakt 3	Modell zur Beschreibung der Kernelemente eines Integrierten Managementsystems („IMSonto“)	[Roe16] bzw. Teil II - Publikation V

Tabelle 3: Übersicht der entwickelten Artefakte

Anhang B

Teil 1 – Modellebenen der Modellierungssprache

«Model Type» Energiemanagementmodell	«View Type» Energiemanagementmodell Strategie	«Presentation Type» Strategie Zielplan	«Presentation Type» Strategie Aktionsplan	«Presentation Type» Strategie Maßnahmen - Außensicht	«Presentation Type» Strategie Maßnahmen - Innensicht	«Presentation Type» Strategie Programmminensicht
«View Type» Energiemanagementmodell Energetische Analyse & Dokumentation	«Presentation Type» Energetische Analyse & Dokumentation Energetische Bewertung - Prozessorientierung	«Presentation Type» Energetische Analyse & Dokumentation Energetische Bewertung - Strukturorientierung	«Presentation Type» Energetische Analyse & Dokumentation Messstellenplan	«Presentation Type» Energetische Analyse & Dokumentation Gesetzliche und allgemeine Verpflichtungen		
«View Type» Energiemanagementmodell Organisation	«Presentation Type» Organisation Organisationsstruktur	«Presentation Type» Organisation Stellenbeschreibung				
«View Type» Energiemanagementmodell Energiemanagementprozesse	«Presentation Type» Energiemanagementprozesse Prozessdiagramm					

Abbildung 7: Übersicht der Modellebenen

Teil 3 – Konkrete Syntax der Modellierungssprache

Präsentationstyp: Zielplan

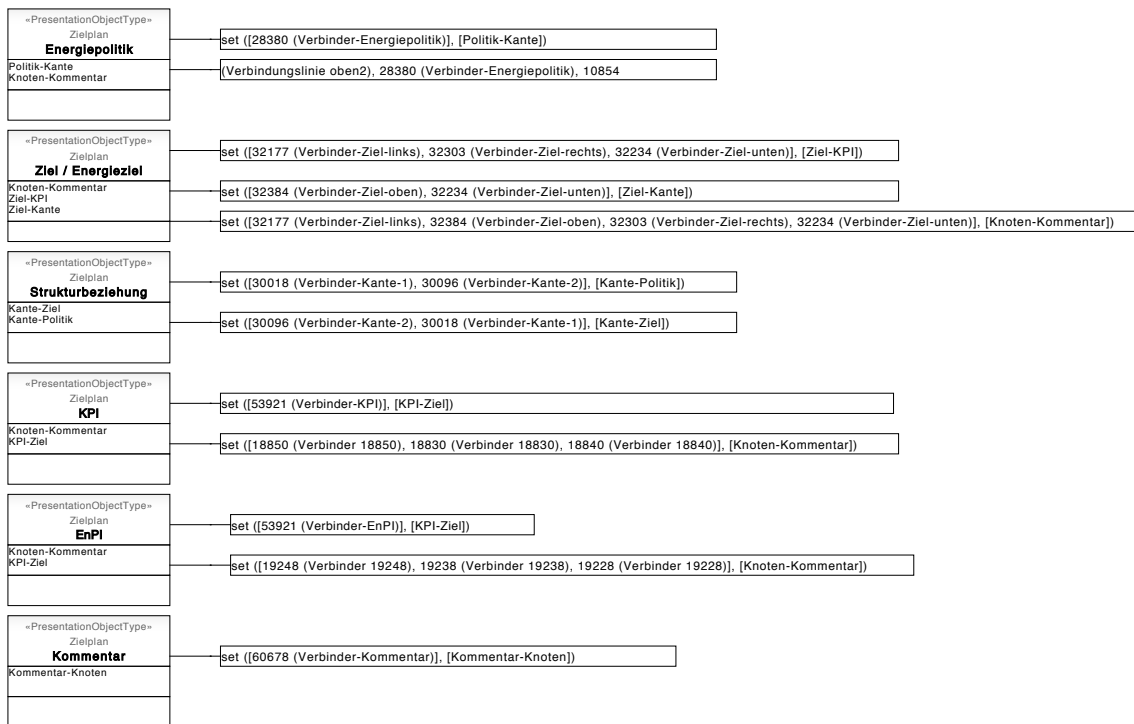


Abbildung 9: Konkrete Syntax der Präsentation: Zielplan

Präsentationstyp: Aktionsplan

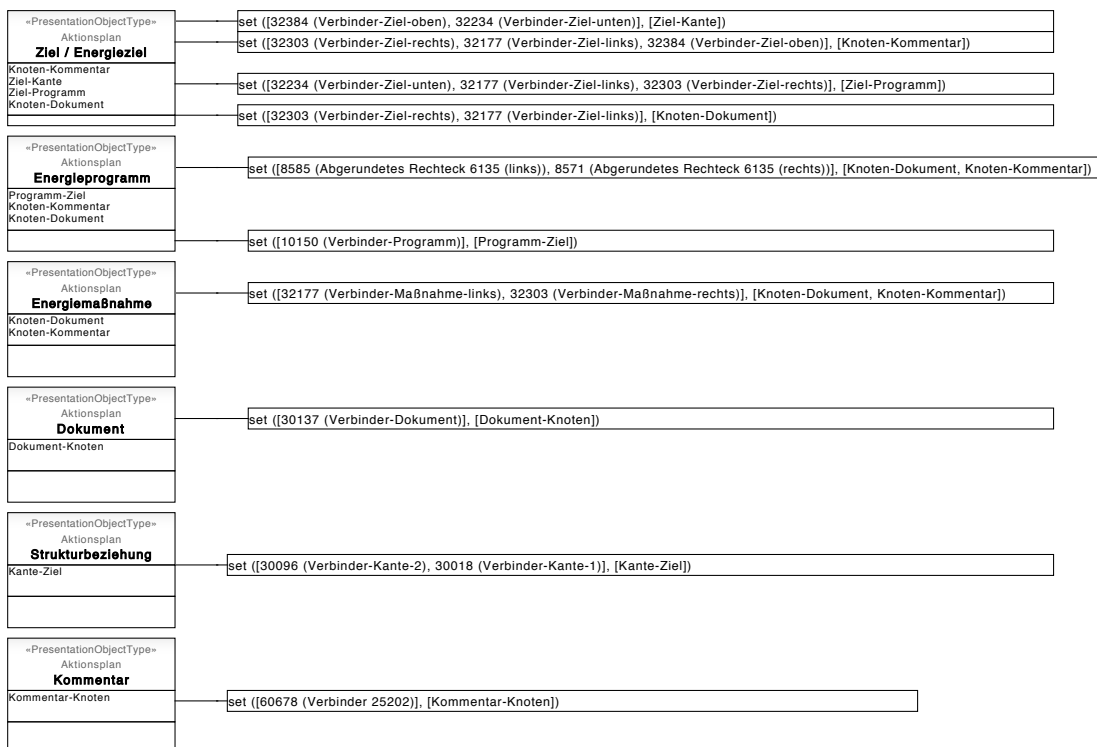


Abbildung 10: Konkrete Syntax der Präsentation: Aktionsplan

Präsentationstyp: Maßnahmenaußensicht

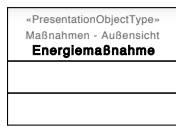


Abbildung 11: Konkrete Syntax der Präsentation: Maßnahmenaußensicht

Präsentationstyp: Maßnahmeninnensicht

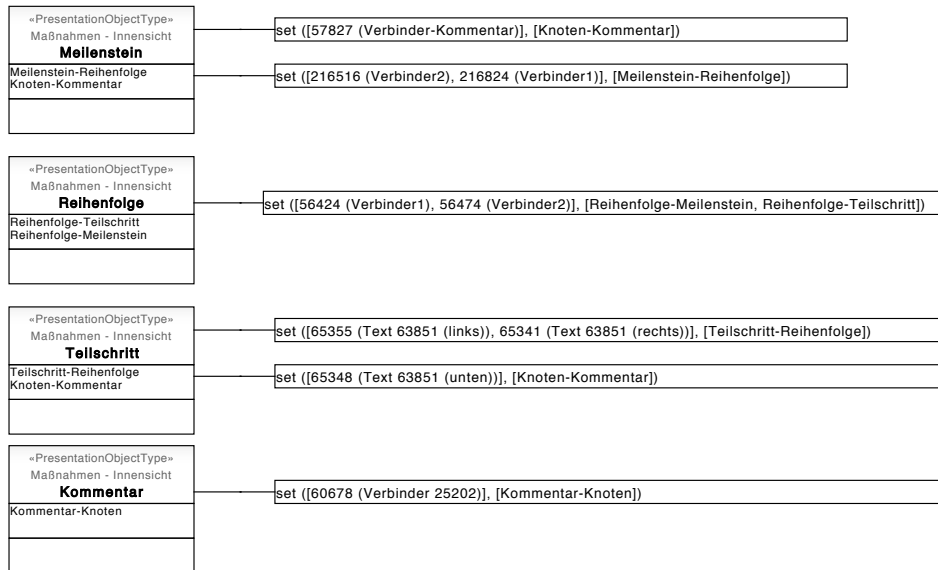


Abbildung 12: Konkrete Syntax der Präsentation: Maßnahmeninnensicht

Präsentationstyp: Programminnensicht

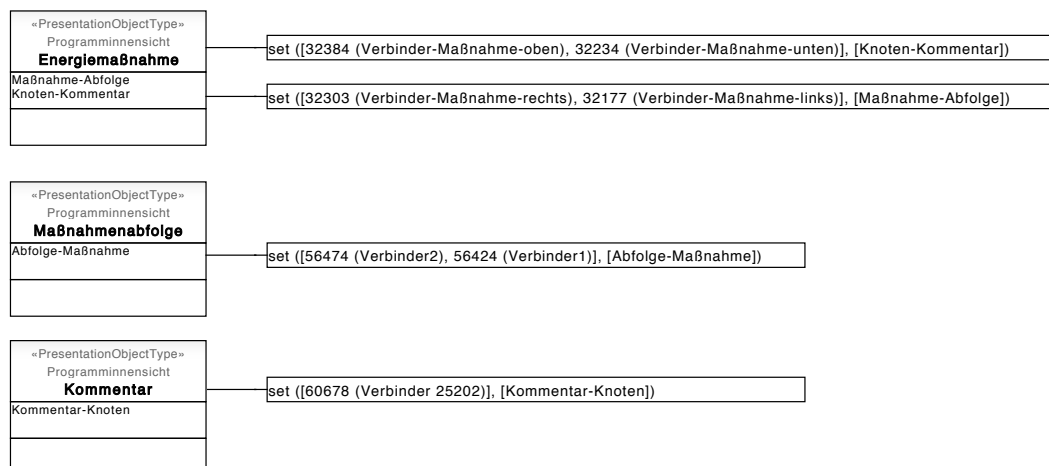


Abbildung 13: Konkrete Syntax der Präsentation: Programminnensicht

Präsentationstyp: Energetische Bewertung – Prozessorientierung

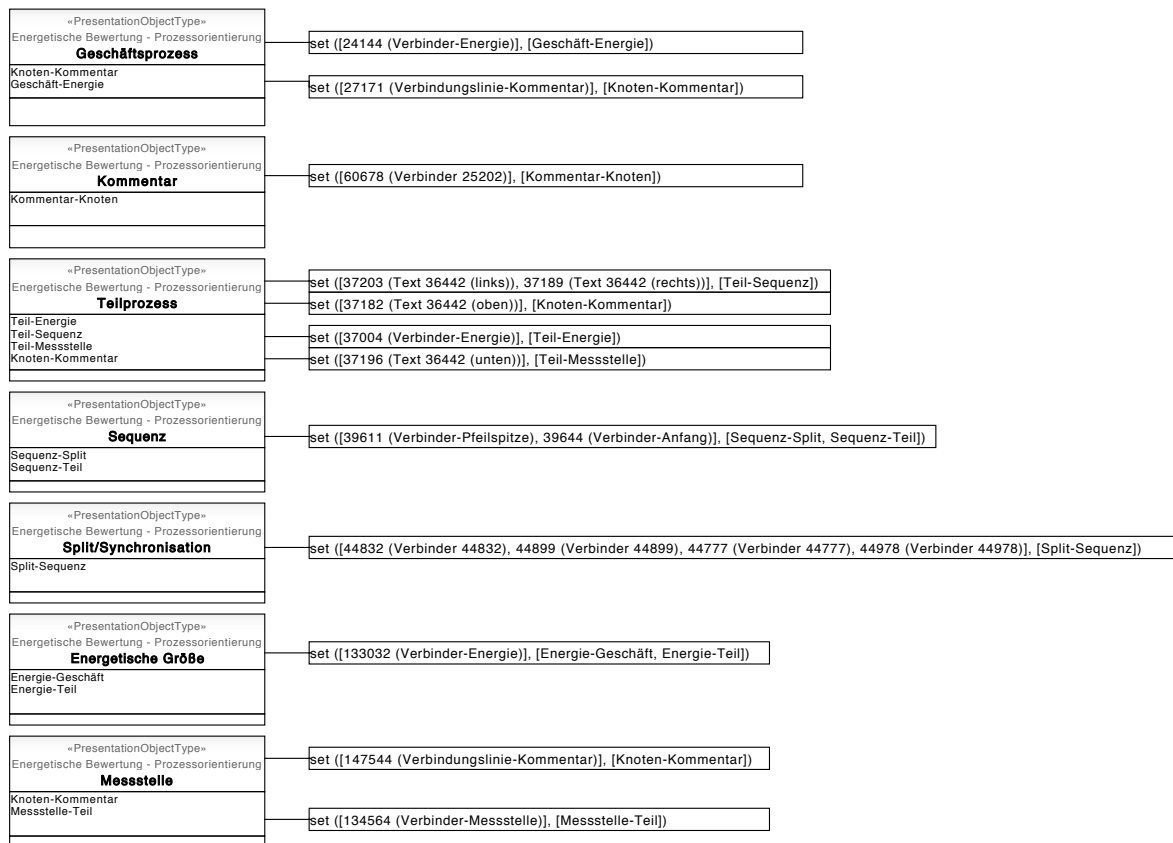


Abbildung 14: Konkrete Syntax der Präsentation: Energetische Bewertung - Prozessorientierung

Präsentationstyp: Messstellenplan

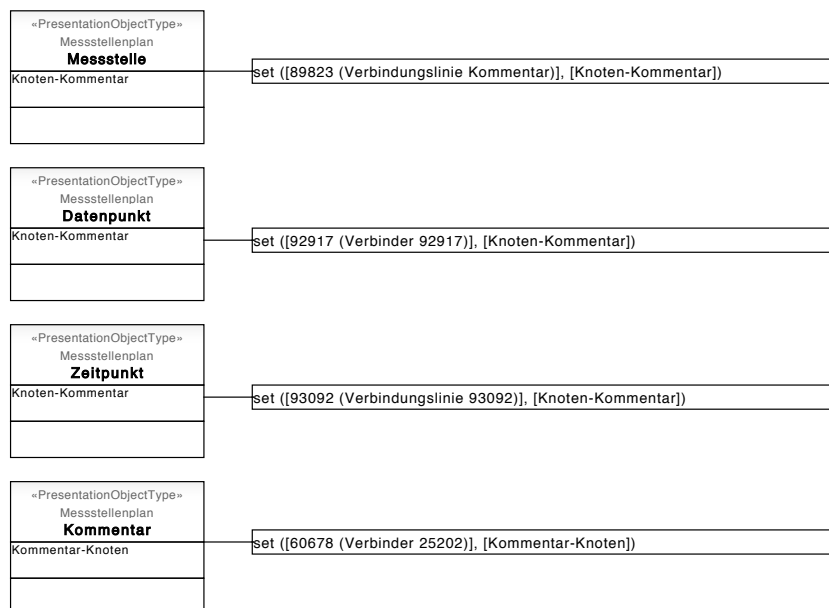


Abbildung 15: Konkrete Syntax der Präsentation: Messstellenplan

Präsentationstyp: Energetische Bewertung – Strukturorientierung

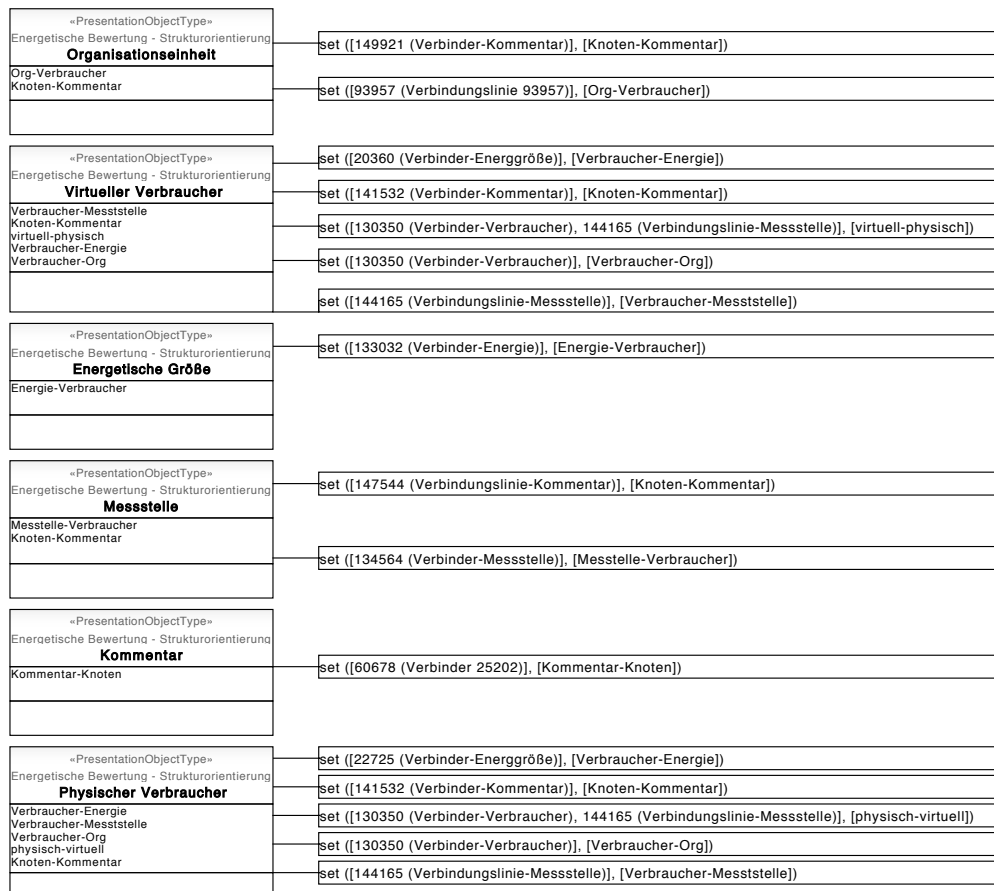


Abbildung 16: Konkrete Syntax der Präsentation: Energetische Bewertung - Strukturorientierung

Präsentationstyp: Gesetzliche und allgemeine Verpflichtungen

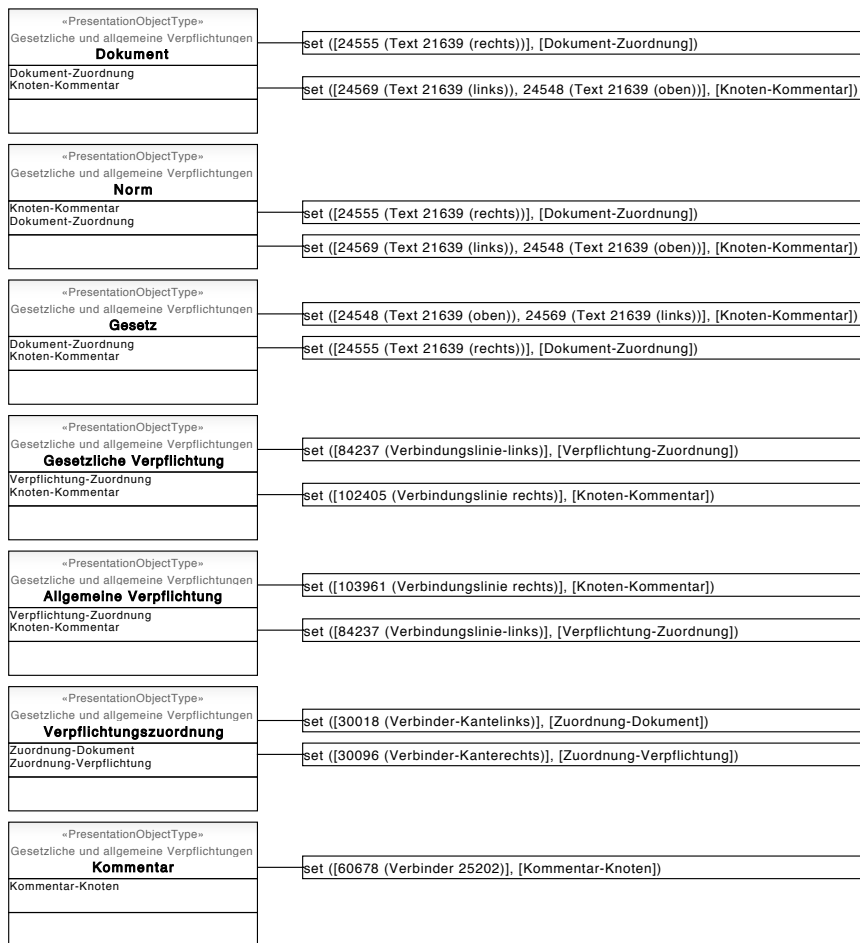


Abbildung 17: Konkrete Syntax der Präsentation: Gesetzliche und allgemeine Verpflichtungen

Präsentationstyp: Organisationsstruktur



Abbildung 18: Konkrete Syntax der Präsentation: Organisationsstruktur

Präsentationstyp: Stellenbeschreibung

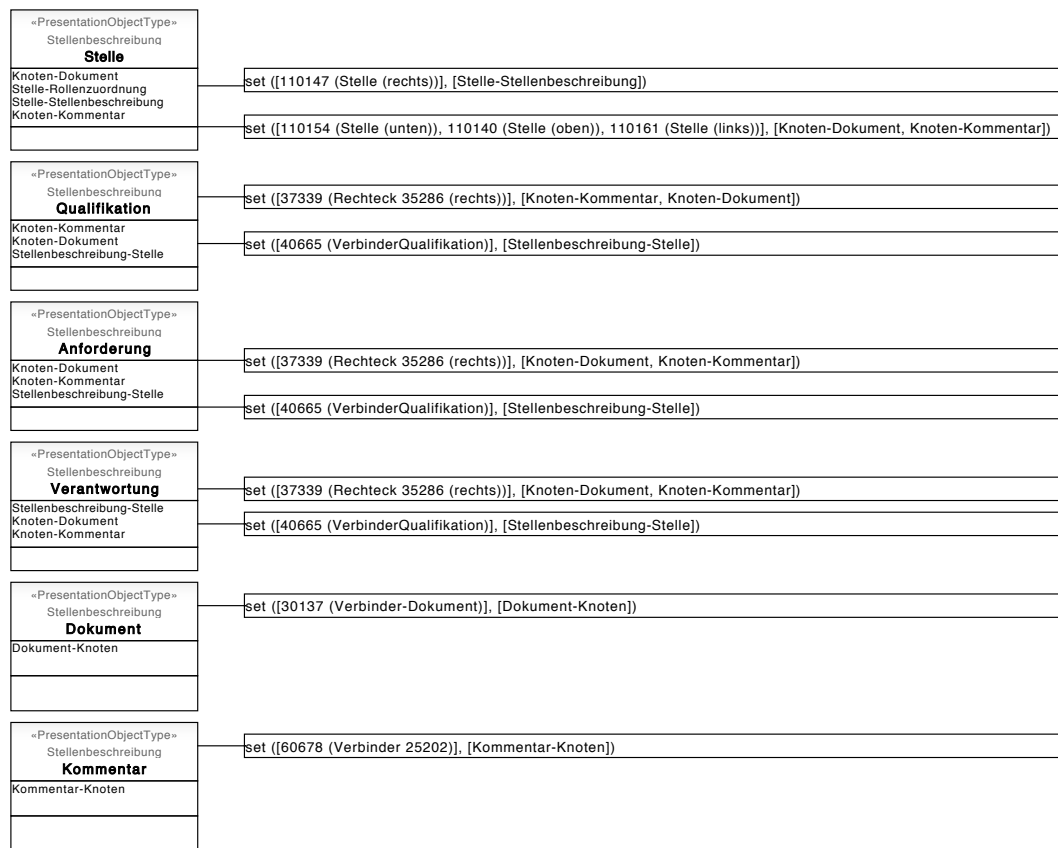


Abbildung 19: Konkrete Syntax der Präsentation: Stellenbeschreibung

Präsentationstyp: Prozessdiagramm



Abbildung 20: Konkrete Syntax der Präsentation: Prozessdiagramm

Teil II

Publikationen

6 Publikation I (Verweis)

Titel	Modellgestützte Dokumentation und Steuerung von Energiemanagementsystemen (Artikel 1)		
Autoren	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein		
Publikation	Rößler, R., Schlieter, H., & Esswein, W. (2013). Modellgestützte Dokumentation und Steuerung von Energiemanagementsystemen. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 50(3), 26–39.		
Verfügbarkeit	http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF03340813		
Beitrag des Autors	Forschungskonzeption	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	40% 40% 20%
	Grundlagenanalyse / Stand der Forschung	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	80% 10% 10%
	Anwendung der Forschungsmethode / Kreativer Teil	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	40% 40% 20%
	Formulierung des Manuskripts	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	70% 20% 10%
	Prüfung des Manuskripts	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	50% 30% 20%

Tabelle 4: Beiträge der Autoren zur Publikation I

7 Publikation II (Verweis)

Titel	Extending Enterprise Management Systems - The Case of Energy Management (Artikel 2)		
Autoren	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein		
Publikation	Rößler, R., Schlieter, H., & Esswein, W. (2014). Extending Enterprise Management Systems - The Case of Energy Management, Proceedings der Americas Conference on Information Systems 2014, Savannah, 1375–1389.		
Verfügbarkeit	http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1107&context=amcis2014		
Beitrag des Autors	Forschungskonzeption	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	60% 20% 20%
	Grundlagenanalyse / Stand der Forschung	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	80% 10% 10%
	Anwendung der Forschungsmethode / Kreativer Teil	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	60% 20% 20%
	Formulierung des Manuskripts	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	70% 20% 10%
	Prüfung des Manuskripts	Richard Rößler Hannes Schlieter Werner Esswein	50% 30% 20%

Tabelle 5: Beiträge der Autoren zur Publikation II

8 Publikation III (Verweis)

Titel	Towards Model-based Integration of Management Systems (Artikel 3)		
Autoren	Richard Rößler Hannes Schlieter		
Publikation	Rößler, R., & Schlieter, H. (2015). Towards Model-based Integration of Management Systems, Proceedings der 12. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik, Osnabrück, 31–45. * Beitrag wurde für die Verleihung des Best Paper Award nominiert		
Verfügbarkeit	http://aisel.aisnet.org/wi2015/3/		
Beitrag des Autors	Forschungskonzeption	Richard Rößler Hannes Schlieter	70% 30%
	Grundlagenanalyse / Stand der Forschung	Richard Rößler Hannes Schlieter	80% 20%
	Anwendung der Forschungsmethode / Kreativer Teil	Richard Rößler Hannes Schlieter	60% 40%
	Formulierung des Manuskripts	Richard Rößler Hannes Schlieter	70% 30%
	Prüfung des Manuskripts	Richard Rößler Hannes Schlieter	60% 40%

Tabelle 6: Beiträge der Autoren zur Publikation III

9 Publikation IV (Verweis)

Titel	Documentational aspects of integrated management systems on the example of a plastics manufacturing company (Artikel 4)		
Autoren	Richard Rößler Helen Lachmann Werner Esswein		
Publikation	Rößler, R., Lachmann, H., & Esswein, W. (2015). Documentational aspects of integrated management systems on the example of a plastics manufacturing company, Proceedings der 45. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Cottbus, 259–270.		
Verfügbarkeit	http://www-docs.tu-cottbus.de/informatik/public/Informatik2015/tagungsband/GI_Proceedings_Band-246.pdf		
Beitrag des Autors	Forschungskonzeption	Richard Rößler	50%
		Helen Lachmann	40%
		Werner Esswein	10%
	Grundlagenanalyse / Stand der Forschung	Richard Rößler	50%
		Helen Lachmann	40%
		Werner Esswein	10%
	Anwendung der Forschungsmethode / Kreativer Teil	Richard Rößler	40%
		Helen Lachmann	50%
		Werner Esswein	10%
	Formulierung des Manuskripts	Richard Rößler	60%
		Helen Lachmann	30%
		Werner Esswein	10%
	Prüfung des Manuskripts	Richard Rößler	60%
		Helen Lachmann	30%
		Werner Esswein	10%

Tabelle 7: Beiträge der Autoren zur Publikation IV

10 Publikation V

Titel	Modeling Integrated Management Systems (Artikel 5)
Autor	Richard Rößler
Publikation	Rößler, R. (2016). Modeling Integrated Management Systems.
Verfügbarkeit	Unveröffentlicht
Beitrag des Autors	Gesamte Arbeit

Tabelle 8: Beiträge der Autoren zur Publikation V

MODELING INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEMS

Research

*Rößler, Richard, Technische Universität Dresden, Dresden, Germany,
richard.roessler@tu-dresden.de*

Abstract

Integrated Management Systems aim to unify management aspects of different functional areas under the umbrella of a holistic management system. Such systems are characterized by a high degree of complexity due to a diversity of requirements to be considered. This paper presents IMSonto, an ontology, which is a structuring aid for the basic aspects of an (integrated) management system. IMSonto provides the foundation for the development of IT-based artifacts to better support modelling, integrating and understanding management systems. The considerations of this contribution are based on an intensive analysis of requirements of Annex SL, which is published by the International Organization for Standardization and represents a guideline for the development of management system standards. On the basis of Annex SL the core concepts of an (integrated) management system and their relationships are identified and modeled. For the reduction of complexity four model views are defined, which serve to delineate the model elements from a content point of view. These views are: Requirements View, Strategy View, Organizational View and Process View.

Keywords: Integrated Management Systems, Annex SL, Ontology, Multi-Perspective Modeling

1 Introduction

Modern companies operate in a complex environment, which is characterized by the influences of various interest groups, government regulations and market requirements. While traditional metrics such as sales and profits continue to be the main criteria for measuring success, other aspects, such as environmental protection, energy consumption, information security and occupational health and safety more and more influence the entrepreneurial decision-making (Karapetrovic and Jonker, 2003).

To take account of these aspects, in recent years a wealth of management system standards (MSS) was developed. MSS aim to support companies in building management structures that address these aspects. These standards include ISO 9001 for quality management systems (ISO 2015a), ISO 14001 for environmental management systems (ISO 2015b) and ISO 50001 for energy management systems (ISO 2011).

It can be noted that between the standards a high degree of compatibility prevails (Funk, 2001). This is reflected by partially identical terms through to complete identical requirements within the standards. A parallel implementation of these management systems (MS) is of little use, as this may inevitably lead to unnecessary redundancies, inconsistencies and results in a costly and error-prone deployment and documentation (Simon et al., 2014).

Under the heading of the term integrated management systems (IMS), a variety of research efforts can be observed in recent years that deal with merging respective management structures. According to the explanations of Karapetrovič and Willborn (1998) an IMS can be regarded as a set of interrelated processes that share a pool of information- and infrastructure-related, human, material and financial resources. These processes aim to ensure the satisfaction of the various stakeholders of a company. The elements that constitute an IMS (e.g. objectives, processes and resources) have already been identified and discussed by various authors (see Simon et al., 2014). In addition to obtaining a holistic view, the avoidance of redundancies is an essential motive for integration. In literature other advantages of IMS are discussed (see Bernardo et al., 2015).

On the part of the International Organization for Standardization (ISO) efforts are being made to improve and simplify the structure of IMS in the future. To this end, a document has been prepared, which serves as a guide for the development of new and the revision of existing MSS. Under the title “Annex SL - Proposals for management system standards” (Annex SL,

ISO 2015c) the document proposes an overarching structure and uniform requirements for the design of MSS. Despite the relatively low awareness, the requirements of Annex SL are extremely important for the future shape of MSS. According to the author, however, the requirements of the guide are not just of interest for the developers of MSS, but also for companies finding themselves confronted with an integration scenario.

For a company mainly the question arises of how an IMS can be built. Rößler and Schlieter (2015) found that various practice-oriented tools, such as manuals and templates are available that help companies in implementing a MS. The descriptions for building an IMS are usually little detailed and typically include references to similarities and compatibilities between the requirements of individual MSS. In many cases they only represent an aid for interpretation. It can be stated that despite existing efforts to harmonize the MSS, the creation of IMS in practice is difficult, since little methodological support exists, which guides the construction of such management structures (Ibarra and Calarge, 2013).

Against this background, this article adopts a model oriented view on the establishment and structuring of an IMS. Pidd (2009) states, that models are abstractions from reality for some purpose. Within this context, ontologies are special models. Following Aßmann et al. (2006) an ontology is defined as a shared, descriptive, structural model, representing reality by a set of concepts, their interrelations, and constraints under open-world assumption. The following remarks are dedicated to the design of an ontology, referred to as IMSonto, which is based on an analysis of the requirements of Annex SL and presents the core concepts of current and future MSS and their relationships. The ontology consists of classes and relationships, which are abstract concepts common to different MSS. IMSonto will aid in the creation of models for ISO compliance. It aims to be generic and to allow flexibility in use. It allows description of information related to processes, organizational aspects as well as strategic aspects. Although MS-specific information usually varies among companies, appropriate models can be reused in several cases (De la Vara and Panesar-Walawege, 2013).

The present article is structured as follows: First, a discussion of current model use in the context of IMS takes place in section 2. Therefore, applicability of established frameworks is discussed and an overview of current research is given. Section 3 focuses on the requirements analysis and the design of an ontology for describing IMS. Subsequently, the introduced model views are characterized and the accompanying model elements and their relationships

are described. In section 4 the results of the research will be critically discussed and issues for further research are presented.

2 Model Use in the Context of IMS

2.1 Enterprise Architecture Frameworks

According to Zarvic and Wieringa (2006) an “enterprise architecture is the structure of an enterprise, consisting of the relationships among its ICT systems, the external properties of those ICT systems, and the way these create emergent properties with added value for the enterprise.” Urbaczewski and Mrdalj (2006) add, that an “Enterprise Architecture relates organizational mission, goals, and objectives to work processes and to the technical or IT infrastructure required to execute them.” To describe such architectures various Enterprise Architecture Framework (EAF) have been developed. EAF represent a “documentation structure for Enterprise Architectures” (Zarvic and Wieringa, 2006).

According to the above definition, it could be expected that EAF support the documentation of management structures through appropriate concepts. Against the background of concrete requirements of MSS, however, it is clear that the language concepts made available usually are not enough to support a standards-compliant representation of corporate structures. Subsequently, the need for expansion, respectively, detailing is demonstrated on the basis of a cross-section of established frameworks and challenges of extension are discussed. Table 1 draws on the remarks of Frank (2012) and is appropriately supplemented by examples of provided language concepts and the question of whether MS specific concepts are considered within the provided languages.

Since the present contribution is primarily oriented to the necessary concepts for modeling IMS structures, the following considerations address provided language concepts and possibilities of language customization by modifying the meta model.

All considered approaches have in common that they address the description and design of information system architectures of companies. It is striking that in contrast to other approaches TOGAF and the Zachman Framework hardly offer support with regard to modeling architectures. Rather, they represent the general, phased approach to the creation of architectures (TOGAF) or define the aspects of a business to be considered when creating architectures (Zachman Framework).

Significant differences arise with regard to the specification of the underlying meta models. While TOGAF and the Zachman Framework specify no meta model, very different levels of detail can be identified in other approaches. Only MEMO provides a holistic, view-overarching meta model, which is published in a high level of detail. All other approaches are limited to more or less abstract descriptions of the meta model. In some cases, only view-specific meta models are defined, whose biggest drawback lies in the connection of model concepts. This leads to immediate consequences regarding the extensibility and adaptability of the underlying language concepts, as well as ensuring the consistency within the model system to be created. Whereas in MEMO interfaces for extension can be relatively easily identified due to the detailed and published language description, the problem in less transparent descriptions is that corresponding modifications are implemented relatively vague on a more abstract level.

When considering the modeling languages proposed within the frameworks, a very differentiated picture can be ascertained as well. TOGAF and Zachman Framework only refer to modeling languages. Their exact application is not explained. At least, SOM and CIMOSA provide templates for modeling the architecture levels. ArchiMate and ARIS provide independent, domain-specific languages that can be used for modeling. However, the proposed languages are not or only partially integrated. Based on a holistic meta model, MEMO provides concepts of several object-oriented languages in an integrated manner.

As a foundation for the following remarks it should be noted that there are significant differences between frameworks with regard to the conception of the meta models and the associated definition of modeling languages. Furthermore, it should be noted that all frameworks either provide modeling languages directly, or at least refer to applicable languages. The languages referred to represent a basic set for modeling business processes, resources and the organizational structure as well as IT structures of a company. Function-specific aspects, such as they are needed for the documentation of standardized MS, are taken into account no more than by reference to the necessary extension or refinement of language concepts.

EAF Comparison Criterion	ArchiMate (Iacob et al., 2012)	ARIS (Schreer, 2013)	CIM-OSA (Kosanke and Klevers, 1990)	MEMO Frank (2002)	SOM (Ferstl and Sinz, 1995)	TOGAF (Haren, 2011)	Zachman (Zachman, 1987)
Purpose	Modeling of the IT structure in conjunction with business processes	Modeling / design of information systems in the organizational context of manufacturing companies	Modeling of information systems of manufacturing companies, focus on reusability	Analysis and design of information systems, taking into account organizational action systems	Analysis and design of information systems, taking into account organizational action systems	Support in designing enterprise architectures with focus on information system architectures	Support in the description of a company and the affiliated information system
Orientation	Overall architecture	Business process architecture	Technical architectures	Overall architecture	Overall architecture	Overall architecture	Overall architecture
Description of the meta model	Metamodels of individual layers are disclosed, but rather on a general level	Several view-specific metamodels, not one holistic, integrated metamodel	Only very abstract specification of the metamodel	Holistic, view-overarching metamodel	Partial metamodels for the application system and business process level	No metamodel available	No metamodel available
Extensibility / Customization of the metamodel	Not straightforward since specifications too generic	Not straightforward since specifications too generic and application-specific modeling languages	Not straightforward since specifications too generic	Modifications are possible due to the disclosure of the metamodel and the high level of detail	Possible with restrictions	-	-
Modeling concepts	Provision of separate modeling languages, which are based on well established approaches, lack of language integration	Provision of domain-specific modeling languages (eg. EPC), lack of integration of languages	Recommendations based on templates, no holistic modeling language	Provision of a set of object-oriented modeling languages	Recommendations based on templates, no holistic modeling language	Framework only provides recommendations for useable modeling languages	Framework only for the classification of models, recommendatory character
Concept examples	Business Actor, Business Object, Business Process, Stakeholder, Goal	Process, Subprocess, Task, Objective, Requirement, Role	-	Resource, Human Resource, Activity, Process, Organizational Unit	-	-	-
MS-Documentation	Not explicitly addressed						

Table 1. Overview of Enterprise Architecture Frameworks

Thus, for the application case of MS documentation a need to adapt and extend the necessary language concepts is given for all considered EAFs. This becomes particularly clear when a comparison between the necessary concepts listed in Table 5 and the language concepts provided by the EAFs is conducted. Corresponding modifications, however, in the majority of cases are difficult due to the lack of transparency of the meta model.

2.2 Related Work

To the knowledge of the author currently there are only two contributions that deal with the topic of IMS from an IS respectively model oriented perspective. Ibarra and Calarge (2013) suggest the Zachman framework for structuring an IMS. The definition of an enterprise architecture based on this framework constitutes the basis for the construction of an operational information system for the implementation of an IMS. Due to the very abstract structure, the small detail of explanations, the lack of consideration of function-specific concepts, and the absence of instructions to the model usage, the work, however, can only be understood as a thought-provoking impulse. Rößler and Schlieter (2015) develop a model-based method for establishing and maintaining an IMS. Based on a content and structure analysis of the requirements of ISO 9001, ISO 14001, ISO 50001 and OHSAS 18001 they identify four groups of requirement types. Accordingly, requirements may be identical, integrated, parallel or different. Based on these so-called integration types design templates are proposed to solve the problems of integration within a meta model, which forms the basis for integration.

In the area of compliance management contributions exist, which deal with the consideration of requirements in different application domains. To create a basic concept understanding Abdullah et al. (2016) propose a Compliance Management Ontology that describes the core concepts of compliance management and represents their relationships. However, the explanations are too general for the specific application in the context of standardized MS.

Several works deal with issues of compliance in business processes. Papazoglou (2011) presents a framework to capture and manage compliance requirements and designs compliance patterns to express compliance concerns in business processes. Alakūla and Matulevičius (2015) report experiences from the implementation of Security Compliance Patterns for processes of an Insurance Company and derive requirements for the necessary pre-processing of business processes. Stratigaki et al. (2014) present a compliance meta model, which facilitates to extract compliance rules from compliance documents and enables

compliance enforcement in all phases of the business process lifecycle. As typical representatives of a whole series of works from this area these approaches illustrate that research taking in account internal and external requirements within business processes is relatively well-advanced and practical design recommendations and corresponding evaluations have been spawned. The considerations of these works are useful for the application of the requirements of MS, but not sufficient, since the relevant requirements not always have a clear process relation, so that additional aspects need to be represented.

De la Vara and Panesar-Walawege (2013) provide a promising contribution to the model based depiction of MS. Using the example of standards based safety management, the authors present a meta model that supports the concrete fulfillment of standard requirements and describe appropriate concepts and relations. This approach addresses safety compliance from several perspectives, explicitly dealing with information related to the process, data, and objectives that are necessary to demonstrate compliance.

3 IMSonto

3.1 Requirements Analysis

The content of Annex SL (ISO, 2015c) serves as basis for the ontology design presented below. This document is a guide for the development of new MSS and for the revision of previously published MSS. The idea is to define a common denominator for all MSS. Within the Annex SL an overarching structure, identical core text blocks as well as general terms and core definitions are described. It can therefore be noted that the Annex SL serves as a template for MSS. Standards that follow this structure are ISO 9001 and ISO 14001, whose revision took place in 2015.

The author interprets the requirements of Annex SL as key elements of IMS as the defined elements are to be found in any standardized MS and supplemented, as relevant to the respective MSS, by function-specific elements. Thus, the requirements discussed below are understood as a nucleus for the integration of MS. The main sub-headings of Annex SL that shall be applied when drawing up an MSS are shown in Table 2.

Based on the listed main sub-headings and their key content the elementary management tasks for the operation and maintenance of IMS are outlined. The underlying document describes the core requirements only in written form. Relationships between the requirements can only be recognized through text analysis and become visible either by explicit cross-references or

by the use of identical terms in the individual requirements. For example, there is a clear reference that the objectives to be defined by the company must be in conformity with the relevant policy. This is a clear relationship between the concepts *Policy* and *Objective*. On the other hand, in the definition and control of objectives monitoring of the same is required. It is thus only implicitly clear, that the concept of the *Objective* need to be considered by the *Monitoring* process, which needs also to be defined by the company.

Sub-heading	Content	Model View
Introduction	<ul style="list-style-type: none"> Specifically, depending on the discipline 	-
1. Scope	<ul style="list-style-type: none"> Specifically, depending on the discipline 	-
2. Normative references	<ul style="list-style-type: none"> References to adjacent standards, depending on the specific discipline 	Requirements View
3. Terms and definitions	<ul style="list-style-type: none"> Provision of a base set of elementary criteria in the management context, which is the basis for all subsequent formulated requirements 	-
4. Context of the organization	<ul style="list-style-type: none"> Characterization of the business environment, including the requirements of interested parties and the delimitation of the scope of the MS 	Requirements View
5. Leadership	<ul style="list-style-type: none"> Defining the management tasks that have to be fulfilled by the top management, Definition of an MS-specific policy and its contents, Determination of necessary roles, responsibilities and authorities 	Strategy View / Organizational View
6. Planning	<ul style="list-style-type: none"> Planning of actions to address function-specific risks and opportunities and to ensure continuous improvement Formulation of objectives and implementation of a plan to achieve these objectives 	Strategy View / Process View
7. Support	<ul style="list-style-type: none"> Identification and description of the necessary resources and expertise to implement and maintain the MS, Ensuring an MS-specific awareness of employees, Provisions for internal and external communications, Provisions for documentation of MS and especially the definition of activities for document management 	Strategy View / Organizational View / Process View
8. Operation	<ul style="list-style-type: none"> Planning, implementation and monitoring of processes that ensure the fulfillment of the identified requirements 	Process View
9. Performance evaluation	<ul style="list-style-type: none"> General requirements for performance evaluation of MS, including the methods, timing and responsibilities, Detailed requirements for the implementation of internal audits and the management review 	Process View
10. Improvement	<ul style="list-style-type: none"> Establishing measures for the detection of discrepancies from the formulated requirements (nonconformities) and measures to monitor and eliminate discrepancies 	Requirements View / Process View

Table 2. Main sub-headings of Appendix 3 of Annex SL (ISO, 2015c) and corresponding model views

3.2 Methodical Approach

The methodology for creating IMSonto follows a classical approach in the field of ontology engineering, which was proposed by Noy and McGuinness (2001). It is characterized by the

steps shown in Figure 1. Subsequent, these steps are discussed in the context of the problem described above. Noy and McGuinness (2001) note that in particular the development steps of class and property definition usually do not follow a sequential operation, but are typically processed iteratively. During the development of IMSonto this statement could be confirmed. Consequently, these steps will be explained in a combined section (see Step 4).

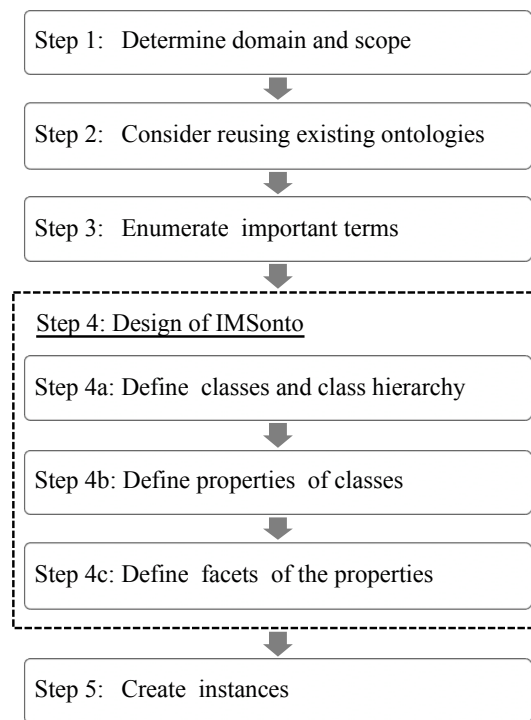


Figure 1. Approach for ontology design

Step 1: Determine domain and scope

The ontology to be developed is intended to describe the core elements of an IMS. At the same time, the ontology represents the core elements of a singular MS as well. This is ensured by the fact that a detailed analysis of the Annex SL was made to derive relevant terms. Care was taken to ensure an Annex SL compliant term use for creating the ontology. This ensures compatibility with function-specific MS standards that are based on the structure of the Annex SL, such as the current versions of ISO 9001 and ISO 14001.

On one hand, the ontology addresses experts from business environment such as MS experts who are in their daily work engaged with the implementation and maintenance of standards-based MS. On the other hand, experts and researchers in the field of enterprise modeling are addressed, who deal with model based solutions of technical problems in the field of MS.

IMSonto therefore pursues two objectives. First, experts are given a tool at hand that supports the analysis of MSS and that provides a diagrammatic illustration of the core requirements and their relationships. Therefore, IMSonto strives for an easier and faster understanding of the requirements. Second, IMSonto should represent the necessary core concepts for modeling standard based management structures that can be used for example as a template for an extension or detailing of EAF.

Step 2: Consider reusing existing ontologies

Analysis of related work led to the insight that so far there is no ontology, which explicitly deals with the domain of standard based, (integrated) MS. Thus, the following remarks address the design of a corresponding ontology from scratch.

Step 3: Enumerate important terms

To determine the relevant terms a thorough review of the requirements of Annex SL was undertaken. For this purpose, sections referred to in Table 2 were successively worked through. It should be noted that the requirements necessary for ontology design are formulated in section “Context of the organization”. Definitions of basic terms could be found in section “Terms and definitions”.

During the initial analysis a total of 94 terms from the requirements of Annex SL could be extracted. Terms and a reference to the corresponding section of Annex SL are shown in Table 3. In the next step, these terms were checked for consolidation potentials. In doing so, common terms used to describe similar concepts or activities were summarized to one term (see Table 4).

Furthermore, the terms “Creating”, “Establishing” and “Implementing” were excluded for further use, since these address the actual implementation of the MS or the creation of basic concepts of the MS and thus constitute an implicit assumption concerning the construction and maintenance of a MS. “Determining” was discarded as an item, instead, “determines” is regarded as a task of the organization and is further used as an association name (see Figure 4, outgoing edges of “Organization”).

Item	Section	Item	Section	Item	Section
Action	6.1	Establishing	4.4	Opportunity	6.1
Achivement	6.2	Evaluating	6.1	Organization	4
Addressee	7.4	Experience	7.2	Outcome	6.1
Adequacy	7.5.2	External Communication	7.4	Performance	5.3
Analyzing	9.1	External Issues	4.1	Period of Time	7.4
Applicability	4.3	Format	7.5.2	Person	7.2
Approving	7.5.2	Frequency	9.2	Planned Change	8.1
Audit Criteria	9.2	Function	6.2	Planning	6.1
Audit Programme	9.2	Impartiality	9.2	Policy	5.2
Audit Scope	9.2	Implementing	4.4	Previous Audit Results	9.2
Auditor	9.2	Importance	9.2	Previous Management Review Results	9.3
Authority	5.3	Interested Party	4.2	Process	4.4
Availability	7.5.2	Internal Audit	9.2	Process Criteria	8.1
Awareness	7.3	Internal Communication	7.4	Protection	7.5.2
Boundaries	4.3	Internal Issues	4.1	Reporting	9.2
Cause	10.1	International Standard	4.4	Requirement	4.2
Changes	9.3	Interval	9.2	Resource	6.2
Competence	7.2	Level	6.2	Responsibility	5.3
Conformity	7.3	Maintaining	4.4	Result	9.1
Consequence	10.1	Management	9.2	Reviewing	7.5.2
Content	7.4	Management Review	9.3	Risk	6.1
Continual Improving	4.4	Management System	4.1	Role	5.3
Controlling	7.5.3	Management System Scope	4.3	Status	9.3
Control Activities	7.5.3	Measuring	9.1	Suitability	7.5.2
Corrective Action	10.1	Measuring Subject	9.1	Top Management	5.3
Creating	7.5.2	Media	7.5.2	Training	7.2
Deadline	6.2	Method	9.1	Trend	9.3
Decision	9.3	Monitoring	6.2	Undesired Effect	6.1
Determining	10.1	Monitoring Subject	9.1	Unintended Change	8.1
Documented Information	4.3	Nonconformity	10.1	Updating	6.2
Education	7.2	Objective	5.2		
Effectiveness	6.1	Objectivity	9.2		

Table 3. *Extracted items from requirements analysis of Annex SL*

Item	Combined to	Comment
„Analyzing“, „Approving“, „Controlling“, „Evaluating“, „Measuring“, „Monitoring“, „Reviewing“	„Monitoring“	„Control Activities“, „Measuring Subject“ are omitted due to combination
„Effectiveness“, „Outcome“, „Performance“	„Effectiveness“	-
„Maintaining“, „Updating“	„Maintaining“	-
„Undesired Effect“, „Risk“	„Risk“	-

Table 4. *Consolidation of items*

Furthermore, four new concepts have been introduced:

- “Issue” as generalization of “External Issues” and “Internal Issues”
- “Conformity Status” as generalization of “Conformity” and “Nonconformity”
- “Communication” as generalization of “Internal Communication” and “External Communication”
- “Process Change” as generalization of “Planned Change” and “Unintended Change”.

These modifications result in a final set of 82 terms. Table 5 gives an overview of all terms that are used within IMSonto. A distinction is made between required processes and other objects, whereby a first categorization of terms is realized. The following section shows how these terms are linked to create the ontology.

(Sub-)Process	Object		
	Action	Education	Objectivity
Continual Improving	Achievement	Effectiveness	Opportunity
External Communication	Addressee	Experience	Organization
Internal Audit	Adequacy	External Issues	Period of Time
Internal Communication	Applicability	Format	Person
Maintaining	Audit Criteria	Frequency	Planned Change
Management Review	Audit Programme	Function	Policy
Monitoring	Audit Scope	Impartiality	Previous Audit Results
Planning	Auditor	Importance	Previous Management Review Results
Process Reporting	Authority	Interested Party	Process Change
	Availability	Internal Issues	Process Criteria
	Awareness	International Standard	Protection
	Boundaries	Interval	Resource
	Cause	Issue	Responsibility
	Changes	Level	Result
	Competence	Management	Risk
	Conformity	Management System	Role
	Conformity Status	Management System Scope	Status
	Consequence	Media	Suitability
	Content	Method	Top Management
	Corrective Action	Monitoring Subject	Training
	Deadline	Nonconformity	Trend
	Decision	Objective	Unintended Change
	Documented Information	Requirement	

Table 5. Concepts of IMSonto

3.3 Design of IMSonto - a function-unspecific core model

For the the presentation of IMSonto the UML (Unified Modeling Language) is used as modeling language and the class diagram as diagram type. Advantages of UML are, amongst other things, the wide dissemination and relatively simple understanding, which is also beneficial for the use and acceptance by practitioners (Budgen et al., 2011). With the proliferation of the UML a matured tool support goes hand in hand. The creation of UML models is generally supported by a variety of modeling tools, so-called CASE (Computer Aided Software Engineering) tools.

After terms that need to be considered by IMSonto, have been identified in the previous section, relations between terms are now disclosed and described by using the language concepts of UML.

To this end, a tabular overview of the relationships between the terms and requirements of Annex SL was drawn up parallel to the determination of the terms. Figure 2 illustrates the procedure on the example of the item "Requirement". Based on the determination of the relations between the concepts all neighboring concepts and adequate relation names were modeled in class notation. In the case of generalization and specialization (e.g. Communication: Internal / External Communication) the relationship was represented by a generalization relationship.

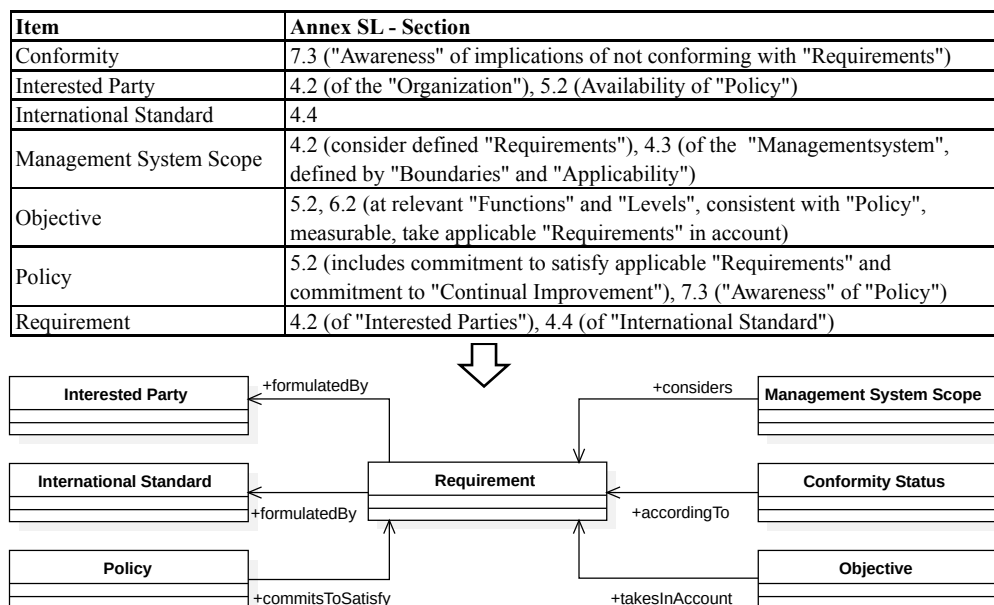


Figure 2. Procedure to derive model concepts and relations

Biunique relationships in the form of a “has” relationship could be identified between different concepts. In order to ensure the clarity of the ontology and to avoid unnecessary complexity increase, the corresponding concepts were defined as attributes and not as separate classes. An example for this case is the concept “Objective”. After consolidation it has four attributes: “Deadline”, “Function”, “Level” and “Achievement”.

To ensure best compatibility between Annex SL and IMSonto, it was omitted to define additional attributes and corresponding value ranges. Depending on the application, these need to be defined by the model user.

According to those rules all the elements described in Table 5 were transferred into a model. A complete illustration of IMSonto is given in Figure. 3

It became clear that a comparatively large amount of concepts for the complete mapping of the requirements is necessary. Despite the large number of model elements and their relationships there is a challenge to limit the degree of complexity to a manageable size. Against this background, it proves to be useful to break down the overall model in definable parts and to consider these separately. This does not mean that sub models, which are also referred to as model views, stand isolated side by side. Rather, these are linked by integrative model elements. This means that certain model elements can be used in several sub models, so that the unity of the elements across the views remains.

After an initial mapping of all requirements of Annex SL, it can be stated that thematic clusters can be distinguished. These clusters are used to define model views which are used for structuring the model system. The following views are defined: Requirements View, Strategy View, Organizational View and Process View. Subsequently, these views are characterized by the model elements they contain. The views and the elements they contain are color coded in Figure 3. Concepts of Requirements View are highlighted in blue, concepts of Strategy View are highlighted in red, concepts of Organizational View are highlighted in green and concepts of Process View are highlighted in yellow.

Documented Information is an example of an integrative model element. As can be seen in Figure 3, this element has references to all model views. The same applies to the use of view-overarching inheritance relationships. For example, a *Role* that is described in Organizational View, is in Process View specialized to an *Auditor*. In the following sections the elements of these views are described. The figures in these sections only show relationships of the concepts of the corresponding view. The full overview of all existing relationships is shown

in Figure 3. For a better readability an electronic version of the ontology could be provided by the author upon request.

As a final development step for creating an ontology Noy and McGuinness (2001) demand to create concrete instances. This step is not part of this work because the claim of IMSonto is to provide a generic usable core ontology which could be extended, for example by instances, by the user as desired.

3.3.1 Requirements View

In Requirements View (see Figure 4), there are those model elements that are necessary for the description of all internal and external *Requirements* of a MS. It is necessary to distinguish between internal and external *Issues*. *Issues* are such factors, that characterize the environment of a company and that need to be addressed by the management. Different sources of requirements are listed. Thus *Requirements* that need to be addressed by the *Management System* originate, on the one hand, from the underlying *International Standard* that defines the core elements of the respective MS. On the other hand, relevant requirements need to be addressed, which are defined by an *Interested Party* and the *Organization* itself. According to Annex SL the *Management System Scope* needs to be defined for the MS. Based on the identified *Requirements* and *Issues*, the company needs to specify where the boundary of the MS is drawn and in which areas of the company the MS will be applied. *Risks* and *Opportunities* both have an impact on the *Management System* and need to be addressed by appropriate *Action* (see Strategy View). The success of the *Management System* is characterized by its *Effectiveness*.

Depending on whether the formulated *Requirements* are complied or not complied with, a *Conformity* or *Nonconformity* can be ascertained. This is depicted via the *Conformity Status*. In case of *Nonconformity* conduction of *Corrective Action* (see Strategy View) is required, which should lead to the elimination of *Nonconformities*. Flanking records in form of *Documented Information* (see Strategy View) are to be made that detect the occurrence of *Nonconformities* and the success of *Corrective Action*.

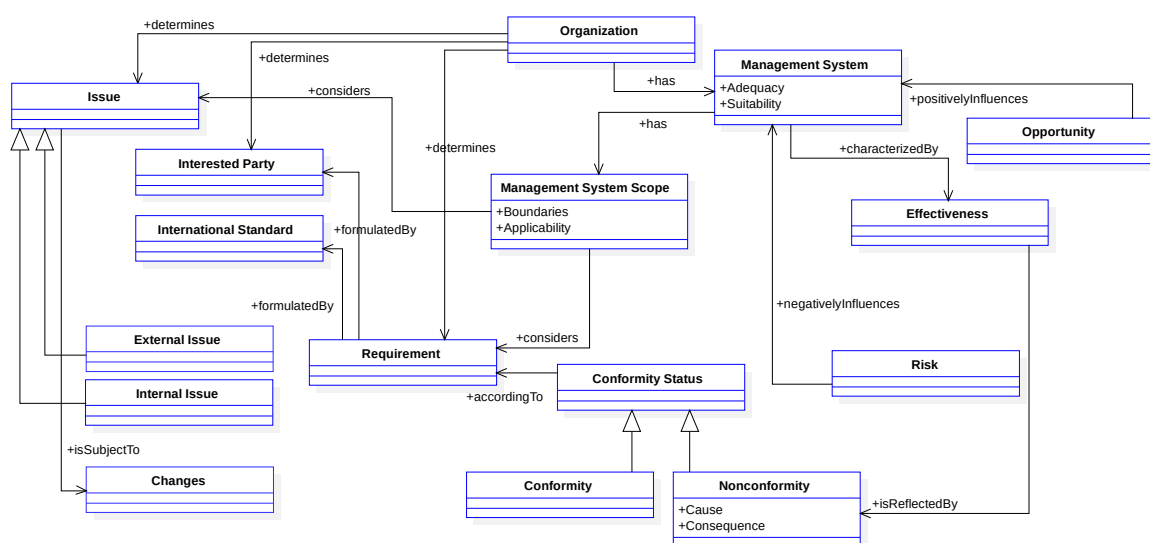


Figure 4. Concepts of Requirements View

3.3.2 Strategy View

Strategy View (see Figure 5) includes those model elements that are necessary to gradually operationalize the relatively abstract commitments of a *Policy*, which is defined by *Top Management* (see *Organizational View*). To this end, *Objectives* are derived from the provisions of the *Policy*. These *Objectives* may, for example, have different periods or areas of application. In the second stage of operationalization *Actions* should be implemented which contribute to achieve the defined *Objectives*. *Corrective Action* is a specialized kind of *Action*, which addresses *Nonconformities* (see *Organizational View*).

Policy has to fulfill some criteria. For example, it needs to include a commitment to continuous improvement and the obligation to comply with existing requirements as well as it needs to be ensured that it is accessible for interested parties.

Both *Policy* and *Objectives* of an organization are to be documented in the form of *Documented Information*. In addition, *Policy* and *Objectives* are to be communicated within the company (see *Process View*, *Internal Communication*). A quality criterion of *Objectives* is the consistency with the provisions of the *Policy*. According to the requirements of Annex SL this is to be monitored (see *Process View*, *Monitoring*).

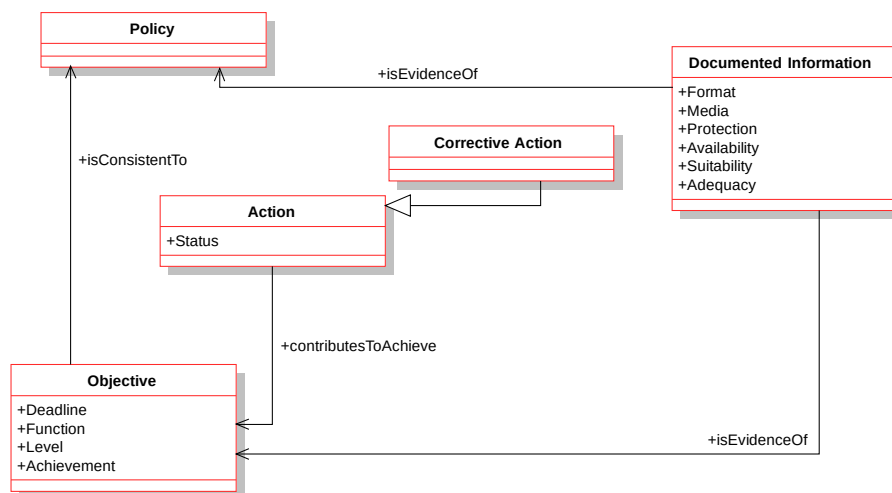


Figure 5. Concepts of Strategy View

3.3.3 Organizational View

Organizational View (see Figure 6) includes those model elements that describe the organizational structure of a company and the skills and responsibilities of personnel.

Following a top down structure the *Top Management* provides necessary *Resources* for implementing and maintaining the *Management System* (see *Requirements View*). It assigns authority and responsibility of *Roles* as well.

All other elements of Organizational View relate to the competence and *Awareness* of people, which fulfill the tasks of the *Roles*. While the competence of a *Person* refers to the skills in dealing with the particular task and is mediated by the activities of training, the *Awareness* addresses knowledge regarding the aspects and functions of the MS. *Awareness* needs to consider different aspects such as the consequences of *Nonconformities* (see Requirements View) and the commitments defined by a *Policy* (see Strategy View).

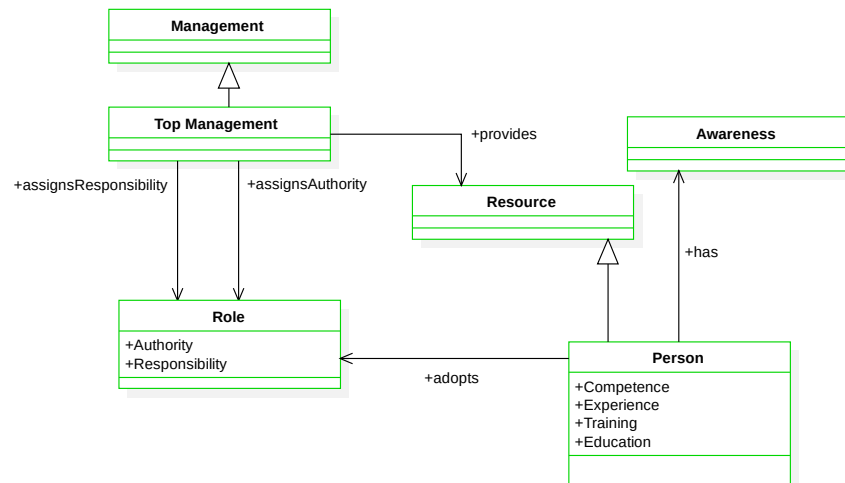


Figure 6. Concepts of Organizational View

3.3.4 Process View

Process View (see Figure 7) combines all model elements that are necessary to describe the *Processes* running inside the *Management System* (see Requirements View). In the upper part general aspects of all *Processes* within the *Management System* are considered. *Processes* can be subject of *Process Changes*. These in turn can be intended or unintended. The *Management System* is characterized by some *Core Processes* which aim to successfully implement a PDCA cycle within the company. These are: *Planning, Maintaining, Continual Improving, Monitoring* and *Communication*. *Monitoring* is further specialized to the two most important control processes within a *Management System*, *Management Review* and *Internal Audit*. An *Internal Audit* is usually part of an *Audit Programme*, which defines the time frame for the implementation of individual audits. All *Monitoring* processes generate *Results* which in turn are the basis for the *Reporting* to appropriate *Management* (see Organization View). *Results* need to be recorded as *Documented Information*. This mainly serves for determining of whether relevant *Processes* and the overall *Management System* are matching with planned criteria.

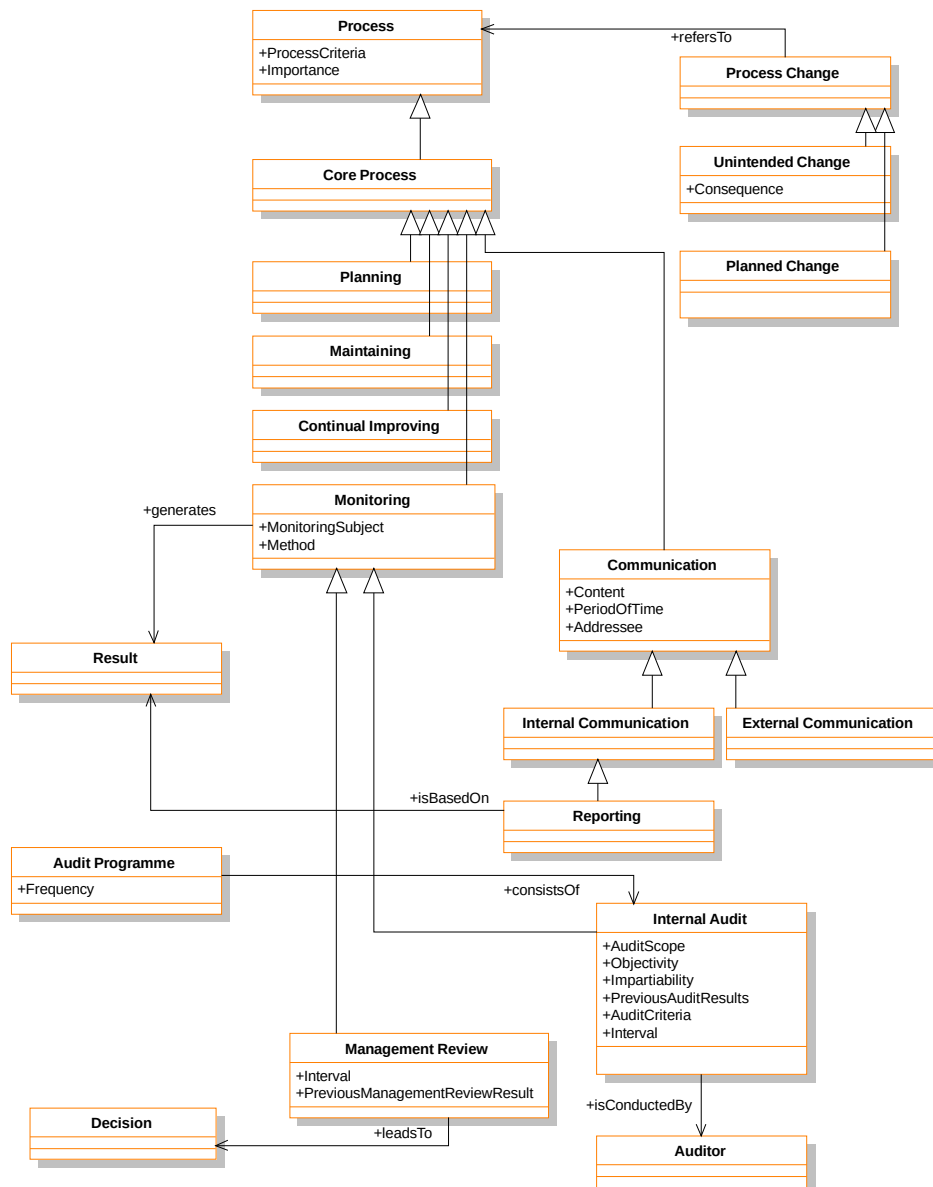


Figure 7. Concepts of Process View

4 Summary and Outlook

This paper deals with the core requirements of an IMS. The considerations are based on an analysis of the requirements defined by Annex SL. These requirements are taken as core elements of an IMS, because they represent the lowest common denominator of different types of MS. Based on the determination of the core elements and their relationships, a model representation in the shape of an ontology is developed.

The innovative contribution of this article is due to the use of modeling methods in the field of IMS. So far this area is mainly object of study of General Business Administration and is usually being studied with a more abstract perspective on aspects of IMS. Based on the analysis of established EAF it was found that a support for documentational tasks is only

partially given. A lack of transparency regarding the underlying meta models complicates the development of language extensions. The results of this research are therefore to be understood as a proposal for possible extensions of EAFs.

Criticism is that the present article does not provide the concrete syntax for modeling an IMS. This means that IMSonto defines necessary language concepts and relationships, but not the graphical representation of these concepts. To fill this gap, an IMS-specific modeling language should be defined, which provides diagrams on the basis of adequate presentation types. Based on the findings of Rößler et al. (2014), who also follow a model-based approach to document an energy management system, this problem might be solved. The authors propose various forms of presentation for the graphical representation of the requirements of the corresponding MS. Among others they build on established forms of representation, such as an objective tree for a hierarchical mapping of policy, strategic and operational objectives as well as actions (see Figure 8). An appropriate implementation was carried out by using a (Meta-)CASE tool that is freely available. Therefore, these model concepts can be adapted for the present application.

View: Strategy & Policy
Presentation: Target Plan

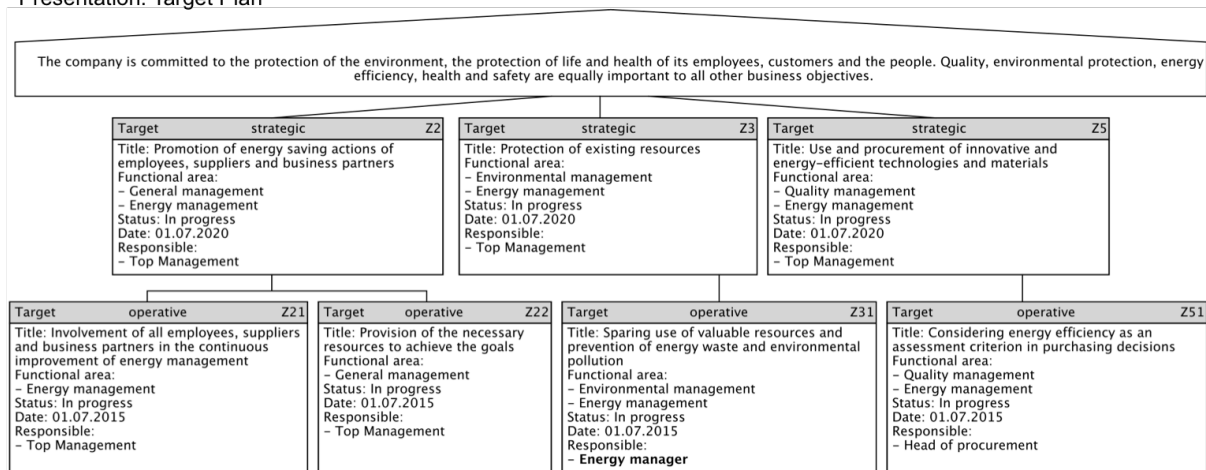


Figure 8. Graphical representation of strategic aspects (Rößler et al., 2014)

Furthermore, it should be noted that IMSonto does not guarantee that certification risks could not arise in a company. Actually, there is no way to completely avoid these risks by means of model-based approaches. But they can support and facilitate implementation and certification. It should be noted that in particular “soft” requirements, such as the establishment of a company-wide awareness, that are strongly influenced by human behavior, can not be met by models. Model based approaches can therefore only contribute to documentation, analysis and decision support.

To conclude, the present article has several implications. Starting from an application perspective, the research results represent a systematization of information about the configuration of a MS that is otherwise only available in written form. Thus, for example, the MS-representative of a company is assisted in gaining an understanding of the whole of requirements formulated by a MSS. In addition, the relationships between the underlying information objects are disclosed, which would otherwise only be determined by time-consuming requirement analysis. The use of an integrated modeling approach, which emphasizes the consistent reuse of model elements, can also contribute to ensure consistency of the MS documentation. In perspective, effective analyses can be conducted by using a holistic IMS-model. For example, questions like what information needs to be documented in form of documented information, how many measures are under the responsibility of a person, what information have not been updated for a year or what requirements are currently not met and what corrective actions have been initiated, can be answered by using a simple query.

For further research it should be noted that extensions are to be made on the presented model elements to take the requirements of function-specific MSS (e.g. ISO 9001, ISO 14001) into account. Previous works from other domains such as the model-based safety management (De la Vara and Panesar-Walawege, 2013) represent a promising perspective for the development of holistic artifacts.

Additional questions that arise for further research, could be for example:

- What sort of tool support and user interaction should be created to facilitate the use of IMSonto?
- How can IMSonto and applications be best promoted in industry?
- How to deal with already existing documentations? Could text mining be a solution?

Considering a continuously growing number of certificates and a further increasing pluralism of MSS the author expects a continuing high relevance of the addressed research problem.

References

- Abdullah, N. S., Indulska, M., and S. Sadiq (2016). “Compliance management ontology—a shared conceptualization for research and practice in compliance management.” *Information Systems Frontiers*, 1–26.
- Alaküla, M. L. and R. Matulevičius (2015). “An Experience Report of Improving Business Process Compliance Using Security Risk-Oriented Patterns.” In: *Proceedings of the 8th IFIP WG 8.1. Working Conference (PoEM 2015)*. Ed. by J. Ralyté, S. España and Ó. Pastor. LNBIP 235. Valencia: Spain, 271–285.
- Aßmann, U., Zschaler, S., and G. Wagner (2006). “Ontologies, meta-models, and the model-driven paradigm.” In: *Ontologies for software engineering and software technology*. Ed. by C. Calero, F. Ruiz, and M. Piattini. Berlin Heidelberg: Springer, 249–273.
- Bernardo, M. and A. Simon (2012). “Multiple standards: Is this the future for organizations?.” In: *Proceedings of 28th EGOS Colloquium on Design*. Helsinki: Finland
- Bernardo, M., Simon A., Tari J. J., and J. F. Molina-Azorín (2015). “Benefits of management systems integration: a literature review.” *Journal of Cleaner Production* 94, 260–267.
- Budgen, D., Burn, A. J., Brereton, O.P., Kitchenham, B.A., and R. Pretorius (2011). “Empirical evidence about the UML: a systematic literature review.” *Software: Practice and Experience* 41 (4), 363–392.
- De la Vara, J. L. and R. K. Panesar-Walawege (2013). “Safetymet: A metamodel for safety standards.” In: *Proceedings of the 16th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS 2013)*. Ed. by A. Moreira, B. Schätz, J. Gray, A. Vallecillo and P. Clarke. LNCS 8107, 69–86.
- Ferstl, O. K. and E. J. Sinz (1995). “Der Ansatz des Semantischen Objektmodells (SOM) zur Modellierung von Geschäftsprozessen.” *Wirtschaftsinformatik* 37 (3), 209–220.
- Frank, U. (2012). “Multi-perspective enterprise modeling: foundational concepts, prospects and future research challenges.” *Software & Systems Modeling* 13 (3), 941–962.
- Frank, U. (2002). “Multi-perspective enterprise modeling (memo) conceptual framework and modeling languages.” In: *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. Big Island, HI: USA, 1258–1267.
- Funck, D. (2001). “Integrated management systems – opportunities and risks for corporate environmental protection.” *Corporate Environmental Strategy* 8 (2), 165–176.

- Gómez-Pérez, A., Fernández-López M., and O. Corcho (2006). *Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. London: Springer.
- Haren, V. (2011). *TOGAF Version 9.1*. Zaltbommel: Van Haren Publishing.
- Iacob, M. E., Jonkers, H., Lankhorst, M. M., and H. A. Proper (2012). *ArchiMate 2.0 Specification*. Berkshire: The Open Group.
- Ibarra, L. A. C. and F. A. Calarge (2014). “A Proposal to Leverage Improvements on Integrated Management Systems Applying Zachmans Corporative Architecture.” *Advanced Materials Research* 860, 3035–3040.
- ISO (2011). *Energy management systems – Requirements with guidance for use (ISO 50001:2011)*. Geneva: International Organisation for Standardisation.
- ISO (2014). *The ISO Survey of Management System Standard Certifications – 2014*. URL: <http://www.iso.org/iso/iso-survey> (visited on 11/11/2015).
- ISO (2015a). *Quality management systems – Requirements (ISO 9001:2015)*. Geneva: International Organisation for Standardisation.
- ISO (2015b). *Environmental management systems – Requirements with guidance for use (ISO 14001:2015)*. Geneva: International Organisation for Standardisation.
- ISO (2015c). *Annex SL – Proposals for management system standards*. URL: <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=4230452> (visited on 11/11/2015).
- Karapetrovic, S., and J. Jonker (2003). “Integration of standardized management systems: searching for a recipe and ingredients.” *Total Quality Management and Business Excellence*, 14 (4), 451–459.
- Karapetrovic, S. and W. Willborn (1998). “Integration of quality and environmental management systems.” *The TQM Magazine* 10, 204–213.
- Kosanke, K. and T. Klevers (1990). “CIMOSA: architecture for enterprise integration.” *CIM Systems* 3 (1), 317–324.
- Noy, N. F. and D. L. McGuinness (2001). “*Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*.” Stanford University: http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-noy-mcguinness.html, Accessed: 11.03.2016.
- Papazoglou, M. P. (2011). “Making Business Processes Compliant to Standards & Regulations.” In: *Proceedings of the 15th International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2011)*. Helsinki: Finland, 3–13.

- Pidd, M. (2009). *Tools for Thinking; Modelling in Management Science*. 3rd ed., Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- Rößler, R., Schlieter H., and W. Esswein (2014). “Towards Model-based Energy Management.” In: *Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2014 (MKWI 2014)*. Paderborn: Germany, 1375–1389.
- Rößler, R. and H. Schlieter (2015). “Towards Model-based Integration of Management Systems.” In: *Proceedings der 12. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2015)*. Ed. by O. Thomas and F. Teuteberg. Osnabrück: Germany, 31–45.
- Scheer, A. W. (2013). *ARIS in der Praxis: Gestaltung, Implementierung und Optimierung von Geschäftsprozessen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Simon A., Yaya L. H. P., Karapetrovic, S., and M. Casadesus (2014). “Can integration difficulties affect innovation and satisfaction?.” *Industrial Management & Data Systems* 114, 183–202.
- Stratigaki, C., Loucopoulos, P., and M. Nikolaidou (2014). “Designing a Meta Model as the Foundation for Compliance Capability.” In: *Proceedings of the 1st International Workshop on Capability-oriented Business Informatics (CoBI 2014)*. Ed. by W. A. Molnar, H. A. Proper, J. Zdravkovic, P. Loucopoulos, O. Pastor, and S. de Kinderen. Geneva: Switzerland, 3–14.
- Urbaczewski, L. and S. Mrdalj (2006). “A comparison of enterprise architecture frameworks.” *Issues in Information Systems* 7 (2), 18–23.
- Zachman, J. A. (1987). “A framework for information systems architecture.” *IBM Systems Journal* 26 (3), 276–292.
- Zarvic, N. and R. Wieringa (2006). “An integrated enterprise architecture framework for business-IT alignment.” in: *Proceedings of Workshops and Doctoral Consortium of the 18th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE '06)*. Luxembourg: Namur University Press, 262–270.