

Ganzheitliches ontologiebasiertes Wissensmanagement im Umfeld der industriellen Produktion

Der Technischen Fakultät der
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
zur
Erlangung des Doktorgrades Dr.-Ingenieur

vorgelegt von

Markus Brandmeier
aus Lichtenfels

Als Dissertation genehmigt von
der Technischen Fakultät der
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung:	XX.XX.2019
Vorsitzender des Promotionsorgans:	Prof. Dr.-Ing. K. Feldmann
Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. J. Franke Prof. Dr. F. Bodendorf

Markus Brandmeier

Ganzheitliches ontologiebasiertes Wissensmanagement im Umfeld der industriellen Produktion

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

Mein herzlicher Dank gilt dem Lehrstuhlinhaber Herrn Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke für das in mich gesetzte Vertrauen und die Ermöglichung der Promotion. In zahlreichen Diskussionen hat er durch stets konstruktive Impulse diese Arbeit begleitet. Auch für die großzügigen Freiräume zum selbstständigen und kreativen Arbeiten, die mir während meiner Zeit am Lehrstuhl gewährt wurden, möchte ich mich bedanken. Zusätzlich danke ich Herrn Prof. Dr. Feldmann für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Weiterhin möchte ich Herrn Prof. Dr. Freimut Bodendorf, Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, insbes. im Dienstleistungsbereich, für die wohlwollende Übernahme des Koreferats. Darüber hinaus geht mein Dank an Herrn Prof. Dr. Michael Kohlhasse für die Beteiligung als weiteres Mitglied des Prüfungskollegiums.

Allen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl FAPS danke ich für die angenehme Arbeitsatmosphäre sowie die interessanten und stets hilfreichen Diskussionen am Lehrstuhl und auch außerhalb der Arbeitszeit. Mein besonderer Dank gilt Matthias Brossog, Max Landgraf, In Seong Yoo, Thomas Braun, Michael Scholz, Jochen Zeitler sowie Jupiter Bakakeu. Ferner möchte ich mich auch bei Gertrud Stretz und Wilhelm Weller bedanken, die immer ein offenes Ohr für mich hatten. Auch alle Studentinnen und Studenten, die zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich in meinen Dank miteinschließen.

Ganz besondere Dank gilt meiner Freundin Eva und meinen Eltern Michaela und Dieter, die mich trotz vieler Entbehrungen immer unterstützt und neu motiviert haben.

Lichtenfels, im März 2019

Markus Brandmeier

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Motivation und Zielstellung	1
1.2	Vorgehensweise	3
2	Theoretische Grundlagen des Wissensmanagements	5
2.1	Der Wissensbegriff	5
2.1.1	Epistemologische Betrachtung.....	5
2.1.2	Betriebswirtschaftliche Betrachtung	7
2.1.3	Informationstheoretische Betrachtung.....	9
2.1.4	Wissenstheoretische Betrachtung.....	13
2.1.5	Fazit	18
2.2	Wissensmanagement	20
2.2.1	Der Begriff Wissensmanagement	20
2.2.2	Ziele und Aufgaben des Wissensmanagements	25
2.2.3	Wissensmanagement-Modelle	31
2.2.4	Herausforderungen und Barrieren des Wissensmanagements....	37
2.2.5	Fazit	41
2.3	Technologische Grundlagen des Wissensmanagements	42
2.3.1	Wissensmanagementsysteme	44
2.3.2	Wissensrepräsentation und Inferenz.....	47
2.3.3	Logikbasierte Wissensrepräsentation und Inferenz	49
2.3.4	Ontologiebasierte Wissensrepräsentation und -verarbeitung.....	56
2.3.5	Wissensmanagement im Kontext maschinellen Lernens	64
2.3.6	Fazit	66

3	Ziele und Anforderungen des Wissensmanagements im Umfeld der industriellen Produktion	67
3.1	Gegebenheiten der industriellen Produktion	67
3.1.1	Begriffsdefinition	67
3.1.2	Wissensmanagement im Umfeld der Produktion	69
3.1.3	Wissensmanagement nach ISO 9001	76
3.1.4	Wissensmanagement im Ingenieurwesen nach VDI 5610	76
3.2	Herausforderungen	78
3.2.1	Fehlender oder mehrdeutiger Kontext	78
3.2.2	Zugang zu relevantem Wissen	79
3.2.3	Unsicheres, falsches, unvollständiges, veraltetes und widersprüchliches Wissen	81
3.2.4	Bewertung des Wissens	81
3.2.5	Besondere Herausforderungen der Produktion	83
3.3	Anforderungen des ganzheitlichen Wissensmanagements	84
3.3.1	Formale Anforderungen	85
3.3.2	Sachliche Anforderungen	86
3.3.3	Anforderungen der Dimension Mensch	87
3.3.4	Anforderungen der Dimension Technik	87
3.3.5	Anforderungen der Dimension Organisation	88
3.4	Handlungsbedarf für die Umsetzung eines ganzheitlichen Wissensmanagements in der Produktion	89
4	Bezugsrahmen für die Gestaltung eines ganzheitlichen Wissensmanagementkonzepts	93
4.1	Strategie	94
4.1.1	Anforderung der Unternehmensstrategie an das Wissensmanagement	94
4.1.2	Anforderungen des Wissensmanagements an die Strategie	94

4.1.3	Modellierung der Unternehmensstrategie	95
4.1.4	Formulierung der Wissensmanagementstrategie.....	95
4.1.5	Handlungsempfehlungen für die Strategie	97
4.2	Struktur	98
4.2.1	Anforderungen an die Unternehmensstruktur	98
4.2.2	Verankerung des Wissensmanagements in der Unternehmensstruktur.....	99
4.2.3	Handlungsempfehlungen für die Struktur	100
4.3	Systeme.....	100
4.3.1	Ablauforganisation	101
4.3.2	Kommunikationssysteme	101
4.3.3	Problemlösungswerkzeuge	102
4.3.4	Handlungsempfehlungen für die Systeme	102
4.4	Führungsstil	103
4.4.1	Einflussfaktoren eines wissensorientierten Führungsstils	103
4.4.2	Anforderungen an den Führungsstil	104
4.4.3	Handlungsempfehlungen für den Führungsstil.....	104
4.5	Fähigkeiten	105
4.5.1	Management von Fähigkeiten und Kompetenzen	105
4.5.2	Notwendige Fähigkeiten für das Wissensmanagement	106
4.5.3	Handlungsempfehlungen für Fähigkeiten.....	107
4.6	Mitarbeiter.....	108
4.6.1	Programme für Mitarbeiter	108
4.6.2	Motivation zur aktiven Mitgestaltung des Wissensmanagements	108
4.6.3	Handlungsempfehlungen für Mitarbeiter	110
4.7	Kultur	110

4.7.1	Anforderungen an die Unternehmenskultur	111
4.7.2	Schaffung einer Wissenskultur.....	111
4.7.3	Handlungsempfehlungen für die Wissenskultur	112
4.8	Zusammenfassung	113
5	Konzept eines ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks ...	116
5.1	Umsetzung der Anforderungen und Randbedingungen.....	116
5.1.1	Grundsatz der Richtigkeit.....	117
5.1.2	Grundsatz der Relevanz	117
5.1.3	Grundsatz der Wirtschaftlichkeit	117
5.1.4	Grundsatz der Klarheit	117
5.1.5	Grundsatz der Vergleichbarkeit der Modelle	117
5.1.6	Grundsatz des systematischen Aufbaus	118
5.2	Methodik der Kontextentwicklung	118
5.2.1	Methodik des Kontextaufbaus.....	118
5.2.2	Methodik der Kontextabstimmung.....	121
5.3	Gestaltung der Umgebung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks	123
5.4	Gestaltung von Integrationsschicht und Nutzerschnittstellen.....	123
5.5	Methodik zur Einführung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks	125
5.5.1	Erfolgsfaktoren	125
5.5.2	Einführungsstrategie des Frameworks.....	127
6	Modell des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks	129
6.1	Modellierung der Unternehmensstrategie	129
6.2	Meta-Modellierung der Unternehmensstruktur	130
6.3	Meta-Modellierung der Systeme	131

6.4	Meta-Modellierung des Führungsstils	132
6.5	Meta-Modellierung der Mitarbeiter	133
6.6	Meta-Modellierung der Fähigkeiten	134
6.7	Meta-Modellierung der Unternehmenskultur.....	134
6.8	Entwicklung einer Meta-Ontologie der Produktion	135
7	Implementierung des Frameworks	138
7.1	Möglichkeiten der Datenstrukturierung zur automatisierten Instanziierung der Wissensbasis.....	141
7.1.1	Ansätze der automatisierten Generierung von Ontologien.....	141
7.1.2	Umsetzung eines Text Mining-Moduls	142
7.1.3	Automatische Ontologie-Instanziierung.....	143
7.2	Verbesserung der Nutzbarkeit des Frameworks.....	144
7.2.1	Knowledge Source Discovery Agent.....	145
7.2.2	Reduzierung des Suchaufwands durch Informationsempfehlung	147
8	Validierung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks.	149
8.1	Methodik der Validierung des entwickelten Ansatzes	149
8.2	Validierung des Konzeptes anhand der Elektronikfertigung	150
8.3	Grenzen des ontologiebasierten Wissensmanagements.....	154
8.4	Zusammenfassende Bewertung	156
9	Zusammenfassung	159
10	Summary.....	162
11	Abkürzungsverzeichnis	164
12	Verzeichnis der Formelzeichen.....	166

13	Literaturverzeichnis	167
14	Anhang A – Begriffsdefinitionen von Wissen.....	203
15	Anhang B – Metaontologie der Produktion.....	208

1 Einleitung

Die vorliegende Dissertation betrachtet einen ontologiebasierten Ansatz des Managements der Ressource Wissen. Ziel ist die holistische Abbildung aller Wissensselemente und strategischen Regelung der Wissensflüsse und -transformationen im Umfeld der industriellen Produktion.

1.1 Motivation und Zielstellung

Die heutige Zeit unterliegt mehr denn je einem strukturellen Wandel, im Zuge dessen Wissen zunehmend an Bedeutung gewinnt. Waren in den 1990er Jahren noch Produktionsfaktoren wie Arbeit, Standort und vor allem Kapital von Relevanz [1], zeigen sich große Konzerne der heutigen Zeit gänzlich unabhängig von diesen klassischen Faktoren. Bereits 1993 erkennt DRUCKER, dass Wissen die für eine erfolgreiche Unternehmung einzig relevante Ressource ist [2]. Veränderte Organisationsstrukturen, geprägt durch räumliche und kausale Entkopplung von Forschungs- und Entwicklungstätigkeit und physischen Wertschöpfungsschritten, erfordern neue Formen der Transaktionen innerhalb und zwischen Unternehmen. Die Auswirkungen dieser Verlagerung kommen in neuen Rollenverständnissen von Führungskräften und Mitarbeitern sowie einem veränderten Wertschöpfungsportfolio zu tragen. Dies hat zur Folge, dass die Ressource Wissen, wie in Abbildung 1 dargestellt, als strategischer Faktor an Bedeutung gewinnt [3]. Getrieben durch die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien und bestärkt durch den Wandel hin zu einer Wissensgesellschaft, steigt der Anteil an Dienstleistungen im Zusammenhang mit Informationen, Wissen und intelligenten Produkten stetig. Arbeit und Kapital werden in diesem Zuge zunehmend als knappe Ressource durch den Mitarbeiter als Wissensträger abgelöst. [4–7]



Abbildung 1: Die Bedeutung von Wissen wird durch drei Faktoren gesteigert [4]

Bereits 1992 postuliert QUINN, dass drei Viertel des generierten Marktwertes eines Unternehmens auf spezifisches Wissen zurückzuführen sind [8] und verdeutlicht somit, dass Unternehmen durch Konzentration der unternehmerischen Aufgaben auf diese wettbewerbsentscheidende Ressource einen Wandel hin zum Wissensunternehmen vollziehen müssen. So wird sichergestellt, dass das für den Geschäftserfolg notwendige Wissen marktorientiert aufgebaut, abgesichert und optimal genutzt wird [4]. Besonders in Unternehmen in produktionsintensiven Branchen, die meist durch historisches Wachstum entstehen, etablierte Unternehmenskulturen und Managementkonzepte besitzen und ihre Wertschöpfung auf die Produktion stützen, zeigt sich, dass die Professionalisierung der Wissensmanagementinstrumente im Gegensatz zu Steuerungsinstrumenten klassischer Produktionsfaktoren bisher nur rudimentär stattfindet. So werden Mitarbeiterfähigkeiten nicht im richtigen Maß gefordert und gefördert oder organisationale Kompetenzen nicht zu wenig in Wettbewerbsvorteile umgesetzt [9].

Der erfolgreiche Wandel hin zur Wissensorganisation erfordert eine Loslösung von bestehenden Managementparadigmen. Der in der produzierenden Industrie weit verbreitete Gedanke des *Lean Managements* bzw. der *Lean Production* strebt danach, unternehmerische Prozesse zu verschlanken und Redundanzen abzubauen. Gleichwohl hat diese reine Effizienzsteigerung nicht zwangsläufig eine Effektivitätssteigerung zur Folge. Demgegenüber steht das Konzept des organisationalen Lernens, das davon ausgeht, dass eine effektive Wissensaneignung ein hohes Maß an Redundanz erforderlich macht [10]. Folglich stellt Lean Management ein Hindernis für die Wissensentwicklung dar. Jedoch darf die Redundanz nicht beliebig erhöht, sondern muss auf ein maximal erforderliches Maß beschränkt werden. Daher ist es Aufgabe des Wissensmanagements, einen optimalen Trade-Off zwischen *Lean* und *Learn* zu finden, in welchem Information als zweckorientiertes Wissen von essentieller Bedeutung ist [11].

Derzeit existieren viele Ansätze des Wissensmanagements, die jedoch noch nicht in der Lage sind, Wissen ganzheitlich abzubilden. Besonders die Kommunikation, die neben der Interpretation und der Anwendung ein zentrales Element des Wissensmanagements darstellt, wird in etablierten Modellen häufig nicht genügend berücksichtigt. Aufgrund des abstrakten und nicht greifbaren Charakters von Wissen sind bestehende Wissensmanagementmethoden meist ebenfalls zu abstrakt gehalten und für die praktische Umsetzung nur bedingt geeignet. So werden beispielsweise Missverständnisse, die auf den abstrakten Charakter des Wissens oder auf Kommunikationshindernisse zurückzuführen sind und oft zu Ineffizienzen in der Wissensverarbeitung führen, nicht berücksichtigt. Darüber hinaus werden spezielle Herausforderungen der produzierenden Industrie, wie beispielsweise eine geringe Fehlertoleranz oder das zur Leistungserstellung notwendige hohe gebundene Investitionskapital nicht abgebildet.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, die spezifischen Anforderungen der produzierenden Industrie für den Wandel hin zu Wissensunternehmen zu analysieren und in einem ganzheitlichen Wissensmanagementkonzept abzubilden. Dabei wird zunächst die

Ressource Wissen detailliert betrachtet und Herausforderungen für produzierende Unternehmen abgeleitet. Durch eine systematische Analyse der Einflüsse auf das Wissensmanagement, wie Hindernisse, Erfolgsfaktoren, Methoden und Systeme, wird ein Verständnis darüber geschaffen, wie Wissen in der produzierenden Industrie optimal genutzt werden kann. Durch die Nutzung von Metamodellen des organisationalen Wissensmanagements wird ein Rahmen gestaltet, der es ermöglicht, abstraktes Wissen mit den praxisbezogenen Bedürfnissen der produzierenden Industrie zu verknüpfen.

Die vorliegende Arbeit stellt vor diesem Hintergrund einen Ansatz zur Verfügung, der es ermöglicht, alle wissensrelevanten Bestandteile einer Organisation zu erfassen und aufeinander abzustimmen. Grundlage stellt ein ontologiebasiertes Wissensmanagement-Framework dar, das durch die Abbildung von Wissen, dessen Beziehungen sowie der darin enthaltenen Logik Unternehmen dabei unterstützt, die für den Wettbewerbserfolg notwendigen Ressourcen formal zu erfassen und somit handhabbar zu machen. Dies wiederum befähigt Organisationen zur optimalen Ausgestaltung des gegenwärtigen und zukünftigen Ressourceneinsatzes. Durch die Einbindung der in Organisationen ausgetauschten Informationen in einen kontrollierbaren Unternehmenskontext wird darüber hinaus sichergestellt, dass Kommunikationshindernisse abgebaut und Wissensprozesse effektiver gestaltet werden. Durch die adäquate Integration der Technologie der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens wird zudem ermöglicht, dass Mitarbeiter, die die wesentlichen Wissensträger der Organisation sind, mit Ontologien als Wissensrepräsentationsform aufwandsarm interagieren können, sodass sich durch die intrinsische Motivation des Abbaus von Kommunikationsbarrieren eine unternehmensübergreifende Wissenskultur entwickeln kann.

1.2 Vorgehensweise

Eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung der aufgezeigten Ziele stellt die in Kapitel 2 erarbeitete Abgrenzung des Wissensbegriffs dar, welche die Voraussetzungen und Herausforderungen des Wissensmanagements aufzeigt. Zudem wird ein Verständnis über Inhalte, Ziele und Aufgaben des Wissensmanagements geschaffen sowie Defizite bestehender Modelle und Technologien zum Umgang mit der Ressource Wissen beleuchtet.

Im Anschluss werden in Kapitel 3 die Anforderungen und Ziele des Wissensmanagements im Umfeld der industriellen Produktion herausgestellt. Zu diesem Zweck erfolgt zunächst eine Abgrenzung der Domäne der Produktion im industriellen Umfeld. Die im Rahmen einer Literaturrecherche erarbeiteten Anforderungen an ein ganzheitliches, organisationales Wissensmanagement werden daraufhin auf Spezifitäten der abgegrenzten Domäne abgebildet und angepasst. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen eine dedizierte Bewertung bestehender Wissensmanagementansätze und zeigen die Handlungsbedarfe zur Optimierung des industriellen Umgangs mit Wissensressourcen auf.

Zur Gestaltung und Umsetzung eines ganzheitlichen Ansatzes des Wissensmanagements wird in Kapitel 4 zunächst ein Bezugsrahmen der Modellkonzeptionierung geschaffen, der sich am 7S-Modell [12] orientiert sowie die Gestaltungsdimensionen und Perspektiven der holistischen Betrachtung abbildet. Darauf aufbauend erfolgt in Kapitel 5 die Konzepterstellung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks, welches sich auf ein integriertes Aufbau- und Ablaufmodell sowie ein inhärentes Meta-Vokabular stützt. Schließlich wird eine Vorgehensweise zur Schaffung der organisationalen Rahmenbedingungen und zur Einführung des ganzheitlichen Wissensmanagementansatzes vorgestellt, bevor in Kapitel 6 die Meta-Modellierung des Frameworks und in Kapitel 7 die Implementierung und Einbettung des entstandenen Modells in ein holistisches Wissensmanagementsystem erfolgt. Abschließend wird die praktische Anwendbarkeit des konzeptionierten Wissensmanagementmodells sowie dessen Implementierung mittels eines ausgewählten Use Cases evaluiert. Zur Demonstration der Ganzheitlichkeit des entwickelten Ansatzes bildet die Fallstudien das Wissensmanagement anhand einer realen Fertigung ab und validiert die Anwendbarkeit der gezeigten Lösung. Schließlich wird durch aufzeigen der Grenzen des Ansatzes die Ganzheitlichkeit bestätigt. Das geschilderte Vorgehen ist in Abbildung 2 veranschaulicht.

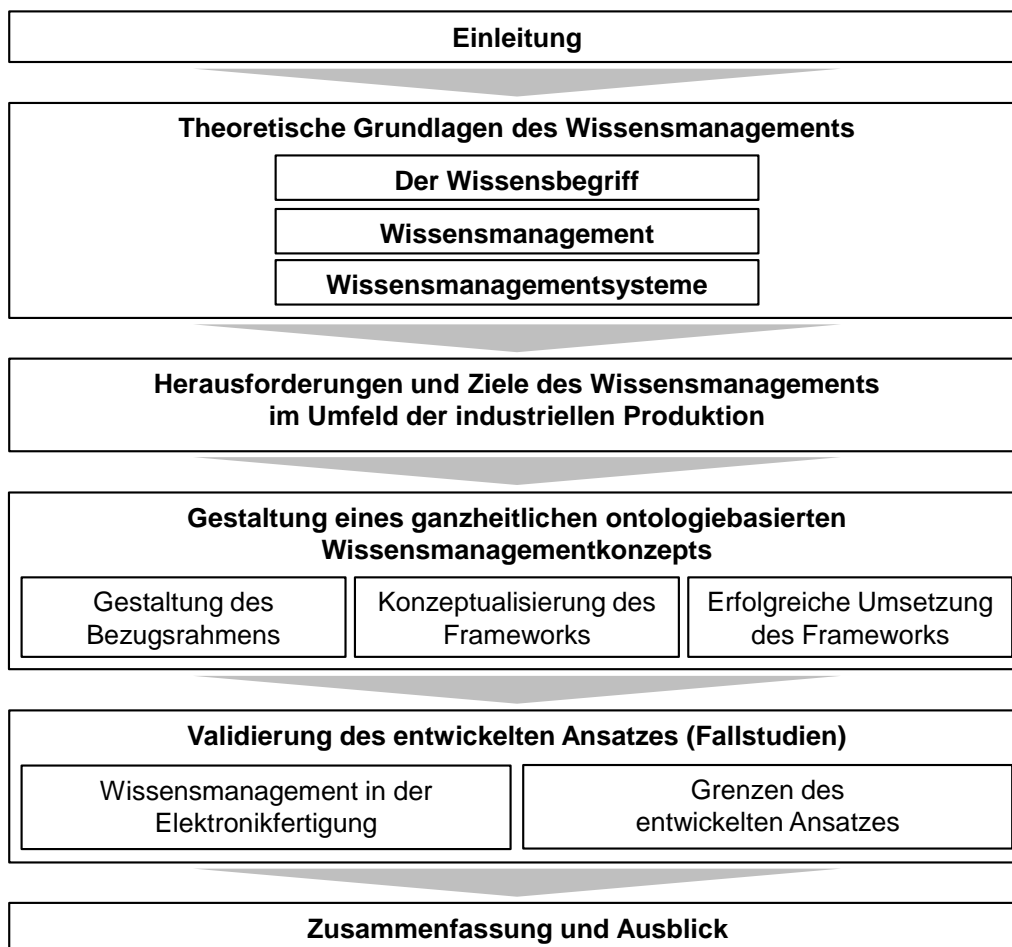


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit

2 Theoretische Grundlagen des Wissensmanagements

Wissen kann als wichtigste Ressource von Unternehmen betrachtet werden. Ziel des Wissensmanagements muss es daher sein, alle Unternehmensprozesse mit Wissen zu versorgen. Die vorliegende Arbeit stellt zu diesem Zweck ein ontologiebasiertes Modell zur Verfügung, welches die grundlegenden Fragestellungen der Externalisierung, Strukturierung, Transformation, Speicherung und des Austauschs von Wissen beantwortet und ein ganzheitliche Lösung zur Sicherstellung der Wissensversorgung aller Prozesse im Umfeld der Produktion darstellt. Dazu ist zunächst ein umfassendes Verständnis des Wissensbegriffs sowie des Wissensmanagements notwendig. Dieses Kapitel geht daher zunächst näher auf den Begriff Wissen ein und beleuchtet das Konzept aus unterschiedlichen Sichtweisen. Im Anschluss erfolgt eine Analyse bestehender Modelle des Wissensmanagements. Abschließend werden Technologien des Umgangs mit der Ressource Wissen kritisch hinterfragt.

2.1 Der Wissensbegriff

Der Zweck der Wissenschaft ist es, Wissen zu schaffen. Alle Wissenschaftsdisziplinen definieren sich vorrangig durch diese Aufgabe. Dennoch ist die Sichtweise auf das Konzept Wissen äußerst vielseitig und von Disziplin zu Disziplin verschieden. Daher ist eine der grundlegendsten Fragestellungen jeder Wissenschaftsdisziplin die der Begriffsbestimmung von Wissen. Bis heute existiert keine allumfassende Definition des Begriffs. Nachfolgend werden deshalb verschiedene Sichtweisen auf das Konzept Wissen analysiert und zu einer konsistenten Konzeptualisierung des Begriffs Wissen zusammengeführt, auf welche sich die weiteren Ausführungen dieser Arbeit stützen.

Dabei wird zunächst die epistemologische Betrachtungsweise des Wissensbegriffs diskutiert. Anschließend wird der Begriff im Kontext der Betriebswirtschaft beleuchtet, welche ein breites Spektrum an Definitionsversuchen liefert. Nachstehend erfolgen informations- sowie wissenstheoretische Betrachtungen, die schließlich zu einer für das ganzheitliche Wissensmanagement nutzbaren Sichtweise aggregiert werden.

2.1.1 Epistemologische Betrachtung

Die theoretische Grundlage der Einordnung und Abgrenzung des Erkenntnisobjekts Wissen bildet die Erkenntnistheorie oder auch Epistemologie, in der zwei gegenläufige Betrachtungsansätze unterschieden werden können. Nachfolgend wird zunächst der in der westlichen Philosophie begründete Dualismus zwischen Subjekt und Objekt, der eine Trennung zwischen Erkennendem und Erkanntem fordert, näher betrachtet, bevor auf die Grundzüge der Geistesgeschichte Japans eingegangen wird.

Historische epistemologische Betrachtung der westlichen Philosophie

Im Gegensatz zur östlichen Geistesgeschichte, die sich auf einen tief im Buddhismus und Konfuzianismus verwurzelten Wissensansatz stützt, verfügt die westliche Welt über eine reiche epistemologisch-philosophische Tradition. Die analytischen Ansätze

der altgriechischen Philosophie gliedern sich dabei in zwei grundsätzlich verschiedene Sichtweisen. Zum einen geht der Rationalismus davon aus, Wissen sei allein durch logisches Denken deduktiv zu erschließen. Ein Beispiel dafür ist die Axiomatik der Mathematik. Begründet wird der Rationalismus im 4. Jahrhundert v. Chr. von PLATON, der in seiner Theorie der Idee die materielle Welt als Abbild einer vollkommenen Welt der Ideen beschreibt [13]. Auf der anderen Seite vertritt der Empirismus die These, Wissen könne ausschließlich induktiv durch Sinneseindrücke erlangt werden, zum Beispiel durch naturwissenschaftliche Experimente. Diese widersprüchliche Auffassung wird von PLATONS Schüler, ARISTOTELES, vertreten, der die Existenz von Objekten unabdingbar an deren Wahrnehmung durch die Sinne knüpft. Er prägt den Begriff der Ontologie, welcher die philosophische Disziplin der Natur und der Organisation der Seienden umfasst [14]. Aus den beiden unterschiedlichen Sichtweisen entwickeln sich bis ins 17. Jahrhundert der kontinentale Rationalismus und der britische Empirismus, die zwei Hauptrichtungen der Epistemologie [15]. Die historische Entwicklung der Epistemologie ist in Abbildung 3 dargestellt.

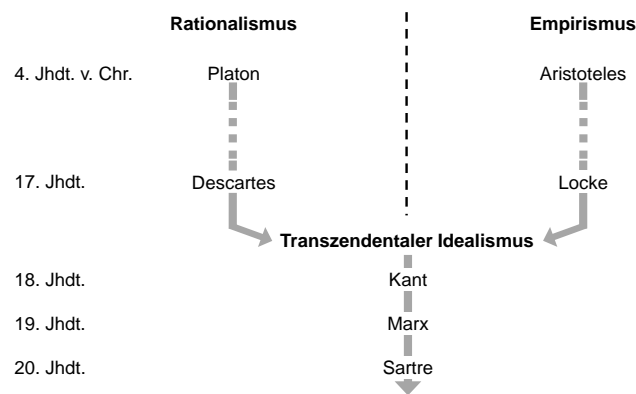


Abbildung 3: Historische Entwicklung der Epistemologie, in Anlehnung an [16]

DESCARTES, ein Vertreter des Rationalismus, formuliert vier Regeln des rationalen Denkens und entwickelt die Methode des Zweifels, die es erlaubt, auf der Grundannahme, Wissen sei ausschließlich durch den Geist, nicht aber durch den Sinn zu erlangen, Anschauungen in Frage zu stellen [15]. Demgegenüber sieht LOCKE die Sinneswahrnehmung und die Reflexion als Quellen, aus welchen die Erfahrung den noch leeren Verstand („tabula rasa“) mit Ideen versieht, und widerspricht damit den Ansichten des Rationalismus [15]. Im 18. Jahrhundert stellt KANT einen Versuch der Synthese beider Denkansätze vor, in der Wissen nur aus der Kombination von logischem Denken und Sinneswahrnehmungen entstehen kann. Seine Argumentation, dass der menschliche Verstand Sinneseindrücke in ein Zeit-Raum-Gefüge einordnet, mündet in der Theorie des transzendentalen Idealismus, nach der der Mensch nur Wahrnehmungen eines Objektes erfährt, nicht aber das Objekt selbst [17]. Marx beschreibt die Wahrnehmung als Wechselwirkung zwischen dem erkannten Objekt und dem erkennenden Subjekt, und bringt damit erstmals auch die Handlung mit dem Wissensbegriff

in Verbindung [15]. Die Existentialisten des 20. Jahrhunderts, unter anderem SARTRE, vertreten die These, dass die Welt durch zweckbestimmtes Handeln bestimmt sei und prägen damit die Denkhaltung in der gesamten westlichen Industriegesellschaft [16].

Wissen in der japanischen Geistesgeschichte

Die japanische Geistesgeschichte besitzt keine vergleichbar tiefgründige Philosophie, jedoch existieren verschiedene Managementansätze, die sich durch einen dem Buddhismus und Konfuzianismus entspringenden Wissensansatz begründen. Wichtige Vertreter dieser Sichtweise sind TAKEUCHI und NONAKA [15]. Ein Hauptmerkmal dieser Betrachtung von Wissen ist die Einheit von Mensch und Natur. Dies wird auch als emotionaler Naturalismus bezeichnet, da die Erfahrung von Dingen der Natur beeinflusst wird, die zwar subtil aber konkret wahrnehmbar sind. Zum anderen wird die Einheit von Körper und Geist betrachtet, in der persönliche Erfahrungen als elementare Wissensquelle angesehen und rein intellektuelle Leistungen ignoriert werden. Schließlich wird auch die Einheit von *Ich* und *anderen* für ein organisches und kollektives Verständnis miteinbezogen. So sieht die japanische Geistesgeschichte die Realität durch eine starke Fokussierung auf Körper und Natur sowie deren Wechselwirkungen [5].

2.1.2 Betriebswirtschaftliche Betrachtung

Eine besondere Bedeutung wird dem Begriff Wissen in der betriebswissenschaftlichen Literatur beigemessen, welche eine Vielzahl an teilweise sehr widersprüchlichen Begriffsdefinitionen liefert. Eine sehr ausführliche Analyse diverser Definitionsversuche liefern AL-LAHAM [18], AMELINGMEYER [19], KRCMAR [20] und REUCHER [16]. Im Folgenden werden die bedeutendsten Ansätze vorgestellt und diskutiert. Für eine umfassendere Darstellung der Definitionsversuche des Begriffs Wissen sei auch auf Anhang A verwiesen.

Ein grundlegendes Modell zur Abgrenzung der Begrifflichkeiten wird durch REHÄUSER UND KRCMAR [21] eingeführt, welches in Abbildung 4 (links) dargestellt ist. Entsprechend des Modells können Zeichen, die einem definierten und finiten Zeichenvorrat entspringen, durch eine begrenzte Menge syntaktischer Regeln zu Daten aggregiert werden. Die Syntax kann als die Gruppierung, die Abgrenzung oder die Verpackung eines Abschnitts linguistischen Textes angesehen werden [22]. Daten stellen Symbole dar, die nur in einem bestimmten Kontext richtig interpretiert werden können. Durch die Einbettung der Daten in einen Kontext werden diese auf eine semantische Ebene gehoben, wodurch Informationen entstehen. Der Kontext bezieht sich dabei auf eine physische Entität oder Situation, ein mathematisches Konstrukt oder einen anderen Ausdruck natürlicher oder künstlicher Sprache [22]. Durch die Vernetzung von Informationen im menschlichen Gehirn entsteht schließlich Wissen [23]. Im Kontext der wissensorientierten Unternehmensführung erweitert NORTH [4] dieses Konzept um Ebenen des unternehmerischen Handelns zur Wissenstreppe, dargestellt in Abbildung

4 (rechts). Dabei kann durch die Anwendung von Wissen Handeln erzielt werden, richtiges Handeln wiederum führt zu Kompetenz. Zeichnet sich diese Kompetenz durch ein einzigartiges Merkmal aus, wird das höchste Ziel des unternehmerischen Handelns, die Wettbewerbsfähigkeit erreicht. PROBST ET AL. fassen in diesem Sinne Wissen als die „Gesamtheit der Kenntnisse und Fähigkeiten [auf], die Individuen zur Lösung von Problem einsetzen“ [9], wobei Wissen sich zwar auf Daten und Informationen stützt, im Gegensatz zu diesen jedoch stets an Personen gebunden ist und deren Erwartungen über Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge repräsentiert.

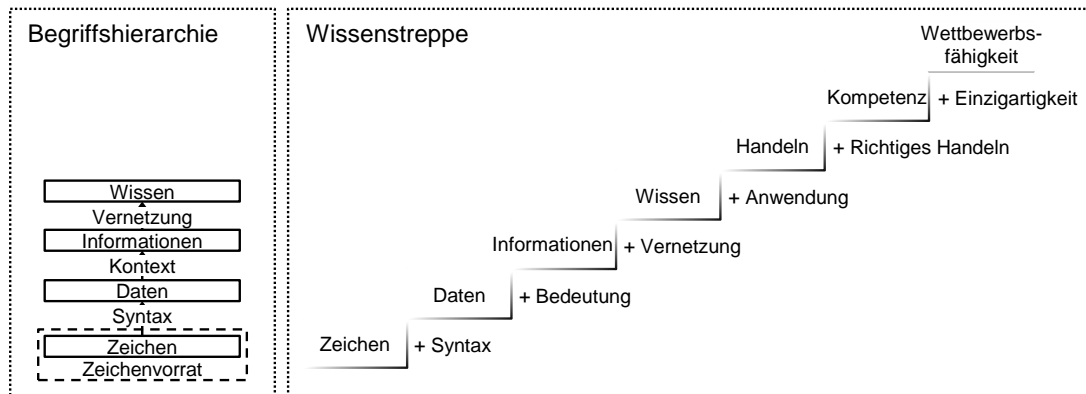


Abbildung 4: Verbreitete betriebswirtschaftliche Ansätze zur Beschreibung des Wissensbegriffs, nach [21] und [4]

Die vorgestellten Modelle stützen sich wie viele andere, vgl. Anhang A auf die Verknüpfung der Begriffe Daten – Syntax und Information – Semantik, die maßgeblich durch die Überlegungen von PIERCE [24] begründet und von MORRIS [25] zur Lehre der Semiotik weiterentwickelt wird. Diese nutzt Zeichen als Mittel zum Transport von Bedeutung, wobei die Interpretation der Bedeutung dem Betrachter obliegt. Der Übermittlungsprozess einer Bedeutung besteht somit aus grundsätzlich drei Komponenten, dem Zeichen als Mittel der Übertragung, dem Designat als Bezugsobjekt der Bedeutung sowie dem Interpretieren der Bedeutung [26]. Aus diesem Modell ergeben sich die drei Teildisziplinen der Semiotik, die Syntaktik als Beziehungslehre von Zeichen zu Zeichen, die Semantik als Beziehungslehre von Zeichen zu Designat sowie die Pragmatik als Beziehungslehre von Zeichen zu ihrem Interpretieren [26]. In der Anwendung auf die vorgestellten Modelle entsprechen die Syntaktik, Semantik und Pragmatik den Beziehungen zwischen den Hierarchieebenen nach REHÄUSER UND KRCMAR [21]. Das resultierende Modell wird als semiotische Pyramide bezeichnet [27].

Die vorgestellten Ansätze bieten einen Versuch der Modellierung und der Definition von Wissen. Jedoch unterliegen die gezeigten Modelle auch deutlicher Kritik verschiedener Autoren. Zum einen wird angeführt, dass die Trennung der genutzten Begriffe zu einfach ist, da die Übergänge fließend und Syntax und Semantik zyklisch miteinander verknüpft sind [16]. Zudem gilt in der Informatik zweifelsohne, dass Daten einen semantischen Aspekt ausweisen [28]. SCHÜTT führt an, dass nur durch Wissen Daten

in einen Kontext gestellt werden können, um daraus Informationen zu gewinnen [29]. Des Weiteren müssen sich Informationen nicht zwangsläufig auf Daten stützen, was beispielsweise Gespräche oder Informationen, die aus der Umwelt aufgenommen werden, belegen [27]. Auch NORTH bietet durch die Wissenstreppe zwar eine klare Strukturierung der Begrifflichkeiten Daten, Informationen und Wissen, welche es ermöglicht, eine differenziertere Begriffsdefinition abzuleiten, jedoch ist auch diese Darstellung der Zusammenhänge stark umstritten und wird einer wissenschaftlich fundierten Definition und Abgrenzung nicht gerecht [30]. Zudem kann die Betrachtungsweise der Zusammenhänge empirisch, beispielsweise durch die Betrachtung ägyptischer oder chinesischer Schriftzeichen und Piktogrammen, mit denen Wissen auch syntaxfrei abgebildet werden kann, widerlegt werden.

2.1.3 Informationstheoretische Betrachtung

In der Kommunikationswissenschaft wird im Vergleich zu den bisher dargestellten Modellen von einem subjektiven Informationsbegriff ausgegangen. Dabei wird ein Kommunikationsmodell genutzt, bei dem Nachrichten über einen Kanal von einem Sender zu einem Empfänger übermittelt werden. Ist eine Nachricht für den Empfänger neu und von Relevanz, so wird sie als Information bezeichnet [27]. Mithilfe mathematischer Verfahren kann die Informationstheorie den Informationsgehalt von Nachrichten quantifizieren und diesen somit für die weitere Verarbeitung nutzbar machen [16]. Allgemein wird dabei von den Begrifflichkeiten nach [31] und [32] sowie [33] ausgegangen.

Dabei wird zunächst eine Nachricht von ihrem assoziierten Informationsgehalt differenziert. Da überraschende beziehungsweise unerwartete Nachrichten im Allgemeinen als informativer empfunden werden als Nachrichten, die offensichtliche Vermutungen bestätigen, ist eine Definition des Informationsgehalts einer Nachricht in Abhängigkeit ihrer Auftrittswahrscheinlichkeit naheliegend [34]. SHANNON [35] begründet die mathematische Beschreibung des Informationsbegriffs durch eine detaillierte Analyse der Vermittlung von Nachrichten von einer Quelle zu einer Senke. Ziel der Überlegung ist die optimale Kodierung von elektronischen Nachrichten hinsichtlich einer sicheren und schnellen Übertragung [16]. Die formale Betrachtung einer Nachricht unter Befreiung jeglicher semantischen Bedeutung erfordert dabei ein Kriterium der Relevanz für den Empfänger. Ebenso muss das Eignungspotential einer Nachricht für die Übermittlung gewisser Inhalte abgeschätzt werden [34, 26]. Gemäß [35] ergibt sich der Informationsgehalt einer Nachricht auf syntaktischer Ebene aus dem Überraschungswert eines Zeichens aus einer Zeichenfolge, der sich durch die Auftrittswahrscheinlichkeit des Zeichens bestimmen lässt. Dabei zeigt die Informationstheorie nicht, inwiefern eine Nachricht für einen Empfänger verständlich oder richtig ist, oder ob sie eine Bedeutung beinhaltet. Jedoch ermöglicht diese Begriffsbildung quantitative Aussagen über den Informationsgehalt von Zeichen, sodass eine genauere Untersuchung elektronischer Kommunikation möglich ist [20] [35].

Zur Beurteilung des Informationsgehalts einer Nachricht kann die Befragung eines hypothetischen Empfängers genutzt werden, ohne den eigentlichen Nachrichteninhalt zu kennen. Der Aufwand der theoretischen Befragung dient dabei als quantifizierbares Maß für den Informationsgehalt. Durch den Einsatz von Fragen, die nur binäre Antworten zulassen und deren Antworten gleich wahrscheinlich sind, kann eine optimale Fragestrategie realisiert werden [34, 26]. Demnach kann durch eine Anzahl von q optimalen Binärfragen ein Element einer Liste mit

$$n = 2^q \quad (2.1)$$

gleichwahrscheinlichen Elementen identifiziert werden [16]. Somit sind zur Spezifikation eines Zeichens aus einem Zeichenvorrat von n gleichwahrscheinlichen Elementen

$$q = \log_2 n \quad (2.2)$$

optimale Binärfragen notwendig, wobei die Anzahl optimaler Binärfragen als Entscheidungsgehalt bezeichnet wird [26]. HARTLEY [36] berechnet, dass zur Bestimmung einer Zeichenfolge von m Elementen aus einem Zeichenvorrat mit n Elementen Information mit einem Informationsgehalt von

$$Inf(n^m) = \log_2(n^m) \quad (2.3)$$

notwendig ist, wobei die Information dem Entscheidungsgehalt einer Nachricht entspricht. Inf bezieht dabei die maximale Ungewissheit über den Inhalt einer Nachricht und ist somit eine Beurteilung eines möglichen Informationsgehalts. Gemäß dem zur Berechnung verwendeten Logarithmus Dualis wird der Information in Anlehnung an die binäre Kodierung von Zeichen die Einheit *bit* (kurz für *binary digit*) zugeordnet [37, 16, 26]. Für jedes gleichwahrscheinliche Element x_i mit der Einzelwahrscheinlichkeit p kann somit der Informationsgehalt jedes einzelnen Zeichens durch

$$Inf(x_i) = \log_2\left(\frac{1}{p(x_i)}\right) = -\log_2(p(x_i)) \quad (2.4)$$

berechnet werden [37, 34, 16, 26]. Da im Allgemeinen jedoch die Auftretswahrscheinlichkeiten einzelner Zeichen voneinander abweichen, wird der Informationsbegriff durch Gleichung 2.4 noch unzureichend beschrieben. SHANNON [35] fasst den Informationsbegriff mathematisch exakter, indem die jeweiligen Informationsgehalte der einzelnen Zeichen gemäß ihrer Auftretswahrscheinlichkeit gewichtet werden. Der auch als Entropie H bezeichnete Informationsgehalt ist als Maß für die Information, die durchschnittlich mit jedem Auswahlakt einer Quelle übermittelt wird, durch

$$H(x) = \sum_{i=1}^n p(x_i) \cdot (-\log_2(p(x_i))) = - \sum_{i=1}^n p(x_i) \cdot \log_2(p(x_i)) \quad (2.5)$$

definiert [37, 16, 26]. Da im Allgemeinen der Informationsgehalt einer Nachricht umso größer ist, je unsicherer ihr Eintreffen ist [34], besteht die Wirkung der Information in der Reduzieren dieser Ungewissheit [16]. Im Umkehrschluss stellen die Kenntnisse über bestimmte Ereignisse ein bestimmtes Maß an Gewissheit dar. Ist die Gewissheit über jede Nachricht maximal, das heißt, kann eine Nachricht nur einen möglichen Wert annehmen, so ist die Entropie einer Quelle gleich Null. Im Gegensatz dazu ist die Entropie einer Quelle maximal, wenn sämtliche möglichen Zeichen statistisch unabhängig und gleichwahrscheinlich sind. Somit entspricht die Entropie dem in Gleichung 2.2 definierten Entscheidungsgehalt und kann durch

$$H_{max} = \log_2 n \quad (2.6)$$

berechnet werden. Sobald die statistische Verteilung innerhalb einer Quelle oder Nachricht von der Gleichverteilung abweicht, verringert sich die Entropie [34, 16, 26]. Die als Redundanz bezeichnete Differenz

$$R = H_{max} - H \quad (2.7)$$

liegt genau dann vor, wenn die Übermittlung von Zeichen nicht zufällig ist, sondern durch eine Regelmäßigkeit bestimmt wird, wie dies beispielsweise in natürlichen Sprachen vorzufinden ist [26].

Die Informationstheorie steht damit im Widerspruch mit der in 2.1.2 dargestellten betriebswirtschaftlichen Sichtweise, da die Sprachkonzepte Syntax, Semantik und Pragmatik selbst messbare Informationsfragmente darstellen. Im Folgenden werden Ansätze zur Quantifizierung der Entropie und damit des Informationsgehalts der drei Sprachkonzepte erläutert.

Syntax und Entropie

Die Aufgabe der Syntax eines Kontextes ist die Gruppierung, die Abgrenzung oder die Verpackung eines Abschnitts linguistischen Textes [22]. Der semantische Aspekt einer Nachricht, das heißt die über einen Kanal übermittelten Sachverhalte sowie der pragmatische Aspekt, das heißt der Verwendungszweck beim Empfänger bleiben bei der informationstheoretischen Sichtweise von SHANNON unbeachtet [16], weshalb der Ansatz aus Sicht der Betriebswirtschaftslehre sich nicht zur Quantifizierung des zweckorientierten Wissens eignet [38]. Die zentrale Aufgabe der Informationstheorie ist somit die Messung des syntaktischen Gehalts einer Nachricht. Dennoch existieren Versuche, die theoretischen Ansätze auf die Ebenen der Semantik und der Pragmatik anzuwenden, wie in den nachfolgenden Abschnitten exemplarisch dargestellt.

Semantik und Entropie

Um den semantischen Aspekt, in die SHANNON'sche Entropie miteinzubeziehen, definieren KLIR und FOLGER ein entropieverwandtes Maß, welches die semantische Unsicherheit einer Nachricht erfasst [39]. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Empfänger

einer Nachricht s in der Lage ist, diese durch die Beimessung einer subjektiven semantischen Bedeutung \tilde{s} zu interpretieren. Wird die endliche Menge möglicher Interpretationen der übermittelten Nachrichten $s \in \mathcal{S}$ durch $\tilde{\mathcal{S}}$ ausgedrückt, so ergibt sich die mittlere semantische Unsicherheit durch

$$H(P)^{sem} = \sum_s p(s) \cdot H(\tilde{\mathcal{S}}|s), \quad (2.8)$$

wobei

$$H(\tilde{\mathcal{S}}|s) = - \sum_{\tilde{s} \in \tilde{\mathcal{S}}} p(\tilde{s}|s) \cdot \log_2 p(\tilde{s}|s) \quad (2.9)$$

entspricht. Hieraus lassen sich zwei Extremfälle identifizieren. Zum einen gilt unter der Annahme, dass der Inhalt einer Nachricht nicht zu interpretieren ist, dass die verbleibende Unsicherheit mit $\log_2 |\tilde{\mathcal{S}}|$ maximal ist. Dies tritt beispielsweise ein, wenn die Nachricht in einer für den Empfänger unverständlichen Sprache übermittelt wird [16]. Zum anderen kann die mittlere Unsicherheit der Bedeutung der übermittelten Nachrichten Null annehmen, falls jede Nachricht s eindeutig interpretiert werden kann. Mit dem von KLIR und FOLGER [39] entwickelten Ansatz ist es zwar prinzipiell möglich, den semantischen Gehalt von Nachrichten zu quantifizieren, jedoch wird dabei vorausgesetzt, dass der Empfänger die semantische Bedeutung \tilde{s} exakt durch die bedingte Wahrscheinlichkeit $p(\tilde{s}|s)$ ausdrücken kann. Dies ist jedoch äußerst selten gegeben, wodurch der Ansatz für reale Problemstellungen kaum anwendbar ist [16].

Pragmatik und Entropie

Des Weiteren bieten KLIR und FOLGER [39] einen Ansatz, mit dem der pragmatische Gehalt einer Nachricht quantifiziert werden kann. Dazu werden einzelne Zeichen mit einem realen Wertnutzen gewichtet, woraus die „gewichtete Shannon Entropie“ [16]

$$H^g(P) = - \sum_s u(s) \cdot p(s) \cdot \log_2 p(s) \quad (2.10)$$

folgt. Entspricht für alle s der Wertnutzen $u(s) = 1$, so reduziert sich die mittlere Unsicherheit auf den syntaktischen Fall in Gleichung 2.5. Schwierig stellt sich dabei jedoch die Interpretation der sich ergebenden pragmatischen Entropie heraus, da der in einer monetären Einheit quantifizierte Nutzen multiplikativ mit der Einheit *bit* des Informationsgehaltes verknüpft wird [16]. SCHAEFER [40] führt an, dass die Messung von Information auch von produktionswissenschaftlichem Interesse sei und versteht Information als Grundlage dafür, Entscheidungen treffen zu können. Durch die Nutzung der nachrichtentheoretischen Informationsmengenbestimmung ist es demnach möglich, den Informationsbedarf für Problemstellungen der Produktion zu quantifizieren. So kann eine zielgerichtete Strategie der Informationsbeschaffung abgeleitet werden, um schnellstmöglich Entscheidungen treffen zu können. Der vorgeschlagene Ansatz bildet jedoch nur eine einfache optimale Frage-Antwort-Strategie ab und bietet keine Lösung für komplexe stochastische Produktionsprozesse [16].

2.1.4 Wissenstheoretische Betrachtung

Bei der Analyse der bisher diskutierten Modelle und Theorien können einige immer wiederkehrende Aspekte des Wissensbegriffs identifiziert werden. Zunächst ist festzustellen, dass Wissen einen persönlichen, subjektiven Charakter besitzt, unabhängig davon, ob der Empfänger eines Signals oder einer Nachricht menschlich, organisational oder sogar maschinell ist. Der Kenntnisstand einzelner Subjekte variiert in Umfang und Bereich. Des Weiteren lässt sich Wissen als eine Summe von Kenntnissen über Dinge und Ereignisse ansehen, die mit einer gewissen Sicherheit zu- oder eintreffen, wobei diese Sicherheit durch Informationen vergrößert werden kann. Wissen ist somit ein dynamisches Phänomen, welches durch den Empfang und die Verarbeitung von Information über einen oder mehrere Nachrichtenkanäle vergrößert wird. Daten wiederum stellen ein Mittel zur Speicherung und formalen Kommunikation von Informationen dar, sind aber nicht zwingend erforderlich. Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass Wissen nicht zwingend an keinen Kontext gebunden sein muss, Information hingegen nur durch Kontext auswertbar sind. Beispielsweise lässt sich einmal erlerntes Wissen unabhängig vom Quellkontext auf andere Zusammenhänge übertragen. Bereits einleitend wird erläutert, dass aufgrund der Vielschichtigkeit des menschlichen Bewusstseins und der daraus resultierenden fehlenden Greifbarkeit des Wissens eine präzise Formulierung und Quantifizierung des Wissensbegriffs über alle Wissenschaften hinweg nicht ohne weiteres möglich ist. Die Kombination der betrachteten Theorien ermöglicht jedoch die Synthese eines Systems aus Daten, Information und Wissen, welches die Realität sehr gut abbildet. Dabei lässt sich die Sichtweise des Wissensbegriffs in Zusammenhang mit der Mengenlehre heranziehen. Beziehungen von Elementen unterschiedlicher Mengen werden als Abbildung bezeichnet. Der Zuordnungsvorgang von Beziehungen erfordert zwangsläufig eine Richtungsangabe. Die abgebildete Menge wird dabei sinngemäß als Original oder Definitionsmenge bezeichnet, deren Elemente mit Elementen aus der abbildenden, der sogenannten Zielmenge verknüpft werden. Ist jedem Element des Originals genau ein Zielelement zugeordnet, so ist die Abbildung eindeutig und kann mittels

$$\begin{aligned} f: \mathbb{X} \rightarrow \mathbb{Y}, x \rightarrow y, f(x) = y \\ \text{mit } x \in \mathbb{X}, y \in \mathbb{Y} \end{aligned} \quad (2.11)$$

beschrieben werden. Die Eindeutigkeit der Abbildung gilt jedoch nicht zwangsläufig für die Inverse. Für den Fall, dass die Definitionsmenge nur einen Teil der Zielmenge berücksichtigt, ist die Teilmenge der Zielmenge durch

$$\text{Bild}(f) = f(\mathbb{X}) := \{f(x) \mid x \in \mathbb{X}\} \quad (2.12)$$

als Bild oder Bildmenge der Funktion f definiert. Alle Elemente der Definitionsmenge, die einem Element der Bildmenge zugeordnet sind, werden mittels

$$f^{-1}(\text{Bild}(f)) := \{x \in \mathbb{X} \mid f(x) \in \text{Bild}(f)\} \quad (2.13)$$

als Menge beschrieben und als *Urbild* oder *Urbildmenge* bezeichnet. Allgemein können Abbildungsfunktionen wie in Abbildung 5 gezeigt als injektiv, surjektiv und bijektiv klassifiziert werden.

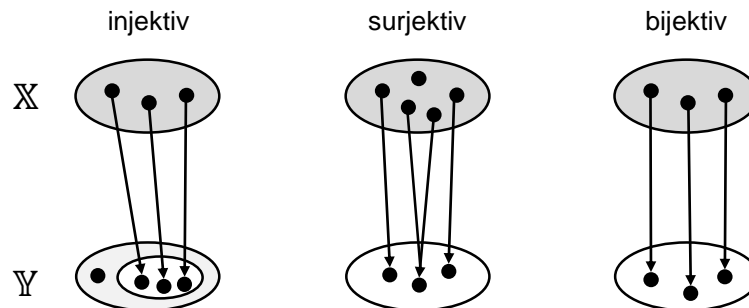


Abbildung 5: injektive, surjektive und bijektive Abbildungsfunktionen

Für eine injektive Funktion gilt

$$\forall x_i, x_j \in \mathbb{X}, x_i \neq x_j : f(x_i) \neq f(x_j) . \quad (2.14)$$

Somit besitzt jedes Element der Zielmenge höchstens eine Zuordnung zu einem Element der Definitionsmenge. Ist eine Funktion surjektiv, so gilt

$$\forall y \in \mathbb{Y} \exists x \in \mathbb{X} : f(x) = y . \quad (2.15)$$

Somit werden jedem Element der Zielmenge mindestens ein Element der Definitionsmenge zugeordnet. Eine Funktion ist bijektiv, wenn sie gleichzeitig injektiv und surjektiv ist. Jedem Element der Definitionsmenge wird dann genau ein Element der Zielmenge zugeordnet, und umgekehrt. Die Abbildung ist daher eineindeutig.

Wissen lässt als eine Menge \mathbb{W} aller Kenntnisse eines Individuums interpretieren. Aufgrund der Fähigkeit des menschlichen Verstandes, immer wieder zu neuen Erkenntnissen zu gelangen, kann die Mächtigkeit der Wissensmenge \mathbb{W} analog zur Menge der reellen Zahlen \mathbb{R} als überabzählbar angenommen werden. Die Tatsache, dass der Mensch das Konzept der reellen Zahlen begreift, zeigt, dass die Menge \mathbb{W} mindestens gleich mächtig ist. Letztendlich basiert die gesamte Wissenschaft auf der menschlichen Neugier und der Kreativität bei der Suche nach stets neuen Erkenntnissen. Neben der bereits erläuterten Subjektivität, ist diese Mächtigkeit von \mathbb{W} eine Barriere, Wissen in seiner Gesamtheit darzustellen und zu verarbeiten.

Wird jedoch die Menge \mathbb{A} als eine endliche Anzahl an beliebigen Elementen der Realität angenommen, so kann \mathbb{A} gemäß Gleichung 2.11 auf das Wissen \mathbb{W} abgebildet werden. Ein begrenzter Ausschnitt der Realität wird somit als Teil des Wissens abgebildet. Dabei ordnet die Funktion f jedem Element von \mathbb{A} nur ein Element aus \mathbb{W} zu.

Das Bild der Menge \mathbb{A} unter f ist durch Gleichung 2.12 definiert und stellt aufgrund der Abzählbarkeit von \mathbb{A} eine Teilmenge \mathbb{M} der Wissensmenge \mathbb{W} dar, wie in Abbildung 6 links dargestellt ist. Das Urbild der Funktion, gegeben durch Gleichung 2.12, entspricht genau \mathbb{A} . Mittels Gleichung 2.15 kann gezeigt werden, dass die Funktion f nicht surjektiv ist. Unter der Annahme, dass \mathbb{A} verschiedene Elemente enthält, die dasselbe Konzept verkörpern, so zeigt Gleichung 2.14, dass f nicht injektiv ist, wie in Abbildung 6 rechts dargestellt.

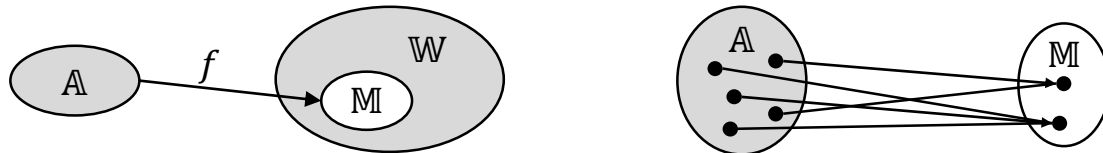


Abbildung 6: Wissen als nicht-surjektive (links), nicht-injektive (rechts) Abbildung

Zur Vervollständigung von f müssen zudem die Strukturen von \mathbb{A} und \mathbb{M} berücksichtigt werden. Dies kann durch die Abbildung der Gesamtheit der Beziehungen unter den Elementen der Menge \mathbb{A} auf die Menge \mathbb{M} realisiert werden. Analog zur Zuordnung der Elemente werden dazu Beziehungen von \mathbb{A} einer Relation in \mathbb{M} zugeordnet. Diese strukturerhaltende Zuordnung, auch als Homomorphismus bezeichnet, ist schematisch in Abbildung 7 dargestellt.

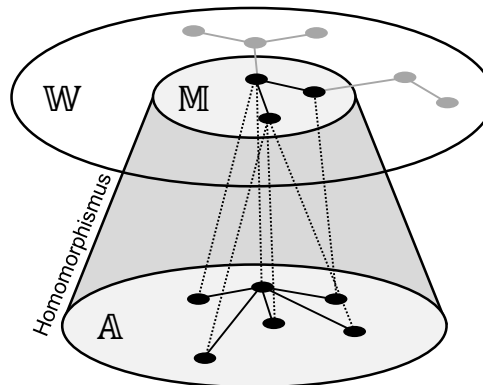


Abbildung 7: Homomorphe Wissensabbildung

Das menschliche Bewusstsein ist in der Lage, einen auf unzähligen Beobachtungen basierenden Zusammenhang zu erkennen und zu verallgemeinern, sodass eine kontextfreie Anwendung möglich wird. Dies kann im Sinne von BISCHOF als Abstraktion bezeichnet werden [26]. Die kontextuelle Unabhängigkeit des Wissens entsteht dabei durch die Verknüpfung mit Elementen problemfremder Wissensfragmente. Bei der Kommunikation sowie der Anwendung wird \mathbb{W} wiederum auf die jeweiligen Problem-mengen abgebildet. Zu diesem Zweck werden Wissens Elemente den vorliegenden Elementen einer abzählbaren Problembildmenge \mathbb{B} zugeordnet. Unter der Annahme der Nicht-Injektivität des Wissens werden die Elemente umkehrbar eindeutig (bijektiv)

verknüpft. Angesichts der Abzählbarkeit der Bildmenge \mathbb{B} ist die Urbildmenge \mathbb{P} , also das problemspezifische Wissen eine Teilmenge des Wissens \mathbb{W} . Gemäß BISCHOF wird diese Zuschreibung der entsprechenden Bedeutung der Elemente der Problemstellung als Interpretation bezeichnet [26]. Die entsprechende Struktur in Abhängigkeit der sinnvoll zugeordneten Elemente des betreffenden Wissensbereichs \mathbb{P} wird auf \mathbb{B} übertragen, wodurch, wie in Abbildung 8 schematisch dargestellt, ein Isomorphismus entsteht.

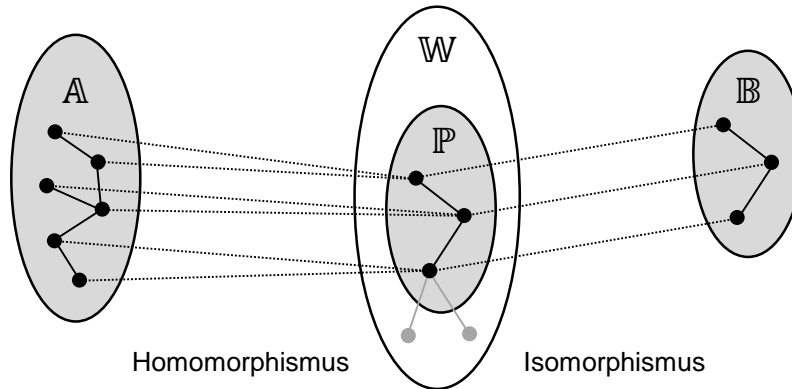


Abbildung 8: Isomorphe Abbildung des Lösungswissens auf Problemstellungen

Werden hingegen mehrere Wissens Elemente oder -beziehungen einem einzigen vorliegenden Problemfragment zugeordnet, so liegt kein Isomorphismus vor. Dies tritt zum einen auf, wenn der vorliegende Sachverhalt nicht eindeutig identifiziert und somit nicht mit Hilfe des erlernten Wissens verarbeitet werden kann, was als Verwirrung oder Unwissenheit empfunden wird. Zum anderen findet gegebenenfalls eine Rückkopplung der Problemmenge auf die problemspezifische Wissensmenge statt, sodass nicht richtig eingeordnete Fragmente neu zugeordnet und somit erlernt werden. Werden dabei die betrachteten Mengen und deren Abbildungen auf das Wissen als Nachrichtenkanäle verstanden, so lässt sich die bisher beschriebene Wissenstheorie mit der Informationstheorie nach SHANNON (vgl. 2.1.3) vereinen. Für Elemente und Beziehungen, welche wie erwartet die Beschaffenheit eines Wissensbereichs bestätigen, ist der Informationsgehalt für \mathbb{W} gemäß Gleichung 2.16 relativ gering.

$$\lim_{p \rightarrow 1} \text{Inf}(x) = \lim_{p \rightarrow 1} -\log_2(p(x)) = 0 \quad (2.16)$$

Folglich tragen diese wenig zur Kenntniserweiterung bei. Dagegen bieten Elemente und Beziehungen, welche die Form eines Wissensfragments unerwartet ändern, nach

$$\lim_{p \rightarrow 0} \text{Inf}(x) = \lim_{p \rightarrow 0} -\log_2(p(x)) = +\infty \quad (2.17)$$

einen hohen Informationsgehalt, wodurch sie bedeutend zur Kenntniserweiterung beitragen. Den Lernvorgang durch bestätigende, zu erwartende Fragmente und verändernde, unerwartete Fragmente verdeutlichen Abbildung 9a respektive Abbildung 9b.

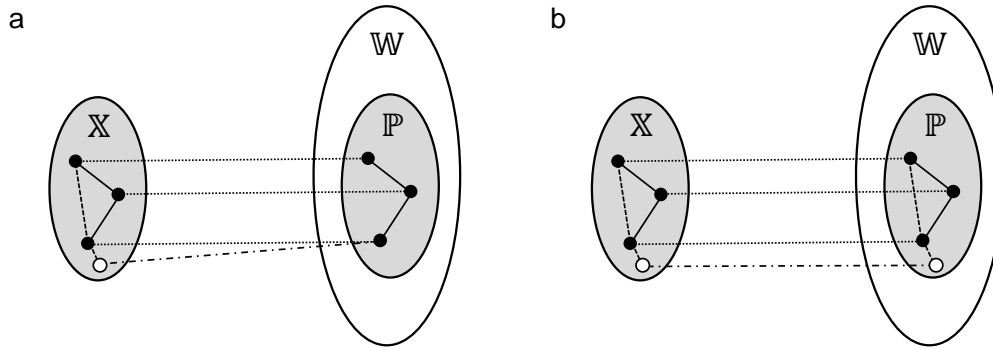


Abbildung 9: Vergrößerung der Wissensmenge durch Lernen

Unter der Annahme, dass in der Realität weder absolut sichere ($p = 1$) noch absolut unmögliche ($p = 0$) Ereignisse existieren, kann ein Sachverhalt mit jedem der Wissensmenge hinzugefügtem Element, zumindest marginal besser beschrieben werden. Der Beschreibungsgrad des zur Übermittlung verwendeten Kanals erreicht jedoch nach einer gewissen Anzahl von ähnlichen Nachrichten n_s ein Beschreibungslevel s , das für pragmatische Zwecke ausreichend ist. Zudem kann der Beschreibungsgrad nicht beliebig erhöht werden, da aufgrund der zunehmenden Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Fragment bereits in der Wissensmenge befindet, der Informationsgehalt jeder zusätzlichen Nachricht sinkt und schließlich wie durch Gleichung 2.16 beschrieben einen oberen Grenzwert erreicht. Entsprechend der Vorstellung, dass Informationen grundsätzlich additiv sind [34], kann der Beschreibungsgrad b eines Wissensfragments in Abhängigkeit der Anzahl der in einem Kanal übermittelten Elemente n , die das Wissensfragment beschreiben, mit

$$b(n) = 1 - e^{-z \cdot n} \quad \text{für } n \geq 0 \quad (2.18)$$

angenähert werden. Der Faktor z , der die Abnahme des Informationsgehalts jedes zusätzlichen Elements beschreibt, ist dabei für jeden Nachrichtenkanal empirisch zu bestimmen. Auch der Schwellwert s einer für einen Kanal ausreichenden Informationsmenge ist individuell festzulegen. Aus den beiden Werten lässt sich dann ermitteln, wie viele Elemente n_s zur Ausschöpfung des Informationspotentials eines Kanals ausreichend sind. Gleichung 2.18 zeigt, dass Wissen durch Nutzung eines einzelnen Nachrichtenkanals nie vollständig beschrieben werden kann, was im Einklang mit der These der Unendlichkeit des Wissens und Überabzählbarkeit von W steht. Aus diesem Grund müssen zur Abbildung eines Sachverhalts über den Schwellwert s hinaus mehrere Übermittlungskanäle kombiniert werden. Dies kann beispielsweise durch das Hinzufügen einer Abbildung in eine textuelle Beschreibung erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die zur Erreichung des Informationspotentials eines Kanals notwendige Nachrichtenanzahl zum Teil deutlich voneinander abweicht. Abbildung 10 verdeutlicht dies anhand des Vergleichs eines textuellen Kanals mit einem visuellen Kanal anhand der jeweiligen Beschreibungsfunktionen b .

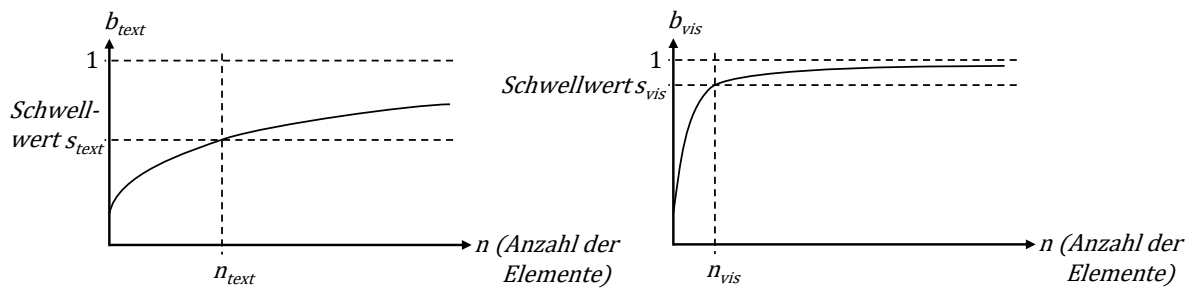


Abbildung 10: Stark abweichende Schwellwerte für unterschiedliche Kanäle

Für die gezeigten Übermittlungskanäle gilt:

$$z_{vis} \gg z_{text} \quad (2.19)$$

$$n_{vis} \ll n_{text} \quad (2.20)$$

Somit wird gezeigt, dass die Abbildung eines Wissensfragments in verschiedenen Kanälen unterschiedlich effizient und effektiv erfolgt. Die Effizienz kann anhand des Faktors z evaluiert und verglichen werden. Demnach existiert ein optimaler Übermittlungskanal, der zu einer effizienten Vermittlung einer bestimmten Information verwendet werden kann. Für eine hinreichend genaue und effiziente Wissensbeschreibung empfiehlt sich jedoch die Verwendung mehrerer, voneinander unabhängiger Kanäle. Dies führt zum einen zu einer Erhöhung der Wissensmenge, zum anderen kann die für eine ausreichende Beschreibung notwendige Datenmenge reduziert werden.

2.1.5 Fazit

Die Analyse des Wissensbegriffs aus unterschiedlichen Dimensionen zeigt die Vielschichtigkeit der Terminologie. Dabei stellen sich die Definitionsversuche der Betriebswirtschaftslehre, die sich vornehmlich auf die semiotische Unterscheidung von Pragmatik, Semantik und Syntax nach CAPURRO [33] sowie deren Synthese stützen, als zu eng und für effektives Wissensmanagement als nicht geeignet heraus. Die SHANNONSche Informationstheorie stellt ein Maß zur Quantifizierung des Informationsgehalts von Nachrichten zur Verfügung, wodurch die semiotischen Ebenen mathematisch beschrieben werden können [35]. Zwar eignet sich der Ansatz aufgrund des notwendigen Vorwissens über Eintrittswahrscheinlichkeiten von Informationsereignissen nicht für das praktische Wissensmanagement, jedoch wird mathematisch gezeigt, dass durch Kommunikation übertragene Information den Wissensstand eines Individuums beeinflusst. Zudem zeigt sich der subjektive Charakter des Wissens. Schließlich ist zu folgern, dass Wissen die Summe von Kenntnissen über mit einer gewissen Sicherheit eintreffenden Ereignisse ist, wobei Information diese Sicherheit vergrößern. Die wissenstheoretische Betrachtung greift diese Eigenschaften auf und erweitert den Informationsbegriff um mengentheoretische Ansätze, sodass sich der Wissensbegriff als Abbildung der subjektiven Realität ergibt, welche durch Informationen verändert

wird. Zusammenfassend werden für die weiteren Ausführungen die folgenden Begriffsdefinitionen herangezogen, deren Zusammenhänge in Abbildung 11 illustriert werden:

Eine **Nachricht** dient der Kommunikation von Informationen und wird durch die Übertragung von Daten oder mittels anderer Übertragungskanäle (z.B. Schall) realisiert.

Daten sind ein oder mehrere in einer bestimmten Syntax angeordnete Zeichen oder sonstige Signale, die sich zur Übertragung von Informationen eignen. Daten müssen nicht zwangsläufig in digitaler Form vorliegen, digitale Daten bilden jedoch die Grundlage der modernen elektronischen Kommunikation und Wissensverarbeitung.

Informationen bilden Tatsachen, Ereignisse und Abläufe sowie deren Beziehungen ab. Durch den semantischen Gehalt kann der Information unter anderem ein Wahrheitswert zugewiesen werden, wodurch eine Interpretation mithilfe von Wissen möglich ist. Die zweckmäßige Übertragung von Information erfordert stets einen Kontext.

Wissen ist die Abbildung der Gesamtheit der subjektiv als wahr interpretierten, bekannten und erschließbaren Informationen eines zu beschreibenden Universums. Dies umfasst die Fähigkeit der Ableitung und der Abschätzung des Gültigkeitsbereichs einer vagen oder unbekannten Information in einem bekannten oder unbekannten Kontext respektive einer bekannten oder unbekannten Domäne sowie bei der Kombination von Informationen. Im Gegensatz zur Information ist Wissen nicht zwangsläufig an einen Kontext gebunden, sondern bildet selbst den zur Interpretation von Informationen notwendigen Kontext.

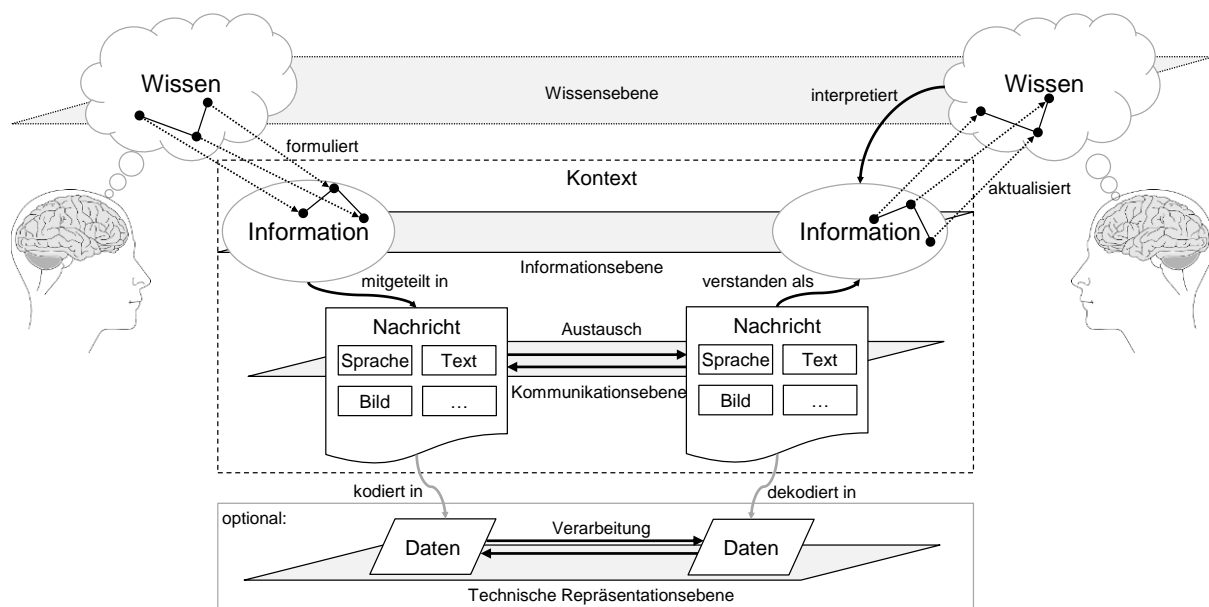


Abbildung 11: Zusammenhänge zwischen Wissen, Informationen und Daten

2.2 Wissensmanagement

Der ganzheitliche Umgang mit der Ressource Wissen, deren Facetten im vorherigen Abschnitt eingehend beleuchtet sind, erfordert einen dedizierten Ansatz des Wissensmanagements. Im Folgenden wird zunächst der Begriff des Wissensmanagements erörtert sowie die aus der Ressource Wissen resultierenden Aufgaben des Wissensmanagements beschrieben. Im Anschluss erfolgt eine Darstellung bestehender Ansätze und Modelle, bevor abschließend die Herausforderungen und Limitation des Wissensmanagements aufgezeigt werden.

2.2.1 Der Begriff Wissensmanagement

Genauso wie bei dem Begriff Wissen besteht bei dem Begriff des Wissensmanagements eine große Divergenz bestehender Definition und Ansätze. Die Notwendigkeit der systematischen Beschäftigung mit der Informations- und Wissensversorgung eines Unternehmens folgt aus dem Zusammenhang von Wissen und Entscheidungen respektive dem darauffolgenden Handeln [41]. Bereits in den neunzehnhundertsechziger Jahren werden erste Ansätze zur ökonomischen Bedeutung des Wissens entwickelt, vgl. [42]. Eine detaillierte Betrachtung der Entwicklung der Disziplin liefert BECKMAN [43]. LEHNER [44] spezifiziert den Begriff durch Abgrenzung der vier Gegenstandsbereiche Gesellschaft, Städte, Region oder Länder, Organisationen, Institutionen und Unternehmen sowie Personen bzw. Individuen, wobei stets von demselben Betrachtungsobjekt Wissen im jeweiligen Kontext ausgegangen wird.¹

Im Kontext des organisatorischen Wissensmanagements soll der Begriff durch ausgewählte Definitionen abgegrenzt werden. REINMANN-ROTHMEIER ET AL. verstehen unter Wissensmanagement den „bewussten und systematischen Umgang mit der Ressource Wissen und den zielgerichteten Einsatz von Wissen in der Organisation. Damit umfasst Wissensmanagement die Gesamtheit aller Konzepte, Strategien und Methoden zur Schaffung einer intelligenten, also lernenden Organisation“ [45]. PROBST ET AL. [9] bezieht sich in ihrer Definition auf die organisatorische Wissensbasis und definieren Wissensmanagement als ein „integriertes Interventionskonzept, das sich mit den Möglichkeiten zur Gestaltung“ dieser befasst auf. AMELINGMEYER [19] definiert Wissensmanagement als die zielorientierte Gestaltung der „Wissensbasis [eines] Unternehmens mit Blick auf den aktuellen Unternehmenserfolg und die zukünftige Entwicklungsfähigkeit“. Eine umfassende Definition bietet auch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie [46]:

Wissensmanagement ist die Gesamtheit der personalen, organisatorischen, kulturellen und technischen Praktiken, die in einer Organisation bzw. einem Netzwerk auf eine

¹ Im Rahmen dieser Arbeit wird vornehmlich von dem Begriff im Sinne des organisatorischen sowie des persönlichen Wissensmanagements ausgegangen, jedoch sind aufgrund der Verflechtung der Kontexte Einflüsse anderer Gegenstandsbereiche möglich.

effiziente Nutzung der Ressource „Wissen“ zielen. Es umfasst die Gestaltung und Abstimmung aller Wissensprozesse in einem Unternehmen. Ein ganzheitliches oder integratives Wissensmanagement umfasst daher immer auch die Rahmenbedingungen, die strukturelle Ordnung und die Lernprozesse innerhalb eines Unternehmens. Viele sprechen von der organisatorischen Wissensbasis eines Unternehmens, die gezielt und strategisch entwickelt, gemanagt oder gestaltet werden soll. Das Wissen muss durch verschiedenste Maßnahmen „bewegt“ werden. Das Wissen eines Unternehmens muss immer wieder überprüft, entwickelt, verteilt, ersetzt, übertragen, getestet oder auch gelöscht werden [46].

Eine ausführliche Übersicht weiterer bestehender Definitionen des Begriffs wird in [19] gegeben. Die angeführten Definitionen zeigen die Heterogenität des organisatorischen Wissensmanagements, für das sich im Laufe der Zeit eine Vielzahl von Sichtweisen und Ordnungsschemata herausgebildet hat [44]. Eine umfassende Systematisierung der Themengebiete, die dem Wissensmanagement zugeordnet werden, bieten KROGH und VENZIN [47]. Eine zusammenfassende Übersicht ist in Abbildung 12 dargestellt.

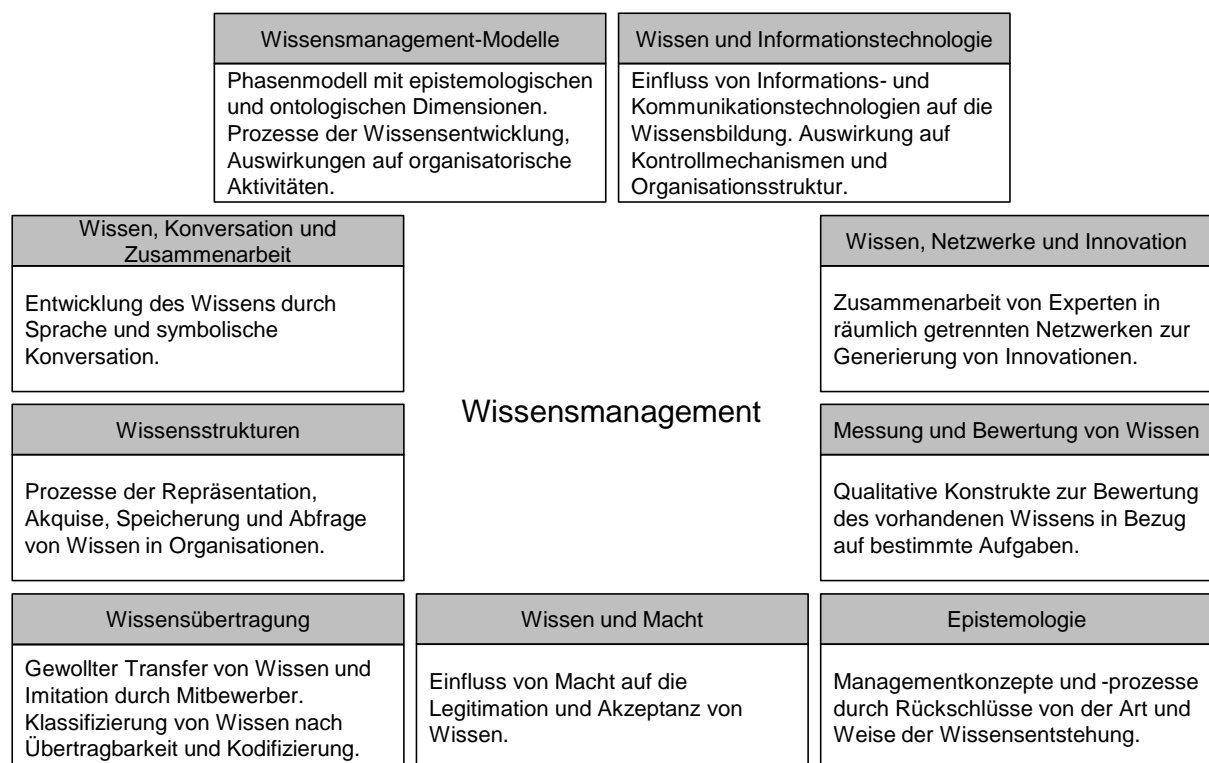


Abbildung 12: Themengebiete des Wissensmanagements, in Anlehnung an [47]

Auch bei der Betrachtung des persönlichen Wissensmanagements ist eine deutliche Heterogenität in den Begriffsdefinitionen festzustellen, weshalb bisher keine allgemeingültige Definition gegeben werden kann. Beispielhaft werden zwei Sichtweisen

herausgegriffen. Nach PROBST ET AL. [48] bedeutet persönliches Wissensmanagement, „systematisch Zugang zu Wissen zu haben, handlungsrelevante Informationen auszuwählen, diese in das eigen Wissen zu integrieren und die persönlichen Kompetenzen bzw. das eigene Wissensportfolio anforderungsorientiert und strategisch weiterzuentwickeln.“ Dem gegenüber versteht TSUI [49] unter persönlichem Wissensmanagement, „wenn Individuen in ihren täglichen Aktivitäten Wissen sammeln, klassifizieren, bewahren, suchen und abrufen. Dabei geht es nicht nur um Arbeitstätigkeiten, sondern auch um Tätigkeiten in Familie, Freizeit und anderen Lebensbereichen.“ Ähnlich wie im Kontext der Organisation können auch für das persönliche Wissensmanagement verschiedene Wissensgebiete identifiziert werden [50]. Diese sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Wissensgebiete des persönlichen Wissensmanagements, nach [50]

Wissensgebiet	Schwerpunkte
Persönliche Ziele	Ausrichtung, Sinn, Fokussierung, Lernziele, Fähigkeiten, Wissensgebiete
Persönliche Kompetenzen	innen, außen
Lernen	Ignoranz, Nicht-Wissen, Querverbindungen, Praxis, Abwehr, Vergessen
Netzwerke und Beziehungen	Zeitfresser, Lebenslehrer, Trennung, Selbstkonzept, richtige Partner, Web2.0
Biologischer Lebensrhythmus	Gewohnheit, Muße, Motivation, Konzentration, Kontakt zum Körper
Dokumentieren und Ordnen	Aktualität, Wissen teilen, Strukturen, Wissen lokalisieren, Wissensgebiete
Hilfsmittel	Meditation, Kreativitätstechniken, Zeitmanagement, Methodenwissen, Musik

Eine Synthese des organisatorischen sowie des persönlichen Wissensmanagements stellt die ganzheitliche Integrationsicht dar, die sich in die Teilprozesse Personalwirtschaft, Organisationsaufbau und Informations- und Kommunikationstechnologie gliedert [5]. Im Hinblick auf die Zielstellung eines ganzheitlichen Wissensmanagements wird im Rahmen dieser Arbeit von einer systematischen Vorgehensweise zur Erreichung organisationaler und persönlicher Ziele ausgegangen, die sich auf die Definition des Wissensmanagements nach MAIER [51] stützt:

Wissensmanagement ist die Managementfunktion, die für die regelmäßige Auswahl, Implementierung und Evaluierung von zielorientierten Wissensstrategien verantwortlich ist, um den organisationsinternen und -externen Umgang mit Wissen zu verbessern. Die Umsetzung von Wissensstrategien umfasst alle personenbezogenen, organisatorischen und technologischen Instrumente, die geeignet sind, das organisationsweite Niveau von Kompetenzen sowie die Bildung und Lernfähigkeit der Mitglieder der Organisation dynamisch zu optimieren und kollektive Intelligenz zu entwickeln [51].

Diese umfassende Definition beinhaltet sowohl die Sichtweise des strategischen Wissensmanagements, welches sich auf einmalige Tätigkeiten der Strategiebildung und

-auswahl bezieht, als auch des operativen Wissensmanagements, welches wiederkehrende Tätigkeiten der Strategieimplementierung umfasst. Darüber hinaus kann Wissensmanagement hinsichtlich der Wissensarten sowie der Wissensträger untergliedert werden, welche im Folgenden näher betrachtet werden.

Wissensarten

Der Wissensbegriff ist äußerst vielschichtig und umfasst in Abhängigkeit vom Untersuchungsobjekt unterschiedliche Charakteristika [23]. Daher existiert auch keine allgemein festgelegte Abgrenzung verschiedener Wissensarten. Erste Ansätze der Unterscheidung liefert MACHLUP, der fünf Wissensklassen differenziert [52]. Praktisches Wissen, welches sich weiter in Geschäfts-, handwerkliches, politisches und Haushaltswissen untergliedert, unterstützt die Arbeit, Entscheidungen und Handlungen. Intellektuelles Wissen befriedigt die Neugierde eines Individuums hinsichtlich Bildung, humanistischen und wissenschaftlichen Lernens sowie gegenüber offenen Problemstellungen und kulturellen Werten. Small-talk- und Zeitvertreibswissen befriedigt die nicht-intellektuellen Ansprüche nach Unterhaltung und emotionaler Stimulation. Spirituelles Wissen genügt religiösen Ansprüchen. Ungewolltes Wissen liegt hingegen außerhalb des Interessenbereichs eines Individuums.

NONAKA und TAKEUCHI unterscheiden zwischen implizitem und explizitem Wissen [15]. Explizites Wissen stellt kontextfreie Theorie dar und zeichnet sich durch die problemlose Weitergabe aus, da es formal artikuliert und in grammatikalische Sätze, mathematische Ausdrücke, technische Daten oder Handbücher gefasst werden kann. Implizites Wissen hingegen baut auf Erfahrungen auf und ist nicht ohne Weiteres sprachlich artikulierbar. Es bezieht sich auf persönliche Überzeugungen, Perspektiven sowie Wertesysteme und ist zumeist kontextspezifisch [53].

In der Betriebswirtschaftslehre kann Wissen hinsichtlich der Funktionsbereiche, wie beispielsweise Beschaffungs-, Produktions- und Marketingwissen klassifiziert werden. Managementwissen gliedert sich in Problemlösungs-, Führungs- und Fachwissen [54]. Des Weiteren kann Wissen hinsichtlich seiner Eigenschaften untergliedert werden, dargestellt in Tabelle 2 [55].

Einen breiten Zuspruch erfährt die Einteilung von Wissen in *Kennen*, auch als theoretisches Wissen oder Sprechwissen bezeichnet, und *Können*, welches als praktisches oder Handlungswissen titulierte wird [23]. Für die Abbildung des Wissens mittels Computersystemen nimmt *Kennen* die wichtigere Rolle ein, auch wenn die Abbildung von *Können* durch IT prinzipiell möglich ist [54]. *Kennen* differenziert sich weiter in faktisches oder deklaratives Wissen, welches Zustände, Erscheinungen und Zusammenhänge darstellt, prozedurales Wissen, das regelhaft Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge beschreibt, sowie Kontrollwissen, mit welchen die Vorgehensweise zum Erzielen eines gewünschten Ereignisses abgebildet wird [23].

Tabelle 2: Einteilung von Wissensarten, nach [55]

Wissensart	Definition	Beispiel
Still	Wissen ist in Handlungen, Erfahrungen und spezifischen Kontexten verankert kognitiv still: mentale Modelle technisch still: Know-how über spezifische Tätigkeiten	Best Practice im Umgang mit einem bestimmten Kunden Persönliche Überzeugungen Handwerkliche Fähigkeiten
Explizit	Artikulierte, verallgemeinertes Wissen	Wissen über wichtige Kunden in der Region
Individuell	Durch ein Individuum geschaffenes und diesem zugehöriges Wissen	Erfahrungen aus einem abgeschlossenen Projekt
Sozial	Durch kollektive Handlungen einer Gruppe geschaffenes und dieser zugehöriges Wissen	Normen für die Kommunikation zwischen Gruppen
Beschreibend	Know-about	Nebenwirkungen eines Medikaments
Prozedural	Know-how	Vorgehensweise der Anwendung eines Medikaments
Kausal	Know-why	Wirkmechanismen eines Medikaments
Konditional	Know-when	Wissen, wann ein Medikament zu verschreiben ist
Relational	Know-with	Wechselwirkung mehrerer Medikamente
Pragmatisch	Für eine Organisation nutzbares Wissen	Best Practices, Geschäftsmodelle, Projekterfahrung, technische Zeichnungen, Marktberichte

Eine weitere, für die maschinelle Verarbeitung wesentliche Einteilung erfolgt anhand der Vollständigkeit des Wissens. Neben vollständigem Wissen wird heuristisches Wissen, das aus Erfahrung oder Probieren gewonnen wird, vages Wissen, welches auch als unscharfes oder Hintergrundwissen bezeichnet wird und unpräzise Fakten beschreibt, unsicheres Wissen, das sich auf Ereignisse, deren Auftreten nicht sicher ist, bezieht, sowie unvollständiges Wissen, das nur einen Teil der Beantwortung einer Frage benötigten Wissens abbildet, unterschieden [56]. Weitere umfassende Übersicht über existierende Klassifikationsansätze bieten [19], [44], [57] und [51].

Es zeigt sich, dass eine eindeutige, allgemeingültige Abgrenzung der Wissensarten nicht möglich ist, sondern diese stets vom jeweiligen Kontext der Nutzung abhängt. Für die automatisierte Wissensverarbeitung stellt der Umgang mit der Wissensart *Ken-
nen* den Stand der Technik dar, wohingegen die Verarbeitung von *Können* Computersysteme vor Herausforderungen stellt [23].

Wissensträger

Das anthropozentrische Wissensverständnis sieht den Menschen respektive dessen Kognitionsleistung als alleinigen Wissensträger. Informationen hingegen können in

Form von Dokumenten, Datenbanken oder audiovisuellen Medien gespeichert werden [18]. Die Wissensmanagementforschung fasst den Begriff Wissensträger allerdings weiter, da Informationen, die in einen sinnvollen Kontext eingebunden sind und somit als dokumentiertes Wissen bezeichnet werden, auf unterschiedlichen Medien gespeichert werden können [41]. Demnach können Wissensträger Personen, Systeme oder Medien darstellen, in welchen sich Wissen manifestiert [19, 21]. Eine Übersicht über Klassifikationsansätze von Wissensträgern liefert SCHETTGEN [58]. Generell werden personelle sowie nicht-personelle Wissensträger unterschieden, die sich im Wesentlichen durch jeweils verschiedene Formen der Wissensspeicherung sowie durch die Aufnahme bestimmter Wissensarten auszeichnen [58]. Personelle Träger werden in interne Träger, zu denen alle Unternehmensmitglieder, die Führungs-, Ausführungs- und Dienstleistungsfunktionen durchführen, zählen, sowie in externe Träger, die Kunden, Wettbewerber und branchenfremde Marktteilnehmer umfassen, untergliedert [19, 18]. Die Wissensübertragung erfolgt dabei unmittelbar in Form von Vorträgen, persönlichen Gesprächen und Vorführungen oder mittelbar durch nicht-personelle Wissensträger [58]. Diese können ebenso weiter untergliedert werden [19]. Druckbasierte Wissensträger wie Bücher, Zeitungen und Arbeitsanweisungen speichern explizites Wissen, das aus dem ursprünglichen Kontext herausgelöst ist, in Form von Schrift und Bildern. Der Zugriff erfolgt durch Lesen. Audiovisuelle Wissensträger speichern akustische und optische Inhalte und ermöglichen die Wiedergabe auf Abspielgeräten. Sie eignen sich neben der Speicherung von explizitem Wissen auch zur Gewinnung von neuem und implizitem Wissen. Computerbasierte Wissensträger legen Wissen in digitaler Form ab und ermöglichen gleichzeitig dessen Verarbeitung. Dabei wird sowohl explizites Wissen in Form von Daten wie auch implizite Inhalte in externalisierter Form mittels Anwendungen abgebildet. Schließlich wird unternehmerisches Fakten- und Handlungswissen in produktbasierten Wissensträgern gespeichert, wobei der überwiegende Teil des Wissens impliziter ist und für den Anwender verborgen bleibt. Zur Nutzung für die Wissensübertragung sind daher zusätzliche Medien, wie beispielsweise herstellbegleitende Dokumentationen erforderlich [58].

2.2.2 Ziele und Aufgaben des Wissensmanagements

Aufgrund der vielfältigen Definitionen des Wissensmanagements, die sich jeweils auf spezifische Anwendungsgebiete beziehen und besonderen Intentionen folgen, kann zunächst keine abschließende Definition erfolgen. Für eine Abgrenzung des Begriffs werden daher die Ziele und Aufgaben, die mit dem Management der Ressource Wissen verbunden sind, eingehender untersucht. Generell wird Wissensmanagement als Aufgabe des Managements verstanden, die sowohl Wissen im engeren Sinn, wie auch damit verbundene Prozesse, Phänomene, Technologien, Beziehungen und Organisationsstrukturen mit einbezieht [44]. ALBRECHT [23] knüpft das Ziel des Wissensmanagements direkt an die Unternehmensziele und fordert, dass „das im Unternehmen vor-

handene Potential an Wissen derart aufeinander abzustimmen [ist], dass ein integriertes unternehmensweites Wissenssystem entsteht, welches eine effiziente gesamtunternehmerische Wissensverarbeitung [...] gewährleistet.“ AMELINGMEYER [19] sieht Wissensmanagement darauf gerichtet, „die Wissensbasis [des] Unternehmens mit Blick auf den aktuellen Unternehmenserfolg und die zukünftige Entwicklungsfähigkeit zielorientiert zu gestalten.“ Wird Wissensmanagement unter dem Gesichtspunkt einer strategischen Tätigkeit der Unternehmensführung verstanden, so ergeben sich folgende Ziele [23]:

- Verankerung der unternehmensweiten Wissensorientierung in den Unternehmensgrundsätzen und -leitbildern,
- Schaffung einer wissensorientierten Unternehmenskultur,
- Entwicklung einer unternehmensweiten Wissensstrategie,
- strategisches Management der Human Resources,
- strategisches Management der Wissenstechnik,
- Umsetzung und Realisierung der Wissensstrategien auf operativer Ebene.

Ein wesentliches Ziel des Wissensmanagements ist die Verfügbarmachung von Wissen, welche eine Voraussetzung für dessen Nutzung darstellt. Dabei können fünf Verfügbarkeitsdimensionen unterschieden werden [19]. Die prozessbezogene Wissensverfügbarkeit beschreibt den Grad der Einbindung beteiligter Organisationen in den Leistungserstellungsprozess. Die standortbezogene Verfügbarkeit manifestiert sich durch die räumliche Entfernung sowie die physische und virtuelle Transportmöglichkeit des Wissens. Potentiell einflussnehmende rechtliche Bestimmungen, die für das Wissen sowie für dessen Träger gelten, werden durch die rechtliche Verfügbarkeit ausgedrückt. Die situative Wissensverfügbarkeit beschreibt Rahmenbedingungen, welche die Weitergabe des Wissens beeinflussen. Durch die systematische Erfassung sowie Strukturierung des Wissens wird die Wissensverfügbarkeit sichergestellt [58].

Wissensmanagement dient jedoch nicht nur der Verwaltung und effizienten Handhabung der Ressource Wissen. Vielmehr verfolgt ganzheitliches Wissensmanagement das Ziel, alle für die Erreichung und Steigerung des Geschäftserfolgs notwendigen Ressourcen auf die Geschäftstätigkeiten abzustimmen. AL-LAHAM differenziert diese ganzheitliche Zielstellung in drei Zielebenen [18].

In der normativen Ebene stellt Wissensmanagement den Anspruch, eine Vision des Organisationswissens zu definieren und diese in ein Wissensleitbild zu überführen. Zudem muss eine wissensbewusste Unternehmenskultur geschaffen werden, um die Voraussetzungen für strategisches und operatives Wissensziele bereitzustellen. Zielinhalte der normativen Ebene sind die Identifizierung zukunftsrelevanter Wissensge-

biere für das Unternehmen sowie die Präzisierung der Grundsätze der Wissensbeschaffung. Zudem besteht das Ziel, Mitarbeiter und weitere Organisationsangehörige zur individuellen Wissensaktualisierung zu verpflichten sowie festzulegen, in welchem Maß Wissens- und Informationssysteme zur Verfügbarhaltung von Wissen eingesetzt werden. Schließlich soll die externe Verwertung des Unternehmenswissens in Produkten oder als eigenständige Produkte und Dienstleistungen sowie der Schutz des Wissens sichergestellt werden. [18]

Die strategische Ebene des Wissensmanagements beschäftigt sich mit inhaltlichen Bestimmung des organisationalen Kernwissens. So soll das angestrebte Wissensportfolio der Organisation beschrieben und daraus Ansatzpunkte des Wissensmanagements abgeleitet werden. Das strategische Wissensmanagement verfolgt das Ziel, implizites, also nicht kodifizierbares Wissen zu externalisieren und sowohl externes wie auch internes Wissen verfügbar zu machen. Dabei ist ebenso aktuelles wie auch zukünftiges Wissen zu berücksichtigen. Darüber hinaus wird angestrebt, durch Erfahrungswissen eine Basis für Realitätswissen zu schaffen sowie divergente und konvergente Wissensbereiche zu integrieren. [18]

Wissensmanagement hat auf operativer Ebene die Aufgabe, die auf Unternehmensführungsebene festgelegten Rahmenbedingungen sowie die durch Stabs- und Strategiestellen festgelegten inhaltlichen Ansatzpunkte zu operationalisieren. Dazu werden die strategischen und normativen Wissensziele durch Festlegung von Implementierungsmaßnahmen konkretisiert und sichergestellt, dass angemessene Veränderungen der Wissensbasis erfolgen. Dadurch soll erreicht werden, dass die Einfachheit, die Klarheit, die Vollständigkeit sowie die Übersichtlichkeit des organisationalen Wissens sichergestellt sind. Zudem soll die Ergonomie und die Wirtschaftlichkeit von Speichersystemen gewährleistet werden, um die Aktualität und Schnelligkeit des Wissenszugriffs abzusichern. [18]

Das ganzheitliche organisationale Wissensmanagement stellt den Anspruch, die unternehmerischen Innovationsprozesse effektiv und nachhaltig zu gestalten. Dies beinhaltet die Entwicklung von Produkten unter bestmöglicher Nutzung vorhandener Ressourcen bei gleichzeitiger Reduzierung der Time-to-Market. Durch die Einbeziehung von Kunden, Geschäftspartnern und Mitarbeitern in das Wissensmanagement können zudem Marktanforderungen besser interpretiert und erfüllt werden.

Gleichzeitig dient effektives Wissensmanagement der Vorbeugung von Wissensfluktuation. Einen zentralen Ansatzpunkt stellt dabei die Vereinheitlichung der Terminologie zur Vermeidung von Fehlern in der Kommunikation dar. Durch verbesserte Kommunikation und das dauerhafte Verfügbarmachen von vorhandenem Wissen kann verhindert werden, dass Wissen durch Mitarbeiterfluktuation aus dem Unternehmen abfließt. Zugleich können neues Personal und Mitarbeiter, die sich in neue Projekte beziehungsweise Themen einarbeiten, schneller auf das verfügbare Wissen zugreifen. Ziel des Wissensmanagements ist es daher, die Übertragung und die Aneignung von

bekanntem und unbekanntem Wissen zu fördern. Darüber hinaus verhindert die verbesserte Kommunikation Redundanzen und Doppelarbeit. Dies wiederum erlaubt eine effiziente Gestaltung von Unternehmensprozessen. Durch die erhöhte Verfügbarkeit werden Intransparenzen vermieden und der Suchaufwand reduziert. Ein weiteres Ziel des Wissensmanagements ist der Schutz der organisationalen Wissensbasis. Dies umfasst sowohl den physischen Schutz des unternehmerischen Wissens gegen Ausfall, Verlust und Verfälschung, wie auch den Schutz gegen unerwünschten Zugriff. Ersteres erfordert die Bereitstellung geeigneter technischer und organisatorischer Maßnahmen und Systeme. Unerwünschter Zugriff wiederum wird durch rechtliche Maßnahmen und die Dynamisierung der Wissensbasis verhindert.

Zusammenfassend kann das Ziel des Wissensmanagements wie folgt beschrieben werden: Erfolgreiches Wissensmanagement stellt den Anspruch, alle Ressourcen des Unternehmens, materielle und immaterielle, derart zu orchestrieren, dass diese optimal genutzt werden können, um eine bestmögliche und nachhaltige Erreichung des unternehmerischen Gesamtziels nachhaltig sicherzustellen.

NORTH ET AL. gliedern Wissensmanagement in sechs Aufgabenbereiche, die zur Erreichung der genannten Managementziele dienen [4]. Die Wissensbeschaffung stellt sicher, dass das für die Geschäftsentwicklung und -prozesse benötigte Wissen im Unternehmen zur Verfügung steht. Ziel der Wissensentwicklung ist die Sicherstellung des Ausbaus des Wissens an geeigneter Stelle innerhalb oder außerhalb des Unternehmens. Wissen wird zudem durch den Wissenstransfer optimal nutzbar gemacht. Die Lernfähigkeit der Organisation und ihrer Mitarbeiter wird durch die Wissensaneignung gewährleistet. Aufgabe der Wissensweiterentwicklung ist es, Wissen anwendungsbezogen zu aktualisieren und fortzuentwickeln sowie sicherzustellen, dass obsoletes Wissen verlernt wird. Darüber hinaus schützt die Wissensabsicherung wichtiges Wissen der Organisation vor Verlust und Nachahmung (z.B. durch Patente). SCHREIBER ET AL. [59] gliedern die Aufgaben des Wissensmanagements entlang der Wissenswertschöpfung, dargestellt in Abbildung 13.

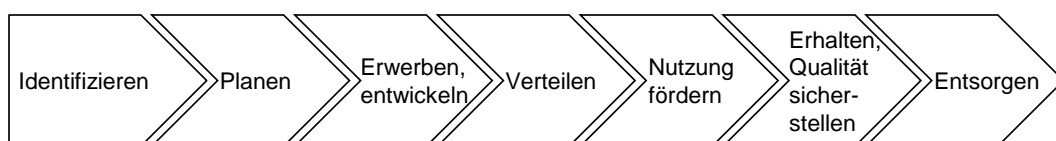


Abbildung 13: Aktivitäten des Wissensmanagements, nach [59]

Eine erweiterte Betrachtungsweise der Aufgaben bieten REHÄUSER und KRUMHOLTZ mit dem Lebenszyklusmodell des Wissensmanagements [21]. Demzufolge muss das Wissensmanagement die infrastrukturellen und organisatorischen Voraussetzungen für eine lernende Organisation schaffen, damit die organisationale Wissensbasis genutzt, verändert und weiterentwickelt werden kann. Die Phasen des Modells sowie die zugeordneten Aufgaben des Wissensmanagements sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Aufgaben des Wissensmanagements im Lebenszyklusmodell, nach [21]

Phase des Managementzyklus	Aufgaben des Wissensmanagements
Management der Wissens- und Informationsquellen	Erkennen, Erheben, Explikation, Vernetzen, Sammeln, Erfassen
Management der Wissensträger- und Informationsressourcen	Strukturieren, Repräsentieren, Verifizieren, Speichern, physischen und intellektuellen Zugang schaffen, Instandhaltung, Pflege
Management des Wissensangebots	Analysieren, Umordnen, Reproduzieren, Reduzieren, Verdichten, Verteilen, Übermitteln
Management des Wissensbedarfs	Vernetzen, Ver(An-)wenden, Interpretieren, Bewerten

Zusätzlich enthält das Lebenszyklusmodell den Schritt *Management der Infrastrukturen der Wissens- und Informationsverarbeitung und Kommunikation*. Da Wissensmanagement nicht nur informatorische, sondern auch personelle, organisatorische sowie technologische Infrastruktur benötigt, ist diese in diesem Schritt bereitzustellen, auszubauen, instandzuhalten und den aktuellen Entwicklungen anzupassen [21]. Eine umfassende Übersicht über weitere bestehende Ansätze in der Literatur bietet AMELINGMEYER [19]. Diese sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Gliederungen von Aufgaben im Bereich des Wissensmanagements [19]

Jahr	Autor	Aufgaben	Ansatzpunkt
1994	Brockhoff [60]	Technologiebeschaffung, Technologiespeicherung, Technologieverwertung	Technologie-Management
1994	Zucker/Schmitz [61]	Wissensentwicklung	Knowledge Flow Management
1995	Adler/Norrgrén [62]	Knowledge Use (identify, accumulate and institutionalize existing knowledge), Knowledge Creation (facilitate creation of new knowledge)	Prozess des organisationalen Lernens
1996	Bamberger/Wrona [63]	Entwicklung, Schutz und Verwertung wettbewerbsrelevanter Ressourcen	Ressourcenansatz
1996	Davenport et al. [64]	Acquisition, Creation, Packaging, Application, Reuse	Primary Orientations to Knowledge
1997	Spek/Spijkervet [65]	Developing New Knowledge, Combining Available Knowledge, Distributing Knowledge, Securing Knowledge	Wissensprozesse
1998	Böhl [66]	Suchen, Anwenden, Weiterentwickeln, Speichern, Erfahrungsaustausch	Informationskreislauf
1998	Davenport/Prusak [67]	Wissensgenerierung, Wissenskodifizierung, Wissenstransfer	Teilprozesse des Wissensmanagements
1999	Gissler [68]	Strategische Planung der organisationalen Wissensbasis, zielgerichteter Umgang mit Wissen, systematische Verbesserung der organisationalen Wissensbasis	Kernprozesse des Wissensmanagements in der Produktentwicklung

Die Analyse der Gliederungsansätze zeigt zunehmende Inkonsistenzen, je tiefer die Aufgaben des Wissensmanagements gegliedert sind. Dies ist sowohl auf die Vermischung von gestalterischen mit planerischen Aufgaben als auch auf die nicht immer trennscharfe Abgrenzung von Teilaufgaben zurückzuführen [19].

Bausteine des Wissensmanagements

Einen umfassenden Ansatz der Aufgabenbereiche des Wissensmanagements stellen PROBST ET AL. [9] durch die Wissensbausteine zur Verfügung. Der in Abbildung 14 gezeigte Wissensmanagementprozess gliedert sich in zwei Zyklen. Die Festlegung der Wissensziele sowie die Wissensbewertung des Unternehmens erfolgt im strategischen Rahmen des Konzepts. Dieser liefert eine Vorgabe für die Planung und Entwicklung der Wissensbasis sowie für die Evaluation des umgesetzten Wissensmanagements.

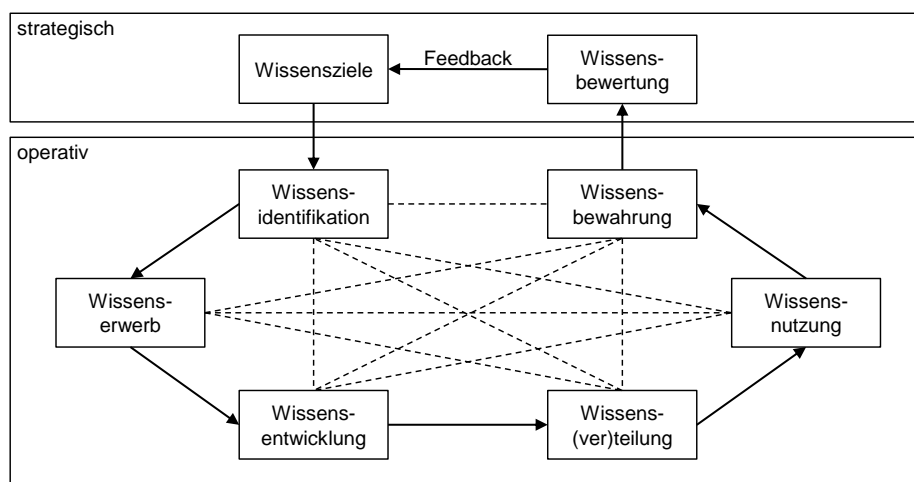


Abbildung 14: Acht Bausteine des Wissensmanagements, nach [9]

Den Kernprozess bildet der operative Kreislauf des Wissensmanagementansatzes, welcher die Bausteine Wissensidentifikation, Wissenserwerb, Wissensentwicklung, Wissens(ver-)teilung, Wissensnutzung sowie Wissensbewahrung beinhaltet. Dabei ist darauf zu achten, dass die Prozesse nur bedingt unabhängig voneinander betrachtet oder modifiziert werden können. Die Wissensidentifikation gewährleistet durch die Wissensanalyse die umfassende Beschreibung des Unternehmensumfeldes mit dem Ziel, vorhandene interne sowie unternehmensexterne Daten und Informationen zu erfassen und dadurch Entscheidungen mithilfe von entsprechendem Wissen abzusichern und ungenutzte Potentiale aufzuspüren. Durch den Wissenserwerb werden in der Wissensbasis des Unternehmens noch nicht vorliegende Daten und Informationen erhoben, die für die Beschreibung des Unternehmensumfeldes notwendig sind. Die Wissensentwicklung verfolgt ebenfalls das Ziel der Generierung neuen Wissens, stützt sich jedoch vor allem auf Produktion neuer Fähigkeiten, neuer Produkte, besserer Ideen und leistungsfähigerer Prozesse durch die Bildung von Arbeits- und Erfahrungswissen.

gruppen oder Kommunikationsforen. Vorhandene Informationen und Erfahrungen werden durch die Wissens(ver-)teilung im Unternehmen kollektiv nutzbar gemacht. Durch die individuelle Bereitstellung gelangt Wissen zum richtigen Zeitpunkt in der richtigen Form an den richtigen Ort. Ein weiteres Ziel des Wissensmanagements ist die effiziente Nutzung des Wissens, um die vorhandenen Unternehmensziele zu erreichen. Dafür stellen ein gemeinsames Verständnis sowie der sinnvolle Einsatz des vorhandenen Wissens grundlegende Voraussetzungen dar. Aufgabe der Wissensbewahrung ist es schließlich, dem Verlust des Unternehmenswissens entgegenzuwirken oder diesen gezielt zu steuern. Der Prozess beruht auf der effizienten Nutzung verschiedener organisationaler Speichermedien sowie auf der Implementierung von Wissensweitergabe-, Archivierungs- und Vergessensworkflows [9].

2.2.3 Wissensmanagement-Modelle

Wie die Analyse der Ziele und Aufgaben zeigt, deckt Wissensmanagement ein heterogenes und weit gefächertes Funktionsspektrum ab. Hieraus lassen sich Modelle und Konzepte ableiten, die grundlegende Aufgaben strukturieren, eine Leitfunktion bei der Durchführung von Wissensmanagementaufgaben besitzen sowie Unterstützung bei der Analyse des Ist-Zustands bieten [44]. Aufgrund unterschiedlicher Umsetzungsphilosophien existieren zahlreiche, teilweise inkompatible und konkurrierende Modelle des Wissensmanagements. Im Nachfolgenden werden daher die wegweisendsten Ansätze erläutert.

SECI-Modell der Wissensschaffung in der Organisation

Nach der Tradition der japanischen Geistesgeschichte entwickeln TAKEUCHI und NONAKA [15] ein Modell der Schaffung und Verbreitung von Wissen in Unternehmen. Dabei wird die Wissensumwandlung und -verbreitung in der epistemologischen Dimension, welche Wissen in explizites und implizites Wissen gliedert, sowie in der ontologischen Dimension, welche die Schichten der Wissenserzeugung charakterisiert, betrachtet. Die Wissensschaffung und -erweiterung auf epistemologischer Dimension ist durch das Wechselspiel zwischen explizitem und implizitem Wissen geprägt. Dabei lassen sich vier Formen der Wissensumwandlung identifizieren, dargestellt in Abbildung 15 (links). Die Sozialisation beschreibt die Umwandlung von implizitem in implizites Wissen. Dies ist bei dem bilateralen, direkten Austausch von Wissen wie beispielsweise einem persönlichen Gespräch der Fall. Bei der Externalisierung kann implizites Wissen durch die Anwendung von Metaphern, Analogien, Modellen o.ä. kodifiziert und dadurch in explizites Wissen transformiert werden. Die Kombination ist das Zusammenfügen von bereits bekanntem explizitem Wissen, um daraus neues explizites Wissen zu generieren. Schließlich ist die Internalisierung ein Lernprozess, bei dem explizites in implizites Wissen transformiert wird. Ähnlich dem *Learning by Doing* wird das entsprechende Wissen individuell operationalisiert. Die ontologische Dimension erweitert die zweidimensionale, epistemologische Betrachtungsweise und zeigt die Verstärkung der organisationalen Wissensbasis sowie deren Ausweitung auf immer

weitere Ebenen der Organisation durch die Wissensumformung auf, wie in Abbildung 15 (rechts) gezeigt. Dieser Prozess der Wissensschaffung erfordert fünf Voraussetzungen. Zunächst muss die Intention einer Organisation vorliegen, definierte Wissensziele zu erreichen. Darüber hinaus erfordert der Prozess eine größtmögliche Autonomie von Mitarbeitern, um durch selbstverantwortliches Handeln und gesteigerte Motivation die Wahrscheinlichkeit der Wissensschaffung zu steigern. Zudem führt Fluktuation zu Zusammenbrüchen und fördert dadurch kreatives Chaos, was neues Wissen aus dem Überdenken von Grundanschauungen schafft. Weiterhin stärkt Redundanz den Austausch von implizitem Wissen und führt zu einer Festigung und Verbreitung des vorhandenen Wissens. Abschließend wird eine notwendige, ausreichende Vielfalt gefordert, welche zu einer schnellen und flexiblen Kombination von Informationen führt.

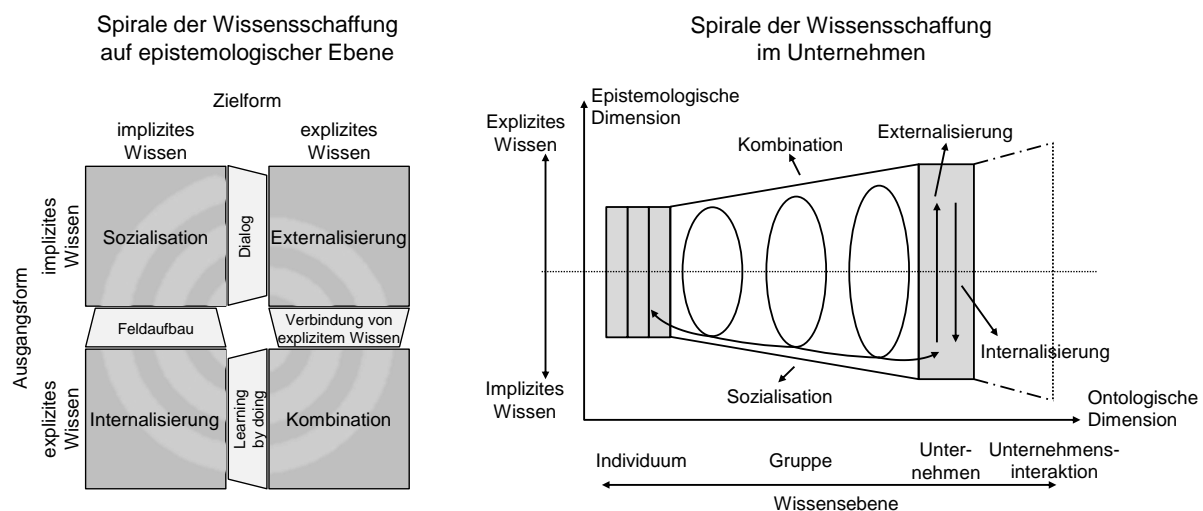


Abbildung 15: Wissensspirale auf epistemologischer Ebene (links) und entlang der ontologischen Dimension (rechts), nach [15]

Wissensmarktmodell

Der Geschäftserfolg einer Unternehmung kann nur durch ein ganzheitliches Konzept des wissensorientierten Managements erzielt werden [69]. Zur Gewährleistung der effektiven Wissensbereitstellung und -nutzung entwickelt NORTH ein Modell, welches auf der Schaffung eines unternehmensinternen Wissensmarkts beruht [4]. Als knappe Ressource wird dem Wissen ein Marktwert zugewiesen und somit eine marktorientierte Steuerung des Wissens ermöglicht. Durch die Festlegung von Rahmenbedingungen und die zum Wissensaustausch notwendigen Strukturen und Prozesse wird eine interne wissensbasierte Marktwirtschaft ermöglicht, die durch unternehmerisches Handeln und Kooperation innerhalb des Unternehmens Mitarbeiter an die Ziele und Werte der Organisation bindet und langfristig zum Kompetenzaufbau beiträgt [4]. Das in Abbildung 16 dargestellte Modell berücksichtigt strategische Aspekte des Wissens-

managements, wie die Einbettung in Unternehmensleitlinien, Führungs- und Mitarbeiterstrukturen sowie die Implementierung von Wissensintegrationsprozessen. Abhängigkeiten und Einflussfaktoren werden durch das Modell jedoch nicht betrachtet [44].

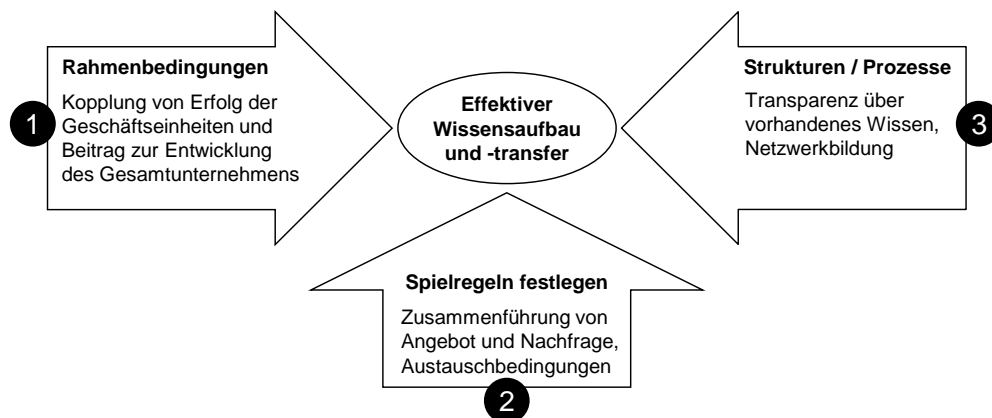


Abbildung 16: Wissensmarktmotell nach [4]

Münchener Wissensmanagement-Modell

Das von REINMANN-ROTHMEIER entwickelte Münchener Wissensmanagement-Modell gründet auf die Vorstellung von Wissen als variable Entität zwischen Information und Handeln sowie die Zielrichtung des Lernens. Wissensmanagement stellt demnach den Versuch da, die Bewegungen des Wissens derart zu koordinieren, dass konkrete Problemstellungen gezielt bewältigt werden können. Das Modell ermöglicht eine Integration Human Resource-orientierter Ansätze des Kompetenzmanagements mit technikorientierten Ansätzen des Informationsmanagements. [70] Abbildung 17 zeigt den schematischen Aufbau des Modells mit den in die oberste Abstraktionsebene des Wissensmanagements eingebetteten Bausteinen sowie den jeweiligen Kreisläufen und Abhängigkeiten. Das Modell deckt vier Prozessbereiche ab, um psychologische, organisatorische und technische Aufgaben des Wissensmanagements aufeinander abzustimmen. Die Wissensrepräsentation beschreibt die technische Abbildung, mit dem Wissen sichtbar, greifbar, zugänglich und besser verständlich gemacht wird. Dies erfordert neben informationstechnischen Werkzeugen auch die Sicherstellung organisationaler Rahmenbedingungen und die Förderung individueller Kompetenzen in der Artikulation, Darstellung, Strukturierung und Präsentation des Wissens [70]. Die Prozesse der Wissensnutzung bringen Wissen in einen Zustand, in dem es von den jeweiligen Wissensträgern für den spezifischen Kontext anwendbar ist [70]. Neben geeigneten Handlungsspielräumen erfordert die Wissensnutzung die richtige Wahrnehmung dieser Befugnisse sowie die Motivation und den Willen, Wissen angemessen zu nutzen [71]. Durch die Wissenskommunikation wird Wissen verteilt und vernetzt, um dieses an die richtigen Adressaten zu transportieren [70]. Erfolgreiche Wissenskommunikation erfordert den Abbau von Kontakt- und Interaktionsschwellen sowie die Schaffung von Ver-

trauen, Teamgeist und Kooperationswillen [72]. In der Wissensgenerierung wird beschrieben, wie Informationen verarbeitet werden können, um daraus handlungsrelevantes Wissen zu erzeugen. Anwendergemeinschaften bilden die Keimzelle des Wissensmanagements und fördern die Integrationsfunktion des Modells [70].

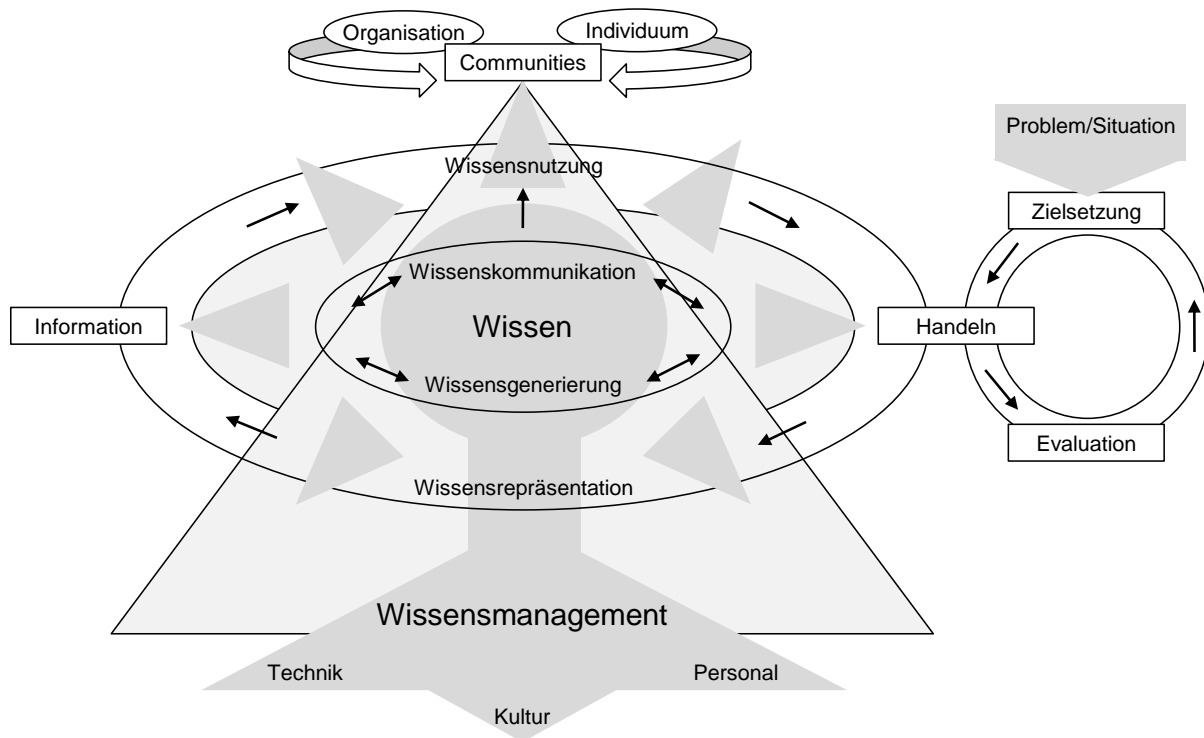


Abbildung 17: Münchner Wissensmanagement-Modell, nach [70]

Das Wissensmanagement nach dem Münchner Modell strebt die Durchdringung aller Ebenen einer Organisation an. Die Implementierung wird somit Aufgabe jedes Teilhabers der Unternehmung, wobei das Wissensmanagementsystem darauf abzielt, die Wissensbasis des Unternehmens zielgerichtet und methodisch zu beeinflussen.

Das Münchner Wissensmanagement-Modell stellt unter Berücksichtigung der in Kapitel 2.2.2 erläuterten Bausteine des Wissensmanagement einen annähernd ganzheitlichen Ansatz zur Beschreibung des organisationalen Wissensmanagement dar. Lediglich die Bildung und die Steuerung von Wissenszielen werden durch das Modell nicht abgedeckt. Das Modell bildet somit, nach der Erweiterung um Wissensziele, einen nutzbaren Beschreibungsrahmen für das ganzheitliche Wissensmanagement. Dieser kann jedoch nicht in einen Gestaltungsrahmen überführt werden, da dem Modell ein konkreter Anwendungsbezug fehlt [70]. Zudem stellt das Modell kein Instrumentarium zur Verfügung, das es für das operative Wissensmanagement qualifiziert. Somit definiert das Münchner Modell lediglich die Handlungsfelder des Wissensmanagements, lässt aber die Ausgestaltung dieser Felder offen.

Enterprise Knowledge Development

Das Enterprise Knowledge Development (EKD) stellt eine Modellierungsmethodik dar, um Unternehmungen und deren Komponenten zu analysieren, zu entwickeln sowie zu dokumentieren [73]. Das Modell zielt auf die präzise und eindeutige Beschreibung der Anforderungen und Ziele von Veränderungsprozessen oder neu zu entwickelnder Verfahren sowie die dafür notwendigen Lösungsalternativen und -bewertungen in Unternehmen ab. Dabei stellt die methodische Vorgehensweise den Anspruch, durch eine strukturierte Beschreibung der Unternehmung ein besseres Verständnis der Fähigkeiten und Prozesse der Organisation zu schaffen, organisationale Lernprozesse zu erleichtern und die intra- und extraorganisationale Kommunikation zu verbessern [74]. Das EKD-Modell setzt sich aus sechs Submodellen zusammen, welche in Abbildung 18 dargestellt sind.

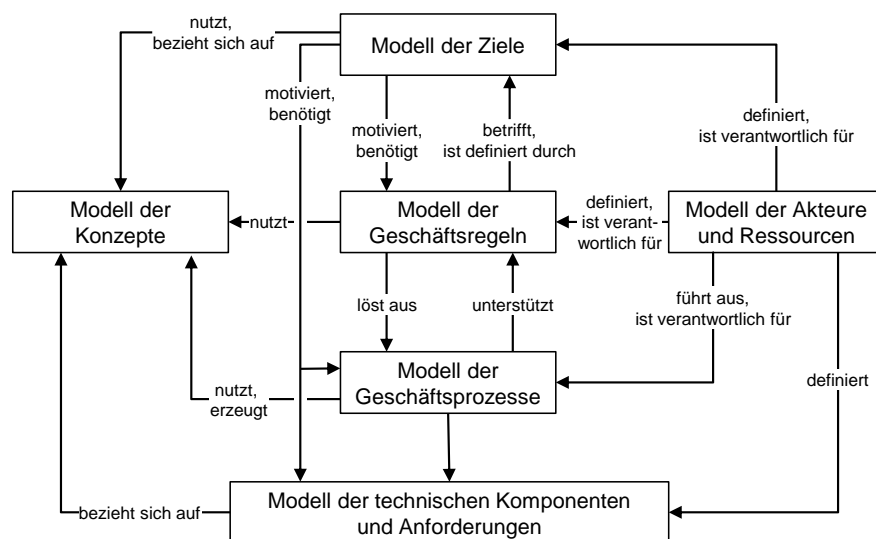


Abbildung 18: Submodelle des Enterprise Knowledge Developments, nach [74]

Das Modell der Ziele beinhaltet Beschreibungen organisationaler Ziele sowie Anforderungen zu deren Erreichung. Im Modell der Konzepte werden Dinge und Phänomene definiert, die in den anderen Submodellen genutzt werden. Geschäftsregeln werden in Konsistenz zu den Unternehmenszielen in einem eigenen Modell definiert und gepflegt. Sie steuern das Handeln der Organisation gemäß den festgesetzten Zielen. Das Prozessmodell dient der Analyse von Schnittstellen, Informationen und Ressourcen von Unternehmensprozessen und ermöglicht die an den Zielen ausgerichtete Steuerung und Anpassung von Geschäftsprozessen. Die Akteure einer Unternehmung sowie vorhandene Ressourcen werden ebenfalls in einem Modell abgebildet. Dieses beschreibt, wie Akteure und Ressourcen untereinander und mit Komponenten anderer Modelle in Beziehung stehen. Das Modell der technischen Komponenten und Anforderungen definiert die gesamte Struktur sowie sämtliche Eigenschaften des Informationssystems, das die Wissensmanagementaktivitäten unterstützt. [73]

Das EKD-Modell bietet neben der aufgezeigten Meta-Struktur eine Implementierung für jedes Sub-Modell und bildet somit alle geschäftsrelevanten Ressourcen und Prozesse ab. Dabei wird nur die organisationale Wissensbasis adressiert, die persönliche Wissensentwicklung wird allerdings nicht weiter betrachtet. Somit erfüllt das Modell nicht das Kriterium der Ganzheitlichkeit. Zudem fokussiert das Modell lediglich die Modellierung der Wissensressourcen, die Wissensnutzung wird jedoch vernachlässigt.

Darüber hinaus stellt LEHNER [44] eine Reihe weiterer Wissensmanagementmodelle zusammen. Auf die in Tabelle 5 dargestellten Modelle wird im Rahmen dieser Arbeit jedoch aufgrund der fehlenden Relevanz oder unzureichender Implementierbarkeit nicht näher eingegangen.

Tabelle 5: Wissensmanagementmodelle, nach [44]

Jahr	Autor	Kurzcharakterisierung
1989	Morin [75]	Management nichtfinanzieller Ressourcen
1989	Pautzke [76]	Schichtenmodell des Wissens
1991	Huber [77]	Organisational Learning
1993	Albrecht [23]	Gestaltungsrahmen für das strategische Wissensmanagement
1994	Senge [78]	The Art and Practice of the Learning Organization
1995	von Krogh/Venzin [47]	Aktivitätenmodell
1995	Stein/Zwass [79]	Organisational Memory Information System
1996	Rehäuser/Krcmar [21]	Lebenszyklusmodell des Wissensmanagements
1996	Schüppel [80]	Vier Akte zum Wissensmanagement
1997	Güldenbergl [81]	Führungssystem in der lernenden Organisation
1997	Reinhardt/Pawlowsky [82]	Modell des integrativen Wissensmanagements
1997	Willke [83]	Systemisches Wissensmanagement
1998	Maier/Kunz [51]	OIP-Modell
1998	Davenport et al. [84]	Erfolgskriterien beim Wissensmanagement
1998	Allweyer [85]	Vier-Ebenen-Konzept

Die Vielzahl der existierenden Modelle und deren unterschiedliche Ansatzpunkte verdeutlichen die Vielschichtigkeit des Wissensmanagements. Dabei finden sowohl organisationsbezogene als auch personenbezogene Prozesse und Maßnahmen Anwendung, um den Umgang mit der Ressourcen Wissen zu regeln. Eine Gemeinsamkeit stellt der starke Prozessbezug bestehender Modelle dar. So werden beispielsweise häufig die acht Bausteine des Wissensmanagements [9] aufgegriffen, die sich vorrangig auf Wissensprozesse beziehen. Ein eingehendes Verständnis der Ressource Wissen und deren Bedeutung sowie die dafür notwendige Kultur werden jedoch nur marginal in die Modelle einbezogen. Lediglich das Münchner Wissensmanagement-Modell [70] versucht, ein umfassendes Verständnis der Ressource Wissen zu schaffen, unterlässt jedoch eine Verknüpfung des Wissens mit anderen Ressourcen der Organisation.

2.2.4 Herausforderungen und Barrieren des Wissensmanagements

Trotz unzureichender Modelle lassen sich Herausforderungen identifizieren, die durch Wissensmanagement überwunden werden müssen. Handlungsbedarf im systematischen Umgang mit Wissen ist vor allem in erfolgskritischen Geschäftsprozessen wie dem Innovationsprozess und dem Vertriebsprozess festzustellen. Dabei nimmt das Wissen über Kunden als wichtigste Wissensdomäne neben dem Wissen über Produkte und dem Fachwissen, wie beispielsweise Prozesswissen über Entwicklung, Fertigung oder Logistik, eine herausragende Stellung ein. Vor allem die schnelle Integration neuer Mitarbeiter, die Nutzung bestehenden Wissens für neue Projekte und Dienstleistungen, der Wissenstransfer in und zwischen Projekten sowie die Wissensnutzung für Produkt- und Prozessoptimierungen sind dabei als Herausforderungen zu nennen. Die Entwicklung und erfolgreiche Vermarktung von Produkten und Dienstleistungen erfordert demnach die Überwindung der in Abbildung 19 dargestellten Herausforderungen. [86]

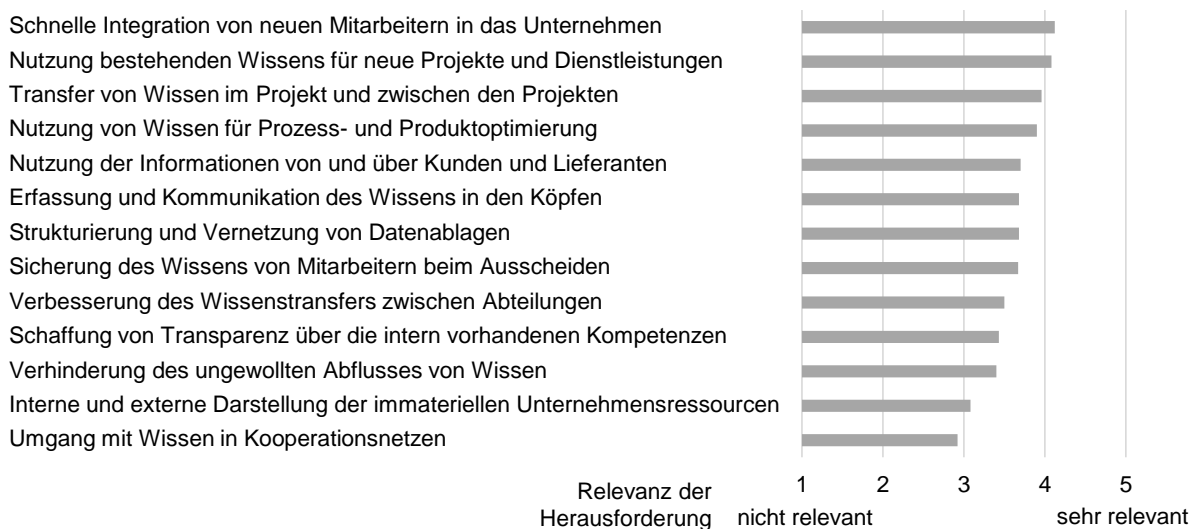


Abbildung 19: Herausforderungen im Umgang mit Wissen [86]

Eine zentrale Aufgabe des Wissensmanagements stellt dabei die Identifikation und die anschließende Behebung von Herausforderungen und Wissensbarrieren im betrieblichen Umfeld dar. Wissensprobleme, die sich beispielsweise durch Informationsmangel, Wissensdefizite, Unwissenheit, Erfahrungsmangel oder Knowhow-Verlust charakterisieren, spiegeln somit die zentralen Ansatzpunkte des Wissensmanagements wider [44]. Dabei lassen Probleme, die auf das Wissensmanagement bezogen sind, und vorliegen, wenn der Zielbezug fehlt oder wenn Interventionsmaßnahmen nicht ausreichend greifen bzw. nicht optimal integriert sind [87, 44], und Probleme bezogen auf Wissen, die das Ergebnis der Unwissenheit eines Wissensträgers darstellen [88], unterscheiden. Abbildung 20 gibt einen Überblick über wesentliche Probleme im Umgang mit Wissen [89].

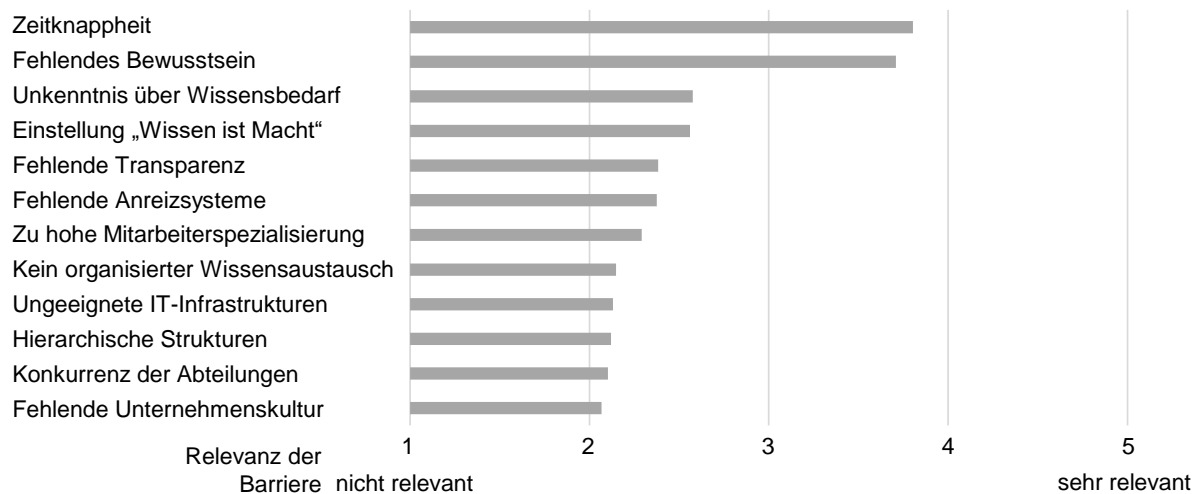


Abbildung 20: Barrieren des Wissensmanagements, nach [89]

Die Untersuchung der Barrieren zeigt, dass vor allem fehlende Zeit für den adäquaten Umgang mit der Ressource Wissen sowie fehlendes Bewusstsein das Wissensmanagement behindern. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass ein mangelndes Verständnis über die nachhaltige Wirkung des organisatorischen Wissens vorliegt. Auch FAHEY und PRUSAK [90] führen ein fehlendes Wissensverständnis als Hauptgrund des Scheiterns des betrieblichen Wissensmanagements an. Daneben behindern die Hervorhebung des Wissensvorrats zum Nachteil des Wissensflusses und die Sichtweise, Wissen liege in Organisationen unabhängig von Individuen vor, sowie die damit verbundene Vernachlässigung der Bedeutung des impliziten Wissens, die Wissensarbeit. Zudem erfordert effektives Wissensmanagement die Schaffung eines gemeinsamen Kontextes, um die Loslösung des Wissens von dessen Anwendung zu verhindern. Auch die Unterschätzung der Rolle des Menschen, insbesondere bei der Kommunikation im Dialog und der Wissensverarbeitung durch Denken und Schließen, führt zu einer starken Einschränkung des Wissensmanagementenerfolgs. Schließlich wird der Erfolg des Wissensmanagements durch den Versuch beeinträchtigt, den Wert des Wissens direkt zu bemessen und nicht das Ergebnis der Wissensnutzung zu bewerten. Dadurch wird erfolgt eine Konzentration auf die Vergangenheit und Gegenwart und die Vernachlässigung zukünftiger Wissensentwicklungen sowie eine Unterschätzung der Bedeutung des Experimentierens, das eine entscheidende Rolle in der Wissensentwicklung einnimmt. [90]

Systemische Barrieren, welche die Entwicklung von Wissensbasen sowie das organisationale Lernen behindern, wirken sich in unterschiedlichster Weise hemmend auf die organisationalen und individuellen Wissensprozesse aus. Dabei lassen sich die beobachtbaren Wissens- und Lernbarrieren hinsichtlich der Form des Wissenstransfers sowie der Charakteristika der Wissensträger klassifizieren. Abbildung 21 zeigt die aus [91] entnommenen Barrieren im Überblick.

		Form des Wissenstransfers	
		Individuell	Kollektiv
Charakteristika der Wissensträger	Strukturell	Wahrnehmungs-, Verarbeitungs- und Lernkapazität	Vertikale, horizontale, laterale Informationsfilter
		Individualität und Vergangenheitsorientierung	Spezialisierung und Zentralisierung
		Emotional-motivationale Aktivierung	Machtverteilung und Partizipationsregeln
		Intrapsychische Konflikte	Kooperationskonflikte
		Qualifizierte Inkompetenz	Defensive Routinen
	Politisch-kulturell	Rollenzwang	Überbetonung der Einheitskultur und Binnenorientierung
		Falsch-Lernen durch Gruppenmeinung	
		Falsch-Lernen durch Aberglaube	Kulturelle Diversität
		Falsch-Lernen bei Mehrdeutigkeit	Mythen, Traditionen und Gruppendenken
		Realitäts- und Aufklärungsdoktrinen	

Abbildung 21: Wissens- und Lernbarrieren, nach [91]

Individuell-strukturelle Wissensbarrieren

Die Selektion von Wahrnehmungen führt zu Einschränkungen der Wahrnehmungs-, Verarbeitungs- und Lernkapazität. Eine Abweichung von der optimalen individuellen Kapazität schränkt die Entwicklung der individuellen Wissensbasen ein. Die Wissensbasis als Ergebnis der spezifischen Lerngeschichte basiert zudem auf Individualität und Vergangenheitsorientierung. Die subjektive Erfahrungsrückbindung bewirkt die Einschränkung der eigenen Wissensentwicklung, da Lernstimuli nicht mehr selektiert oder mittels bereits gespeicherter Muster verarbeitet werden. Ebenfalls beeinflusst der emotional-motivationale Aktivierungsgrad die Bildung der individuellen Wissensbasis. Während vergleichsweise normale Aktivierungsniveaus den Wissensaufbau eher behindern, wirken extreme Niveaus als Lernstimulus. Die sich parallel zur gesellschaftlichen Entwicklung ausdifferenzierenden Identitäts- und Bedürfnisstrukturen führen zu teilweise widersprüchlichen Handlungstendenzen und damit zu intrapsychischen Konflikten, wodurch eine direkte Verknüpfung des Verhaltens zu bestimmten Reizkonstellationen zunehmend schwierig wird. Schließlich beschreibt die qualifizierte Inkompetenz die Ausbildung von Verhaltensmustern, die selbst schwerwiegende Fehler durch Ausweichmanöver überdecken. Die vermehrte Anwendung dieser Strategie schult diese Mechanismen und hemmt die Eliminierung tatsächlich vorhandener Unfähigkeit. [91]

Kollektiv-strukturelle Wissensbarrieren

Die Weitergabe kritischer Information unterliegt aufgrund hierarchischer Strukturen und funktionaler Differenzierung der Anwendung vertikaler, horizontaler und lateraler Informationsfilter, was zu einer unzureichenden oder verzerrten Aufbereitung der Re-

alitätslage als Basis für kollektive Handlungen führt. Die Spezialisierung und Zentralisierung in sozialen Systemen fördern die Entstehung spezialisierter, teilweise konkurrierender Kontexte, was zu einer perspektivischen Interpretation von Problemstellungen und damit zu einer unzureichenden Fundierung kollektiver Handlungen führt. Der Wissensfluss der Organisation ist zudem durch die Verteilung der Macht und den Zugang zu Entscheidungsfreiräumen geprägt. Dominante Wissensträger können eine problemadäquate Fundierung von Entscheidungen konterkarieren, sobald die gegenseitige Perspektivenübernahme nicht durch Aushandlungsprozesse, sondern durch einseitige Machtausübung erfolgt. Des Weiteren führen Kooperationskonflikte, besonders hinsichtlich begrenzter Ressourcen, zu einer Dominanz von Einzelinteressen gegenüber Gemeinschaftsinteressen, was die Externalisierung und Internalisierung von Wissen hemmt. Weiterhin behindern defensive Routinen, die ein Kollektiv zum Selbstschutz vor externen Einflüssen abschottet, die Verfolgung von Problemursachen. [91]

Individuell-kulturelle Wissensbarrieren

Sowohl die Kollektivierung individuellen Wissens wie auch die Entwicklung der eigenen Wissensbasis wird durch die Beschränkung des individuellen Verhaltens durch Rollenzwang beeinträchtigt. Zudem wird Erfahrungswissen, welches mit kollektiven Handlungssträngen in Verbindung steht, oft durch Audience Learning, der Übernahmen tradiertter Glaubenssätze, substituiert. Ähnlich wirkt sich auch das Superstitious Learning aus, in dem Reaktionen der Umwelt auf bestimmte Handlungen aus dem Glauben an nicht hinreichend geprüfte Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge interpretiert werden. Dadurch werden Erfolgsmuster festgesetzt, die sich lediglich auf die Symptomebene eines Problems beziehen. Learning under Ambiguity stellt die Uminterpretation mehrdeutiger Umweltreaktionen dar. Aufgrund von Realitäts- und Aufklärungsdoktrinen wird die Wahrnehmung verzerrt, sodass Kausalitäten unreflektiert bleiben und generell als relevant anerkannte Wissenskategorien festgelegt werden. [91]

Kollektiv-kulturelle Wissensbarrieren

Die Überbetonung der Einheitskultur sowie die Binnenorientierung schränken die Nutzung individueller Wissenspotentiale deutlich ein. Durch die Ablehnung einer internen Opposition sowie die Tabuisierung von Reizthemen wird eine multiperspektivische Entscheidungsfindung verhindert. Die kulturelle Diversität einer Organisation hemmt durch stark abweichende Normen und Werte ebenfalls den Wissensfluss, wobei Wissen als Machtpotential gegenüber anderen verstanden und der Zugang zu diesem systematisch entzogen wird. Mythen und Traditionen verselbstständigen sich leicht in sozialen Systemen und verdecken eigentlich verfügbare Wissensbestände. Schließlich beschreibt Groupthink die Vernachlässigung der eigenen Überzeugungen und das Überordnen des Urteils der Gesamtgruppe zum Zweck der raschen Entschlussfindung, was zu einer mangelnden Reflektion von Tatsachen führt [91].

2.2.5 Fazit

Wissensmanagement umfasst einen sehr weiten Bereich des unternehmerischen Handelns. Wie bereits eingangs erläutert, ist es Aufgabe des Wissensmanagements, sämtliche Unternehmensressourcen so zu allokatieren und zu orchestrieren, dass ein größtmöglicher Geschäftserfolg erzielt und nachhaltig sichergestellt werden kann. Ganzheitliches Wissensmanagement erfordert nicht nur die Betrachtung organisationaler und persönlicher Wissensprozesse. Vielmehr muss ein gemeinsames Verständnis über die Bedeutung des unternehmerischen Wissens geschaffen, gelebt und weiterentwickelt werden. In Forschung und Praxis existieren zahlreiche Herangehensweisen und Modelle, die Prozessbeschreibungen und Handlungsrahmen für das betriebliche Wissensmanagement zur Verfügung stellen. Derzeit existiert jedoch kein Wissensmanagementmodell, welches eine ganzheitliche Sichtweise umfassend aufgreift und implementiert. Bestehende Modelle greifen lediglich Teile des erforderlichen Verständnisses des Wissens auf und dienen somit nur als Empfehlung, nicht jedoch als Wissensmanagementimplementierung. Eine effektive Umsetzung beinhaltet vor allem die Beseitigung von Wissensbarrieren und die Schaffung eines geeigneten organisationalen Rahmens, der Voraussetzungen für die Wissensprozesse des Unternehmens schafft und fördert. Schließlich müssen alle unternehmerischen Abläufe und Ressourcen auf dieses holistische Wissensverständnis ausgerichtet werden.

2.3 Technologische Grundlagen des Wissensmanagements

Der Begriff des Wissensmanagements wird gegenwärtig sehr heterogen verwendet, findet jedoch vor allem im Bereich der Betriebswirtschaft noch sehr konservativ Anwendung [92]. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass ein Großteil des unternehmerischen Wissens in keiner geeigneten Form vorliegt, um dieses effektiv zu verwalten. Verbreitete Informationstechnologien weisen unter anderem bei der Suche und der Extraktion relevanter Informationen, dem Aufdecken neuen Wissens, der Wartung und Pflege von Datenbanken sowie bei der Visualisierung und der Benutzerinteraktion große Defizite auf [93]. Für die Umsetzung eines effektiven Wissensmanagements ist eine reine Datenbanksicht jedoch nicht ausreichend [92]. Vielmehr bedarf die Lösung pragmatischer Problemstellungen aufgrund hoher Komplexität, Unsicherheit oder unvollständiger Informationen wissensbasierter und -orientierter Systeme [94]. Diese sind durch die Fähigkeit, auf Grundlage problemspezifischen Wissens mittels Resolutionsverfahren Schlussfolgerungen zu ziehen, charakterisiert [16, 95]. Zur Abbildung ebendieser menschlichen Kognitionsprozesse werden zumeist Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) eingesetzt [34, 94]. Eine Übersicht über die Entwicklung gängiger Methoden ist in Abbildung 22 dargestellt.

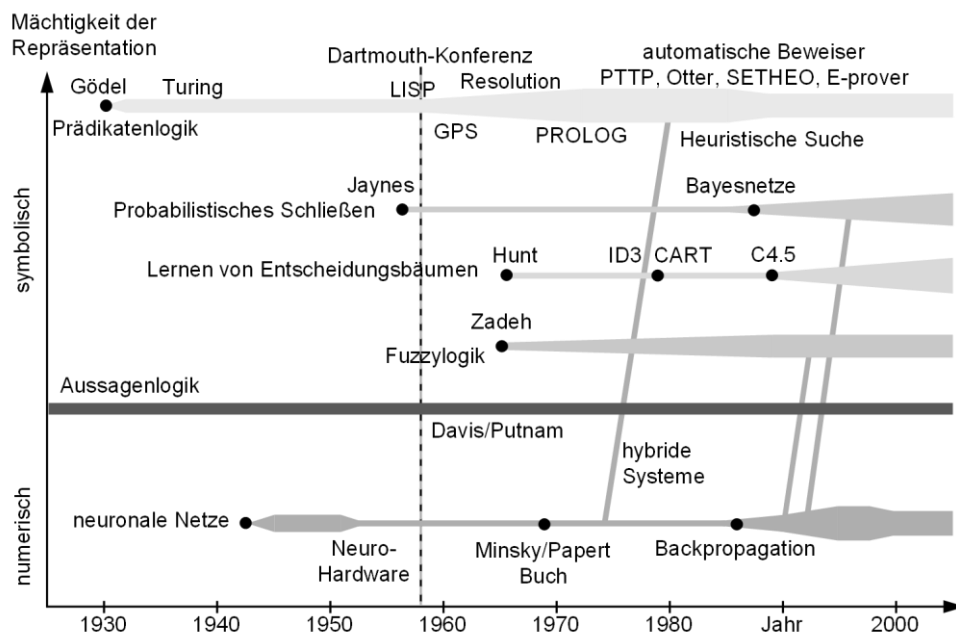


Abbildung 22: Entwicklung der Wissensverarbeitung in der Informatik [37]

Die klassische KI, auch als symbolverarbeitende KI bezeichnet, stützt sich auf die formale Darstellung des Wissens und dessen Verarbeitung mittels logischer Verfahren und findet in wissensbasierten Systemen Anwendung. Dabei werden Objekte und Zusammenhänge durch Symbole repräsentiert und mittels algorithmisch-logischer Verarbeitung neue Aussagen abgeleitet. Komplexe Sachverhalte werden zunächst auf kleine Weltausschnitte reduziert und in Form von Aussagen formalisiert. Anschließend

wird auf Grundlage logischer Überlegungen und Schlussfolgerungen unter Verwendung des verfügbaren Wissens eine Lösung erschlossen. Aufgrund der Formalisierung sind Rechner sehr gut für diese Art der Problemlösung geeignet [92]. Dagegen stellen für die menschliche Intelligenz alltägliche Problemstellung wie die Gesichtserkennung, das Halten des Gleichgewichts oder das Sprachverständnis für Methoden der klassischen KI eine große Herausforderung dar, da mit informellem und unsicherem Wissen umgegangen werden muss. Lösung bieten hierbei numerische konnektionistische Verfahren, wie neuronale Netze und evolutionäre Algorithmen, die sich an menschlichen Denk- und Lernprozessen orientieren [96]. Die Verfahren, welche von wissensorientierten Systemen genutzt werden, bauen dabei Wissen in mehreren Lernzyklen aus einer Reihe von Beispielen induktiv auf, welches jedoch bisher nicht in einfache Formeln oder logische Regeln gefasst werden kann [94]. Daher liegt der Fokus der technischen Unterstützung auf wissensbasierten Systemen, während konnektionistische Verfahren zur Unterstützung, beispielsweise zur Reduktion großer kombinatorischer Suchräume bei Inferenzprozessen, eingesetzt werden [37, 92, 97].

Die gemeinsame Kernstruktur aller wissensbasierten Systeme zeichnet sich durch die Trennung der Repräsentation des Wissens in einer domänenspezifischen Wissensbasis von der Wissensverarbeitung durch eine anwendungsunabhängige Problemlösungskomponente aus [34]. Dies ermöglicht eine deklarative Abbildung sowie einen einfachen Austausch der Wissensbasis [37]. Die Wissensbasis, welche die Schnittstelle zwischen Mensch und Computer bildet, kann durch formale Sprachen dargestellt werden [37]. Knowledge Engineering wird dabei als Prozess der Formalisierung des Wissens aus unterschiedlichen Wissensquellen verstanden [37]. Bei Expertensystemen wird die Wissensbasis durch Expertenwissen, beispielsweise aufgenommen durch Interviews, gespeist, während allgemeine wissensbasierte Systeme Wissen beispielsweise aus Datenbanken oder durch Text-Mining von Fachliteratur beziehen [98]. Die Inferenzkomponente verarbeitet Nutzeranfragen an das System und prozessiert das formalisierte Wissen zu neuen Aussagen weiter [94]. Die generelle Struktur eines wissensbasierten Systems ist in Abbildung 23 veranschaulicht.

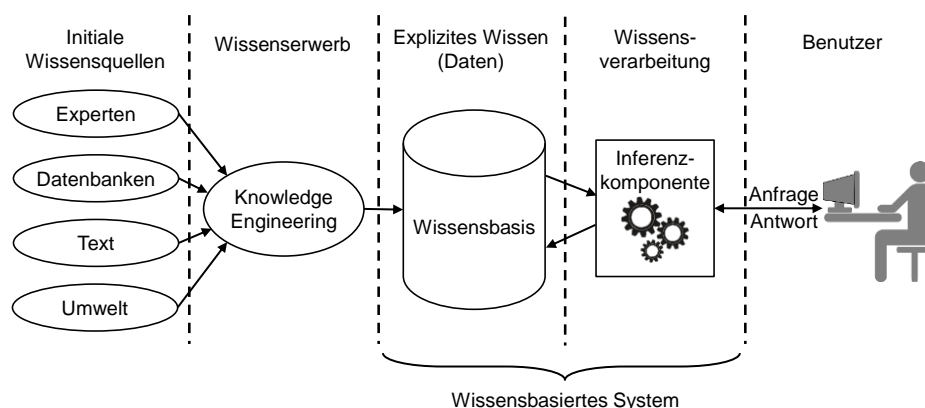


Abbildung 23: Struktur eines wissensbasierten Systems, in Anlehnung an [37]

2.3.1 Wissensmanagementsysteme

Im Unterschied zu wissensbasierten Systemen, welche die Nutzung des unternehmerischen Wissens fokussieren, adressieren Wissensmanagementsysteme (WMS) die Gestaltung der Wissensbasis. Sie definieren sich als:

IKT-System im Sinne eines Anwendungssystems oder einer IKT-Plattform, das Funktionen für den kontextualisierten Umgang mit sowohl explizitem als auch implizitem Wissen in der gesamten Organisation oder dem von der Wissensmanagementinitiative affektierten Teil [...] kombiniert und integriert. Ein WMS stellt integrierte Services zur Anwendung von Wissensmanagementwerkzeugen für Teilnehmernetzwerke, das heißt aktive Wissensarbeiter, in wissensintensiven Geschäftsprozessen entlang des gesamten Wissenslebenszyklus zur Verfügung. Ziel eines WMS ist die Förderung der Dynamik des organisationalen Lernens sowie der organisationalen Effektivität [51].

WMS bestehen in der Regel aus mehreren, unabhängig voneinander funktionierenden Subsystemen, die unterschiedliche Dienste entlang des Daten- und Wissensmanagementzyklus implementieren. Abbildung 24 zeigt die klassische Architektur eines WMS.

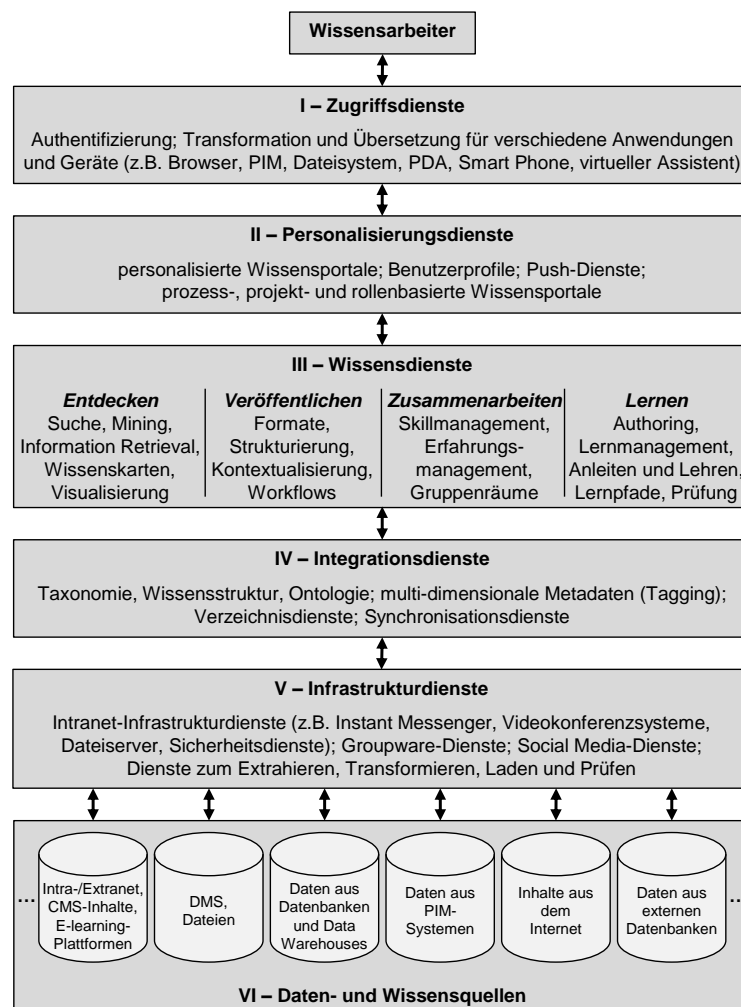


Abbildung 24: Architektur eines Wissensmanagementsystems, nach [51]

Wissensmanagementsysteme setzen sich in der Regel aus einer Kombination verschiedener Ansätze und Technologien der Daten-, Informations- und Wissensverarbeitung zusammen. Basistechnologien für Wissensmanagementsysteme bilden die nachfolgenden Kategorien [5, 44, 51].

Datenorientierte Systeme dienen der Verarbeitung von großen Datenmengen und lassen sich wie folgt einteilen:

- **Data-Mining-Systeme:** Data Mining und Knowledge Discovery in Databases beinhalten Methoden der Informations- und Wissensextraktion aus strukturierten Datensätzen [99]. Data-Mining-Systeme beruhen auf der automatisierten Generierung qualitativer Musterbeschreibungen von bekannten Datensätzen und nehmen eine zentrale Rolle bei der Wissensidentifikation ein [5].
- **Data-Warehouse-Systeme:** Entscheidungs- und Führungsinformationssysteme beruhen zumeist auf bereichsbezogenen, integrierten und zeitlich veränderlichen Datensammlungen, sog. Data Warehouses. Sie dienen der Schaffung einer funktionsübergreifenden und inhaltlich gruppierten Datensichtweise und bilden das Gegenstück zu operativen Informationssystemen [100].
- **OLAP-Systeme:** Zur weiterführenden Analyse von Datenaggregationen werden häufig Online Analytical Processing (OLAP) Systeme genutzt. Diese gestatten eine multidimensionale Darstellung von Daten in Datenwürfeln, welche mit den Operationen Rotation, Roll-Up/Drill-Down und Slice/Dice sehr effizient analysiert werden können [5].

Inhaltorientierte Systeme dienen der Verwaltung von digital vorliegenden Inhalten und gliedern sich wie folgt:

- **Dokumentenmanagementsysteme:** Ein Großteil des kodifizierten, expliziten Wissens wird in Dokumenten semi-strukturiert gespeichert. Die technologische Unterstützung der Dokumentenverwaltung, -bereitstellung, -verarbeitung und -archivierung nimmt demnach für die Prozesse der Wissensdiffusion und -nutzung einen hohen Stellenwert ein [5].
- **Contentmanagementsysteme:** Die Verwaltung, Strukturierung und das Layout von Inhalten mittels Intra- und Internettechnologien basiert zumeist auf Contentmanagementsystemen, die Funktionalitäten der Verwaltung, Transformation und Repräsentation von strukturierten Dokumenten zur Verfügung stellen [101].
- **Lernmanagementsysteme:** Lernmanagementsysteme dienen der Definition von Lernzielen sowie der Identifikation von Lernbedarfen und der Bereitstellung von Lerninhalten. Dabei finden häufig digitale Bibliotheken Einsatz, die durch Autorensysteme editiert und gepflegt werden [5].

Wissensorientierte Systeme stützen sich auf Methoden der künstlichen Intelligenz und werden häufig als Führungsinformationssysteme eingesetzt. Sie gliedern sich in:

- **Expertensysteme:** Expertensysteme bilden Expertenwissen in einer Wissensbasis ab, die sich in Faktenwissen sowie Regeln zur Verarbeitung der Fakten unterteilt. Sie finden in Diagnose, Beratung, Vorhersage, Planung sowie in der Ausbildung Anwendung [34].
- **Agentensysteme:** Agentensysteme sind autonom agierenden Systeme, die Informationen selbstständig nachfragen, aufbereiten und zur Verfügung stellen. Neben der Suche von Information ermöglichen Agenten auch die Überwachung von Informationsquellen und informieren den Nutzer über Veränderungen des Informationsangebots [44].
- **Text-Mining-Systeme:** Text-Mining-Systeme ermöglichen das Hinzufügen von Informationen zu textuellen Dokumenten, wie Wortanzahl, Autoren, Schlagworte und Klassifizierungen. Zudem erlauben diese Systeme eine automatische Spracherkennung und die Erstellung von Zusammenfassungen [44].

Prozessorientierte Systeme unterstützen die Verwaltung von Abläufen. Sie unterstützen die Planung, Verwaltung, Durchführung und Überwachung von Workflows und beruhen dabei auf einer Workflow-Engine, welche in einer Workflow-Sprache formalisierte Ablaufbeschreibungen regelt [44].

Gruppenorientierte Systeme, auch als Groupware bezeichnet, unterstützen die Arbeit von Gruppen und Teams und gliedern sich wie folgt:

- **Kommunikationssysteme:** Kommunikationssysteme unterstützen den Informationsaustausch durch Audio- und Video-Kommunikationstechnologien sowie elektronische Mitteilungssysteme wie Chat- und Emailsysteme [5].
- **Kollaborationssysteme:** Die Zusammenarbeit geografisch verteilter Wissensarbeiter wird durch Kollaborationssysteme unterstützt, welche insbesondere der Wissensentwicklung dienen. Beispiele sind elektronische Diskussionsforen, Repositorien und Wikisysteme [44].
- **Koordinationssysteme:** Planungs- und Koordinationssysteme dienen der gruppenbezogenen Zeit- und Aufgabenplanung. Dieser Kategorie können Projektmanagementsysteme und Gruppenkalender zugeordnet werden.

Zu weiteren, grundlegenden Technologien des computerbasierten Wissensmanagements zählen *Intra- und Internettechnologien*, die durch die Hypertext-basierte Repräsentation eine Verlinkung von Informationen erlauben [44]. *Suchmaschinen* werden genutzt, um Information in großen, heterogenen Daten- und Informationsbeständen zu identifizieren. Sie bilden die Grundlage für Information Retrieval und gliedern sich in Pullsysteme, mit denen Benutzer Informationen aktiv anfragen und Informationsbeständen durchsuchen können sowie Pushsysteme, die selbstständig geeignete Informationen bereitstellen [5]. Visualisierungssysteme nutzen häufig Listen, Bäume, Netze, Karten und hyperbolische Bäume zur Wissensbereitstellung [5].

2.3.2 Wissensrepräsentation und Inferenz

Eine zentrale Aufgabe des Wissensmanagements ist die adäquate Repräsentation des Wissens. Sie bildet die Grundlage des computergestützten Wissensmanagements [102], indem die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine ermöglicht wird. Gemäß STOCK [103] bezeichnet Wissensrepräsentation die „Wissenschaft, Technik und Anwendung von Methoden und Werkzeugen, Wissen derart abzubilden, damit dieses in digitalen Datenbanken optimal gesucht und gefunden werden kann. Sie ermöglicht die Gestaltung von Informationsarchitekturen, die auf Grundlage von Begriffen und Begriffsordnungen arbeitend gestatten, Wissen in seinem Bedeutungszusammenhang darzustellen.“

Die grundlegende Aufgabe der Wissensrepräsentation ist die Abbildung von Faktenwissen sowie die Umsetzung von Regeln. Dazu existieren diverse Methoden, die sich, wie in Abbildung 25 dargestellt, in deklarative, prozedurale und hybride Methoden gliedern lassen. Deklarative Systeme stellen die Beschreibung von Fakten in den Vordergrund, während prozedurale System die Steuerung von Abläufen fokussieren.

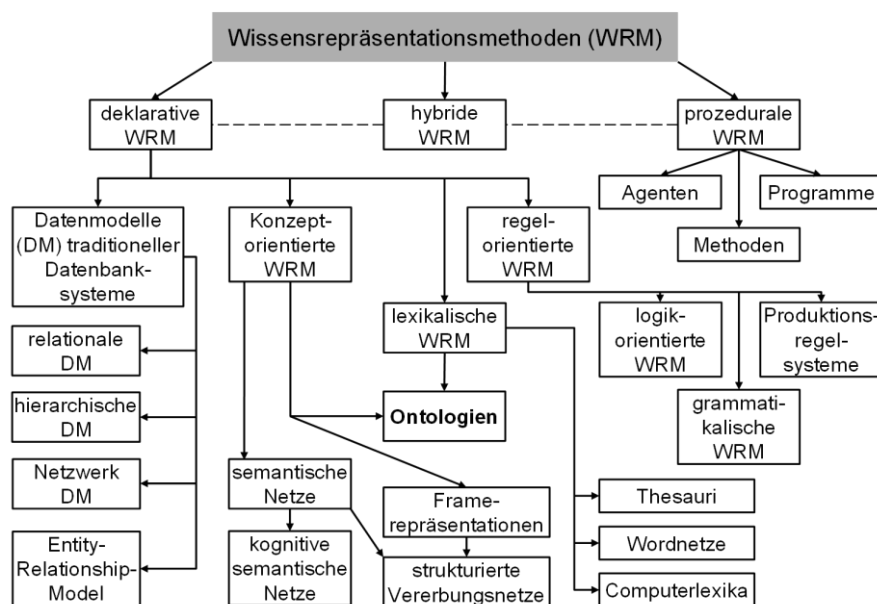


Abbildung 25: Überblick über Methoden der Wissensrepräsentation [104]

Ziel der Wissensrepräsentationsforschung ist das Finden von Methoden zur Beschreibung der Realität, welche in intelligenten Systemen Anwendung finden [96]. Zentraler Aspekt intelligenten Verhaltens ist dabei die Fähigkeit, Schlussfolgerungen aus formal repräsentiertem, explizitem Wissen zu ziehen. Bei Menschen läuft dieser Prozess durch die stetige Aufnahme von Informationen aus der Umwelt und die damit verbunden Vergrößerung der Wissensbasis größtenteils unbewusst ab [105], ist jedoch selbst zur Bewältigung von einfachen Alltagsaufgaben essentiell [34]. Eine Schlussfolgerung beschreibt den Prozess der Ableitung neuen Wissens X aus vorhandenem Wissen W .

Dabei wird eine Relation R zwischen dem initialen und dem gefolgerten Wissen gebildet, welche den Weg der Schlussfolgerung beschreibt. Sei beispielsweise W das Wissen darüber, dass es regnet, und X das gefolgerte Wissen, dass die Straßen nass sind, so kann relativ sicher eine Relation gefunden werden, welche die Grundlage der Folgerung von X aus W bildet. Dagegen gibt es für das gefolgerte Wissen X einer bevorstehenden grünen Ampel keine sinnvolle Relation. Die Inferenzrelation muss bei Schlussfolgerung stets einen realweltlichen Zusammenhang aufweisen, um als sinnvoll und damit korrekt empfunden zu werden [34, 16].

Die Nachbildung einer Inferenzrelation in wissensbasierten Systemen erfordert zunächst die formale Abbildung des gesamten bekannten Wissens. Dies erlaubt die Inferenz mit Abbildungen statt mit realen Objekten. Durch die Verwendung einer formalen Sprache kann Wissen syntaktisch abgebildet werden, wobei eine entsprechende Semantik den entstehenden Aussagen eindeutig realweltliche Objekte zuweist [34]. Die Syntax beschreibt dabei die Abbildungsregeln für die Darstellung der Welt mit einer Menge von Symbolen, die Semantik weist ihren Zusammenhängen eine Bedeutung zu [106]. Die syntaktische Manipulation der Symbole generiert, wie in Abbildung 26 zu sehen, neuen Aussagen, die wiederum neue Aussagen über die reale Welt enthalten. Jedoch ist zu beachten, dass eine tatsächlich vollständige formale Abbildung der Welt und Berücksichtigung jeglicher Vorbedingung zur Sicherstellung stets korrekter Schlussfolgerungen nicht möglich ist, was auch als Qualifikationsproblematik bezeichnet wird. Zudem erschwert die Darstellung von unsicheren und unpräzisen Sachverhalten die Entwicklung wissensbasierter Systeme [34, 96, 106].

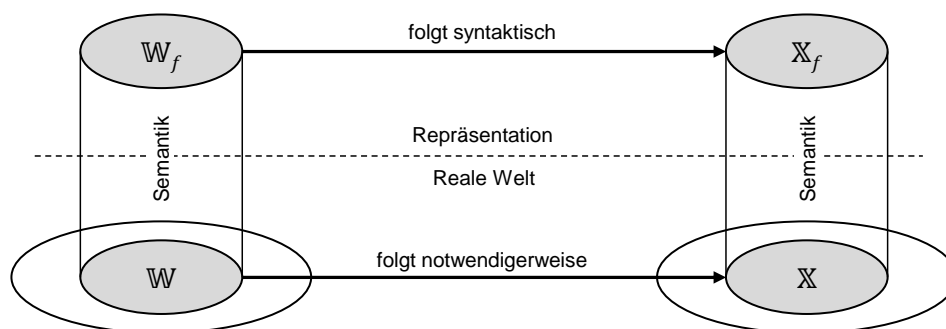


Abbildung 26: Formale Wissensrepräsentation und Inferenz [34]

In Abhängigkeit der vorliegenden Relation R unterscheidet PEIRCE [24] die drei folgenden klassischen Inferenzrelationen:

1. *Deduktion*: Ist Wissen W gegeben, so kann über Relation R auf Tatsache X geschlossen werden. Der Schluss erfolgt vom Allgemeinen aufs Spezielle.
2. *Induktion*: Ist Tatsache X gegeben, so kann X über Relation R durch Wissen W erklärt werden. Der Schluss erfolgt vom Speziellen aufs Allgemeine.
3. *Abduktion*: Sind W und X gegeben, so kann Relation R die Elemente auf einen Zusammenhang hin überprüfen, also eine Annahme beweisen.

Die Deduktion stellt die einzige Form des sicheren Schließens dar, da die Inferenz mit wahren Aussagen wiederum nur wahre Aussagen hervorbringen kann, hinzugefügte Aussagen können nicht revidiert werden. Die Anzahl der Aussagen steigt monoton an. Die menschliche Intelligenz ist jedoch in der Lage, bisheriges Wissen durch Neuigkeiten und Erfahrungen zu ändern oder zu widerlegen, wodurch sich die Menge an Wissen durch Inferenz nicht zwangsläufig vergrößert. Somit können Induktion und Abduktion dem nicht-monotonen Schließen zugeordnet werden, die gefolgerten Aussagen sind nicht zwingend vollkommen korrekte Schlussfolgerungen. Die Lösung der Problematik des nicht-monotonen Schließens bedarf unter anderem komplexerer Formalismen [37, 34, 96, 16, 93].

2.3.3 Logikbasierte Wissensrepräsentation und Inferenz

Voraussetzungen für eine effektive Wissensrepräsentation sind die formale Darstellung, die konsistente Semantik sowie die Existenz von vollständigen und korrekten Inferenzmechanismen. Die Logik bietet als der am besten erforschte Formalismus der Wissensrepräsentation unter diesen Voraussetzungen einen geeigneten Rahmen zur Formalisierung der Inferenzrelationen [34, 107]. Aufgrund der formalen Semantik, welche logischen Aussagen eine eindeutige Bedeutung zuweist, der genauen Kenntnis über logische Schlussfolgerungen sowie der Existenz von Inferenzverfahren und -systemen des automatisierten Schließens eignet sich die Logik als universelles System für die Abbildung unterschiedlichster Domänen [96, 93]. Neben der Aussagenlogik, welche die Gültigkeit von Aussagen untersucht, die durch bestimmte logische Operatoren verknüpft sind, und welche eine niedrige Ausdrucksstärke aufweist, stellt die Prädikatenlogik als hierarchisch deutlich mächtigere Sprache ein Fundament für weitere Formalismen wie Beschreibungslogiken und Ontologien dar. Darüber hinaus existieren logische Systeme für sehr spezielle Anforderungen, wie beispielsweise Default- oder probabilistische und possibilistische Logiken [37, 34, 107].

Analog zur natürlichen Sprache erfordert die Formalisierung von Wissenselementen ein Vokabular, das alle domänenrelevanten Objekte und deren Beziehungen benennt. Eine Signatur Σ bildet die Menge aller Vokabeln eines logischen Systems. Zudem stellt ein logisches System Regeln zur Verfügung, nach denen Formeln F , welche die reale Welt repräsentieren, aus den Elementen der Signatur gebildet werden können. Formeln können rekursiv aufgebaut sein, sodass atomare Formeln mithilfe von Junktoren zu komplexen Formeln verknüpft werden können [37, 34, 92].

Während die Syntax eines logischen Systems durch Signaturen und Formeln ausgedrückt wird, entsteht die Semantik durch die Interpretation der syntaktischen Elemente. Dazu werden Formeln mit einem Wahrheitswert belegt. In der klassischen Logik ist die Interpretation von Formeln zweiwertig, es existieren die Werte *wahr* und *falsch*. $Int(\Sigma)$ drückt dabei die Menge aller Interpretation einer Signatur aus. Durch die Nutzung von Junktoren kann der resultierende Wahrheitswert von Verknüpfungsoperationen vermittelt werden [37, 34, 92]. Die Gültigkeit einer interpretierten Aussage in der realen

Welt wird mithilfe einer Erfüllungsrelation \models beschrieben. Ein Modell $Mod(F)$ wiederum erfasst alle Interpretation, die eine Formel F erfüllen. Die so definierte Semantik wird als modell-theoretische Semantik bezeichnet. Die modell-theoretische Semantik erlaubt dementsprechend eine Klassifikation von Formeln nach ihrer Erfüllbarkeit. Allgemeingültige Formeln werden als Tautologie, unerfüllbare Formeln als Widerspruch bezeichnet. Zudem existieren Formeln, die sowohl erfüllt als auch falsifiziert werden können. Kann die Falsifizierbarkeit einer Formel ausgeschlossen werden, so ist diese allgemeingültig. Analog beweist der Ausschluss der Erfüllbarkeit einen Widerspruch. Diese Eigenschaften können als Grundlage für Inferenzmechanismen und so zur Weiterverarbeitung von Wissen genutzt werden [34, 92].

Sind die syntaktische sowie die semantische Ebene eines logischen Systems vollständig definiert, so kann dieses um ein Kalkül erweitert werden, um Inferenz zu ermöglichen. Zu diesem Zweck definiert das Kalkül eine syntaktische Inferenzrelation \vdash , welche die Erfüllungsrelation mithilfe von Axiomen und Inferenzregeln auf der syntaktischen Ebene nachbildet. Axiome stellen dabei eine Menge von elementaren Tautologien und Widersprüchen dar, während Inferenzregeln die syntaktische Ableitung von Formeln definieren [34, 108–110]. Kalküle können hinsichtlich ihrer Qualität charakterisiert werden. Ein *korrektes* Kalkül liegt vor, wenn alle syntaktischen Ableitungen auch semantische Folgerungen implizieren.

$$F \vdash G \rightarrow F \models G \quad (2.21)$$

Ein *vollständiges* Kalkül liegt vor, wenn jede semantische Schlussfolgerung syntaktisch abgeleitet werden kann.

$$F \models G \rightarrow F \vdash G \quad (2.22)$$

Zudem lässt sich eine Logik hinsichtlich ihrer *Entscheidbarkeit* charakterisieren. Ist ein logisches System *entscheidbar*, so kann durch ein Kalkül für jede Formel deren Erfüllbarkeit oder Gültigkeit ermittelt werden, in *unentscheidbaren* Systemen ist dies nicht möglich. *Semi-entscheidbare* Systeme erlauben nur den Beweis der Erfüllbarkeit einer Formel, weshalb Algorithmen für diese Logiken nicht zwingend terminieren [34, 92].

Aussagenlogik

Die Aussagenlogik ermöglicht die Beschreibung von realen Zusammenhängen in Form von Aussagen. Eine aussagenlogische Signatur beinhaltet die Fakten der realen Welt repräsentierende Begriffe, welche als Aussagenvariablen bezeichnet werden. Die daraus gebildete Formelmenge setzt sich aus atomaren Formeln zusammen, welche jeweils nur eine Aussagenvariable enthalten und gemäß der modell-theoretischen Semantik als wahr oder falsch interpretiert werden können. Dies wird als Belegung bezeichnet. Für die atomaren Formeln φ und ψ gelten zudem die in Tabelle 6 dargestellten Ausdrücke als gültige Formeln. Diese Junktoren, deren Bindungspriorität absteigend in der angeführten Reihenfolge gilt, ermöglichen die Bildung komplexerer Formeln.

Tabelle 6: Zulässige aussagenlogische Formeln [34]

$\neg\varphi$	Negation von φ
$\varphi \wedge \psi$	Konjunktion
$\varphi \vee \psi$	Disjunktion
$\varphi \rightarrow \psi$	Implikation
$\varphi \leftrightarrow \psi$	Äquivalenz

Junktoren werden zudem wahrheitsfunktional definiert. Dabei können auch auf komplexeren Formeln basierende aussagenlogische Zuweisungen mittels Wahrheitstabellen anschaulich interpretiert werden [37, 34, 92, 110]. Die Mächtigkeit der Aussagenlogik ist jedoch zur Modellierung der realen Welt unzureichend. Werden allgemeingültige Zusammenhänge und Sachverhalte modelliert, so ist dies nur mit einer großen Anzahl von einzelnen Aussagen möglich, eine vollständige Beschreibung kann jedoch aufgrund der Überabzählbarkeit des Wissens nicht erreicht werden. Somit ist die Aussagenlogik zum Zweck der Wissensrepräsentation weder intuitiv noch praktikabel.

Prädikatenlogik der ersten Stufe (PL1)

Zur präzisen und vollständigen Abbildung von Ausschnitten der realen Welt ist eine allgemeine Beschreibung und Quantifizierung von Objektklassen und Konzepten notwendig. Dies ist durch die Prädikatenlogik erster Stufe, welche eine Erweiterung der Aussagenlogik um Quantoren, Funktions- und Prädikatsymbole darstellt, möglich. So lässt sich beispielsweise die Aussage *Jedes erfolgreiche Industrieunternehmen fertigt ein hochwertiges Produkt* in PL1 vollständig durch

$$(\forall x) \left(\text{erfolgreich}(x) \rightarrow (\exists y) (\text{fertigt}(x, y) \wedge \text{Produkt}(y) \wedge \text{hochwertig}(y)) \right) \quad (2.23)$$

ausdrücken. PL1 stellt deutlich erweiterte syntaktische Mittel zur Beschreibung eines Universums zur Verfügung. Eine prädikatenlogische Signatur Σ_{PL1} enthält unter der Annahme einer beliebigen, nicht-leeren Menge \mathbb{U} , welche alle Objekte des betrachteten Universums beinhaltet, eine Menge von Funktions- und Prädikatsymbolen zur Repräsentation von \mathbb{U} . Die Stelligkeit $s \in \mathbb{N}_0$ jedes Symbols definiert dann die Anzahl seiner Argumente, siehe Tabelle 7.

Tabelle 7: Stelligkeit von Symbolen in PL1

nullstellige Funktionssymbole	<i>Konstanten</i> : Objekte und Individuen des betrachteten Universums
ein- und mehrstellige Funktionssymbole	<i>Funktionen</i> : Argumente sind Objekte und Individuen
nullstellige Prädikatsymbole	<i>Aussagevariablen</i> der Aussagenlogik: allgemeine Aussagen
einstellige Prädikatsymbole	<i>Objekteigenschaften</i> : Teilmengen des betrachteten Universums
mehrstellige Prädikatsymbole	<i>Beziehungen</i> zwischen Objekten

PL1 stellt neben den aussagenlogischen Junktoren zur rekursiven Formelbildung auch Variablen und Quantoren zur Verfügung, um Aussagen über eine Menge von Objekten zu formulieren:

- *Universalquantor* \forall (zum Beispiel $\forall xF$: für jedes x gilt F)
- *Existenzquantor* \exists (zum Beispiel $\exists xF$: es gibt ein x , für das F gilt)

Syntaktische Einheiten können durch die Kombination verschiedener Symbolarten und Operatoren erzeugt werden. Dabei setzen sich *Terme* aus Variablen, Konstanten und Funktionen zusammen.

$$xPosition(Pixel) \quad (2.24)$$

Atomare Formeln werden aus Prädikatsymbolen, deren Argumente Terme sind, zusammengesetzt.

$$groesserAls(xPosition(Pixel), 128) \quad (2.25)$$

Prädikatenlogische Formeln bilden sich aus Atomen, Junktoren und Quantoren.

$$(\forall Pixel)(groesserAls(xPosition(Pixel), 128) \rightarrow rot(Pixel)) \quad (2.26)$$

Eine Theorie ist wiederum eine Menge von Formeln, welche einen Sachverhalt der realen Welt beschreibt [37, 34, 92, 111, 106]. Da die Formeln einer Signatur jedoch lediglich syntaktisch verarbeitet werden können, erfordert die Interpretation einer Theorie \mathbb{T} zunächst die Projektion aller betrachteten Elemente und Relation auf \mathbb{U} . Die so erzeugte Struktur $\mathcal{U} = (\mathbb{U}, I)$, bei der \mathbb{U} die Grundmenge der Struktur und $I = (\mathbb{U}^I, \diamond^I)$ eine Interpretationsfunktion mit dem Interpretationsoperator \diamond^I ist, ordnet jedem k -stelligen Prädikatsymbol ein k -stelliges Prädikat über \mathbb{U} , jedem k -stelligen Funktionssymbol eine k -stellige Funktion über \mathbb{U} und jeder Variable x ein Element aus \mathbb{U} zu [110]. Der Definitionsbereich der Abbildung I erstreckt sich somit über alle betrachteten Symbole, während sich der Wertebereich aus einer Teilmenge von Prädikaten, Funktionen und Elementen aus \mathbb{U} zusammensetzt. Ein Modell $Mod(\mathbb{T})$ entsteht durch die Zuordnung von Wahrheitswerten zu jedem Relations- und Prädikatsymbol aus \mathbb{U} [34, 110, 112]. Die Modellierung der PL1 erfolgt dabei stets unter dem Grundsatz der *Open-World-Assumption*, welche davon ausgeht, dass die reale Welt nie vollständig durch eine Wissensbasis beschrieben werden kann. Demnach gelten Theorien, welche nicht in der Wissensbasis abgebildet sind, als grundsätzlich möglich, das Fehlen der Theorie begründet logisch nicht ihre reale Inexistenz [96]. Nicht explizit formuliertes Wissen kann hingegen durch Deduktion als logische Konsequenz abgeleitet werden, wenn die abgeleitete Aussage in allen möglichen Modellen der betrachteten Theorie gilt [113].

Im Gegensatz zur Aussagenlogik, in der bei der Inferenz lediglich die Belegungen der Aussagen zu berücksichtigen sind, erfordert die Inferenz in PL1 auch die Beachtung von Abbildungen von Prädikaten, Funktionen und Elementen. Eine prädikatenlogische Theorie kann demnach als nicht vollständig entscheidbar gelten, da eine nicht-endliche

Menge an Modellen interpretiert werden muss [110]. Der Einsatz von aussagenlogischen Beweisverfahren und Algorithmen für automatisierte Inferenzprozesse ist demnach in PL1 nicht möglich. Allgemeingültige logische Konsequenzen aus prädikatenlogischen Theorien können jedoch durch Definition vollständiger und korrekter Beweisverfahren und durch geeignete Manipulation der in der Theorie enthaltenen Symbole abgeleitet werden, wodurch eine Automatisierung des Beweises der Allgemeingültigkeit möglich ist [113]. Dazu werden die Formeln einer Theorie zunächst mittels Äquivalenzregeln syntaktisch vereinfacht, bevor mittels Kalkülen inferiert wird [34, 106, 110]. Die genutzten Äquivalenzregeln müssen sicherstellen, dass die Ersatzformeln und die Ursprungsformeln in allen möglichen Interpretationen sowie in den unter allen Belegungen jeweiligen Wahrheitswerten übereinstimmen [34]. Das am häufigsten genutzte Kalkül bei automatischen Beweisern stellt das Resolutionskalkül dar, bei dem die zu beweisende Formel F negiert zur Wissensbasis hinzugefügt und deren Unerfüllbarkeit zu beweisen versucht wird [37]. Wird in der Theorie ein Widerspruch identifiziert, so gilt die Ursprungsformel als allgemeingültig. Zudem werden auch Tableau-Kalküle zum automatischen Beweisen eingesetzt. Mittels definierter Regeln wird aus den vorliegenden Formeln ein Entscheidungsbaum erstellt, dessen Zweige aus Konjunktionen bestehen. Enthält ein Zweig einen Widerspruch, so gilt dieser als abgeschlossen. Die Erfüllbarkeit einer Formel F kann gezeigt werden, wenn das Kalkül ausschließlich abgeschlossene Zweige des Tableau-Baums liefert [106].

Da jeder Inferenzschritt zahlreiche Alternativen zur Anwendung von Inferenzregeln zulässt, entsteht ein sehr großer kombinatorischer Suchraum, weshalb für einen Beweis eine sehr große Anzahl an Inferenzschritten und damit zum Teil inakzeptabel lange Rechenzeiten erforderlich sind [37, 34, 92]. Zur Reduktion der notwendigen Inferenzschritte werden heuristische Suchstrategien verwendet, die sich beispielsweise an vorliegenden Klauseln orientieren. Die Effizienz dieser Heuristiken ist jedoch stark von der jeweils zu lösenden Aufgabe abhängig [114]. Aus diesem Grund werden konnektionistische Methoden wie künstliche neuronale Netze eingesetzt, welche die menschliche Intuition und Erfahrung beim Schlussfolgern reproduzieren, und durch Erlernen komplexer Heuristiken die Anzahl an notwendigen Inferenzschritten teilweise deutlich verringern [115, 116]. Ferner ermöglichen neuronale Netze das Training und die Auswahl einer für eine spezifische Problemstellung geeigneten Heuristik [114].

Zudem gilt zu beachten, dass aufgrund der Semi-Entscheidbarkeit von PL1 Beweisalgorithmen für Aussagen, die keine logischen Konsequenzen sind, nicht zwangsläufig terminieren [34, 111]. Dies ist durch den Zusammenhang zwischen der Ausdruckstärke einer formalen Sprache und der damit einhergehenden Komplexität des Reasonings, also der Verarbeitung von Inferenzen durch Rechner, begründet [117, 118]. Durch die Begrenzung der Ausdruckstärke kann die vollständige Entscheidbarkeit wiederhergestellt werden. So können Logiken aus entscheidbare Fragmenten aus PL1 definiert werden, die eine geringere Ausdruckstärke aufweisen, jedoch mit automatischen Beweisern in akzeptabler Zeit verarbeitet werden können [96, 113, 119].

Description Logics

Aufgrund der hohen Komplexität bei der Verarbeitung von Inferenzen sowie der eingeschränkten Möglichkeit der Automatisierung des Schließens eignet sich PL1 nur bedingt für den Einsatz in wissensbasierten Systemen. Ziel der KI ist es jedoch, Wissen möglichst kompakt und einfach zu repräsentieren sowie gleichzeitig implizites Wissen ableiten zu können [120]. Daher werden in wissensbasierten Systemen oft *Description Logics* (DLs) eingesetzt, welche entscheidbare Fragmente von PL1 nutzen, damit eine modell-theoretische Semantik abbilden und somit einen guten Kompromiss zwischen Ausdrucksstärke der Logik und Leistungsstärke der Inferenzalgorithmen bieten. Da dies jedoch jeweils nur für einen begrenzten Anwendungsfall zu realisieren ist, existieren zahlreiche spezifische DL-Sprachvarianten [119]. Eine DL-Wissensbasis besteht aus *Individuen* $\{a, b, \dots\}$, in PL1 äquivalent zu Konstanten, *Konzepten* $\{A, B, \dots\}$, äquivalent zu einstelligen Prädikatsymbolen sowie *Rollen* $\{R, S, \dots\}$, äquivalent zu zweistelligen Prädikatsymbolen [96, 113, 119]. Komplexere Konzepte $\{C, D, \dots\}$ können durch die in Tabelle 8 dargestellten Axiome und Konstruktoren erzeugt werden. Die Ausdrucksstärke der DL ist durch die zulässigen Axiome und Konstruktoren festgelegt, wobei \mathcal{ALC} die grundlegendste und ausdrücksschwächste Sprache darstellt [121].

Tabelle 8: Axiome und Konstruktoren der Beschreibungslogik nach [96]

Konstrukt	Syntax	Semantik	Symbol
Atomares Konzept	A	$A^{\mathcal{I}} \subseteq \Delta^{\mathcal{I}}$	\mathcal{ALC} bzw. \mathcal{S}
Atomare Rolle	R	$R^{\mathcal{I}} \subseteq \Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}$	
Transitive Rolle	$R \in \mathbf{R}_+$	$R^{\mathcal{I}} = (R^{\mathcal{I}})^+$	
Konjunktion	$C \sqcap D$	$C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}}$	
Disjunktion	$C \sqcup D$	$C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}}$	
Negation	$\neg C$	$\Delta^{\mathcal{I}} \setminus C^{\mathcal{I}}$	
Existenzquantifizierung	$\exists R. C$	$\{x \mid \exists y. (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \text{ und } y \in C^{\mathcal{I}}\}$	
Allquantifizierung	$\forall R. C$	$\{x \mid \forall y. (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \text{ impliziert } y \in C^{\mathcal{I}}\}$	
Rollenhierarchie	$R \sqsubseteq S$	$R^{\mathcal{I}} \subseteq S^{\mathcal{I}}$	\mathcal{H}
Nominal	$\{o\}$	$\{o^{\mathcal{I}}\}$	\mathcal{O}
Inverse Rolle	R^-	$\{(x, y) \mid (y, x) \in R^{\mathcal{I}}\}$	\mathcal{I}
Kardinale Einschränkung	$\geq n P$ $\leq n P$	$\{x \mid \#\{y. (x, y) \in P^{\mathcal{I}}\} \geq n\}$ $\{x \mid \#\{y. (x, y) \in P^{\mathcal{I}}\} \leq n\}$	\mathcal{N}
Qualifizierende kardinale Einschränkung	$\geq n P. C$ $\leq n P. C$	$\{x \mid \#\{y. (x, y) \in P^{\mathcal{I}} \text{ und } C^{\mathcal{I}}\} \geq n\}$ $\{x \mid \#\{y. (x, y) \in P^{\mathcal{I}} \text{ und } C^{\mathcal{I}}\} \leq n\}$	\mathcal{Q}

Neben Junktoren existieren auch die aus PL1 bekannten Quantoren, welche sich in DLs jedoch stets auf Rollen und Klassen beziehen, um deren Geltungsbereiche einzuschränken. Hierarchien zwischen Konzepten werden durch Inklusion und Äquivalenz in der Form

$$C \sqsubseteq D \quad (2.27)$$

$$C \equiv D \quad (2.28)$$

definiert. Das Top-Konzept inkludiert alle Konzepte eines Universums, ein Bottom-Konzept stellt stets ein leeres Konzept dar [96, 113, 119, 120]. Übersetzungstabellen zwischen DL- und PL1-Formeln sind in [120] und [122] gegeben.

Zur Repräsentation von Wissen wird dieses zunächst in domänenrelevante Konzepte gefasst und anschließend mit Eigenschaften und Individuen belegt. Dementsprechend kann die DL-Wissensbasis in eine TBox, welche terminologisches Wissen der Form $C \sqsubseteq D$ oder $C \equiv D$ enthält, sowie eine ABox, die Zuweisungen (engl: *Assertions*) der Form $C(a)$ oder $R(a, b)$ beinhaltet, untergliedert werden. Sieht die jeweilige Sprache Rollenaxiome vor, wird die Wissensbasis zusätzlich um eine RBox erweitert [96, 113].

Bei DLs gilt die Open-World-Assumption. In einer DL-Theorie \mathbb{T} werden im Universum \mathbb{U} alle Individuen $\{a, b, \dots\}$ auf die Elemente $\{a^I, b^I, \dots\} \in \mathbb{U}^I$, alle Konzepte $\{C, D, \dots\}$ auf Mengen von Elementen $\{C^I, D^I, \dots\} \subseteq \mathbb{U}^I$ sowie alle Rollen $\{R, S, \dots\}$ auf Mengen von Elementpaaren $R^I \subseteq \mathbb{U}^I \times \mathbb{U}^I$ mittels der Interpretationsfunktion $I = (\mathbb{U}^I, \diamond^I)$ mit dem Interpretationsoperator \diamond^I abgebildet. Dadurch wird jedem Konzept und jeder Rolle ein Wahrheitswert für alle Elemente aus \mathbb{U} zugeordnet, woraus das Model $Mod(\mathbb{T})$ resultiert [96, 123]. Analog erfolgt die Interpretation von Axiomen und Konstruktoren [119]. Die daraus resultierende Struktur $\mathcal{U} = (\mathbb{U}, I)$ ist in Abbildung 27 verdeutlicht.

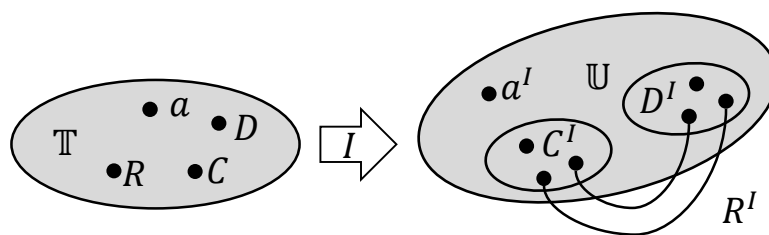


Abbildung 27: Interpretation einer DL-Theorie nach [123]

Für die Inferenz in DL können angepasste PL1-Kalküle genutzt werden, wobei in DL-basierten Systemen zumeist Tableau-Kalküle eingesetzt werden [96, 121]. Grundlegende Inferenzaufgabe, die der TBox zugeordnet werden kann, ist das Auffinden von Klassenäquivalenz, Unterklassenbeziehungen und Klassendisjunktheit. Im Bereich der ABox können durch Inferenz die globale Konsistenz der Wissensbasis, die Klassenkonsistenz sowie Klasseninstanzen geprüft werden [96, 113].

Logische Theorien aus wissenstheoretischer Sicht

Die modelltheoretische Semantik logischer Systeme stützt sich, wie auch in Abbildung 27 verdeutlicht, auf Konzepte der Mengentheorie. Gemäß den wissenstheoretischen Erkenntnissen aus 2.1.4 kann die Interpretation formaler Theorien als Homomorphismus gedeutet werden, wodurch mehrere Elemente des Universums \mathbb{U} einem Element der Theorie \mathbb{T} zugeordnet werden. Eine Theorie \mathbb{T} hat jedoch den Anspruch, die Wissensmenge \mathbb{W} möglichst genau widerzuspiegeln, die ideale Relation ist demnach isomorph. Aufgrund der Qualifikationsproblematik (vgl. 2.3.1) entsprechen die modellierten Strukturen niemals exakt der der Struktur des Wissens \mathbb{W} , sondern es liegt eine Differenz zwischen den modellierten und den tatsächlichen Strukturen, Konzepten und Relationen vor, welche mittels eines Unschärfe-Filters verbildlicht werden kann. Abbildung 28 verbildlicht diesen Zusammenhang.

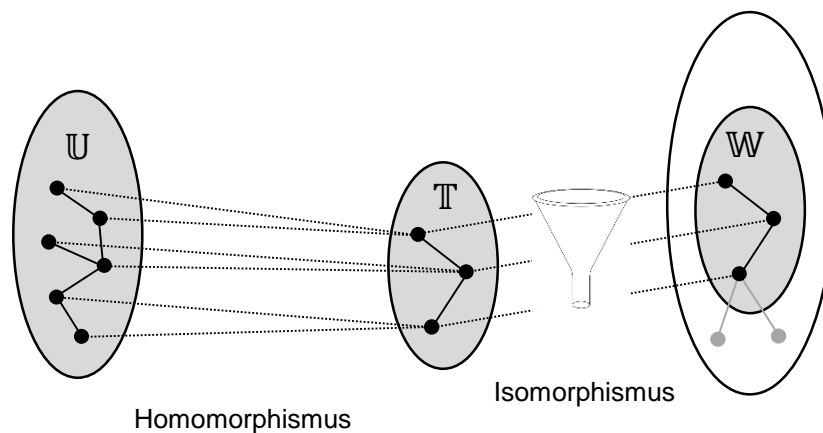


Abbildung 28: Wissensabbildung als unscharfer Isomorphismus

Durch Verfeinerung der zugrundeliegenden logischen Beschreibung kann demnach die Präzision einer Abbildung, das heißt die Verlässlichkeit der Verarbeitung von Individuen und Relationen durch ein logisches System, erhöht werden. Jedoch reduziert sich die Differenz zwischen den realen modellierten Strukturen, Konzepten und Relationen ab einem bestimmten Niveau nicht mehr signifikant. Somit gilt auch hier unter der Annahme, dass die deklarative Beschreibung von Wissen durch logische Formalismen entsprechend der Wissenstheorie einen Informationskanal bildet, der Zusammenhang aus Gleichung 2.18. Durch die Abbildung von Wissen durch mehrere Informationskanäle kann dennoch die Genauigkeit der Abbildung erhöht werden (vgl. 2.1.4).

2.3.4 Ontologiebasierte Wissensrepräsentation und -verarbeitung

Ein etablierter Ansatz, um Wissen zugänglich und verarbeitbar zu machen, ist der Aufbau von Modellen, die die Komplexität der realen Welt in vereinfachende Konzepte fassen. Eine der wichtigsten und im Rahmen der Arbeit weiter genutzten Formen der

Repräsentation stellen Ontologien dar. Bereits ARISTOTELES setzt sich mit der Beschreibung und Kategorisierung der Realität auseinander und begründet den Begriff der Ontologie, die sich mit der Existenz von Dingen sowie deren systematischen Organisation befasst [14]. In der künstlichen Intelligenz wird der Begriff enger gefasst und bezeichnet maschinenverarbeitbare, konzeptionelle Modelle, die alle Sachverhalte und deren Beziehungen einer Domäne umfassen. GRUBER definiert eine Ontologie als eine "formale, explizite Spezifikation einer gemeinsamen Konzeptualisierung einer betrachteten Domäne" [124].

Diese allgemein anerkannte Definition umfasst, dass eine Ontologie explizites Wissen, welches einen allgemeinen Konsens des Domänenwissens darstellt, mittels einer formalen Semantik beschreibt und in ein abstraktes Modell, das einen bestimmten Ausschnitt der Realität abbildet, fasst [93, 113]. Eine Ontologie besteht in der Regel aus Klassen oder Konzepten, deren Beziehungen, Regeln (Axiomen) zur Beschreibung von Verhältnissen der Domäne, die stets wahr sind, sowie Instanzen zur Abbildung von real existierenden Elementen [125]. Dabei werden nach dem Grad der Spezifität die in Abbildung 29 gezeigten Ontologiearten unterschieden [126].

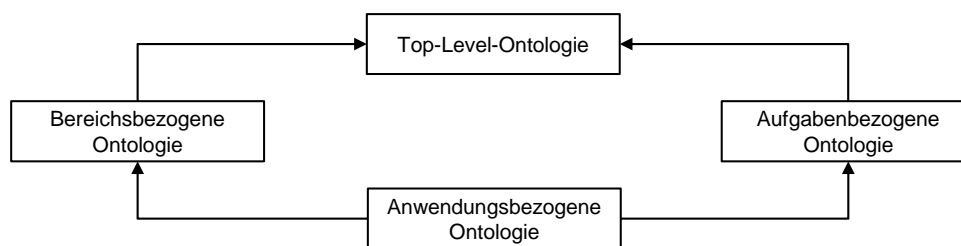


Abbildung 29: Ontologiearten nach dem Grad der Spezifität, nach [126]

Eine Top-Level-Ontologie beinhaltet fundamentale Konzepte und Zusammenhänge, wie beispielsweise physikalische Grundgrößen. Bereichs- und aufgabenbezogenen Ontologien konzeptualisieren Domänen- bzw. Aufgabenwissen, während anwendungsbezogene Ontologien auf an spezifischen Aktivitäten beteiligten Entitäten bezogenes Wissen spezifizieren [126]. Diese Einteilung fördert die Wiederverwendbarkeit des konzeptualisierten Wissens. Die zur Modellierung genutzten Formalismen können, wie in Abbildung 30 gezeigt, anhand ihrer semantischen Ausdrucksstärke, welche ein Maß für die Modellierungsqualität einer Ontologie darstellt, verglichen werden. Dabei werden *lightweight* und *heavyweight* Ontologies unterschieden [127].

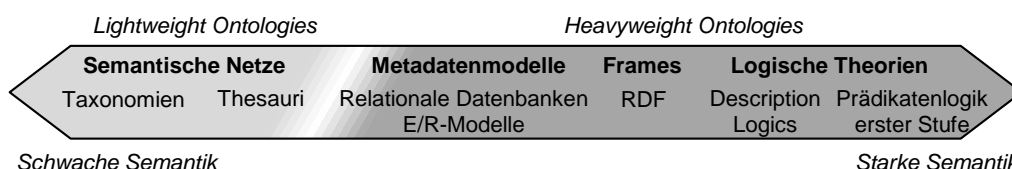


Abbildung 30: Ausdrucksstärke ontologischer Formalismen, nach [127]

Repräsentationssprachen

Besonders logische Formalismen mit modell-theoretisch definierter Semantik eignen sich zur Wissensrepräsentation und Inferenz, da die Syntax logischer Theorien eine Rechnerverarbeitung ermöglicht und entscheidbare Reasoning-Mechanismen zur Verfügung stellt. Zudem erfordert die Wissensrepräsentation eine Interoperabilität mit einheitlichen und offenen Standards der Wissensbeschreibung, um modelliertes Wissen zwischen verschiedenen Plattformen und Anwendungen zu verbinden und auszutauschen [93, 106]. Aus diesem Grund definiert das World Wide Web Consortium (W3C) verschiedene Wissensrepräsentationssprachen, die inhaltlich aufeinander aufbauen, vgl. Abbildung 31 (links) und in ein Semantik Web Framework, den sogenannten *Semantic Layer Cake*, eingebunden sind, vgl. Abbildung 31 (rechts) [128, 129].

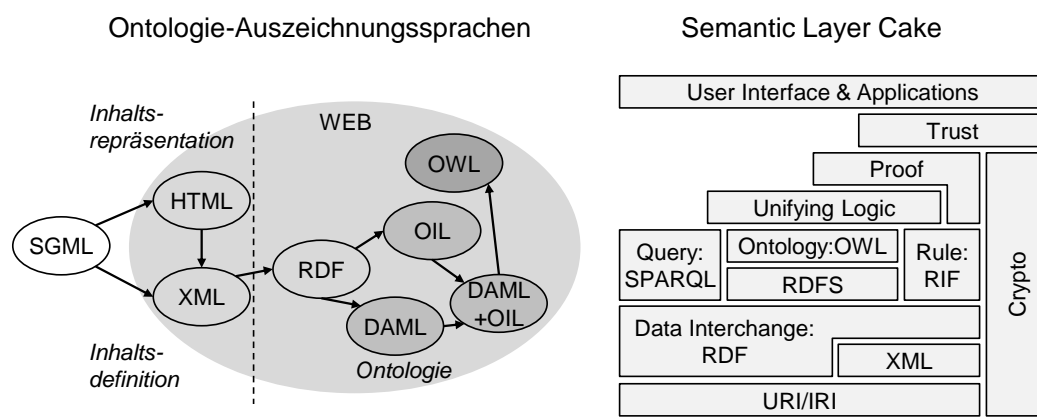


Abbildung 31: Entwicklung der Ontologie-Auszeichnungssprachen (links, nach [128]) und Semantic Layer Cake (rechts, nach [129])

Die in den 1970er Jahren entwickelte Standard Generalized Markup Language (SGML) stellt eine Metasprache zur Definition von Dokumentensprachen dar. SGML-Dokumente enthalten jedoch nur strukturierte Textdaten, eine Aussage über deren Semantik kann nicht getroffen werden [128]. Die Hypertext Markup Language (HTML) sowie die Extensible Markup Language (XML) sind Teilmengen von SGML und dienen der Informationsanreicherung von Textdokumenten durch Annotation mittels *Tags*. Im Gegensatz zu HTML, die eine Layout-orientierte Sprache für die Anzeige von Dokumenten im World Wide Web (WWW) darstellt, kann mit XML die logische sowie die physische Struktur eines Dokumentes festgelegt werden [125]. Aufgrund der frei definierbaren *Tags* dient XML als universelles Austauschformat von gespeicherten Daten und kann als Metasprache zur Definition anderer Auszeichnungssprachen genutzt werden. Jedoch ermöglicht auch XML keine Darstellung von Semantik, da Ableitungen von Wissen aus XML-*Tags* nicht umsetzbar sind [130, 106]. Mit dem Resource Description Framework (RDF) ist eine Sprache gegeben, die sowohl die formale Repräsentation von Wissen als auch den Austausch von Information ermöglicht. Zur Definition von RDF-Dokumenten wird XML genutzt, RDF bildet somit eine Teilmenge von XML.

Durch die Nutzung von Uniform Resource Identifiers (URIs) können Objekte im Internet eindeutig identifiziert und mittels Eigenschaften (Properties) beschrieben werden [125]. Ein RDF-Ausdruck besteht dabei aus Tripeln der Form Subjekt-Prädikat-Objekt, wobei jedes Tripelement einen URI besitzt. Dies ermöglicht die eindeutige Abbildung semantischer Zusammenhänge von Ressourcen und ist somit einer ABox gleichzusetzen (vgl. 2.3.3). Die Nutzung des RDF-Standards semantische Auszeichnungssprache erfordert darüber hinaus die Vereinbarung wohldefinierter Vokabulare (TBox). Das Resource Description Framework Schema (RDFS) erweitert RDF durch die Einführung einer extern konkretisierten Semantik um ebendiese Vokabulare und kann somit als ausdruckschwache Ontologiesprache genutzt werden [125]. Für genaue Spezifikationen von XML, RDF und RDFS sei auf [93], [106] und [123] verwiesen.

Eine Steigerung der semantischen Ausdrucksstärke erfordert zusätzliche logische Formalismen. Aufbauend auf DAML+OIL, einer Synthese aus der in Europa entwickelten Ontology Inference Layer (OIL) und dem amerikanischen Pendant DARPA Markup Language (DAML) [5] wird daher die wesentlich ausdrucksstärkere Web Ontology Language (OWL) entwickelt, welche eine Beschreibung von Relationen zwischen Objekten und Klassen von Objekten ähnlich PL1 erlaubt [37]. Diese gilt als bedeutendste Ontologiesprache des Semantic Webs und bildet die Basis vieler wissensbasierter Systeme [106]. Die Nutzung prädikatenlogischer Sprachelemente, welche die Semantik einer OWL-Ontologie präzise definieren und weitreichende Inferenz ermöglichen, hat jedoch zur Folge, dass OWL zunächst unentscheidbar ist. Ausgehend von dem sogenannten OWL-Full-Standard werden daher die Sprachvarianten OWL-DL und OWL-Lite entwickelt, die auf Description Logics beruhen und einen Kompromiss zwischen Ausdrucksstärke und Maschinenverarbeitbarkeit darstellen. Aufgrund verschiedener Einschränkungen von OWL, beispielsweise bezüglich der relationalen Aussagefähigkeit, wird 2009 die auf der DL-Variante $\mathcal{SROIQ}(\mathcal{D})$ basierende Revision und Erweiterung OWL2 veröffentlicht [119, 123]. Abbildung 32 zeigt die Sprachvarianten von OWL1 und OWL2 und stellt diese hinsichtlich ihrer Komplexität gegenüber.

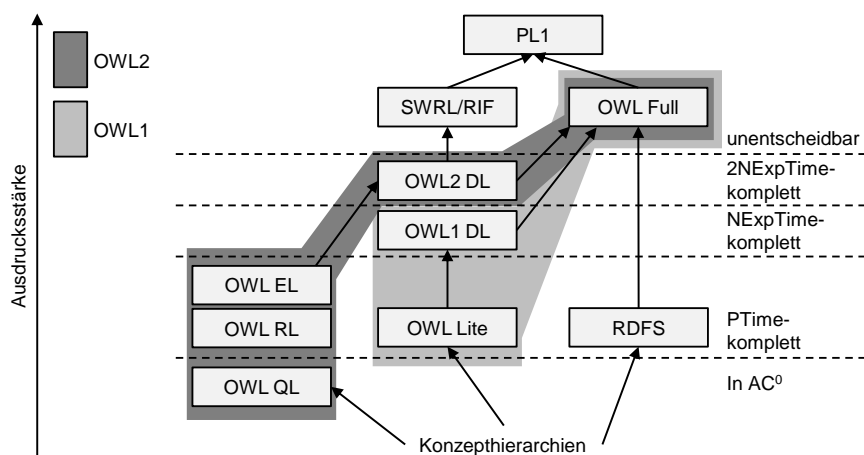


Abbildung 32: OWL-Sprachvarianten und Komplexitätsklassen, nach [113, 131]

Die beschreibungslogische Sprachbezeichnung bezieht sich auf Konzept- und Rollenkonstruktoren sowie deren Axiome, die Erläuterung der Symbole ist Tabelle 8 zu entnehmen. Die Bezeichnung (\mathcal{D}) weist auf eine Erweiterung um Datentypen wie *String* oder *Integer* hin [5]. Somit ist es möglich, konkret zwischen Individuen und Datentypen zu unterscheiden. Neben OWL2-DL, OWL1-DL, welche auf $\mathcal{SHOIN}(\mathcal{D})$ basiert, sowie der auf $\mathcal{SHIF}(\mathcal{D})$ basierenden OWL1-Lite, existieren die OWL2-Varianten *OWL-EL*, welche effizientes Reasoning mit einer großen Anzahl an Klassen und Properties ermöglicht, *OWL-RL*, mit einer erhöhten Kompatibilität zu Regeln als Mittel der Wissensrepräsentation und *OWL-QL*, die einen erleichterten Zugang sowie eine effiziente Suche in Datenbanken ermöglicht [119, 123, 132, 133]. Beispielhaft stellt Tabelle 9 die Bestandteile von OWL2-DL, gegliedert nach T-, A- und RBox dar [131].

Tabelle 9: Überblick über Bestandteile von OWL2-DL, nach [131]

TBox (Klassenaxiome)	ABox (Fakten)	RBox (Rollenaxiome)
Inklusion	Klassenzugehörigkeit	Inklusion
Äquivalenz	Rollenbeziehung	Komplexe Rolleninklusion
	Negative Rollenbeziehung	Transitivität
	Gleichheit	Symmetrie
	Ungleichheit	Reflexivität
		Irreflexivität
		Disjunktheit

Die umfangreiche Menge an Konstruktoren von OWL weist zwar teilweise Redundanzen auf, jedoch erleichtern diese die Modellierung. Aufgrund der gezeigten Modellierungsmöglichkeiten sowie der Mächtigkeit der Repräsentation gilt OWL als Standard der ontologiebasierten Wissensrepräsentation [106]. Für eine weiterführende Diskussion der Spezifikation des OWL-Standards sei auf die Fachliteratur des Semantic Webs verwiesen [93, 106, 113, 123].

Reasoning

Wie in Kapitel 2.3.3 erläutert, kann mithilfe von Inferenzmechanismen implizites Wissen aus explizit vorliegendem Wissen abgeleitet werden. Für auf Description Logics basierende Ontologiesprachen wie OWL stehen dabei effiziente DL-Verfahren für Inferenzen zur Verfügung [134]. Beim Schlussfolgern in OWL wird zumeist der Tableau-Algorithmus eingesetzt [106], dessen Funktionsweise in [106], [123] und [135] näher erläutert ist. Die softwaretechnische Automatisierung von Inferenzalgorithmen wird als Reasoner bezeichnet [119]. Unter den zahlreichen verfügbaren Reasonern, die sich durch das zu Grunde liegende Inferenzverfahren, die verarbeitbaren logischen Formalismen sowie die Leistungsstärke unterscheiden, stellen FaCT++, HermiT, Pellet, Racer und KAON2 die am weitest verbreiteten Reasoner dar [136–138]. Immer komplexer werdende Wissensrepräsentationsmöglichkeiten erfordern jedoch eine stetige

Leistungssteigerung von Reasonern, denen zunehmend mit den dem klassischen Software Engineering entlehnten Design Patterns zur Wissensmodellierung [139] sowie neuer Suchverfahren in großen kombinatorischen Suchräumen, darunter konnektionistische Methoden und Caching-Verfahren, begegnet wird [140–142].

Verarbeitung von Regeln zur Erweiterung der Ausdrucksstärke

Trotz der weitreichenden Abbildungsfähigkeit menschlichen Wissens und der Inferenzmöglichkeiten durch Kalküle können bestimmte Wissensbestandteile mit OWL nicht ausgedrückt werden [93]. Zur Erweiterung von Ontologiesprachen stellen Regeln einen wichtigen logischen Formalismus dar. Regeln können als Wenn-Dann-Beziehung verstanden werden [143]. Dabei werden prozedurale Regeln, die die Ausführung einer Operation fordern, sobald die zugrundeliegende Bedingung erfüllt ist, sowie deklarative Regeln, welche die Gültigkeit einer Aussage in Abhängigkeit der Gültigkeit einer Bedingung beschreiben, unterschieden. Eine Abbildung prozeduraler Regeln in Beschreibungssprachen ist nur bedingt möglich. Hingegen können deklarative Regeln als logische Implikation aus PL1 verstanden werden und somit durch Konstruktoren und Axiome in OWL abgebildet werden. Ontologiebasiertes Wissensmanagement erfordert somit logische regelbasierten Formalismen, die einerseits mit OWL kompatibel oder integrierbar sind und andererseits OWL erweitern [93, 123].

Eine logische Regel setzt sich aus einer oder mehreren Bedingungen sowie einer Konklusion, die gültig wird, sobald alle Bedingungen erfüllt sind, zusammen. Soll eine Regel für alle Individuen, welche die Bedingungen erfüllen, zutreffen, so kann diese durch Universalquantifizierung der Variablen in eine PL1-Implikation umgeformt werden, die sowohl in der Bedingung als auch in der Konklusion nur Konjunktionen von Literalen enthält. Eine so definierte Implikation wird als definierte Horn-Klausel bezeichnet und bietet aufgrund ihrer einfachen Syntax und formalen Semantik sehr effizientes Reasoning [122]. Das Reasoning mit Horn-Klauseln erfolgt mit der auf dem Resolutionskalkül basierenden Selective-Linear-Definite-Clause-(SLD)-Resolution. Diese ist für Horn-Klauseln zwar korrekt und vollständig, jedoch wie auch für PL1-Aussagen nicht entscheidbar [37, 92, 144]. Die Sicherstellung der Entscheidbarkeit bei Inferenzen mit definiten Regeln erfordert somit eine Einschränkung der Syntax und damit der Ausdrucksstärke der Logik. Einen ersten Ansatz zur Integration von OWL und Regeln stellt das Description Logic Programming (DLP) dar, welches aus Formeln der Schnittmenge von Datalog, eine Sprache zur Verarbeitung funktionssymbolfreier Horn-Klauseln, und OWL-DL besteht [145]. OWL 2 RL stellt eine an $\mathcal{SRDQ}(\mathcal{D})$ angepasste DLP-Version dar [122]. Die Semantic Web Rule Language (SWRL) bietet als Kombination der prädikatenlogischen Teilmengen von OWL-DL und Datalog einen semantisch mächtigeren Ansatz zur Integration von Regeln in OWL [93, 123, 146], ist jedoch für Inferenzprobleme unentscheidbar [147]. Die Description Logic Rules (DLR) erfassen deshalb SWRL-Regeln, die indirekt mittels einer entsprechenden DL ausgedrückt werden können und somit entscheidbar sind [143, 148, 149].

Umgang mit Unschärfe und Unsicherheit

Die ontologiebasierte Wissensrepräsentation hat das Ziel, sicheres Wissen möglichst exakt abzubilden. Jedoch erfordert ganzheitliches Wissensmanagement auch den Umgang mit ungenauem und durch Unsicherheit geprägtem Wissen. Dies ist vor allem auf das Qualifikationsproblem der Wissensrepräsentation zurückzuführen. Eine Möglichkeit der Abbildung von Unschärfe bieten die Default-Logiken nach REITER [150]. Während sichere Aussagen durch Ausnahmen und Spezialfälle falsifiziert werden, bleiben Defaults korrekt und schließen nur den Einzelfall aus [34, 151]. Die Default-Logik ist ausreichend, um Sachverhalte, die gewöhnlich zutreffen, zu formalisieren. Ist jedoch eine Quantifizierung der Erwartungshaltung notwendig, um beispielsweise die Wahrscheinlichkeit der Gültigkeit einer Aussage auszudrücken, kann die zweiwertige Logik nicht genutzt werden. Zudem zeigt sich, dass die binäre Modellierung subjektiver oder vager Ausdrücke, wie beispielsweise *schön* oder *kalt* nicht sinnvoll ist [37, 34].

Probabilistische Ansätze

Eine etablierte Methode zur quantitativen Darstellung von Unsicherheiten ist die Wahrscheinlichkeitstheorie. Insbesondere Bayes-Netze stellen dabei einen verbreiteten Ansatz der Modellierung von unsicherem Wissen dar. Dazu werden PL1-Implikationen durch bedingte Wahrscheinlichkeiten, ausgedrückt durch die Bayes-Formel, ersetzt [37, 34, 92]. Zur probabilistischen Modellierung von Zusammenhängen werden Abhängigkeiten zwischen einzelnen Ereignissen durch ein Bayes-Netz definiert, welches aus gerichteten Graphen besteht und somit eine strenge Inferenzrichtung vorschreibt, um zyklische Zusammenhänge zu verhindern [34, 152]. Die fundamental unterschiedliche Definition von logischen und probabilistischen Systemen führt jedoch zu Schwierigkeiten bei der Inferenz. So sind beispielsweise probabilistische Junktoren nicht wahrheitsfunktional definiert, sodass die Wahrscheinlichkeit der Konjunktion $P(A \wedge B)$ nicht durch die Einzelwahrscheinlichkeiten $P(A)$ und $P(B)$ berechnet werden kann. Die Anwendung von Inferenzregeln kann somit zu nicht vorhersagbaren Wahrscheinlichkeitswerten bestimmter Sachverhalte führen. In diesem Fall kann die Methode der maximalen Entropie nach JAYNES [152] eingesetzt werden, um den Informationsgehalt der resultierenden Aussage zu quantifizieren. Für eine detaillierte Betrachtung von Operationen und Inferenzen in probabilistischen Systemen sei auf [37] und [34] verwiesen.

Erste Ansätze zur Anwendung der Wahrscheinlichkeitstheorie in ontologiegestützten wissensbasierten Systemen werden in [153] mit BayesOWL, einem Framework zur Übersetzung von OWL-Ontologien in Bayes-Netze, vorgestellt. OntoBayes stellt ein Modell zur Simulation von Bayes-Netzen mithilfe von OWL dar [154]. In [155] und [156] werden die probabilistischen OWL-Erweiterungen PR-OWL und PR-OWL2 besprochen, welche mit den Reasonern Pellet und HermiT kompatibel sind, jedoch eine hohe Komplexität des Reasonings aufweisen. Aus diesem Grund wird die ausdruckschwächere Sprache PR-OWL2-RL eingeführt, welche eine effiziente Verarbeitung durch Reasoner sicherstellt [157].

Grundsätzlich können neben dem Wahrscheinlichkeitsgehalt von Aussagen und deren Schlussfolgerungen auch unpräzise Konzepte probabilistisch formalisiert werden [37]. Allerdings werden in der Wahrscheinlichkeitstheorie Aussagen numerisch exakt formalisiert, was bei vagem und unpräzisem Wissen nicht zweckmäßig ist [37].

Fuzzy-logische Ansätze

Einen Ansatz zur Verarbeitung unpräzisen oder subjektiven Wissens, wie es häufig in linguistischen Konzepten enthalten ist, bietet die Fuzzy-Logik [158, 159]. Dabei werden Wahrheitswerte nicht binär, sondern stetig² im Intervall $[0,1]$ abgebildet. Die als Fuzzy-Menge bezeichnete unscharfe Abbildung gibt an, wie sehr ein Konzept in einem bestimmten Sachverhalt zutrifft oder diesem angehört, wodurch die Unschärfe linguistischer Konzepte modelliert werden kann. Fuzzy-Mengen können sowohl Wahrheitswerte wie auch unscharfe Aussagen abbilden. Ein Vergleich von Fuzzy- und probabilistische Methoden hinsichtlich der Repräsentationsmöglichkeiten von unsicherem Wissen ist in [161] gegeben. Logische Operationen und Inferenzmechanismen von Fuzzy-Logiken werden detailliert in [34], [162] und [163] untersucht.

Zur Integration von Fuzzy-Logiken in OWL existieren generell zwei Ansätze [164]. Zum einen können Fuzzy-Mengen mit Hilfe der in OWL gegebenen syntaktischen Mittel modelliert werden. Dazu werden die Mengen durch Klassen und Properties beschrieben sowie Regeln und Implikationen zur Wissensverarbeitung bereitgestellt. Dadurch ist die implementierte Fuzzy-Ontologie mit gängigen Ontologie-Werkzeugen kompatibel [165]. Zum anderen kann OWL selbst durch die Fuzzy-Logik erweitert werden [166]. Für OWL-DL sowie OWL2-DL existieren bereits die in [167] und [168] beschriebenen Ansätze. Bei der Ontologiekonstruktion wird zunächst die Ontologie in OWL modelliert und mittels eines Parsers in eine Fuzzy-Ontologie übersetzt. Fuzzy-Reasoning ist unter anderem mit fuzzyDL [169], DeLorean [170] und hyFOM [171] möglich.

Nicht-monotones Schließen

Im Gegensatz zur Deduktion, bei der Aussagen logisch aus einer Wissensbasis abgeleitet werden, beschreibt die Induktion das Verallgemeinern von Aussagen. Das generierte Wissen bezieht sich dabei jedoch stets auf aktuell verfügbare Aussagen und kann sich bei Hinzukommen oder dem Wegfall von Aussagen ändern, weshalb die Induktion zu den nicht-monotonen Inferenzverfahren zählt. Aufgrund der hohen Bedeutung der symbolverarbeitenden KI finden immer häufiger induktive maschinelle Lernverfahren Anwendung. Besonders bei der Klassifikation von Konzepten bietet die Kombination formaler Wissensrepräsentation und Lernverfahren erhebliche Potential [172, 173]. Die Integration des induktiven Lernens ist mittels des DL-Learners möglich, dessen Ziel die Bildung von OWL-Klassen ist, die alle positiven Trainingsbeispiele als Instanzen enthalten und alle negativen Trainingsbeispiele ausschließen [174, 175].

² Die Abbildung muss nicht zwingend stetig sein, jedoch wird aus Gründen der Berechenbarkeit von Komplement, Durchschnitt und Vereinigung zumeist eine stetige Funktion gewählt [160].

2.3.5 Wissensmanagement im Kontext maschinellen Lernens

Wie in 2.3.4 gezeigt wird, sind logische Formalismen zur ganzheitlichen Repräsentation und Verarbeitung von Wissen nicht ausreichend. Besonders bei der Abbildung impliziten Wissens, wie der Verarbeitung sensomotorischer Informationen sowie der Repräsentation prozeduralen Wissens stoßen logische Formalismen an ihre Grenzen. Dieses Wissen kann jedoch sehr gut durch lernende Verfahren, wie die symbolverarbeitende KI oder dem Konnektionismus abgebildet und wiedergegeben werden. Ganzheitliches Wissensmanagement erfordert somit die Integration formaler Repräsentationssprachen und Methoden des maschinellen Lernens [137].

Ziel der KI ist die Nachbildung und Automatisierung intelligenten Verhaltens. Die Grundlagen dafür bilden die Datenstrukturen der Wissensrepräsentation, die zur Nutzung und Interpretation des Wissens notwendigen Algorithmen sowie die zur Implementierung erforderlichen Programmiersprachen [176]. Die Hauptaufgaben der künstlichen Intelligenz umfassen die Wissenspräsentation, die Wissensverarbeitung, bestehend aus Such-, Inferenz- und Planungsaufgaben, die Repräsentation des Wissens, das maschinelle Lernen sowie die subsymbolische Mustererkennung. Voraussetzung zur Umsetzung dieser Aufgaben bilden Wissensrepräsentationssprachen, Ontologien, Lern- und Inferenzbibliotheken sowie die notwendige Hardware. Abbildung 33 zeigt zusätzlich zu diesen Aufgaben die Dimensionen der Problemstellungen sowie Systeme, in denen KI Einsatz findet. Für das Wissensmanagement weisen Expertensysteme, Agentensysteme und Text Mining-Systeme eine besondere Relevanz auf, weshalb diese im Folgenden näher erläutert werden. [177]

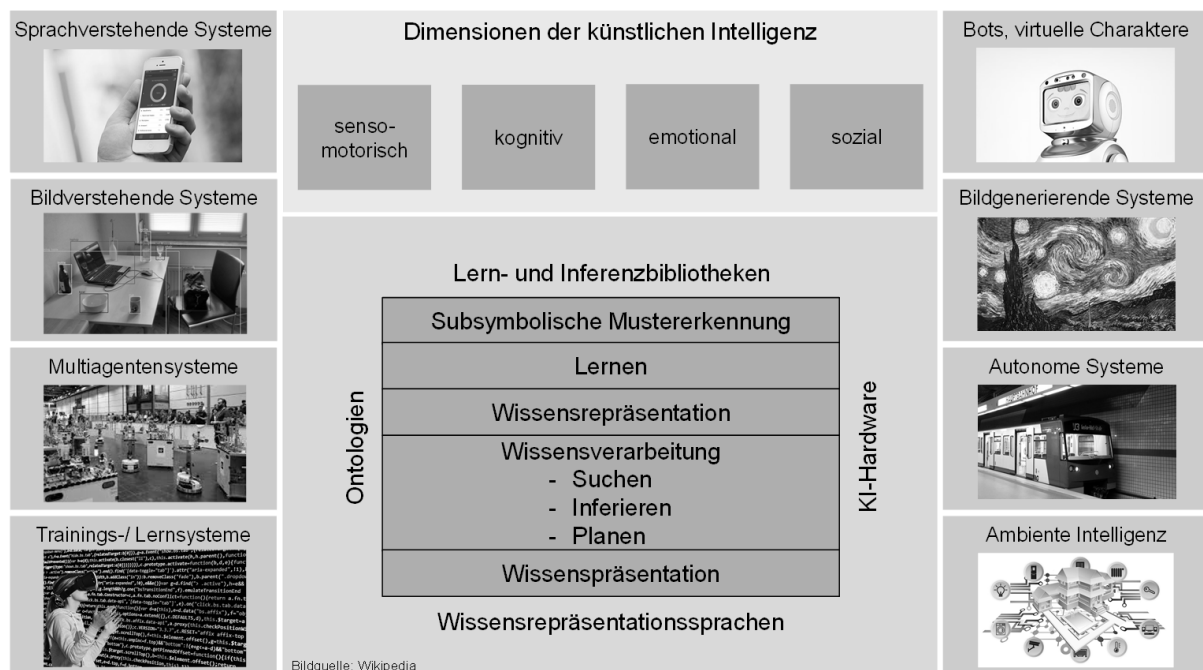


Abbildung 33: Systeme, Dimensionen und Aufgaben der künstlichen Intelligenz

Text Mining-Systeme

Eine wesentliche Herausforderung der Informationsverarbeitung stellt die Vielzahl an verfügbaren Daten und Informationen dar, die sich auf technische Innovationen, beispielsweise dem Internet, und den generellen Trend der Verlagerung von Daten und Informationen in die digitale Form zurückführen lässt. Ein Großteil der verfügbaren Informationen liegt dabei in textueller Form vor. Ziel von Text Mining-Systemen ist die Offenlegung von in Texten enthaltenen Information. Dazu werden Methoden eingesetzt, die einerseits die Komplexität natürlicher Sprachen und andererseits Ambiguität, Unsicherheit und Unschärfe verarbeiten können [178]. Der wissensintensive Prozess ermöglicht die Filterung relevanter Informationen aus einer gegebenen Datensammlung. Im Gegensatz zum Data Mining bezieht sich das Text Mining jedoch lediglich auf die Informationsgewinnung aus un- oder semistrukturierten Textdaten [179]. Die durch die Anwendung von KI-Algorithmen extrahierten Meta-Informationen reichen von formalen Informationen wie Wortanzahl und verwendete Sprache über Schlagworte bis hin zu Textzusammenfassungen [44].

Expertensysteme

Ziel von Expertensystemen ist die IT-unterstützte Nachbildung und Verfügbarmachung des Wissens menschlicher Experten in abgegrenzten, domänenspezifischen Anwendungsbereichen. Das abzubildende Wissen umfasst dabei Expertenfachwissen sowie Problemlösungsmechanismen, die, neben formalen Entscheidungskalkülen, auf Erfahrungen, Annahmen, Vermutungen und Heuristiken beruhen [180]. Expertensysteme eignen sich besonders für den Einsatz in spezialisierten Anwendungsbereichen, da abgegrenztes Fachwissen einfacher formalisierbar und implementierbar ist. Komplexere Problembereiche lassen sich hingegen nur mit unangemessenem Aufwand abbilden. Zudem sind Expertensysteme hinsichtlich der Robustheit und Flexibilität menschlichen Wissensträgern unterlegen. Dennoch weisen die Systeme vor allem für das Wissensmanagement einen hohen Relevanz auf [176].

Agentensysteme

Agenten werden in der Informatik als physische oder virtuelle Entitäten verstanden, die in einer definierten Umgebung eigenständig Handlungen ausführen, um festgelegte Ziele zu erreichen. Sie sind in der Lage, die Umgebung zu erfassen und mit ihr zu interagieren, die eigenen Ressourcen zu verwalten, mit anderen Agenten zu kommunizieren und sich zu reproduzieren [181, 182]. Im Sinne des Wissensmanagements kann ein Agent als menschlicher oder virtueller Wissensträger interpretiert werden, der aufgrund seiner immanenten Wissensbasis und der Fähigkeit zu kommunizieren Aufgaben erfüllt, die von anderen Agenten in Form einer Dienstleistung genutzt werden. Darüber hinaus kann die Wissensbasis durch kontinuierliches Lernen stetig erweitert

werden. Ziel von softwarebasierten Wissensagenten ist vor allem die Informationssuche und nutzerindividuelle Filterung. [44]

2.3.6 Fazit

In der Informationstechnik existieren zahlreiche Ansätze zur Unterstützung und Automatisierung der Wissensverarbeitung. Wissensmanagementsysteme stellen dabei umfassende Anwendungssysteme dar, die durch die Bereitstellung unterschiedlicher Wissensdienste zahlreiche Aufgaben des Wissensmanagements erleichtern. Grundlage der Anwendung automatisierter Wissensverarbeitungssysteme ist die angemessene Repräsentation des vorliegenden Wissens. Ontologien unterstützen auf Basis einer weit entwickelten, axiomatisierbaren Beschreibungssprache die ganzheitliche Modellierung von Realitätsausschnitten. Durch die hohe Ausdruckskraft sowie die inhärente Inferenzmöglichkeit wird eine Abbildung von Domänenwissen nach definierten Abbildungseigenschaften ermöglicht. Dies erlaubt die Erstellung eines kollektiv akzeptierten Modellsystems, welches die Konzepte, Beziehungen und Regeln eines Wissensgebietes nachbildet. Darüber hinaus lassen moderne Ontologiesprachen auch die Modellierung vagen und unvollständigen Wissens zu und schaffen somit die Möglichkeit, die Wissensbasis exakter zu modellieren. Zudem kann durch die Nutzung von Ontologien die Konsistenz der Wissensbasis sichergestellt werden. Für die Gestaltung eines ganzheitlichen Wissensmanagements wird daher im Rahmen dieser Arbeit ein ontologiebasierter Ansatz weiterverfolgt, der eine durchgängige Wissensrepräsentation zwischen Mensch und Maschine ermöglicht. Die Interaktion mit der formal abgebildeten Wissensbasis kann durch den Einsatz von Systemen, die auf Methoden der künstlichen Intelligenz beruhen, vereinfacht werden. Vor allem Text Mining-, Experten- und Agentensysteme stellen für die Unterstützung des Wissensmanagements vielversprechende Ansatzpunkte dar.

Wie bereits in Kapitel 2.1.5 erläutert, erfordert die Verarbeitung und Weitergabe von Wissen einen einheitlichen Kontext. Um diesen Kontext auch im industriellen Einsatz nutzbar zu machen, wird ein ontologiebasiertes Wissensmanagement-Framework konzipiert, welches die Randbedingungen der Kontexterstellung und -nutzung festlegt sowie die Prozesse der Entwicklung, Integration und Nutzung definiert. Im weiteren Vorgehen werden dazu zunächst die Ziele und Anforderungen des Wissensmanagements im Umfeld der Produktion analysiert und der Handlungsbedarf zur Etablierung eines ganzheitlichen Wissensmanagementansatzes aufgezeigt.

3 Ziele und Anforderungen des Wissensmanagements im Umfeld der industriellen Produktion

Die Analyse von existierenden Wissensmanagementansätzen zeigt, dass sämtliche Unternehmensprozesse von den in der Organisation vorhandenen Wissen abhängen. Die organisationale Wissensbasis hat somit kritischen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit und den Unternehmenserfolg [183]. Daher erfordert Wissensmanagement eine stetige Neuausrichtung einer Organisation auf Wissensstrukturen und -inhalte. Zentraler Inhalt des nachfolgenden Kapitels stellen Rahmenbedingungen eines ganzheitlichen Ansatzes des Wissensmanagements im Umfeld der industriellen Produktion dar, der diese Neuausrichtung gewährleisten soll. Aufbauend auf eine Untersuchung vorherrschender Herausforderung werden Anforderungen an das Wissensmanagement definiert, die zu einer Optimierung des Umgangs mit Wissen beitragen. Abschließend werden der Handlungsbedarf sowie die zu erarbeitenden Ziele formuliert.

3.1 Gegebenheiten der industriellen Produktion

Eine besondere Bedeutung nimmt die Ressource Wissen in der Produktion ein, da sich ein Großteil des unternehmerischen Wissens in den gefertigten Produkten manifestiert. Aus diesem Grund fokussiert sich diese Arbeit auf die Betrachtung des ganzheitlichen Wissensmanagements im Umfeld der Produktion. Zunächst werden der Begriff der industriellen Produktion abgegrenzt sowie bestehende Anforderungen und Vorgaben für das Management der organisationalen Wissensbasis erörtert.

3.1.1 Begriffsdefinition

Das Umfeld der industriellen Produktion setzt sich aus vielschichtigen Wertschöpfungsketten zusammen, die miteinander verknüpft sind und wechselseitige Abhängigkeiten aufweisen. Eine Limitierung der Betrachtungsweise des ganzheitlichen Wissensmanagements auf den nach [184] sehr eng gefassten Begriff der Produktion, der lediglich die Fertigung und Montage von Produkten umfasst, ist daher nicht zielführend. Vielmehr erfordert die Konzeptualisierung eines ganzheitlichen ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks die Betrachtung aller mit der physischen Produktion in Verbindung stehenden Wertschöpfungs- und Hilfsprozesse. Abbildung 34 visualisiert die Wertschöpfungsketten im Umfeld der Produktion.

Die Produktion bildet den Kern der betrieblichen Wertschöpfung. Als gemeinsamer Anknüpfungspunkt der intra- und extraorganisationalen Wertschöpfungsketten erfordert eine wirtschaftliche Produktion die optimale Abstimmung mit vor- und nachgelagerten Prozessen. Eine ganzheitliche Betrachtung der Produktion im eigentlichen Sinne erfordert die Standardisierung von Abläufen, die Vermeidung von Fehlern und von Verschwendung, kontinuierliche Verbesserungen sowie eine effiziente Ablaufsteuerung [185]. Ziel des Wissensmanagements ist es demnach, die für diese Anforderun-

gen notwendigen Wissensressourcen und -strukturen bereitzustellen und weiterzuentwickeln. Ergänzt wird die Produktion durch produktionsbegleitende Services, die sich auf industrielle Produktionssysteme und Produkte beziehen. Diese technischen Services beinhalten beispielsweise Tätigkeiten der Instandhaltung sowie des Prozess- und Qualitätsmanagements. Zudem werden im weiteren Sinne auch Ersatzteil- und Datenmanagement sowie Beratungsdienstleistungen zu den technischen Services gezählt [186]. Über die Unterstützung dieser Servicetätigkeiten und der Bereitstellung der jeweiligen Ressourcen hinaus ermöglicht ganzheitliches Wissensmanagement auch das Angebot von wissensbasierten Dienstleistungen, die beispielsweise als hybride Leistungsbündel vermarktet werden können.

Die Produktentwicklung bildet sämtliche Prozesse von der Idee bis hin zur Markteinführung eines Produktes ab und setzt sich dabei das Ziel, innovative Produkte in stetig kürzer werdenden Entwicklungszyklen zu erschaffen [187]. Dabei stellt das Product Lifecycle Management (PLM) einen ganzheitlichen Ansatz dar. Das PLM dient der Bereitstellung definierter Prozesse und konsistenter Produktdaten über den gesamten Lebenszyklus des Produkts hinweg [188]. Wissensmanagement im Bereich der Produktentwicklung unterstützt diese Anforderungen, stellt zudem aber auch Anforderungen an die Erfassung, Formalisierung und Integration von entwicklungsrelevantem Wissen [189]. Das Anlagenengineering bildet das Pendant der Produktentwicklung auf Anlageneseite. Ziel ist es dabei, Produktionsanlagen zu planen, zu errichten, anzupassen und zu optimieren [190]. Ziel des Wissensmanagements im Bereich des Engineerings ist die Bereitstellung geeigneter Entwicklungsmethoden sowie des notwendigen Wissens, insbesondere in den Fachdisziplinen der Prozesstechnik, des Maschinenbaus, der Elektrotechnik sowie der Automatisierungstechnik.

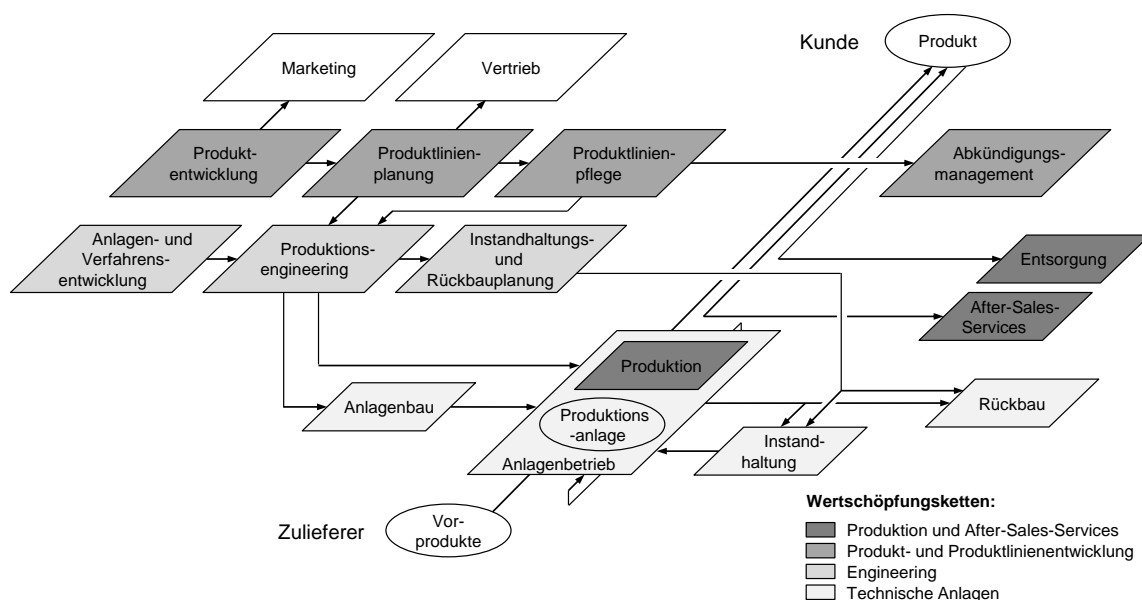


Abbildung 34: Wertschöpfungsprozesse im Umfeld der industriellen Produktion, in Anlehnung an [191]

Überdies hinaus stehen auch Marketing, Vertrieb, Lieferanten- sowie Kundenmanagement in enger Verbindung mit der Produktion und beeinflussen diese wechselseitig. Eine wirtschaftliche Produktion erfordert die exakte Koordination und Regelung der dargestellten Wertschöpfungsprozesse sowie eine stetige Neuausrichtung dieser auf die Bedürfnisse der Kunden. Ziel des ganzheitlichen Wissensmanagements ist es somit, Wissen für alle Wertschöpfungsketten im Umfeld der Produktion bereitzustellen, dynamisch weiterzuentwickeln und miteinander zu verknüpfen.

3.1.2 Wissensmanagement im Umfeld der Produktion

Auch im Umfeld der Produktion existieren Ansätze des Wissensmanagements. Besonders vermeintlich wissensintensive Ingenieurstätigkeiten zeigen große Potentiale zur Optimierung der Wissensnutzung auf. Dabei gilt es jedoch zu beachten, dass die Wissensnutzung stets domänenspezifische Kriterien unterliegt. HEMBERGER [192] weist darauf hin, dass im Umfeld der Produktion weniger der Umgang mit vagem oder diffussem Wissen im Betrachtungsfokus liegen sollte, sondern vor allem schwach strukturierte Gebiete in Wissenschaft und Technik, für die keine geschlossene Theorie existiert und die nicht durch lineare Ablaufprozesse automatisiert werden können, großes Optimierungspotential ausweisen. Wesentliche Schlüsselanwendungen bilden dabei die Montageplanung sowie die Fabrikautomatisierung [192], die im Folgenden näher betrachtet werden. Darüber hinaus soll auch auf das Wissensmanagement im Rahmen von Industrie 4.0 eingegangen werden.

Wissensmanagement in der Montageplanung

Der Einsatz des Wissensmanagements in der Fertigungsplanung stellt ein großes Potential zur Optimierung der Produktion dar [192]. Vor allem die Tätigkeiten der Planung von Fertigungsabläufen, der Konstruktion von technischen Produkten sowie der Simulation von Fertigungsprozessen sind als etablierte Anwendungsgebiete wissensbasierter Systeme zu nennen. Für die Umformtechnik [193] sowie die spanende Fertigung [194] existieren bereits Systeme, die das für die Planung der Fertigungsschritte notwendige Wissen in Form von Fertigungsregeln speichern und verarbeiten. Für die Entwicklung und die Konstruktion von Produkten sind kreative Tätigkeiten von großer Bedeutung. Darüber hinaus ist auch hier ein hohes Maß an Erfahrungswissen notwendig, um die Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit neuer Ideen abzuschätzen [192]. In dieser Domäne existieren wissensbasierte Systeme, die den Teilekonstrukteur bei dem Produktdesign unterstützen und die Montagefreundlichkeit der Konstruktion beurteilen [195, 196]. Zudem machen die zunehmende Komplexität der Fertigungsanlagen sowie der damit verbundene steigende Kapitalaufwand verlässliche Aussagen über Einsatzverhalten von Produktionsanlagen erforderlich. Die Simulation von Vorgängen und Prozessen gewinnt deshalb in der Fertigungsplanung immer mehr an Bedeutung [192]. Auch hier existieren bereits Systeme, die das für die Simulationserstellung notwendige Wissen abbilden und verarbeiten und darüber hinaus Simulationen durchführen kön-

nen [197]. Das Wissen über Maschinen und Ereignisse wird dabei in Form von Objektschemata repräsentiert, die mittels Relationen verknüpft werden können. Regeln und Anweisungen können ebenfalls durch Objektschemata abgebildet werden.

HEMBERGER [192] stellt darüber hinaus mit MOPLAN ein wissensbasiertes System zur Anlagenplanung in der Montage vor. Das System unterstützt den Anlagenplaner bei Tätigkeiten der Planung, der Konfiguration sowie der Simulation. Der schematische Aufbau des Systems ist in Abbildung 35 dargestellt.

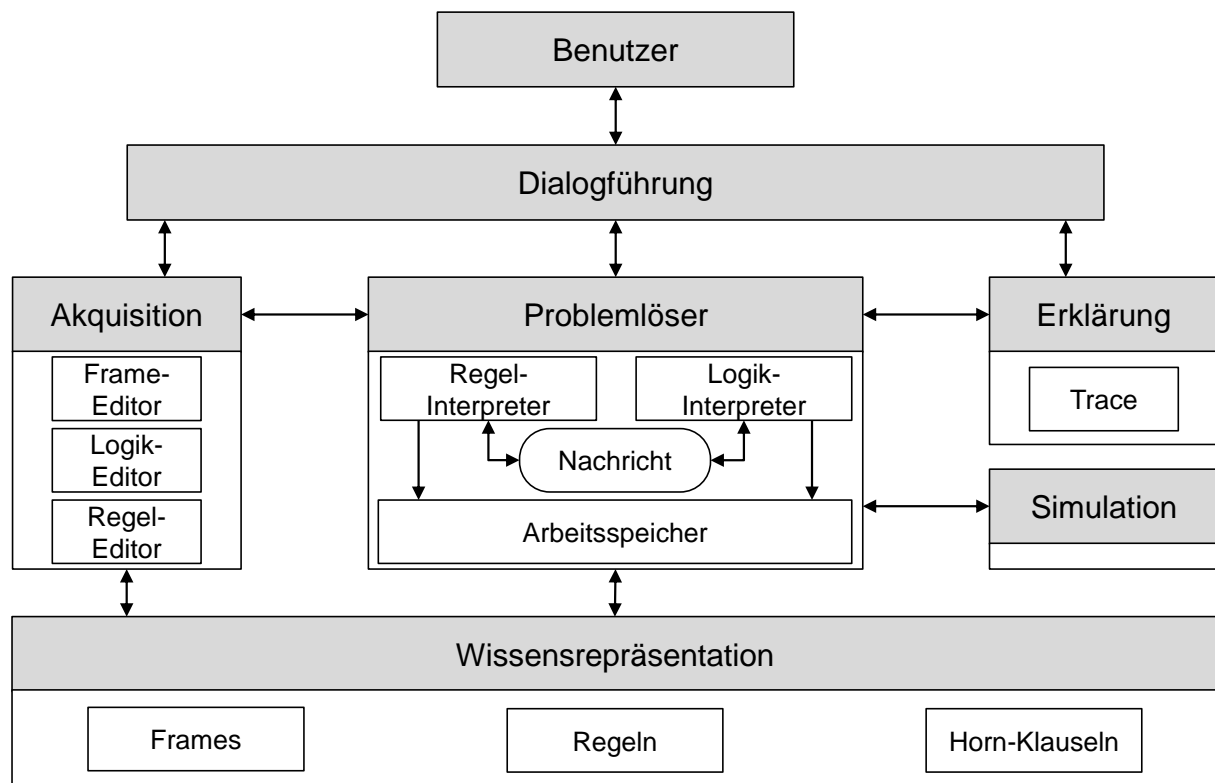


Abbildung 35: Struktur und Komponenten von MOPLAN, nach [192]

Die Herausforderung der Montageplanung besteht in der Evaluierung von lokal innerhalb einer Planungsphase getroffenen Entscheidungen in dem gesamten Planungskontext. Generell können die Aufgaben der Montageplanung wie folgt identifiziert werden. Das Planungsproblem, bestehend aus numerischen Verfahren und Entscheidungsprozessen kann mithilfe einer KI-Programmiersprache beschrieben und gelöst werden. Komplexe Problemstellung müssen dabei soweit untergliedert werden, bis sie in der gewählten Sprache abbildbar sind. Des Weiteren existieren vage Aufgabenbereiche, die sich beispielsweise auf das Abschätzen der Automatisierbarkeit von Montage- und Zuführvorgängen beziehen. Diese Aufgaben können durch Externalisierung von Erfahrungen aus zurückliegenden Projekten in Form von Regeln gelöst werden. Darüber hinaus sind Einflussfaktoren und Randbedingungen der Montage zu beachten. Ziel des Planungsprozesses ist es, eine Anlage zu konfigurieren, die eine möglichst

hohe technische Verfügbarkeit aufweist, wenig Personal bindet, minimale Kosten verursacht und möglichst wenig Raum beansprucht. Dabei müssen widersprüchliche und konkurrierende Faktoren gehandhabt werden, was mit numerischen Verfahren nur mit sehr hohem Aufwand möglich ist [192]. Durch die in Abbildung 35 gezeigten Komponenten ist es möglich, die Tätigkeiten der Grobplanung von Montageanlagen wissensbasiert zu realisieren. Die von dem System unterstützten Aktivitäten umfassen die Erarbeitung eines Montagekonzeptes, die Geräteauswahl, die Erstellung eines Groblayouts, die Simulation des Anlagenverhaltens, der Optimierung sowie der Ermittlung der Kenndaten der Anlage. Dabei wird darauf Wert gelegt, dass die Planungsaufgabe nicht nur gelöst wird, sondern die Lösung auch für den Nutzer nachvollziehbar ist. Grundlage des Systems bildet die Wissensbasis, bestehend aus Frames, Regeln und Horn-Klauseln, die mittels einer Wissenserwerbskomponente gespeist wird [192].

HEMBERGER [192] zeigt das Spektrum der Einsatzmöglichkeiten wissensbasierter Systeme in einer rechnerintegrierten Produktion sowie in der Montageplanung auf, geht dabei jedoch nicht darauf ein, wie dieses ganzheitlich in die Produktion zu integrieren ist. GEYER [198] erweitert diese Ausführungen noch, in dem er die allgemein einsetzbaren Vorgehensweisen der Montageplanung um detaillierte Verfahrensketten erweitert. Dabei stellt er seine Ausführungen von allem auf die These, dass firmenindividuelle Planungsabläufe durch kommerziell verfügbare Planungswerkzeuge nicht ausreichend unterstützt wird. In das von HEMBERGER [192] entwickelte System werden problemspezifische Verfahrensketten und Planungswerkzeuge integriert, die vom Aufgabenbereich sowie von betriebs- und personenspezifischen Erfahrungen abhängen und auf konkrete Handhabungs- und Montagezellen ausgerichtet sind. Dabei wird durch die Wissensbasis berücksichtigt, dass bei der Übertragung auf andere Bereiche und Montagesysteme geltende Randbedingung eine Anpassung der Verfahrensketten notwendig machen können [198]. GEYER erweitert damit den Kontext, in dem das entwickelte System als Montageplanungssystem eingesetzt werden kann. Eine Einbindung in einen globalen Produktionskontext erfolgt jedoch nicht.

Einen strukturellen Ansatz des Anlagenengineerings im globalen Kontext der Produktion stellt GÖTZ [199] vor. Aufbauend auf eine Engineering Community wird ein neuer Lösungsweg aufgezeigt, der Wissens- und Erfahrungsträger in die Methodenarbeit einbinden, gleichzeitig jedoch die hierarchische Steuerung von Aktivitäten beibehält. Der durchgängige Ansatz führt strategische Unternehmensinitiativen sowie Vorgehensweisen von Communities-of-Practice mit Wissensmanagementwerkzeugen zusammen [199]. Abbildung 36 zeigt auf, wie die strategischen Top-down-Initiativen des Managements mit dem Bottom-up-Aufbau des Fachwissens durch Communities verknüpft werden kann.



Abbildung 36: Bottom-up-Community und Top-down-Initiative, nach [199]

Durch diese Herangehensweise, die beide Integrationsrichtungen vereint, werden Freiräume geschaffen, die insbesondere die dezentrale Integration von Fachexperten des Engineerings fördern, wodurch eine Berücksichtigung des Erfahrungswissens in Verbesserungsprozessen ermöglicht wird. Zudem erhöht die intensive Einbindung der Communities die Akzeptanz realisierter Lösungen [199]. Der Aufbau der Engineering-Community ist in Abbildung 37 dargestellt.

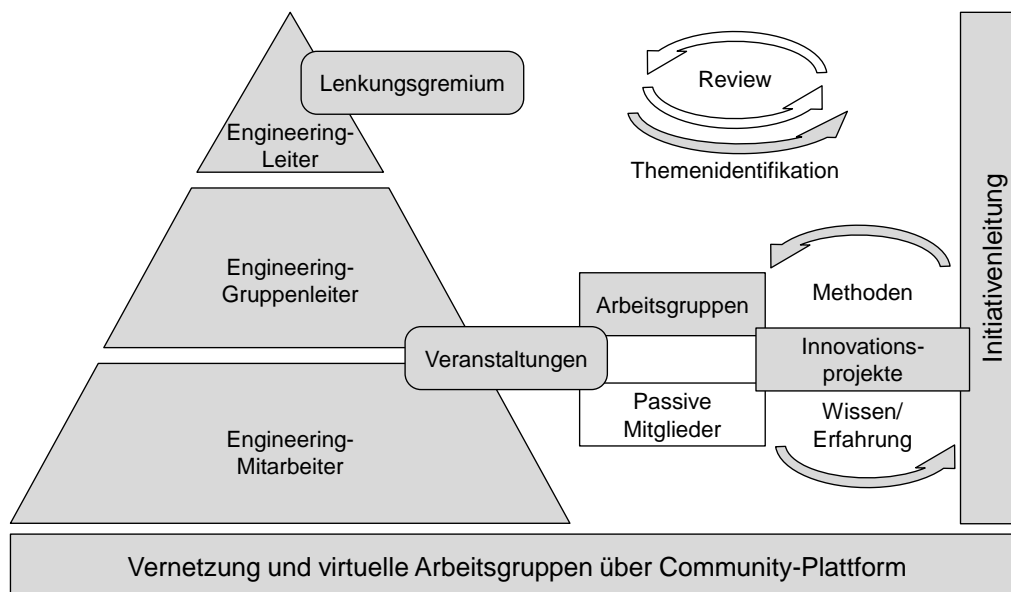


Abbildung 37: Aufbau der Engineering-Community, nach [199]

Inhaltlich Themen werden in Arbeitsgruppen bearbeitet, welche jeweils durch einen Moderator unterstützt werden. Dadurch werden das Wissen und die Erfahrung der Mitarbeiter dezentral zusammengeführt. Die Initiativenleitung trägt dafür Sorge, dass die durch das Lenkungsgremium gesetzten, inhaltlichen Schwerpunkte erfüllt werden. Gleichzeitig ermöglicht Sie jedoch Spielräume für die Definition der Ziele und die Gestaltung der Arbeit der Arbeitsgruppen. Das Lenkungsgremium setzt sich aus Vertretern der wichtigsten Engineering-Bereiche zusammen und definiert die inhaltliche Aus-

richtung. Durch eine Intranet-Plattform, in der themenspezifische, virtuelle Arbeitsgruppen gebildet werden können, werden Mitglieder der Community vernetzt und ein weniger stark formalisierter Wissensaustausch gefördert [199].

Das von GÖTZ vorgestellte Konzept stellt Methoden und Werkzeuge zusammen, die den Wissens- und Erfahrungsaustausch im Rahmen des Engineerings fördern. Durch die strategische Ausrichtung wird zudem sichergestellt, dass eine Einbindung des Ansatzes in den Kontext der Produktion möglich ist. GÖTZ beschreibt dadurch den organisatorischen Rahmen des Wissensmanagements im Umfeld der Produktion, geht jedoch nicht auf das Verständnis des Wissensbegriffs ein, welches den zentralen Kernaspekt des Wissensmanagements bildet. Zudem erfolgt keine Betrachtung der Einflussfaktoren und Randbedingungen der strategischen Auswirkungen des Ansatzes.

Wissensmanagement in der Automatisierung

In der Fabrikautomatisierung spielt die Anwendung des Wissensmanagements im Rahmen der Diagnose technischer Systeme eine entscheidende Rolle. Als Folge stets komplexer werdenden Produktionsanlagen und dem gegenüberstehend zunehmender Arbeitsteilung wird eine effiziente Wissensstrukturierung und -verarbeitung im Fehlerfall notwendig [200]. Diagnosesysteme gehören zu den sogenannten Interpretationssystemen. Es handelt sich hierbei um Programme, die Daten über den aktuellen Zustand einer technischen Einrichtung interpretieren, um daraus Aussagen über vergangene, zukünftige und gegenwärtige Zustände herzuleiten [192].

Zentrale Aufgabe dieser Programme ist vor allem die Verwaltung anwendungsspezifischen Wissens [201]. Dieses Wissen ist jedoch zumeist an spezielle Personen gebunden und steht dem Unternehmen nicht jederzeit schnell zur Verfügung. Die technische Diagnose stellt somit die Anforderung, neben der Erfassung, Auswertung und Bereitstellung von Betriebsdaten auch wissensintensive Prozesse zu verwalten. Als konkrete Aufgaben lassen sich dabei die Dokumentation der Instandhaltungserfahrung, die Bereitstellung von Handlungsanweisungen sowie der Wissensaustausch zwischen Herstellern, Anwendern und Service-Dienstleistern identifizieren [201].

Eine besonders geeignete Repräsentationsform zur Beschreibung dieses anwendungsspezifischen Wissens über technische Systeme stellen Ontologien dar [202]. Wie bereits in Kapitel 2.3.4 beschreiben diese formal und programmunabhängig Konzepte und deren Beziehungen innerhalb einer festgelegten Domäne. Für die Anwendung für die technische Diagnose kann dadurch Wissen strukturiert beschrieben und automatisiert verarbeitet werden. Eine beispielhafte Implementierung einer Fehleranalyse ist [201] entnommen und in Abbildung 38 dargestellt.

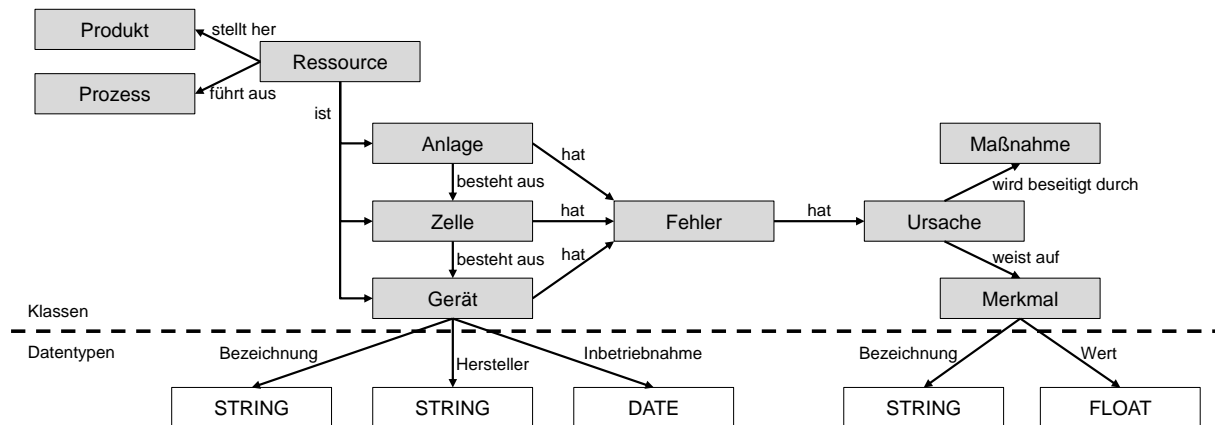


Abbildung 38: Ontologiebasierte Repräsentation von Fehler-Ursache-Beziehungen von Produktionsanlagen, nach [201]

Die Anwendung von Ontologien im Rahmen der Diagnose technischer Systeme stellt einen vielversprechenden Ansatz zur Realisierung des Wissensmanagements im Umfeld der Produktion dar. Jedoch ist auch diese Betrachtungsweise auf technische Aspekte beschränkt und umfasst keine weiteren, die Produktion beeinflussenden Faktoren. Daher kann zwar der ontologiebasierte Beschreibungsansatz als Grundlage des Wissensmanagements herangezogen werden, jedoch muss eine allumfassende, ganzheitliche Kontextfestlegung erfolgen.

Wissensmanagement im Rahmen von Industrie 4.0

Auch im Rahmen der vierten industriellen Revolution, kurz Industrie 4.0, wird von einem wesentlichen Einfluss des Wissens auf die Effektivität und Effizienz in der Produktion ausgegangen. Der VDE analysiert in seinem Statusreport Industrie 4.0 grundlegende Konzepte zur Beschreibung von Produktionsressourcen, deren Lebenszyklen sowie die informationstechnische Umsetzung. Zusammengefasst und geordnet werden diese Konzepte in die Referenzarchitektur RAMI 4.0 [203]. Ziel der Industrie 4.0 ist gemäß dem Report die Sicherstellung der „Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Verknüpfung aller Teilnehmer der Wertschöpfungsprozesse“.

Grundlage der Wissensrepräsentation in Form von Modellierungen von Lebenszyklen, Wertschöpfungsketten und der Produktverfolgung bilden im Rahmen des RAMI4.0 die Referenzmodelle der sogenannten Assets, also Gegenstände die einen Wert für eine Organisation aufweisen. Diese weisen, auch wenn sie aus sehr unterschiedlichen Kategorien stammen, gleiche charakteristische Lebenszyklen auf und können mit demselben Metakonzepkt verwaltet werden. Dies ermöglicht eine deutliche Reduzierung der Komplexität der Lebenszyklusverwaltung und macht den Umgang mit derart gestalteten Systemen für den Menschen deutlich intuitiver. Generell werden dabei fünf Kategorien von Assets im Umfeld der Produktion unterschieden, die sich entweder der phy-

sischen Welt oder der Informationswelt zugeschrieben lassen. Materielle Assets beinhalten die physischen Objekte des Produktionsumfeldes. Dazu zählen auch Trägermedien, die digital gespeicherte Informationen enthalten. Immaterielle Assets hingegen sind Teil der Informationswelt. Metamodelle, wie beispielsweise Standards, Grundregeln, Methoden, Technologien und gemeinsame Verfahren können nicht direkt instanziiert werden. Klassenmodelle hingegen können instanziiert werden und beinhalten typischerweise Pläne zum Beispiel Spezifikationen eines Produkt- oder Anlagentyps oder Beschreibungen von Produktfamilien. Instanzmodelle sind Festlegungen, die nur bestimmte Instanzen betreffen, wie Produktionspläne oder Anlagenkonfigurationen. Trotz ihres Bezugs auf ein konkretes physisches Objekt sind sie der Informationswelt zuzurechnen. Zuletzt können durch Analyse von Daten über Lebenszykluszustände physischer Assets empirische Datenmodelle abgeleitet werden. Das in Abbildung 39 dargestellte Referenzmodell versucht somit, einen gemeinsamen Kontext für die Konzepte im Umfeld von Produktionssystemen zu schaffen.

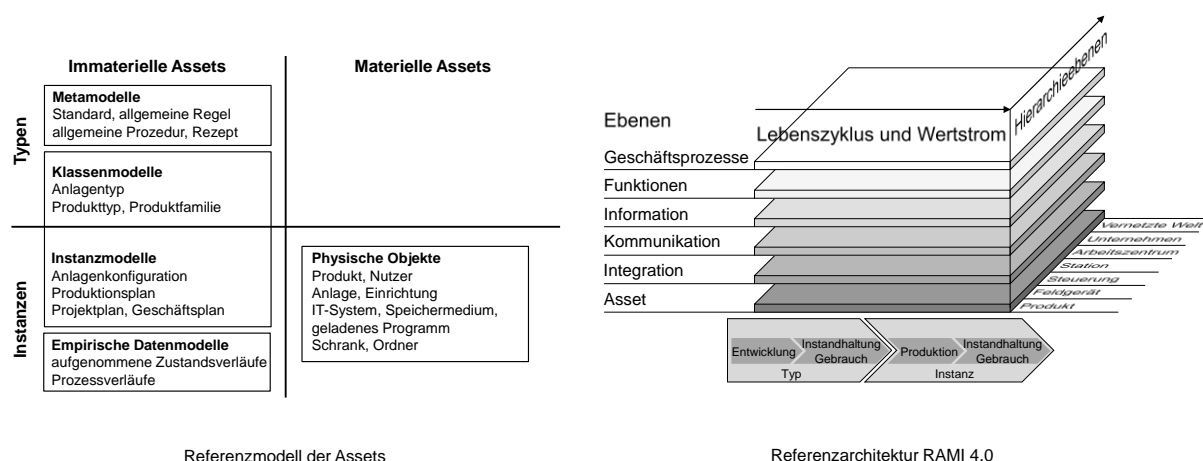


Abbildung 39: Referenzmodell (links) und Referenzarchitekturmodell (rechts) der Industrie 4.0

Dabei ist jedoch einzuwenden, dass zwar die Meta-Ebene, auf der sich die Assets in das Lebenszyklusmodell einfügen, vereinheitlicht wird. Die Definition einer ebenfalls notwendigen Meta-Meta-Ebene, welche auf logischer und semantischer Ebene sicherstellt, dass die auf der Meta-Ebene verwendeten Konzepte keiner Kontextinkonsistenzen unterliegen, bleibt jedoch aus. Somit besteht die Gefahr, dass bei Übertragung des Modells in einen anderen kulturellen, sozialen oder funktionalen Kontext, also in eine Umgebung, die nicht durch die Begrifflichkeiten der zugrundeliegenden deutschen produzierenden Industrie geprägt ist, auch die Zuordnung der Assets in den Lebenszyklus ihre Gültigkeit verliert. Eine ganzheitliche Informations- und Wissensrepräsentation ist somit mit dem Modell nicht möglich.

3.1.3 Wissensmanagement nach ISO 9001

Bereits existierende Rahmenkonzepte weisen auf die Relevanz des ganzheitlichen industriellen Wissensmanagements hin, definieren jedoch keine exakte Vorgehensweise zur Erfüllung der gestellten Anforderungen. Die in der Industrie sehr weit verbreitete Norm ISO 9001:2015 [204], welche Grundlage für die Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen ist, weist den Themen Wissensmanagement und organisationales Lernen eine herausragende Rolle zu. So hebt die Norm ISO 9000:2105, welche die Begriffe für die ISO 9001:2015 spezifiziert, Wissen als wichtigste Organisationsressource hervor [205]. Dabei wird eine Organisation als ein lernender Organismus verstanden, welche sich jenes Wissen aneignen muss, das zur Erfüllung von Anforderungen von Kunden oder anderer interessierter Parteien erforderlich ist. Der Normentext spezifiziert dabei lediglich die Mindestanforderungen in Bezug auf ein Wissensmanagementsystem, lässt jedoch konkrete Umsetzungsstrategien offen [204]:

- *Die Organisation muss das Wissen bestimmen, das benötigt wird, um ihre Prozesse durchzuführen und um die Konformität von Produkten und Dienstleistungen zu erreichen.*
- *Dieses Wissen muss aufrechterhalten und in erforderlichem Umfang zur Verfügung gestellt werden.*
- *Beim Umgang mit sich ändernden Erfordernissen und Entwicklungstendenzen muss die Organisation ihr momentanes Wissen berücksichtigen und bestimmen, auf welche Weise jegliches notwendige Zusatzwissen und erforderliche Aktualisierungen erlangt oder darauf zugegriffen werden kann.*

Die Umsetzung wesentlicher Punkte des Leitens und Lenkens von Wissen wird dabei dem Unternehmen überlassen. NORTH merkt an, dass die Anforderungen zu einem Wissenskreislauf aggregiert werden können, da es sich bei Wissensmanagement um wiederkehrende Tätigkeiten handelt, die kontinuierlich durchzuführen sind [206]. Demnach können die Anforderungen der ISO 9001 durch die Schritte *benötigtes Wissen bestimmen, vorhandenes Wissen betrachten, benötigtes Wissen erlangen, Wissen vermitteln und verfügbar machen* sowie *Wissen aufrecht erhalten* umgesetzt werden. Die Norm legt somit die Rahmenaktivitäten für das Wissensmanagement der produzierenden Industrie fest, lässt jedoch die Ausgestaltung und den Grad der Umsetzung dieser Aktivitäten offen und eignet sich somit nicht als Umsetzungsbenchmark.

3.1.4 Wissensmanagement im Ingenieurwesen nach VDI 5610

Auch der Verein Deutscher Ingenieure greift die Wichtigkeit des Wissensmanagements in der VDI-Richtlinie 5610 auf [207]. Die Richtlinie erläutert, wie Wissensmanagement im Ingenieurwesen einzuführen, umzusetzen und zu etablieren ist. Als Grundlage wird dabei das HANSE-Modell der Wissenszustände genutzt, in dem Wissen, wie in Abbildung 40 (links) dargestellt, in Form von Heuristiken, Artefakten, natürlichen Begabungen, Skills sowie Erfahrungen und in unterschiedlicher Ausprägung

vorliegt. Die Richtlinie verpflichtet aufgrund fehlender Relevanz in der Praxis auf eine Abgrenzung zwischen Informations-, Dokumenten- und Kompetenzmanagement. In Anlehnung an das geschäftsprozessorientierte Wissensmanagement wird dieses als das Organisieren aller Prozesse, in den Informationen, Erkenntnisse und Erfahrungen identifiziert, erzeugt, gespeichert, verteilt und angewendet werden, verstanden, dargestellt in Abbildung 40 (rechts). Der systematische Umgang mit Wissen gliedert sich dabei in fünf Kernaktivitäten. *Wissen planen, identifizieren, bewerten* beinhaltet die Identifizierung bereits vorhandenen Wissens sowie die Definition des zukünftig notwendigen Wissens und dessen Qualitätssicherung. *Wissen erzeugen* umfasst die Neubildung von Wissen und Erfahrungen bei der Aufgabenbearbeitung durch einzelne Mitarbeiter, Gruppen oder Abteilungen. *Wissen speichern* behandelt die Kodifizierung expliziten Wissens sowie die Bewahrung impliziten Erfahrungswissens in einem kollektiven Gedächtnis. *Wissen verteilen* impliziert die Übertragung von Wissen zwischen Personen und Gruppen und die Bereitstellung und Verteilung materieller Wissensträger. Schließlich beinhaltet *Wissen anwenden* die Nutzung des Wissens für Aufgabenerfüllung, Problemlösung und Entscheidungsfindung.

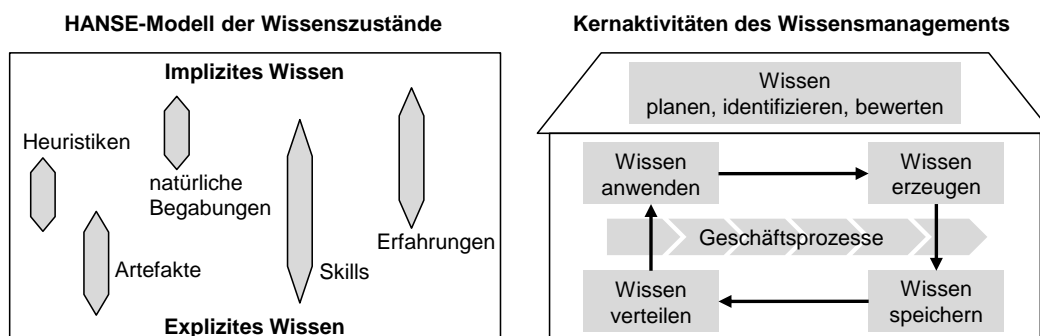


Abbildung 40: Wissensmodell (links) und Kernaktivitäten des Wissensmanagements (rechts) nach VDI 5610 [207]

Die Richtlinie fordert für die Einführung eines effektiven Wissensmanagements zunächst die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen. Dazu gehören neben der wahrnehmbaren Unterstützung durch die Unternehmensführung und der Einführung einer wissensfördernden Kultur vor allem die Bereitstellung geeigneter Organisationsstrukturen sowie die Motivation der Mitarbeiter hinsichtlich der Nutzung, Weitergabe und Erweiterung des eigenen Wissens. Zur konkreten Umsetzung ordnet die Richtlinie den Kernaktivitäten des Wissensmanagements Fähigkeiten zu, welche die entsprechenden Rolleninhaber erfüllen müssen, dargestellt in Tabelle 10.

Bei allen analysierten Ansätzen ist zu bemerken, dass diese lediglich Teilaspekte der Produktion abbilden. Ein abstrakter, holistischer Ansatz, der alle potentiellen Domänen der Produktion abdeckt, existiert derzeit noch nicht.

Tabelle 10: Anforderungen des Wissensmanagements an Rolleninhaber [207]

WM-Kernaktivität	Anforderungen an Rolleninhaber
Wissen planen, identifizieren, bewerten	Prozessverständnis und Analysefähigkeit des darin genutzten Wissens Fachkompetenz zur Bewertung des Wissensnutzens in Prozessen
Wissen speichern	Fähigkeit, Wissen konkret, strukturiert und zielgerecht zu dokumentieren
Wissen verteilen	Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit, lösungsorientiertes Vorgehen
Wissen anwenden	Lernbereitschaft, Anpassungsfähigkeit
Wissen erzeugen	Fähigkeit zur Erschließung, Nutzung und Verarbeitung von neuem Wissen

3.2 Herausforderungen

Trotz zahlreicher Modelle und Richtlinien wird Wissensmanagement in der Praxis vor zahlreiche Herausforderungen gestellt. Neben Herausforderungen, die auf dem abstrakten Charakter des Wissens beruhen, sind vor allem organisatorische Hemmnisse beim Umgang mit Wissen zu beachten. Im Folgenden werden generische und produktionsspezifische Herausforderungen analysiert und näher erläutert.

3.2.1 Fehlender oder mehrdeutiger Kontext

Eine der größten Herausforderungen beim Umgang mit Wissen stellen Barrieren in der Kommunikation dar. Wie bereits bei der Analyse des Wissensbegriffs gezeigt, kann Wissen nur in Form von Informationen weitergegeben werden. Dies wiederum erfordert die Einbettung des Wissens in einen Kontext. Verfügen Sender und Empfänger einer Information nicht über den selben Kontext, so resultiert dies in fehlerhafter Informationsübertragung. Ein wesentliches Hemmnis des Wissensmanagements stellt somit fehlender oder mehrdeutiger Kontext dar. Das für einen effizienten Informationsaustausch erforderliche und oft fehlende gemeinsame Verständnis ist auf zwei Einflüsse zurückzuführen. Zum einen unterliegt die Kodierung von Informationen in Nachrichten einem persönlichen Filter, der einerseits den persönlichen Bezug zur Thematik widerspiegelt, andererseits das Verständnis des Gegenübers antizipiert [208]. Dieses Phänomen wird auch als Nachrichtenbias bezeichnet. Zum anderen wird die Wissensübertragung durch die Interpretation, das heißt, durch die Einbindung der Information in die persönliche Wissensbasis des Empfängers, beeinflusst.

Aufgabe des Wissensmanagements muss es deshalb sein, den Kontext zwischen Sender und Empfänger einer Information abzustimmen. Wie in Abbildung 41 gezeigt, kann durch die Schaffung eines Unternehmenskontextes der spezifische Kontext von Sender und Empfänger zur Deckung gebracht werden.

Der Unternehmenskontext kann dabei gezielt durch Prozesse des Wissensmanagements gesteuert werden. Dies erlaubt zunächst die Reduzierung des Nachrichtenbias. Zum einen kann dem Sender Feedback über die mitgeteilte Information gegeben werden, sodass diese richtig in den Unternehmenskontext eingebunden werden kann.

Dies kann beispielsweise durch die Erklärung der genutzten Terminologie und gegebenenfalls der Bereitstellung geeigneterer Synonyme beim Verfassen von Texten erfolgen. Auf der Seite des Empfängers verringert die Zurverfügungstellung von Multichannel-Darstellungen den Nachrichtenbias. Die Interpretation der übertragenen Informationen kann wiederum durch die Bildung einer dynamischen Unternehmens-Metawissensbasis sowie geeigneter Unternehmenspolitik und Werte gesteuert werden.

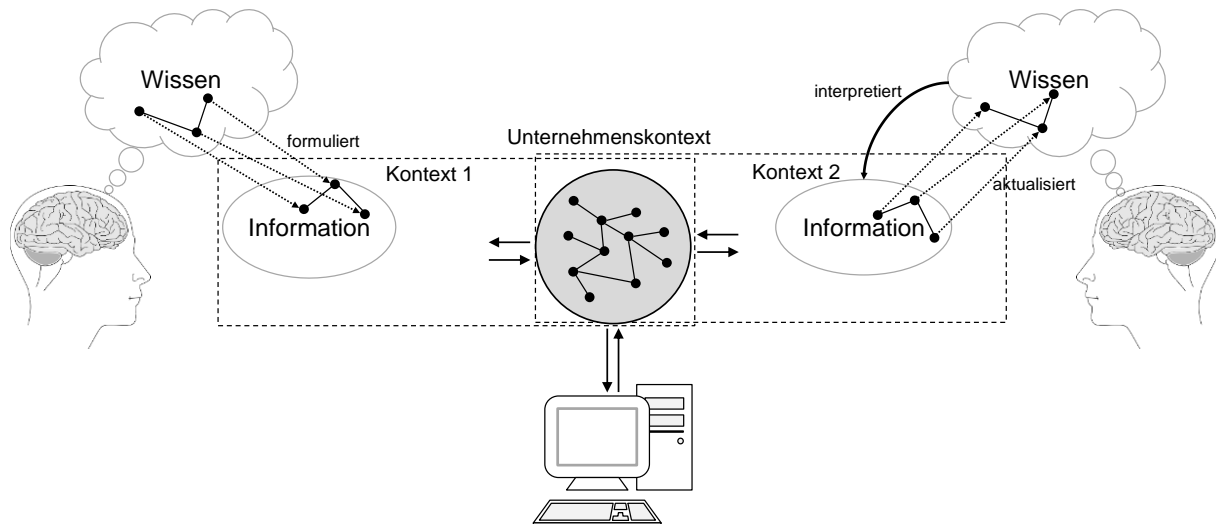


Abbildung 41: Effektives Wissensmanagement erfordert die Schaffung eines gemeinsamen Kontextes

3.2.2 Zugang zu relevantem Wissen

Eine weitere Anforderung für effektiven Umgang mit Wissen ist der Zugang zu relevantem Wissen. Wird der Zugang zu relevantem Wissen erschwert oder gar verhindert, beispielsweise durch Compliance-Richtlinien, so wird nicht nur die Nutzbarkeit des Wissens verhindert, sondern auch die Motivation der Mitarbeiter zur Weitergabe und Nutzung von Wissen negativ beeinflusst. Häufig wird der Zugriff zu Wissen jedoch nicht durch bewusste Maßnahmen beeinflusst. Vielmehr wird der Zugang durch einen Informationsüberfluss, nicht relevante und falsch kodierte Informationen erschwert. Im Folgenden werden die damit zusammenhängenden Herausforderungen erläutert.

Menge des Wissens

Eine Herausforderung in Bezug auf den Zugang zu relevantem Wissen stellt die Menge des verfügbaren Wissens dar. Ein Überfluss im Informationsangebot führt dazu, dass relevante Informationen aufwändig gefiltert werden müssen. Diese Filterung beansprucht wiederum Kapazitäten, die für die Verarbeitung relevanten Wissens genutzt werden könnten. Beispielsweise werden in 2018 circa weltweit 281 Mrd. Emails pro Tag versendet [209]. Wird davon ausgegangen, dass jeder zweite Mensch Internetzugang besitzt [210], so ergeben sich im Durchschnitt pro Nutzer 80 Emails.

Durchschnittlich verbringt ein Mitarbeiter dadurch 13 Stunden pro Woche mit der Bearbeitung von Emails [211].

Suchproblematik

Eine offensichtliche Herausforderung der Wissensarbeit ist die Suche nach Informationen, die circa 20 Prozent der Arbeitszeit in Anspruch nimmt. Weitere 20 Prozent werden von dem ineffizienten Umgang mit Informationen, wie Formatierung, Versionierung, Veröffentlichung und Zusammenfügen benötigt [211]. Ein wesentliches Hindernis dabei ist zunächst die Identifizierung des Informationsspeicherortes. Für technisch oder physisch gespeicherte Informationen sind dies unter anderem das Internet, Laufwerke, Datenbanken, Ordner und Bibliotheken. Das an Mitarbeiter gebundene Wissen erfordert die Identifizierung des richtigen Wissensträgers. Der Informationsnachfrager benötigt Wissen über den Ort, an dem sich die Information befindet. Zudem stellt die Formulierung der Suchanfrage eine zentrale Herausforderung dar. Einerseits führt eine nicht präzise formulierte Suchanfrage zu nicht optimalen Ergebnissen der Suche. Zum anderen erfordert die Formulierung einer Suchanfrage ein Verständnis darüber, wie die gesuchte Information in einen Kontext eingebunden ist. Ist dem Nutzer nicht bewusst, dass eine Information existiert und wie diese gesucht werden kann, so kann diese höchstens zufällig entdeckt werden. Der Suchende muss demnach wissen, was gesucht ist und wie die Information zu finden ist. Liegt dieses Wissen beim Informationsnachfrager nicht vor, so wird relevantes Wissen nicht oder nur durch umständliche Suchprozesse zugänglich. Für effektive Wissensarbeit eignet sich die Informationssuche nur bedingt. Vielmehr erfordert der effektive Zugang zu Wissen ein aktives, nutzergerechtes Bereitstellen von Informationen, beispielsweise durch Wissensabonnements, Vorschläge für relevante Informationen, Suchagenten und Suchhilfen.

Persönlichen Relevanz des Wissens

Ein weiteres Hindernis ist dadurch gegeben, dass das gefundene Wissen nicht für jeden Nutzer von gleicher Relevanz ist. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass der Mitarbeiter die gefundene Information bereits kennt und diese daher keinen Mehrwert mehr besitzt, oder der Kontext der Information ist dem Nutzer völlig unbekannt, sodass die Information nicht interpretiert werden kann. Wissensmanagement erfordert daher die Abstimmung des bereitgestellten Wissens auf die jeweilige Person.

Formalisierung des Wissens

Informationen können nur verarbeitet werden, wenn sie in der richtigen Form aufbereitet sind. Liegt beispielsweise ein Text in einer für den Nutzer unverständlichen Sprache vor, so kann dieser die enthaltenen Informationen nicht interpretieren. Zugängliches Wissen setzt somit die nutzerindividuelle Formalisierung voraus.

3.2.3 Unsicheres, falsches, unvollständiges, veraltetes und widersprüchliches Wissen

Bisherige für das Wissensmanagement genutzte Technologien erfassen Informationen nur, geben jedoch nicht den Wahrheitswert der Information an. Ein Datum in einer Datenbank wird als 100 Prozent wahr eingestuft. Daten und Informationen, die nicht zu 100 Prozent zutreffen, können entweder als wahr oder als falsch eingestuft werden. Problematisch zeigen sich dabei beide Einstufungen. Werden derartige Informationen als wahr bewertet, so führt dies zu einer verzerrten Abbildung der Realität. Werden Informationen als falsch bewertet, führt dies zu einem Ausschluss der Kontexte, in dem die Information wahr ist. Zudem werden als falsch eingestufte Informationen häufig nicht erfasst, wodurch ein Großteil der organisationalen Wissensbasis nicht zur Verfügung steht [212]. Weiterhin ist festzustellen, dass auch unvollständiges Wissen nur rudimentär erfasst und formalisiert wird. Effektives Wissensmanagement muss daher den Umgang mit falschem und unvollständigem Wissen regeln.

Des Weiteren stellt sich die fehlende Bemessung des zeitlichen Geltungsbereichs von Wissen als problematisch heraus. Da sich Wissen dynamisch verändert und Informationen über die Zeit ihre Gültigkeit verlieren können, erfordert die Abbildung von Wissensselementen in Informationssystem eine zeitliche Einordnung. Dadurch kann festgestellt werden, ob eine Information weiterhin gültig ist oder aufgrund ihres Alters überprüft werden muss. Zudem muss die Wissensstrategie festlegen, wie mit veraltetem Wissen umgegangen wird. So werden beispielsweise Normen und Richtlinien in regelmäßigen Abständen überarbeitet und bei Bedarf für ungültig erklärt [213].

Auch der Umgang mit widersprüchlichem Wissen stellt eine Herausforderung für das Wissensmanagement dar. Besonders bei verteilt vorliegendem Wissen gestaltet sich die Erkennung von Widersprüchen schwierig, da diese nur entdeckt werden können, wenn die Wissensselemente in direkten Bezug zueinander gesetzt werden. Über die Aufdeckung von Widersprüchen hinaus muss im Zuge des Wissensmanagements jedoch vor allem festgelegt werden, wie mit unvermeidbaren Widersprüchen umgegangen wird. Wissensmanagement erfordert demnach eine Priorisierung von Wissen.

3.2.4 Bewertung des Wissens

Eine bewährte Methode der Wissensmessung und -bewertung stellt die Methode der Bilanzierung immaterieller Vermögenswerte dar. Darüber hinaus wird die Marktwertanalyse genutzt, um über den Marktwert des Unternehmens den Wert des vorhandenen Wissens zu bestimmen. Der Versuch der direkten Wissensbewertung beruht auf der Annahme, dass Wissen im Unternehmen unabhängig von anderen Ressourcen existiert und eigenständig für einen Teil der Wertschöpfung verantwortlich ist. Wie bereits in 2.2.4 angeführt, stellt dies jedoch ein Hindernis für das Wissensmanagement dar. Ganzheitliches Wissensmanagement erfordert die Betrachtung des Wissens als Grundlage für den richtigen Einsatz anderer Ressourcen. Eine unabhängige Betrachtung und damit eine Messung des Wertes des Unternehmenswissen ist daher nicht

zwangsläufig zielführend. Dennoch erfordert das Management der Ressource Wissen eine Bewertung, auf deren Grundlage die Wirksamkeit der Managementaktivitäten beurteilt werden kann. Neben den bereits als nicht zielführend identifizierten monetären Bewertungsmethoden existieren auch nicht-monetäre Bemessungsverfahren.

Die Balanced Scorecard, entwickelt von KAPLAN und NORTON [214], betrachtet vier Dimensionen eines Unternehmens und stellt diese mit der Vision sowie der Strategie in Beziehung. Die Kundenperspektive gibt an, wie das Unternehmen gegenüber dem Kunden auftreten soll, um die Vision zu erfüllen. In der finanziellen Perspektive wird der Umgang mit den Anteilseignern bewertet. Die Sichtweise der internen Geschäftsprozesse fordert eine prozessorientierte Bemessung der Zufriedenheit der Kunden und Anteilseigner. Schließlich dient die Lern- und Wachstumsperspektive als Messinstrument der zur Erfüllung der Vision notwendigen Fähigkeiten zur Erneuerung und Verbesserung. Das strategische Managementinstrument versucht somit, eine Verbindung zwischen langfristigen Unternehmenszielen und operativen Eingriffen in die organisatorische Wissensbasis herzustellen [9]. Der schwedische Finanzdienstleister Skandia entwickelt zur Beschreibung der Diskrepanz zwischen Marktwert und Buchwert des Unternehmens ein Verfahren zur Bewertung des intellektuellen Kapitals. Die Grundlage der Messung bilden fünf Indikatorenklassen, die halbjährlich als Skandia Navigator publiziert werden. Zusätzlich zu klassischen finanziellen Größen werden dabei die Dimensionen Kunden, Mitarbeiter, Prozesse sowie Erneuerung und Entwicklung abgebildet. Kritisch ist jedoch zu sehen, dass alle aufgeführten Indikatoren aus der Perspektive des Wissensmanagements nur schwer zu interpretieren und für Externe nur begrenzt nachvollziehbar sind. Anzumerken ist, dass Intellectual Capital für Skandia kein Synonym für Wissen darstellt, sondern aufgrund der Definition als Differenz zwischen Marktwert und Buchwert auch durch Gewinnerwartungen, Börsentrends und andere exogene Einflüsse bedingt wird. [9]

Gemäß PROBST ET AL. [9] bedarf die Beurteilung der Effektivität des Wissensmanagements nur zu einem geringen Teil der Messung des im Unternehmen vorhandenen Wissens (Wissensbilanz). Neben der Messung des Erfüllungsgrades der Wissensziele sind vor allem der Kundennutzen, die Kundenzufriedenheit, die Qualität von Produkten sowie die Antwortzeiten Indikatoren für die Wirksamkeit des Wissensmanagements. Resultierend kann auch die Finanzbilanz als Anhaltspunkt für die Wissensmanagementbewertung herangezogen werden. [9] Die ganzheitliche Wissensbewertung muss sich somit an den Zielen des Wissensmanagements orientieren und deren Erfüllungsgrad widerspiegeln. Die Messung normativer Wissensziele benötigt Indikatoren, die die Verhaltensänderungen aller Mitarbeiter erfassen. Strategische Wissensbewertung wiederum muss die Veränderungen des betrieblichen Wissens im Bereich organisationaler Kompetenzen erheben. Schließlich setzen Maßnahmen der operativen Wissensbewertung auf der Ebene der Zielkonkretisierung und -umsetzung an. Entsprechende Maßnahmen zu den jeweiligen Zielebenen sind in Tabelle 11 aufgelistet. [9]

Tabelle 11: Wissensziele und ihre Bewertungsmethoden [9]

Wissensziele		Bewertungsmethoden
normativ	<ul style="list-style-type: none"> Voraussetzungen für wissensorientierte Ziele im strategischen und operativen Bereich Wissensbewusste Unternehmenskultur Commitment des Topmanagements 	<ul style="list-style-type: none"> Kulturanalysen Beobachtung des Top-Management-Verhaltens Glaubwürdigkeitsanalysen
strategisch	<ul style="list-style-type: none"> Inhaltliche Bestimmung organisationalen Kernwissens Definieren des angestrebten Kompetenzportfolios Festlegen der Haupthebel des Kompetenzaufbaus 	<ul style="list-style-type: none"> Mehrdimensionale Wissensmessung Analyse des Kompetenzportfolios Controlling von Wissensprojekten Balanced scorecard
operativ	<ul style="list-style-type: none"> Übersetzung normativer und strategischer Wissensziele ins Konkrete Angemessenheit der Interventionen in Bezug auf die jeweilige Interventionsebene 	<ul style="list-style-type: none"> Ausbildungscontrolling mit klaren Lerntransferzielen Messung der Systemnutzung (z.B. Intranet) Erstellung individueller Fähigkeitsprofile

3.2.5 Besondere Herausforderungen der Produktion

Besondere Herausforderungen an das Wissensmanagement gehen von der Produktion aus, da dort die Kernkompetenzen und damit wesentliche Wissenspotentiale, vieler Unternehmen liegen [215] und das gesamte unternehmerische Wissen in einem Produkt zusammengeführt wird. Erst durch die Ausrichtung der Produktion auf Kundenbedürfnisse werden Wettbewerbsvorteile erzielt und neue Märkte erschlossen. Zudem ermöglicht die effizientere Gestaltung bestehender Prozessabläufe die Identifizierung und Nutzung von Kosteneinsparungspotentialen. Dabei stellt vor allem die Verteilung des Wissens eine Herausforderung dar. Fehler und Probleme im Rahmen der Leistungserstellungsprozesse treten häufig mehrfach an den verschiedenen Standorten auf [215]. Die optimale Wissensverteilung gestaltet sich besonders in Kooperationen und über Wertschöpfungsnetzwerke hinweg schwierig. Zudem wirkt in Kooperationen der Schutz des eigenen Know-hows dem Wissensaustausch entgegen. So muss sichergestellt werden, dass Wissen über Kernkompetenzen des Unternehmens nicht an potentielle Konkurrenten weitergegeben wird. Vor allem bei geringen Eintrittsbarrieren besteht die Gefahr des Marktanteilverlustes an Partner, Lieferanten und Kunden.

Weitere Herausforderungen bestehen in Vorgaben seitens Gesetzen, behördlichen Auflagen, Normen und Richtlinien (z.B. ISO 9000ff., ISO 14001) sowie der Reflexion dieser mit Kundenwünschen [216]. Zunächst gilt es, die Anforderungen aller Anspruchsgruppen, wie etwa Gesellschaft, Kunden, Lieferanten oder Mitarbeiter, zu identifizieren und ein Konzept für die nachhaltige Wirtschaftsweise des Unternehmens abzuleiten [215], das mittels internen und externen Wissensquellen umzusetzen ist.

Neben der Anzahl stellt auch die Heterogenität der Wissensträger eine Herausforderung für die Produktion dar. Wissen über die Produktion manifestiert sich nicht nur in Mitarbeitern und IT-Systemen, sondern ist vor allem in Produkten, Produktionsequipment und Prozessen abgebildet. Aufgrund des dadurch erschwerten Wissenszugriffs steigt der Aufwand der Wissenskommunikation und -aktualisierung mit zunehmendem Grad der Automatisierung stetig an. Zudem ist die in den Fertigungssystemen manifestierte Wissensbasis nicht dynamisch gestaltbar. Aufgrund des Ziels, die Investitionskosten von Produktionsanlagen besser zu verteilen, wird eine möglichst lange Nutzungsdauer von teilweise mehreren Jahrzehnten angestrebt [217]. Ein weiterer Teil des Wissens über Produkte, Bearbeitungsverfahren und -abläufe ist Fachwissen von Menschen verankert. Dieses Wissen wird vor allem unbewusst durch Verdichtung von Handlungs-, Denk-, Orientierungs-, Verhaltens- und Gestaltungsmustern erworben und kann nur begrenzt nachvollzogen werden. Das auch als Intuition bezeichnete Expertenwissen ist im menschlichen Gehirn vielfältig repräsentiert, beispielsweise als begriffliches, durch Sprache ausdrückbares Wissen, als Bild, als Bewegungsmuster, als Folge von Denkprozessen oder als Folge von Assoziationsmöglichkeiten. Der Austausch dieses Wissens erfordert eine Reduktion auf Austauschmedien wie Sprache, Zeichnungen oder Diagramme und geht somit mit einem Informationsverlust einher. Zudem kann die Übermittlung von Expertenwissen durch Bedingungen wie unzureichende Motivation des Experten, mangelnde Erfahrung in der Darstellung seines Fachgebietes, Vergessen wesentlicher Teile oder von Randbedingungen eines Sachverhaltes, die Komplexität der zu lösenden Aufgaben oder des Umfeldes, fallbezogene Handlungsschemata bei unzureichender Strukturierung und hohe nonverbale, sensorische Anteile, erschwert werden. [56]

Überdies hinaus bietet die Produktion aufgrund der sehr hohen Kosten wenig Spielraum für effektives Fehlerlernen, da die Entstehung des in den Produkten und der Produktion manifestierten Wissens in einer Kette vorgelagerter Prozesse stattfindet. Ansätze, wie *First Time Right* behindern dabei die Wissensweiterentwicklung, da lediglich die Einhaltung von Prozessen, nicht aber eine Prozessverbesserung gefordert wird [212]. Die Überwindung der Herausforderung erfordert die gezielte Rückführung des in der Produktion enthaltenen Wissens in die entsprechenden Quellprozesse [P1].

3.3 Anforderungen des ganzheitlichen Wissensmanagements

Die Analyse bereits existierender Modelle des Wissensmanagements zeigt, dass eine reine Fokussierung auf Wissensprozesse für das ganzheitliche Management der Ressource Wissen nicht ausreicht, siehe Kapitel 2.2. Vielmehr muss ein Wissensmanagement-Modell zunächst ein Verständnis des organisationalen Wissens schaffen. Dies erfordert eine abstrakte Beschreibung der Wirkungsweise und des Zusammenspiels der organisationalen Wissensbasis und der klassischen Produktionsfaktoren. Dabei muss ein Wissensmanagement-Modell zunächst den Anforderungen der ordnungsgemäßen Modellierung gerecht werden [218]:

- Grundsatz der Richtigkeit: Der abzubildende Sachverhalt muss im Modell korrekt wiedergegeben werden.
- Grundsatz der Relevanz: Alle relevanten Sachverhalte müssen erfasst werden.
- Grundsatz der Wirtschaftlichkeit: Der Aufwand der Modellierung darf den Nutzen des Modells nicht übersteigen.
- Grundsatz der Klarheit: Das Modell muss leicht verständlich sein.
- Grundsatz der Vergleichbarkeit: Modelle, die mit der gewählten Methode erstellt werden, müssen vergleichbar sein.
- Grundsatz des systematischen Aufbaus: Das Modell muss über wohldefinierte Sichten und einheitliche Schnittstellen verfügen.

Zur Erfassung der Anforderungen, die an das ganzheitliche Wissensmanagement gestellt werden, wird die Vorgehensweise des Requirements Engineering herangezogen. Gemäß des Standards ISO/IEC/IEEE 29148-2011 [219] erfordert die Definition von Anforderungen die Erfüllung verschiedener Qualitätskriterien. Demnach müssen Anforderungen vollständig, notwendig, atomar, verfolgbar, technisch lösungsneutral, realisierbar, konsistent, eindeutig und prüfbar sein. In Anlehnung an BALZERT und DITTMAR können Anforderungen an das Wissensmanagement in formale und sachliche Anforderungen unterschieden werden, die im nachfolgenden näher erläutert werden [220, 221]. Eine weitere Unterscheidung der Anforderungen kann mithilfe des von BULLINGER ET AL. [222] entwickelten TOM-Modells vorgenommen werden. Dabei gliedern sich die Hindernisse des Wissensmanagements in technische, organisationale und auf den Menschen bezogene Barrieren, aus denen sich verschiedene Anforderungen ableiten lassen.

3.3.1 Formale Anforderungen

Anwendungsunabhängige, allgemeingültige Kriterien lassen sich zu formalen Anforderungen aggregieren. Diese sollen die generelle Nutzbarkeit von Wissensmanagementansätzen sicherstellen. Die formalen Anforderungen an das zu konzeptualisierende Wissensmanagement-Framework sind [5] entnommen und in Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Formale Anforderungen an Wissensmanagementsysteme, nach [5]

Anforderung	Inhalt
Integrationsfähigkeit	technisch: Integration aller organisatorischen Informations- und Kommunikationstechnologien zur Unterstützung des Wissensmanagements, Daten-, Funktions-, Prozess- und Softwareintegration organisatorisch: Integration in die organisatorischen Abläufe
Skalierbarkeit	Ausbaufähigkeit und Anpassungsfähigkeit, Anzahl möglicher Anwender, Erweiterbarkeit und Einbindungsfähigkeit zukünftiger Technologien

Anforderung	Inhalt
Robustheit	Ausfallsicherheit der einzelnen Systeme sowie deren Kombination, Methoden zur Lastverteilung
Performanz	Minimaler Ressourceneinsatz von Prozessorzeit, Speicherplatz oder Netzwerkauslastung Zeitliche Leistungsfähigkeit: Antwortzeit und (Wieder-)Verwendbarkeit der Systeme Verbrauchsverhalten: Menge der benötigten Ressourcen
Benutzerfreundlichkeit	Verständlichkeit, Intuitivität, ergonomisch gestaltete Mensch-Maschine-Schnittstelle, flexible Anpassung und Gestaltung der Benutzerschnittstelle, Personalisierung, vgl. [223]
Datensicherheit	Maßnahmen zur Sicherstellung von Informationen gegen Verfälschung, Vernichtung, Diebstahl und unberechtigtem Zugriff
Datenschutz	Einhaltung von Rahmenbedingungen zum Schutz vor einer unberechtigten und missbräuchlichen Verwendung personenbezogener Daten
Wirtschaftlichkeit	Abschätzung und Kontrolle der Kosten im Verhältnis zu dem erwarteten Nutzen, vgl. [51]

3.3.2 Sachliche Anforderungen

Im Gegensatz zu formalen Anforderungen sind sachliche Anforderungen an den Zweck des Wissensmanagements gebunden und unterstützen das Ziel, relevantes organisatorisches Wissen mithilfe von Informationssystemen effizient zu nutzen, zu verteilen und weiter zu entwickeln [5]. Tabelle 13 fasst die sachlichen Anforderung, die an ein Wissensmanagementsystem gestellt werden, zusammen.

Tabelle 13: Sachliche Anforderungen an Wissensmanagementsysteme, nach [5]

Anforderung	Inhalt
Kontextabhängige Informationsbereitstellung	Bereitstellung von Begleitinformationen, Unterstützung der effektiven Nutzung und einfachen Verknüpfung weiterer Informationen
Unterstützung mehrdimensionaler Betrachtungen	Komplexitätsreduzierung, fokussierte Betrachtung relevanter Wissens Ebenen und -arten, kennzeichnend für betriebswirtschaftliche Analysen
Unterstützung der Wissensdiffusion	Wissenstransformation zwischen Wissensträgern, Internalisierung, Externalisierung, Sozialisierung, Kombination [15]
Wissensziele	Reflexion und Unterstützung strategischer Ziele und Visionen
Unterstützung der Wissensidentifikation	Methoden zur regelmäßigen Identifikation von Wissensressourcen, organisationsweite Bereitstellung der Ergebnisse
Unterstützung der Wissensnutzung	Selektion und Verwendung von Wissen, Bereitstellung eines optimalen Zugriffs auf Wissensressourcen
Unterstützung der Wissensbewahrung	Methoden zum Entgegenwirken des organisatorischen Vergessens [9], Maßnahmen zur Sicherung bestehender Wissensbestände
Unterstützung der Wissensbewertung	Kontrolle von Wissensmanagementaktivitäten, Erfassung von Entwicklungen der Wissensbestände

3.3.3 Anforderungen der Dimension Mensch

Als Träger des Wissens sind Menschen ein zentraler Faktor für die Ausgestaltung des Wissensmanagements. Das an die Mitarbeiter gebundene Wissen hat einen wesentlichen Einfluss auf die Bildung der organisationalen Wissensbasis. Für die Implementierung eines Wissensmanagementkonzepts ist daher die Akzeptanz sowie die Mitgestaltung seitens der im und rund um Unternehmen tätigen Personen unerlässlich.

Zudem erfordert auch die Gestaltung der beiden Dimensionen Technik und Organisation eine starke Ausrichtung auf den Faktor Mensch. Nur durch die aktive Anwendung der installierten Wissensmanagementmaßnahmen durch die Mitarbeiter kann die Wissensbasis effektiv gestaltet und genutzt werden. Dies setzt ein entsprechendes Verständnis des organisationalen Wissens sowie geeignete motivationale Maßnahmen voraus. Tabelle 14 fasst die aus [224] entnommenen Anforderungen, die die Dimension Mensch an die Gestaltung des Wissensmanagement stellt, zusammen.

Tabelle 14: Anforderungen der Dimension Mensch, nach [224]

Anforderung	Inhalt
Wissensbasis	Träger impliziten Wissens, systematische Lernprozesse, Einarbeitung- und Integration von neuen Mitarbeitern, Integration externer Wissensquellen, Wissenstransfer, Schulung von Wissensmanagement-Elementen
Motivation	Schlüsselposition zur Durchführung des Wissensmanagements, Motivation für Wissensmanagement, Integration in Zielvereinbarung der Mitarbeiter
Wissensfreundliche Kultur	Wissensfreundliche Projekt-/Wissenskultur
Kommunikation	Kommunikationskanäle (Email, Chat, Telefon, Video)
Interkulturelle Kompetenz	Zeitliche Unterschiede (Arbeitszeit, Mittagspause, Ferien, Werksschließung), Kultur (Arbeit, Freizeit, Hierarchien)
Vertrauen	Vertrauen und Bereitschaft Wissen zu teilen und mitzuteilen
Raum für Wissensaustausch	Formelle und informelle Gremien/Gelegenheiten zum Wissensaustausch (implizit, explizit)
Sprache	Sprachvielfalt/Sprachprobleme, technische Begriffe

3.3.4 Anforderungen der Dimension Technik

Die Dimension Technik erfasst die Anforderungen, die hinsichtlich der technologischen Unterstützung an das Wissensmanagement gestellt werden. Diese sollen sicherstellen, dass der Wissensmanagementprozess durch geeignete IT-Werkzeuge optimal unterstützt wird. Dabei ist stets der individuelle Bedarf der Organisation zu evaluieren [224]. Die Anforderungen der Dimension Technik sind Tabelle 15 zu entnehmen.

Tabelle 15: Anforderungen der Dimension Technik, nach [224]

Anforderung	Inhalt
Funktionalität	Speicherung, Dokumentenmanagement, Versionierung und Historie, Recherchefunktion, Dokumentation & Archivierung, Entscheidungsdokumentation
Interaktion	Interaktionsfunktionalitäten, Internet-Technologien, Verzeichnisse, Forum, Datenaustausch, Kommunikations- und Kooperationsplattformen
Integration	Integration, abgestimmte Lösungen, Schaffung einer gemeinsamen EDV-Struktur, Datenaustausch bei Spezialprogrammen/Versionen
Bedienbarkeit	Strukturiert, einfach, anwendbar, kompatibel
Sicherheit	Sicherheitsaspekte (Zugriff, Verschlüsselung)

3.3.5 Anforderungen der Dimension Organisation

Die effiziente Nutzung der Ressource Wissen erfordert eine detaillierte Abstimmung sowie eine ganzheitliche Einbindung aller Prozesse und der daran beteiligter Interessensgruppen. Besonders die Gestaltung der Verantwortlichkeiten sowie die Ausrichtung der Wissensmanagementstrategie auf Unternehmensziele stellen kritische Anforderungen an das Wissensmanagement dar [224]. Die in der Dimension Organisation erfassten Anforderungen sind in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Anforderungen der Dimension Organisation, nach [224]

Anforderung	Inhalt
Prozessanbindung	Ganzheitliche Einbindung der Prozesse, Integration Wissensmanagement in Strategie und operatives Geschäft
Organisationsstruktur	Rechte und Pflichten der Aufbauorganisation, Kontakt unterschiedlicher Hierarchieebenen, Entscheidungsbefugnisse
Verantwortlichkeit für Wissensmanagement	Organisatorische Verankerung der Verantwortlichkeit für Wissensmanagement
Zieldefinition und Wissensmanagementstrategie	Anbindung Wissensmanagement an Unternehmensziele, Wissensmanagementstrategie
Stakeholder	Berücksichtigung der Interessensgruppen/Interessen (Partnerunternehmen, öffentliche Förderträger, Öffentlichkeit, Experten)
Informationsprozesse	Kommunikationsprozess mit den Teilnehmern und Nachbereiten von Besprechungen/Workshops, Berücksichtigung von unterschiedlich großer Beteiligung, Integration neuer Unternehmen und Mitarbeiter
Budget	Budget für Wissensmanagement, Jahresrhythmus Budgetplanung
Entscheidungsfindung und Dokumentation	Nachvollziehbarkeit und Transparenz der Entscheidungen

3.4 Handlungsbedarf für die Umsetzung eines ganzheitlichen Wissensmanagements in der Produktion

Die Anforderungen an Mensch, Technik und Organisation stellen generelle Anforderungen an das Wissensmanagement dar, die für jegliche Organisation gilt. Um das Wissensmanagement auf das Umfeld der Produktion abzustimmen, müssen die generellen Anforderungen hinsichtlich der produzierenden Industrie konkretisiert werden. Dabei ist die besondere Bedeutung des Wissens für die Produktion zu beachten. Die wichtigste Anforderung ist dadurch gegeben, dass sich Unternehmen der produzierenden Industrie der Wichtigkeit der Ressource Wissen bewusst werden. Historisch gewachsene Organisationen in produktionsintensiven Branchen, stützten ihre Wertschöpfung zumeist auf die Produktion und besitzen eine durch starke Hierarchiegefälle geprägte Unternehmenskultur sowie darauf aufbauende Managementkonzepte. Der Wandel zu einer Wissensorganisation erfordert jedoch die Ausrichtung der Wertschöpfung auf die unternehmerische Wissensbasis und die Abkehr von der rein produktionsorientierten Wertschöpfung. Die von PORTER entwickelte Wissensintensitätsmatrix, gezeigt in Abbildung 42, in der der Wissensanteil im Wertschöpfungsprozess, bezeichnet als Wissensintensität in der Wertschöpfungskette, gegen den Wissensanteil in Dienstleistungen und Produkten, als Wissensintensität in der Leistung bezeichnet, aufgetragen ist, grenzt dazu die Strategien des wissensbasierten Unternehmenserfolgs durch Produkt- und Prozessintelligenz ab [184].

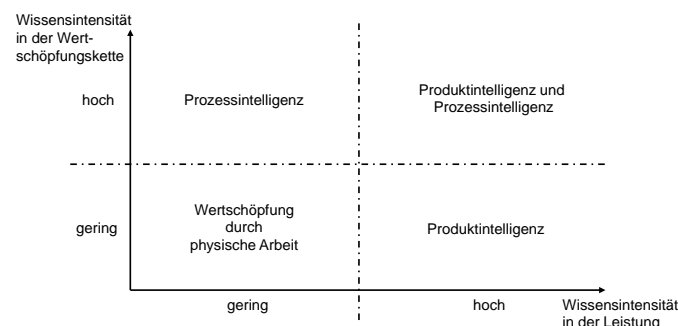


Abbildung 42: Bewertung von Unternehmen in der Wissensintensitätsmatrix [184]

Bei der Strategiefindung ist zu berücksichtigen, dass die notwendige, lange Verfügbarkeit des Wissens über Anlagen, Prozesse und Produktionstechnologien dem teilweise sehr kurzfristigen Produktwissen gegenübersteht. Neben der generellen Anforderung der Ausrichtung des Unternehmens hin zu der wissensorientierten Wertschöpfung besteht also zudem die Notwendigkeit, einen Trade-Off zwischen Prozess- und Produktintelligenz zu finden. Die reine Fokussierung auf Prozesseffizienz ist demnach zu eindimensional. Vielmehr erfordert nachhaltiger Wettbewerbserfolg eine mehrdimensionale Betrachtung [9]. Dennoch erfordert die Integration des Wissensmanagements die Berücksichtigung der Gegebenheiten der Produktion. Tabelle 17 stellt daher Anforderungen an das Wissensmanagement, die aus der Produktion resultieren, dar.

Tabelle 17: Spezifische Anforderungen der Produktion, in Anlehnung an [56]

Anforderung	Inhalt
Prozessanbindung	Kopplung des Informationsflusses im gesamten Betrieb, Kopplung von Maschinen, Anlagen, Geräten, Komponenten und Systemen
Informations- transparenz	Erhöhung der informatorischen Transparenz im gesamten Betrieb, Eindeutige Festlegung der Verantwortlichkeiten für Informationsinhalte
Informations- verfügbarkeit	Optimaler Einsatz von Programmen durch vielfache Zugriffsmöglichkeit und verteilte Anwendung, Verkürzung der Entscheidungs- und Berichtswege
Mitarbeiter- integration	Qualifizierung der Ausbildung der Mitarbeiter und vollständigere Anwendung ihrer Fähigkeiten
Wissensintegration	Integration des Wissensmanagements in Aufgaben der Konstruktion, der Arbeitsplanung, Fertigungssteuerung, Produktion und Qualitätssicherung
Wissenseffektivität	Steigerung der Flexibilität und Produktivität, schnellere Reaktionszeiten, schnellere Anpassung von Produkten an Kundenwünsche

Die dargestellten Anforderungen an das Wissensmanagement in der Produktion legen dar, dass Wissensmanagement eine multidimensionale Aufgabe aller Mitglieder einer Organisation darstellt. Zusammenfassend ergeben sich für die Umsetzung eines ganzheitlichen Wissensmanagement-Frameworks die folgenden Handlungsfelder.

(1) Schaffung eines ganzheitlichen Bewusstseins für die Wissensbasis

Zunächst erfordert die ganzheitliche Betrachtung die Sicherstellung des Verständnisses der Wirkungsweise der Ressource Wissen. Dies bedeutet, dass für die Erstellung des Wissensmanagement-Frameworks zunächst ein Bezugsrahmen geschaffen werden muss, der die Beziehungen aller im Unternehmen existenten Ressourcen abbildet.

(2) Bereitstellung eines unternehmensweiten Kontextes

Aufbauend darauf ist ein Unternehmenskontext bereitzustellen, der die organisationale Wissensbasis auf mehreren Spezifizierungsebenen abbildet (Abbildung 43).

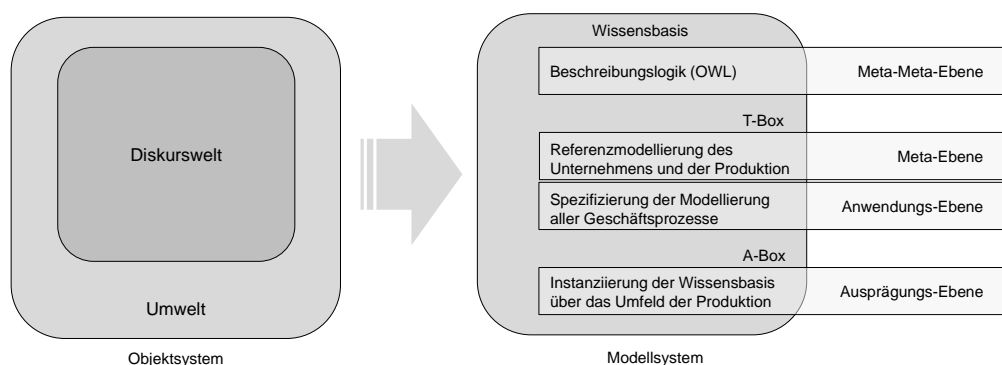


Abbildung 43: Darstellung des Unternehmenskontextes auf mehreren Ebenen

Dabei muss zunächst eine Auswahl der zu nutzenden Technologie der Wissensrepräsentation erfolgen. Dies entspricht der Ausgestaltung der Meta-Meta-Ebene. Zu diesem Zweck können daten-, informations- und wissensverarbeitende Technologien hinsichtlich der semantischen Ausdrucksstärke geordnet und entsprechend dem Anforderungsprofil ausgewählt werden. Der in Abbildung 44 gezeigte semantische Navigator klassifiziert die Verarbeitungstechnologien von unstrukturierten Daten (links) bis hin zur vollen semantischen Ausdrucksstärke der Prädikatenlogik erster Stufe (rechts).

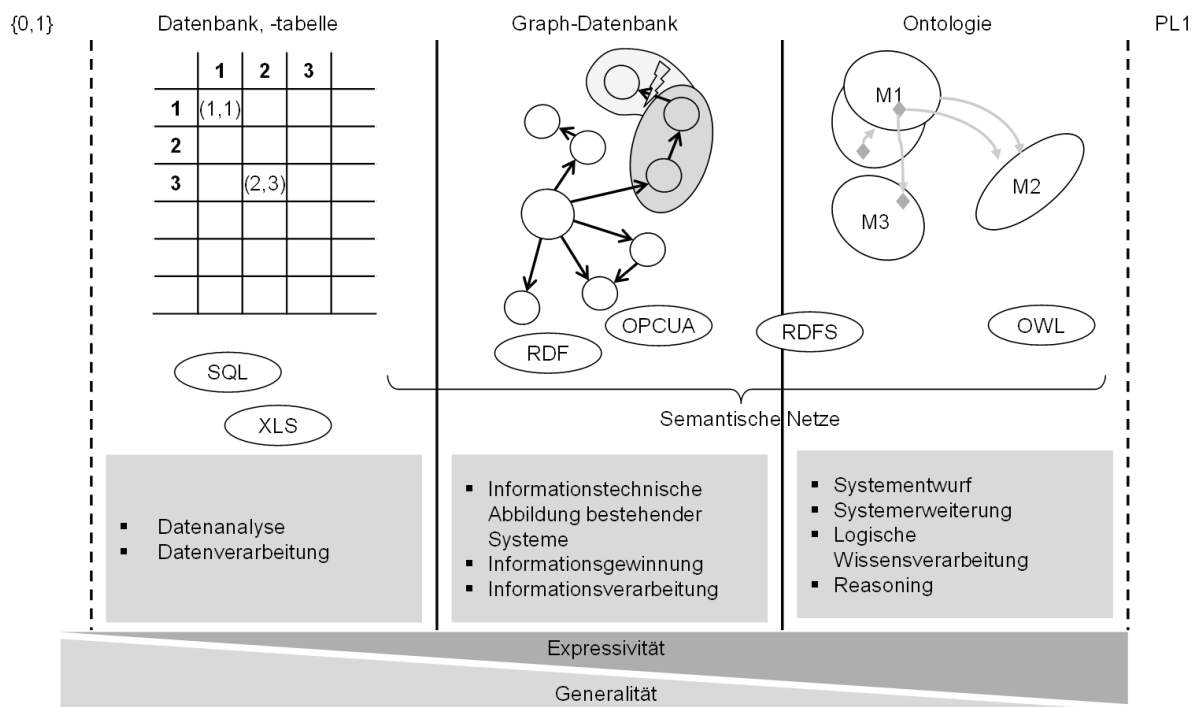


Abbildung 44: Semantischer Navigator zur Bestimmung der notwendigen Repräsentationsform

Die Ausgestaltung der Meta-Ebene erfolgt durch die Referenzmodellierung eines Unternehmens sowie der Produktion. Dieses Referenzmodell dient als unternehmensübergreifende Richtlinie der Modellierung der spezifischen Unternehmens- und Produktionsprozesse und -ressourcen in der Anwendungsebene. Schließlich erfolgt in der Ausprägungsebene die Instanziierung der organisationalen Wissensbasis.

(3) Erhöhung der Wissensverfügbarkeit durch automatisierte Wissenserfassung

Da gerade die Erfassung und Kodifizierung des im Unternehmen vorhandenen Wissens in der Wissensbasis einen sehr hohen Aufwand darstellt, muss das ganzheitliche Wissensmanagement automatisierte Lösungen zur Wissenserfassung bereitstellen.

(4) Motivation der Nutzer durch aufwandsarme, nutzerindividuelle Schnittstellen

Eine essentielle Voraussetzung für effektives Wissensmanagement ist die aktive Beteiligung aller Mitglieder einer Organisation. Dies kann nur erreicht werden, indem

diese durch entsprechende motivationale Maßnahmen zur aktiven Mitgestaltung der Wissensbasis animiert werden. Aufgrund der begrenzten Wirksamkeit extrinsischer Motivatoren [225] ist vor allem die intrinsische Motivation durch Gestaltung intuitiver, nutzerangepasster Schnittstellen zur Wissensbasis zu adressieren.

(5) Reduzierung des Suchaufwands durch automatisierte Wissensbereitstellung

Über die Gestaltung aufwandsarmer Benutzerschnittstellen kann die Effizienz des Wissensmanagement-Frameworks durch Methoden der automatisierten Wissensbereitstellung erhöht werden. So wird zudem sichergestellt, dass relevantes Wissen durch den richtigen Adressaten genutzt wird.

Als zentrales Element des Frameworks werden Ontologien genutzt, die das gemeinsame Vokabular definieren, um Wissen zu kommunizieren, zu suchen, zu speichern, anzuwenden und zu repräsentieren [226]. Das ontologiebasierte Wissensmanagement ermöglicht die Umsetzung der in Tabelle 18 dargestellten Ziele [227].

Tabelle 18: Ziele des ontologiebasierten Wissensmanagements, nach [227]

Zielstellung	Inhalt
Bildung eines Referenzvokabulars für die Produktion	Explizites Wissen als detaillierte Referenz für die Wissenssuche und die Einarbeitung in Domänen
Bereitstellung eines Klassifikationsframeworks	Unterstützung der Klassifizierung von Informationen und Vermeidung von Klassenduplikaten
Ermöglichung der Wissensweitergabe	Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses der Wissensbasis durch Formalismen, die Reasoning erlauben
Reduktion der konzeptuellen und terminologischen Mehrdeutigkeit	Bereitstellung eines Frameworks für die Vereinheitlichung der Kommunikation von Mensch und Maschine [228]
Förderung der Kommunikation	Erhöhung des Verständnisses des Vokabulars und Senkung des Nachrichtenbias
Ermöglichung der Interoperabilität	Unterstützung der Übersetzung zwischen verschiedenen Sprachen und Repräsentationen
Bereitstellung von Spezifikationen	Nutzung von Ontologien als Basis für Spezifikationen im Produkt- und Prozessdesign
Förderung der Wiederverwendbarkeit	Ontologiehierarchie zur Nutzung von Konzeptualisierungen in unterschiedlichen Kontexten
Erleichterung der Wissenssuche und -auffindung	Nutzung als Metadaten zur Indizierung von Informationsspeichern und zur Navigation durch Wissensbasen
Steigerung der Wissensakquisition	Nutzung existierender Ontologien als Ausgangsbasis für den Aufbau neuer Wissensbasen
Verbesserung der Zuverlässigkeit und Konsistenz	Nutzung der logischen Aspekte der Repräsentationssprache zum automatisierten Auffinden von Inkonsistenzen
Unterstützung der Wissensinstandhaltung	Automatisierte Systemanalyse und Dokumentation ermöglicht eine aufwandsarme Instandhaltung der Wissensbasis

4 Bezugsrahmen für die Gestaltung eines ganzheitlichen Wissensmanagementkonzepts

Im Kontext des ganzheitlichen organisationalen Wissensmanagements existiert in der Betriebswirtschaftslehre kein allgemeiner Bezugsrahmen für die Analyse von Managementproblemen [19]. Die Einordnung und Orchestrierung der Managementtätigkeiten in Bezug auf Wissensaktivitäten erfordern daher die Schaffung eines geeigneten Referenzmodells. MERTINS ET AL. stellt zu diesem Zweck den Ansatz des prozessorientierten Wissensmanagements vor, gezeigt in Abbildung 45 (links). Dabei bilden Geschäftsprozesse den grundsätzlichen Wirkungsbereich des Wissensmanagements. So müssen die Kernaktivitäten stets auf operative und wertschöpfende Prozesse ausgerichtet werden, um die Bedürfnisse interner und externer Kunden zu erfüllen. Informationstechnologie unterstützt die Kernaktivitäten der Wissensspeicherung und -verteilung und ermöglicht durch Datenanalyse die Generierung neuen Wissens. Als kritischer Erfolgsfaktor wird zudem die Unterstützung des Top- und Middle-Managements angesehen. Dies erfordert spezifische Leadership-Trainings und Change-Programme, um Manager hinsichtlich des benötigten Führungsstils zu schulen. Der Führungsstil wird durch eine entsprechende Unternehmenskultur der Offenheit, gegenseitigem Vertrauen und Toleranz gegenüber Fehlern untermauert. Spezifische Fähigkeiten der Wissensstrukturierung und -präsentation sowie Forschungsstrategien müssen durch Personalmanagementmaßnahmen entwickelt werden. Zudem erfordert die Dokumentation und Weitergabe des Mitarbeiterwissens entsprechende Anreiz- und Leistungsbewertungssysteme. Schließlich ist die Implementierung geeigneter Controlling-Werkzeuge zur zielorientierten Steuerung der Wissenserzeugung und -anwendung notwendig. [229] Das Modell betrachtet die Randbedingungen für die Gestaltung der Wissensmanagementprozesse, eine Abbildung der Beziehungen erfolgt jedoch nicht.

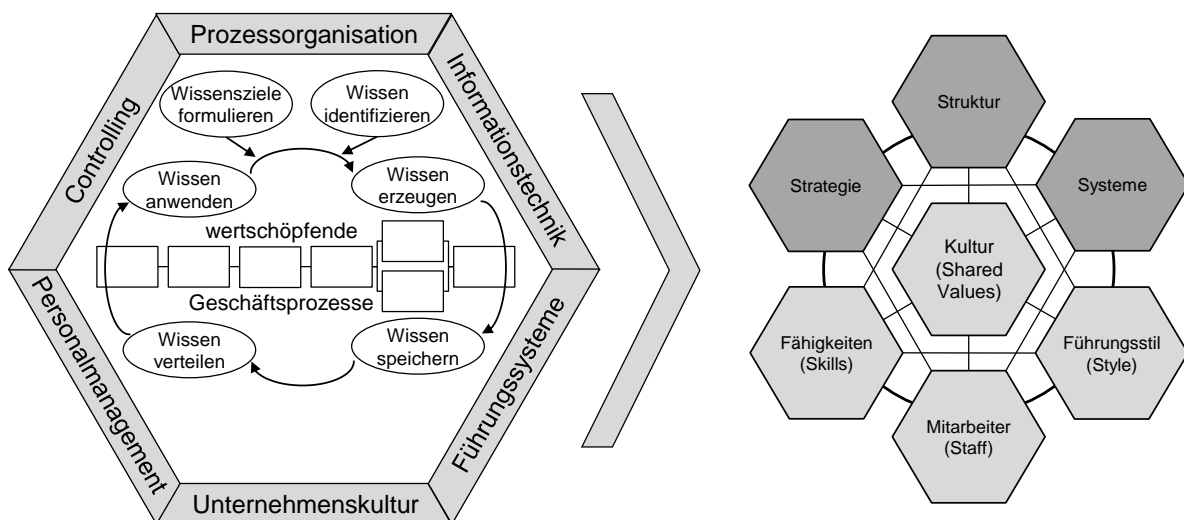


Abbildung 45: Ganzheitliche Beschreibung einer Organisation durch das prozessorientierte Wissensmanagement (links) und das 7S-Modell (rechts) [229, 12]

Das von WATERMAN, PETERS und PHILIPS entwickelte 7S-Modell stellt eine noch umfassendere, flexibel anwendbare Struktur zur Ausgestaltung und Beschreibung aller erfolgsrelevanten Dimensionen einer Organisation dar [12]. Das in Abbildung 45 (rechts) gezeigte Framework gliedert sich in 7 Kernvariablen, welche alle wesentlichen Gestaltungsfelder eines Unternehmens repräsentieren. Durch die Betrachtung der Beziehungen der Variablen verdeutlicht das Modell damit nicht nur die Ausgestaltung der Dimensionen, sondern integriert diese zu einem ganzheitlichen Beschreibungsmodell [230]. Aus diesem Grund wird das 7S-Modell als Referenzstruktur für das ganzheitliche Wissensmanagement herangezogen und im nachfolgenden näher erläutert.

4.1 Strategie

Die Strategie bildet diejenigen Tätigkeiten ab, die eine Organisation plant, um auf Änderungen des externen Umfelds, der Kunden oder der Wettbewerber zu reagieren oder diese vorauszusagen. Sie legt den Unternehmenskurs fest und zielt darauf ab, die Wettbewerbssituation zu verbessern [12]. Gleichzeitig bildet die Strategie die Grundlage der Ausgestaltung weiterer Dimensionen wie Struktur oder Systeme [231]. Im Folgenden wird daher erläutert, welche Anforderungen ganzheitliches Wissensmanagement an die Strategie einer Organisation stellt und wie diese mittels eines ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks zu begegnen sind.

4.1.1 Anforderung der Unternehmensstrategie an das Wissensmanagement

Aufgabe einer Unternehmensführung ist es im Allgemeinen, strategische Ziele zu setzen und Strategien zur Umsetzung dieser zu entwickeln. Dies erfordert die stetige kritische Reflexion des Geschäftsverständnisses. Voraussetzungen für die Entwicklung erfolgreicher Strategien sind demnach ein profundes Verständnis der Funktionsweise der Geschäftstätigkeit sowie die Sicherstellung der Konsistenz zwischen Zielen, Strategien, Geschäfts- und Organisationsprozessen, Kernkompetenzen und aller notwendigen internen und externen Wissensbestände. [232] Die Strategiefindung erfordert daher weit in der Organisation verteiltes Wissen, vor allem über Unternehmensfähigkeiten und Marktanforderungen [233]. Es beruht auf gemeinsamen mentalen Modellen, Erfahrungen sowie Wertvorstellungen verantwortlicher Führungskräfte [234]. Missverständnisse, die auf einen fehlenden gemeinsamen Hintergrund zurückzuführen sind, erschweren die Strategiefindung [235], besonders wenn Mitglieder des Strategieteam jeweils davon ausgehen, die Geschäftsrealität in ihren individuellen mentalen Modellen der realen Welt richtig abgebildet zu haben [233]. Um verzerrte oder falsche Realitätsinterpretationen zu vermeiden, können mentale Modelle durch Technologien des Systemdenkens expliziert, und dadurch konstruktiv kritisiert und systematisch verbessert werden [78].

4.1.2 Anforderungen des Wissensmanagements an die Strategie

In der Literatur herrscht dabei ein breiter Konsens über die Notwendigkeit, die Wissensmanagementstrategie an die Unternehmensstrategie zu koppeln, um nachhaltig

ökonomische Werte zu schaffen und somit wettbewerbsfähig zu werden. Zu dieser Forderung besteht jedoch in der Praxis eine große Diskrepanz, da strategische Modelle kaum an die Wissensmanagementstrategie gekoppelt werden [236]. Die Herausforderung besteht dabei in der Sichtweise des Wissensmanagements als die Strategie unterstützende Unternehmensfunktion. Dieser Denkansatz führt jedoch zum sogenannten „strategy exception error“ [237], da strategische Entscheidungen als gegeben angesehen werden und nicht der Wissensverarbeitung im Unternehmen unterliegen. FIRESTONE und MCELROY argumentieren jedoch, dass jede formulierte Strategie lediglich eine Behauptung darstellt, die sich sinnvollerweise auf die organisationale Wissensbasis stützt. Gemäß der von CHANDLER [231] beschriebenen Wichtigkeit der Strategie kann die Beziehung von Wissen zur Strategie durch *strategy follows knowledge* ausgedrückt werden. Wissensmanagement darf jedoch nicht als Wissensverarbeitung missverstanden werden, sondern muss der Strategiebildung übergeordnet die Prozesse und Ergebnisse der Wissensverarbeitung unterstützen [237].

4.1.3 Modellierung der Unternehmensstrategie

Die Umsetzung erfordert die Entwicklung eines Verständnisses der Rolle der Wissensressourcen und -prozesse in der organisationalen Unternehmensstrategie und die darauf aufbauende Entwicklung einer Wissensstrategie zur Erhaltung und Förderung dieser Ressourcen und Prozesse [238]. Zur Entwicklung einer wissensfördernden Unternehmensstrategie entwickelt MASSINGHAM die in Tabelle 19 dargestellte, fünfstufige Vorgehensweise [239].

Tabelle 19: Modell der wissensbasierten Strategieentwicklung [239]

Schritt	Tätigkeit	Beschreibung
1	Strategie klären	Entscheidung über Nutzung generischer Strategien und Einholung der Zustimmung des Top-Managements
2	Strategische Themen identifizieren	Festlegung der für die Erreichung der Strategie notwendigen Schlüsselaktivitäten
3	Wissensressourcen identifizieren	Identifizierung der Rolle der Wissensressourcen in den Schlüsselaktivitäten
4	Wissensressourcen auswerten	Bewertung der unternehmenseigenen Wissensressourcen hinsichtlich der Nutzbarkeit für die strategischen Aktivitäten
5	Wissen entscheiden	Entscheidung über Aktivitäten zur Entwicklung und Erhaltung der Wissensressourcen

4.1.4 Formulierung der Wissensmanagementstrategie

Neben der wissensbasierten Entwicklung der Unternehmensstrategie muss auch eine Strategie des Wissensmanagements selbst formuliert werden. Dazu kann in Anleh-

nung an BRECHT [240] die Methodik der Entwicklungsstufen von Strategien herangezogen werden. Dabei stellt die *Vision* die erste Entwicklungsstufe dar, in der die Formulierung der langfristigen, normativen Leitidee der weiteren Entwicklung erfolgt. Die *Mission* legt darauf aufbauend einen zentralen Handlungsrahmen sowie Hilfsmittel zur Steuerung eines Unternehmens fest und dient somit als Grundorientierung des Managements. Davon abgeleitet lassen sich konkrete, messbare *Ziele* formulieren, die mit der zu entwickelnden Strategie erfüllt werden sollen. Schließlich können *strategische Programme* entworfen werden, mithilfe deren die formulierten Ziele erreicht werden sollen. Zur Strategieentwicklung des Wissensmanagements werden nachfolgend die ersten beiden Entwicklungsstufen aufgezeigt. Auf Ziele und strategische Programme des Wissensmanagement wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen, da diese bereits in den Kapiteln 2.2.2 und 2.2.3 eingehend erläutert sind.

Vision

Aufbauend auf den in Kapitel 3.4 identifizierten Handlungsbedarf kann unter Berücksichtigung der strategischen Bedeutung sowie der einschlägigen Literatur [237, 241, 242] die folgende Vision des ganzheitlichen Wissensmanagements formuliert werden:

Ganzheitliches Wissensmanagement ermöglicht als unternehmensumfassendes Steuerungsinstrument der Wissensverarbeitungsprozesse den bestmöglichen Einsatz aller Unternehmensressourcen für den Geschäftstätigkeit, sodass der Geschäftserfolg nachhaltig optimiert wird.

Dabei lassen sich die folgenden drei zentralen Elemente der Vision des Wissensmanagements identifizieren:

unternehmensumfassendes Steuerungsinstrument

Ganzheitliches Wissensmanagement wird als unternehmensumfassende Aufgabe verstanden, die übergeordnet über Unternehmensstrukturen die Prozesse der Wissensverarbeitung ermöglicht und fördert.

bestmöglichen Einsatz aller Unternehmensressourcen

Ziel des Wissensmanagements ist die optimale Bereitstellung und Orchestrierung aller materiellen und immateriellen Unternehmensressourcen für alle wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Geschäftsprozesse.

nachhaltige Optimierung des Geschäftserfolgs

Anders als Steuerungsinstrumente, die den kurzfristigen Geschäftserfolg sicherstellen optimiert Wissensmanagement den nachhaltigen Verbleib und die langfristige Entwicklung der für den Geschäftserfolg notwendigen Wissensbasis.

Mission

Aufbauend auf die formulierte Vision wird die nachfolgende Mission festgelegt und dadurch der Gestaltungsrahmen des Wissensmanagements präzisiert:

Ganzheitliches Wissensmanagement schafft auf allen Ebenen der Organisation ein gemeinsames Verständnis für die organisationale Wissensbasis sowie die Voraussetzungen für effektive Wissensverarbeitungsprozesse. Darüber hinaus stellt Wissensmanagement geeignete Werkzeuge zum Aufbau, zur Entwicklung sowie zur Interaktion mit der Wissensbasis des Unternehmens zur Verfügung, um effektive Wissensverarbeitungsprozesse zu fördern.

Wiederum können aus der Mission wesentliche Bestandteile identifiziert werden:

Schaffung eines gemeinsamen Verständnisses

Grundvoraussetzung des Wissensmanagements ist ein unternehmensweiter Konsens über die Bedeutung des Wissens für die Geschäftstätigkeit, der mit allen Mitgliedern einer Organisation abzustimmen ist und mithilfe des Unternehmenskontextes ausgedrückt werden kann.

Voraussetzungen für effektive Wissensverarbeitungsprozesse

Wissensmanagement schafft den Rahmen für die effektive Wissensverarbeitung. Dazu müssen die in Kapitel 3.3 erläuterten Anforderungen umgesetzt werden.

Werkzeuge zum Aufbau, der Entwicklung und der Interaktion mit der Wissensbasis

Zusätzlich zu dem Gestaltungsrahmen ist es Aufgabe des Wissensmanagements, Werkzeuge bereitzustellen, mit deren Hilfe die gestellten Aufgaben umgesetzt werden können. Dazu wird ein Framework zur Einbindung von Werkzeugen geschaffen.

4.1.5 Handlungsempfehlungen für die Strategie

Die vorrangige Zielstellung dieser Dimension ist die Entwicklung einer unternehmensweiten Wissensstrategie. Die grundsätzliche strategische Rolle der Ressource Wissen wird mittels der unternehmensweiten Wissensstrategie beschrieben. Zudem beinhaltet diese eine Zielerreichungsplanung bezüglich der für das Wissen gesteckten Ziele. Ausgangspunkt der Strategieentwicklung ist die Bestimmung des gegenwärtig und zukünftig benötigten Wissenspotentials der Organisation. Darauf aufbauend sind Leitlinien bezüglich der Art der Wissensbeschaffung, -speicherung und -verwertung festzulegen, wobei auf eine Konsistenz mit bestehenden Unternehmens- und Geschäftsfeldstrategien zu achten ist. Grundlage bilden bei der Strategieplanung bestehenden Wissensressourcen, da diese Ansätze für Erfolgspotentiale der Organisation darstellen.

Die Strategie prägt als leitender Gedanke das organisationale Verständnis der Ressource Wissen. Die Anforderungen an die Wissensstrategie verkörpern dabei die in Tabelle 12 dargestellten formalen Anforderungen sowie die in Tabelle 13 erläuterten sachlichen Anforderungen an Wissensmanagementsysteme. Zudem muss die Strategie klären, wie die technischen Anforderungen aus Tabelle 15 umgesetzt werden. Angebunden an die Unternehmensziele stellt sie unter Berücksichtigung aller Interessensgruppen auch ein Budget für das Wissensmanagement zur Verfügung.

Zur Unterstützung der Entwicklung und Umsetzung der wissensorientierten Unternehmensstrategie stehen eine Reihe von Werkzeugen zur Verfügung, allen voran die Balanced Scorecard. Darüber hinaus ist auch der Einsatz von Benchmarking, Entscheidungsmatrizen, Entscheidungsunterstützungssystemen und Lessons Learned sinnvoll. Darüber hinaus kann Expert Debriefing sowie TRIZ für die Ausgestaltung der Strategie genutzt werden. Eine genaue Beschreibung dieser und aller im Folgenden genannten Wissensmanagementwerkzeuge kann [243–246] entnommen werden.

4.2 Struktur

Die Struktur einer Organisation beschreibt die Zuordnung von Aufgaben auf Stellen und schafft dadurch die Möglichkeit der Aufgabenkoordination [12]. In der Unternehmensstruktur wird die Hierarchie der Organisation festgelegt und damit personelle und fachliche Verantwortlichkeiten definiert. Ganzheitliches Wissensmanagement erfordert die Schaffung von Organisations- und Kommunikationsstrukturen, welche die Entwicklung, den Erwerb sowie die positions- und rollenübergreifende Nutzung der organisationalen Wissensbasis bestmöglich fördern [247]. Diejenigen Elemente, die eine wissensorientierte Struktur beeinflussen, sind in Abbildung 46 gezeigt.

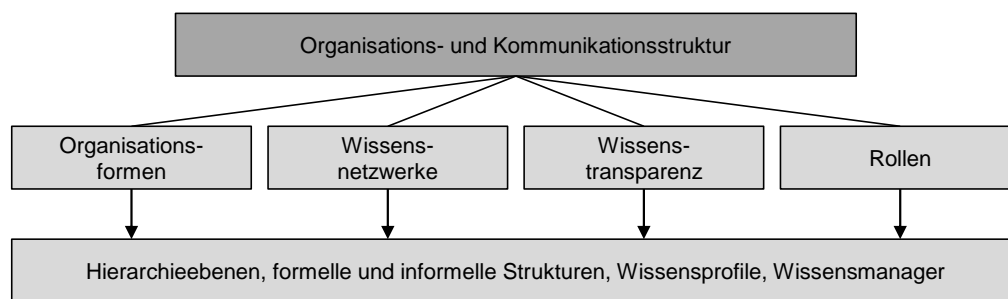


Abbildung 46: Elemente der wissensorientierten Unternehmensstruktur, nach [247]

4.2.1 Anforderungen an die Unternehmensstruktur

Die grundlegende Voraussetzung der Organisationsform ist im Wesentlichen eine leistungsfähige Kommunikationsstruktur [248]. Die aufbauorganisatorische Grundstruktur, auch als Primärorganisation bezeichnet, bestimmt die Anzahl der Leitungsbeziehungen im Liniensystem einer Organisation und legt dadurch den hierarchischen Aufbau des Unternehmens fest [249]. Aufgrund zu geringer Anpassungsfähigkeit an veränderte Unternehmenssituationen sowie eingeschränkte Reaktionsfähigkeit auf Marktveränderungen sind starre Hierarchien in wissensorientierten Organisationen zu vermeiden [9]. Zudem wirken sich flache Hierarchien positiv auf den Wissenstransfer und die Unternehmenskultur aus [249]. Aus Sicht des Wissenstransfers stellt vor allem die Matrixorganisation die bevorzugte Organisationsform dar, da Wissensflüsse beschleunigt und dadurch die Verfügbarkeit des Wissens erhöht wird [249]. Darüber hinaus dienen Organe der Sekundärorganisation als zeitliche befristete Multiplikatoren des

Wissensaufbaus [247]. Typische Organe sind dabei Lenkungs- und Steuerungsausschüsse sowie projektbezogene Arbeitsgruppen [250]. Im Hinblick auf effektive Wissensverarbeitung und -weitergabe sind Projektgruppen besonders geeignet, da sie der Realisierung komplexer und innovativer Aufgaben mit konkret definierten Zielen dienen [249]. Darüber hinaus sind auch durch Strukturen der Tertiärorganisation, wie Lernlabors, interne Kompetenzzentren, Foren, Communities of Practice sowie informelle Wissensaustauschmöglichkeiten, aufgrund der Nutzung bei der zumeist informell stattfindenden, internen Kommunikation zu fördern [251].

4.2.2 Verankerung des Wissensmanagements in der Unternehmensstruktur

Neben der wissensorientierten Gestaltung der Unternehmensstruktur ist es ebenfalls notwendig, das Wissensmanagement in dieser Struktur zu verankern. Dazu sind auf allen Hierarchieebenen Wissensmanagement-Rollen zu definieren, s. Tabelle 20.

Tabelle 20: Einordnung der Rollen des Wissensmanagements

	Ansatz von			
Hierarchieebene	Nonaka und Takeuchi [15]	Davenport und Prusak [252]	Probst et al. [9]	North [4]
Top-Management	Wissensverwalter	Chief Knowledge Officer	Chief Knowledge Officer	Visionäre, Kontextgestalter
Mittleres Management	Wissensingenieur	Manager von Wissensprojekten	Kompetenzfeldverantwortlicher, Brückenbauer, Transparenzschaffer	Wissensingenieure, Wissensunternehmer
Mitarbeiter und Linienmanager	Wissenspraktiker	Wissensorientierte Mitarbeiter im Wissensmanagement		Wissenspraktiker, Informationsbroker, Infrastrukturmanager, Supportmitarbeiter

Die gezielte Koordination und Unterstützung der Wissensmanagementaktivitäten durch wissensorientierte Rollen [9, 67], haben das Ziel, die organisationale Wissensbasis zu steuern [9] sowie die Schaffung, Verteilung und Nutzung des Wissens durch andere zu erleichtern [252]. Dabei gilt zu beachten, dass die spezifischen Rollen auf durch Software unterstützt oder sogar autonom von Software ausgeführt werden können. In Anlehnung an VÖLKER werden dazu folgende Rollen definiert [247]:

Kompetenzfeldverantwortlicher

Die Aufgabe des Kompetenzfeldverantwortlichen ist die Steuerung der organisationalen Wissensbasis. Er legt fest, welche Informationen und welches Wissen in den Unternehmenskontext aufgenommen werden und in Unternehmensentscheidungen einzubringen sind. Zudem überwacht er Neuerungen in Themenbereichen und entscheidet, ob diese von außen in den Kontext einzubringen sind.

Knowledge Broker

Die Vermittlung zwischen Trägern internen und externen Wissens und dem Wissensnutzer erfolgt durch Wissensbroker. Sie unterstützen bei Informationsanfragen und übernehmen die Suche nach bereits vorhandenem Wissen. Häufig werden auch externe Wissensbroker wie Berater oder Marktforschungsinstitute eingesetzt [9].

Transparenzschaffer

Die Integration der internen Informationssysteme zu einer technologisch aktuellen Wissensbasis ist Aufgabe des Transparenzschaffers. Die organisationale Wissensbasis soll demnach möglichst transparent und für Anwender möglichst intuitiv nutzbar sein.

Brückenbauer

Der Aufbau eines interdisziplinären Beziehungsgeflechts über starre Strukturen der Organisation hinweg ist für das Wissensmanagement von essentieller Bedeutung. Daher müssen Brückenbauer definiert werden, die als Ansprechpartner für die Vermittlung von internen und externen Kontakten fungieren.

4.2.3 Handlungsempfehlungen für die Struktur

Zur Förderung des Wissensmanagements muss die Struktur der Organisation auf die Schaffung eines Vertrauensverhältnisses zwischen allen Bereichen und Hierarchien abzielen, um lediglich wissensverarbeitende Insellösungen, zwischen denen ein mangelhafter Wissenstransfer stattfindet, zu vermeiden und einen unternehmensweiten Zugang zu vorhandenem oder neu geschaffenem Wissen in der Organisation sicherzustellen.

Wesentliche Aufgabe bei der Ausgestaltung der Struktur ist die Klärung der Verantwortlichkeit für das Wissensmanagement. Durch die organisatorische Verankerung wird sichergestellt, dass alle notwendigen Rollen des Wissensmanagements ausgefüllt werden. Zudem müssen in der Organisationsstruktur die Rechte und Pflichten der organisatorischen Einheiten hinsichtlich des Wissensmanagements festgelegt und Entscheidungsbefugnisse definiert werden. Darüber hinaus ist es Aufgabe der Struktur, formelle und informelle Räume für den Wissensaustausch zu schaffen.

Die Ausgestaltung und die Optimierung der Organisationsstruktur können durch zahlreiche Werkzeuge unterstützt werden. Zu den wichtigsten zählen Communities of Practice, Wissensnetzwerke, Wissensstrukturkarten und Yellow Pages. Des Weiteren kann die Struktur durch die Bildung von Lerngruppen und Qualitätszirkeln sowie den Einsatz von Planspielen, der Szenariotechnik und Wissensbrokern gefördert werden.

4.3 Systeme

Die Systeme einer Organisation beinhalten sämtliche Abläufe und deren Unterstützung, die für den Betrieb der Organisation notwendig sind [12]. Demnach bilden Systeme die Wirkungsstätte der organisationalen Wissensbasis, da Prozesse nur mithilfe

des notwendigen Wissens durchgeführt werden können. Die Systeme einer Organisation setzen sich aus der Ablauforganisation, den Kommunikationssystemen sowie den Problemlösungswerkzeugen zusammen [199].

4.3.1 Ablauforganisation

Ein zentrales Element der Organisation stellt die auch als Ablauforganisation bezeichnete Definition der Geschäftsprozesse dar. Zu Erstellung und Modellierung von Geschäftsprozessen können verschiedenste Techniken wie beispielsweise State-Charts, Petri-Netze und Vorgangsketten eingesetzt werden [44]. Geschäftsprozesse werden durch die Kernkompetenzen eines Unternehmens beeinflusst, die wiederum durch Geschäftsprozesse auf- und ausgebaut werden können [253]. Eine Verknüpfung zwischen Wissensmanagement und dem Management von Geschäftsprozessen wird durch das bereits eingangs diskutierte prozessorientierte Wissensmanagement gegeben. Die dabei stattfindenden Wissensprozesse dienen, wie in Abbildung 47 gezeigt, der Wissensverarbeitung und dem Wissenstransfer zwischen Geschäftsprozessen. In Abgrenzung dazu dienen Wissensmanagementprozesse auf einer Meta-Ebene dem Management der Wissensprozesse [44]. REMUS definiert diese Aufgabe als „regelmäßige Auswahl, Umsetzung und Evaluation von prozessorientierten WM-Strategien [...], mit dem Ziel, die Wissensverarbeitung in den operativen wissensintensiven Geschäftsprozessen zu unterstützen, zu verbessern und weiterzuentwickeln“ [254].

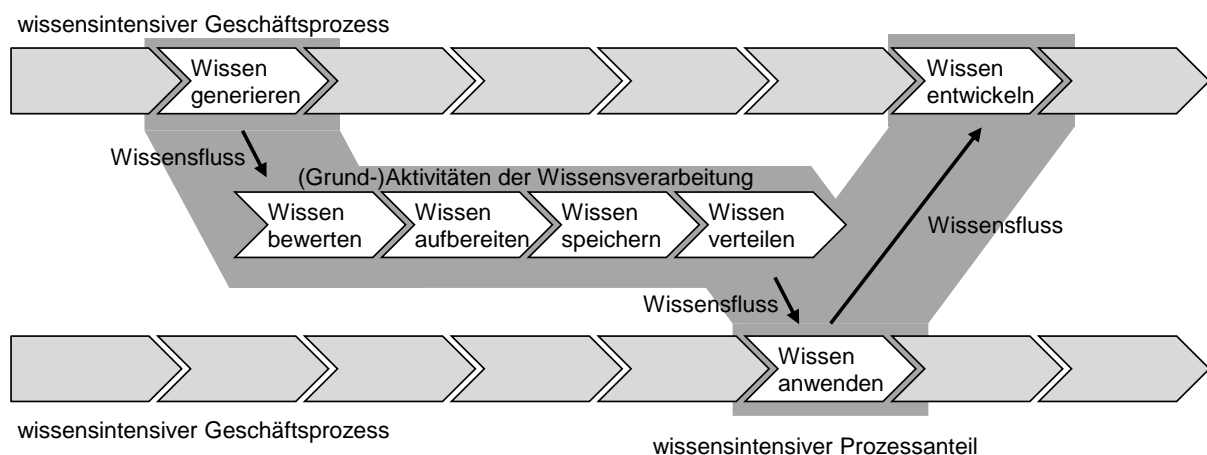


Abbildung 47: Zusammenhang zwischen Geschäftsprozessen und Wissensverarbeitung, nach [254]

4.3.2 Kommunikationssysteme

Eine Erläuterung verfügbarer Kommunikationssysteme, die im Rahmen des Wissensmanagements eingesetzt werden können, ist in Kapitel 2.3.1 zu finden. Zur optimalen Abstimmung des Einsatzes von Kommunikationssystemen sowie der Einbindung dieser in einen ganzheitlichen Unternehmenskontext ist zusätzlich zur Auswahl und Einführung eine Abbildung der Systeme im ontologiebasierten Kontext notwendig. Dazu

kann, wie bei der Erstellung des Kontextes selbst, ein Meta-Meta-Modell der Systeme erstellt werden, welches den Umgang mit den durch das System übermittelten Informationen regelt. Durch die Einbindung der Kommunikationssysteme in den Kontext ist es dann möglich, vorliegende Informationen in verschiedenen Kommunikationskanälen zu übermitteln, was wiederum den Informationsgehalt der Übermittlung erhöht (vgl. Kapitel 2.1.4). Zudem kann durch lernende Benutzerschnittstellen die für den Anwender verständlichste Form der Informationsübermittlung gewählt werden (vgl. Kapitel 3.4).

4.3.3 Problemlösungswerkzeuge

Zusätzlich zu Kommunikationssystemen muss Wissensmanagement auch methodisch durch Problemlösungswerkzeuge unterstützt werden. Die Auswahl entsprechender Methoden hinsichtlich der Aufgaben des Wissensmanagements ist Tabelle 21 zu entnehmen. Für eine Erläuterung der jeweiligen Werkzeuge sei auf [243–246] verwiesen.

Tabelle 21: Überblick über die Methoden des Wissensmanagements, nach [44]

Unterstützte Wissensprozesse	Wissensziele definieren	Wissen bewerten	Wissen identifizieren	Wissen erwerben	Wissen entwickeln	Wissen (ver)teilen	Wissen nutzen	Wissen bewahren
Klassifikation der Methoden								
Förderung des Wissensaustauschs und der Wissensnutzung								
Lessons Learned			x		x		X	x
Best Practice Sharing			x		x	X	x	
Story Telling/Learning History			X		X	X	X	x
Repräsentation von Wissen								
Wissenskarten	x		X	x	x	X	x	x
Ontologien			X			X	x	x
Prozessmodellierung			X			x	x	X
Planung								
Wissensintensitätsportfolio	X	x						
Wissensmanagementprofil	X	x						
Knowledge Asset Road Map	X							
Organisation								
Communities of Practice				x	x	X	x	
Bewertung								
Deduktiv-summarische Ansätze		X						
Induktiv-analytische Ansätze	x	X						
Benchmarking		X						

x: bedingt geeignet

X: gut geeignet

4.3.4 Handlungsempfehlungen für die Systeme

Ziel des operativen Wissensmanagements ist die Sicherstellung, dass jegliches in der Wertschöpfungskette notwendige Wissen an der richtigen Stelle der Ablauforganisation zum richtigen Zeitpunkt in der erforderlichen Art und Weise zur Verfügung steht. Dabei stehen vor allem die Prozesse im Umgang mit Wissen im Vordergrund. Durch

adäquate wissenstechnische Neuerungen und dadurch induzierte Veränderungen kann das Unternehmen in ein ganzheitliches wissensverarbeitendes System transformiert werden.

Eine wesentliche Bedingung bei der Umsetzung der Systeme ist die Ausfüllung der formalen Anforderungen an Wissensmanagementsysteme, die Tabelle 12 zu entnehmen sind. Darüber hinaus ist bei der Ausgestaltung des operativen Wissensmanagements die Prozessanbindung des Wissensmanagements an sämtliche Geschäftsprozesse zu beachten. Durch die Bereitstellung geeigneter Kommunikationskanäle sowie standardisierter Informationsprozesse können Mitarbeiter optimal untereinander sowie mit der verfügbaren Technik kooperieren und effektiv Wissensmanagement betreiben.

Zu den Werkzeugen, mit denen die Ausgestaltung wissensorientierter Systeme unterstützt werden kann, zählen unter anderem Agenten und Webcrawler, Data Mining, Data Warehouse, Dokumentenmanagement, Formulare und Checklisten und Projektdatenbanken. Darüber hinaus ist die wissensorientierte Geschäftsprozessanalyse ein effektives Werkzeug zur Auslegung von Prozessen. Durch semantische Netze und Ontologien, Taxonomien, Tagging und Suchtechnologien kann Wissens aus Wissensdatenbanken den relevanten Geschäftsprozessen zugeordnet werden.

4.4 Führungsstil

Die bisher beschriebenen Elemente der Organisation bilden die sogenannten *harten* Variablen des 7S-Modells. Daneben enthält das Modell vier weitere, weiche Variablen (Führungsstil, Mitarbeiter, Fähigkeiten, Unternehmenskultur). Der Führungsstil beschreibt die Handlungsmuster, mit denen das Management die gemeinsamen Werte in der Organisation vorlebt [12].

4.4.1 Einflussfaktoren eines wissensorientierten Führungsstils

Ein wissensorientierter Führungsstil stellt eine zentrale Grundlage für erfolgreiches Wissensmanagement dar. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Mensch als Hauptträger des organisationalen Wissens durch entsprechendes Vorleben und Führen zur Mitgestaltung der Wissensbasis animiert wird. TAKEUCHI und NONAKA [15] identifizieren Voraussetzungen zur Wissensschaffung, die als Einflussfaktoren und Zielgrößen eines entsprechenden Führungsstils angesehen werden können.

Zunächst erfordert die Wissensschaffung die *Intention*, die feste Absicht einer Organisation, definierte Ziele in Form von Organisationszielen zu erreichen. Zudem müssen Mitarbeiter mit möglichst großer *Autonomie* ausgestattet werden, da durch eigenverantwortliches Handeln die Chancen der Wissensschaffung und die Motivation gesteigert werden. Überdies hinaus erfordert ein wissensorientierter Führungsstil die Zulassung der notwendigen *Fluktuation* sowie die Förderung eines *kreativen Chaos*, welches Grundanschauungen infrage stellt und durch Konsolidierung im sozialen Umfeld neues Wissen schafft. Als weitere Voraussetzung der Wissensschaffung muss der

Führungsstil die notwendige *Redundanz* zulassen und gegebenenfalls sogar einfordern. Gemäß NONAKA und TAKEUCHI [15] beschleunigt der redundante Austausch von Informationen den Prozess der Wissensschaffung. Wie in Kapitel 2.1.4 wird dadurch auch der Informationsgehalt in der Übertragung gesteigert. Schließlich wird das Zulassen einer ausreichenden *Vielfalt* als Voraussetzung eines wissensorientierten Führungsstils angesehen. Dies ist vor allem durch die Möglichkeit der schnellen und flexiblen Kombination von Informationen gegeben, welche auf einem gleichberechtigten Zugang aller Organisationsangehörigen zu allen erforderlichen Informationen beruht.

4.4.2 Anforderungen an den Führungsstil

Aufbauend auf den Voraussetzungen der Wissensschaffung, die Zielgrößen eines wissensorientierten Führungsstils darstellen, können Anforderungen an einen entsprechenden Managementstil definiert werden. Merkmale eines Führungsstils der Wissensförderung, der sich in einer mitarbeiterzentrierten Unternehmensausrichtung widerspiegelt, sind in Anlehnung an [255–257] in Tabelle 22 aufgeführt.

Tabelle 22: Anforderungen an einen wissensorientierten Führungsstil, nach [255, 257, 256]

Merkmal	Inhalt
Systemoffenheit	Offenheit hinsichtlich des Unternehmensumfelds durch Informationsaustausch und Dialogbereitschaft, Offenheit für Anregungen und Wandel
Freiraum	Handlungsspielräume für Mitarbeiter, beispielsweise bei Entwicklung und Umsetzung eigener Lösungsalternativen auch über eigentliche Kompetenzbereiche hinaus
Offener Informations- und Kommunikationsstil	Informelle Informations- und Kommunikationskultur und -kanäle über Organisationsgrenzen und Hierarchieebenen hinweg
Konfliktbewusstsein und Risikobereitschaft	Konflikte fördern Kreativität, Innovationen sind vielfach von Fehlschlägen begleitet. Konflikte, Fehler und Misserfolge bilden die Grundlage für effektives Lernen und sollten in gewissen Maßen toleriert werden
Mitarbeiterförderung	Förderung innovativer Mitarbeiter durch Ressourcen und Aufgabenzuordnung, Rekrutierung lösungsorientierter, konfliktfähiger Mitarbeiter

4.4.3 Handlungsempfehlungen für den Führungsstil

Das Ziel eines wissensorientierten Führungsstils ist die Verankerung der unternehmensweiten Wissensausrichtung in den Unternehmensgrundsätzen und -leitbildern. Zur zielgerichteten Steuerung der Organisation werden von der Unternehmensführung Grundsätze aufgestellt, durch die alle Unternehmensbereiche auf eine gemeinsame, aufeinander abgestimmte Unternehmenspolitik ausgerichtet werden. Die Koordination und Gestaltungen der einzelnen Wissenssysteme erfordert, die Ressource Wissen explizit in den Unternehmensgrundsätzen zu verankern, um die Ganzheitlichkeit des Wissensmanagements in der Organisation durchzusetzen und die Relevanz des Wissens als Produktionsfaktor zu verdeutlichen.

Der Führungsstil sollte dabei so ausgelegt werden, dass die Mitarbeiter für die Mitgestaltung der Wissensorganisation motiviert werden, da diese eine Schlüsselrolle bei der Durchführung des Wissensmanagements einnehmen. Dies kann unter anderem durch eine Integration des Wissensmanagements in die Zielvereinbarung unterstützt werden. Wesentlich ist zudem, dass der Führungsstil die Bereitschaft, Wissen zu teilen und mitzuteilen, vorlebt und dadurch Vertrauen für den Wissensaustausch schafft. Des Weiteren ist der Führungsstil so zu gestalten, dass alle Entscheidungen nachvollziehbar und transparent getroffen und dokumentiert werden.

Zur Unterstützung der Entwicklung eines wissensorientierten Führungsstils eignen sich zunächst Best Practices. Durch Vorleben guter Praxis werden Mitarbeiter zur Umsetzung einer wissensorientierten Arbeitsweise motiviert. Zudem können Mitarbeiter durch stetiges Feedback zielgerichtet zur Wissensarbeit geführt werden. Durch die Kompetenzmessung sowie Job Redesign können Aufgaben maßgeschneidert an Mitarbeiter angepasst und diese dadurch motiviert werden. Der Einsatz von Projektlernen eignet sich besonders bei der Führung von Teams. Dabei werden ähnlich den Best Practices zielführende Arbeitsweisen herangezogen und in Projekten umgesetzt. Weitere wichtige Werkzeuge sind das Beziehungsmanagement und die Soziale-Netzwerk-Analyse.

4.5 Fähigkeiten

Fähigkeiten bilden die für eine erfolgreiche Unternehmung notwendigen Attribute ab [12]. Die Fähigkeiten der Organisation sowie ihrer Mitglieder gehen direkt in die Geschäftsprozesse ein und stellen sich als handlungsorientiertes, zum großen Teil implizites Wissen dar. Daher bedürfen Fähigkeiten einer besonderen Betrachtung.

4.5.1 Management von Fähigkeiten und Kompetenzen

Im Allgemeinen beschreiben Fähigkeiten und Kompetenzen das Können der Mitglieder einer Organisation in Bezug auf Handlungen [44]. Die Erfassung und Planung von Kompetenzen erfordert neben der Betrachtung der Verfügbarkeit die Bestimmung der Ausprägungsform, mit der die Kompetenz zum Betrachtungszeitpunkt einer Person zur Verfügung steht. Ein etabliertes Kompetenzentwicklungsmodell stellt dabei das Anfänger-Experten-Modell nach Dreyfus dar [258]. Gemäß des in Abbildung 48 dargestellten Modells erwirbt der Mensch das auf situatives Handeln bezogene Wissen (Know-how) durch Erfahrung und Übung, das Wissen ist nur begrenzt durch Regeln oder Fakten (Know-that) übertragbar. Lernen ist somit keine direkte Überführung von Know-that in Know-how, vielmehr durchläuft der Mensch bei der Kompetenzentwicklung fünf Stufen. [259] Im Gegensatz zu anderen Modellen der Fähigkeitenbeurteilung ist das Dreyfus-Modell auf einzelne Kompetenzen anwendbar und eignet sich daher für die ganzheitliche Organisationsbeschreibung im Kontext des 7S-Modells.



Abbildung 48: Ausprägungsformen von Kompetenz, nach [260]

Die den Mitgliedern immanenten Fähigkeiten können durch das Personalmanagement gesteuert und externalisiert werden. Die explizierten Fähigkeiten können wiederum in einer Datenbank referenziert und für den Einsatz in strategischen und operativen Bereichen sowie im Personalbereich genutzt werden, wie in Abbildung 49 dargestellt.

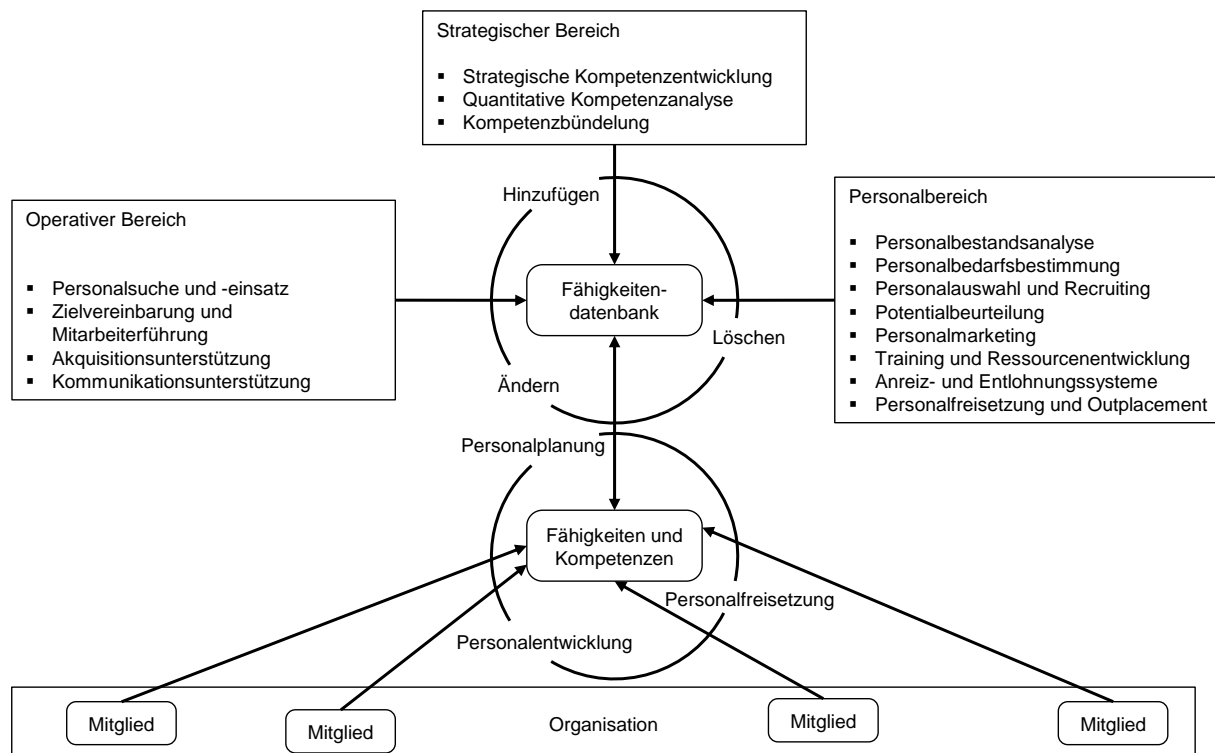


Abbildung 49: Management von Fähigkeiten und Kompetenzen, nach [44]

4.5.2 Notwendige Fähigkeiten für das Wissensmanagement

Generell sind Fähigkeiten und Kompetenzen die Ressourcen für Geschäftsprozesse. Im Kontext des Wissensmanagements, welches diese Ressourcen bereitstellen und

fordern soll, sind spezielle Fähigkeiten notwendig. Tabelle 10 zeigt individuelle Fähigkeiten, die im Umgang mit Wissen benötigt werden. Darüber hinaus bestehen Anforderungen an unterschiedliche Rollen des Wissensmanagements, wobei zwischen Wissensmanagementverantwortlichen und Wissensmitarbeitern unterschieden wird.

In der Umsetzungsphase des Wissensmanagements sind Anforderungen an WM-Verantwortliche vor allem durch konzeptionelles Arbeiten gegeben. Analytisches Denken zur Identifikation, Strukturierung und Bewertung von Wissensobjekten sowie ausgeprägte kommunikative Fähigkeiten zum Dialog mit Mitarbeitern sind Grundvoraussetzungen. Darüber hinaus erfordert die Umsetzung die Berücksichtigung von Unternehmensprozessen. Zudem sind Projektmanagement Erfahrung sowie ein Grundverständnis informationstechnischer Systeme vorteilhaft. [207]

Aufgaben der Betriebsphase wiederum sind Dienstleistung, Mentoring, Kommunikation, Motivation und Schulung. Dazu sind vor allem ausgeprägte Kommunikations- und Motivationsfähigkeiten sowie eine offene Umgangsart notwendig. Die ständige Anpassung des WM an veränderte Gegebenheiten der Produktion erfordert zudem Kritikfähigkeit und aktives Einfordern von Feedback der Anwender. [207]

Anforderungen an Mitarbeiter bestehen hauptsächlich in der Motivation, sich auf geänderte Prozesse und einen obligatorischen Wissensaustausch einzulassen. Dies erfordert Neugier, Lernbereitschaft, Fehlertoleranz und Kooperationsbereitschaft. [207] Zudem sollten Wissensarbeiter Fähigkeiten des Wissensaustauschs schulen sowie Erfahrung mit technischen Wissensmanagementwerkzeugen aufbauen [4].

4.5.3 Handlungsempfehlungen für Fähigkeiten

Das Management der Fähigkeiten hat das Ziel, die im Unternehmen und am Markt verfügbaren Fähigkeiten zu steuern und im Hinblick auf ihren wettbewerbsrelevanten Einsatz in der Organisation zu analysieren. Hierbei gilt es, einen Orientierungsrahmen für Investitions- und Mitarbeiterentscheidungen vorzugeben und eine Anforderungs- und Bewertungskonzept für den Einsatz der Fähigkeiten im Unternehmen bereitzustellen. Dabei gilt es auch zu berücksichtigen, wie die Fähigkeiten der Organisation sinnvoll durch den Einsatz von Wissenstechnik unterstützt werden kann. Voraussetzung für die Entwicklung benutzerunterstützender Systeme ist, dass das Wissensmanagement selbst theoretische und praktische Kenntnisse über die Wissenstechnik besitzt.

Die Fähigkeiten der Organisation bilden die Wissensbasis und damit den zentralen Kern des organisationalen Wissensmanagements. Das Management der Fähigkeiten hat die Aufgabe, die Fähigkeiten der Mitarbeiter und Organisationseinheiten systematisch weiterzuentwickeln. Zudem gehört die Integration von neuen Mitarbeitern und externen Wissensquellen zu den essentiellen Anforderungen an das Fähigkeitenmanagement. Eine Voraussetzung dafür ist die Bereitstellung einer einheitlichen Sprache, mit der über Fähigkeiten kommuniziert wird.

Als Werkzeuge für das Fähigkeitenmanagement eignen sich unter anderem Wissensbilanz, Wissensentwicklungskarten, Wissensträgerkarten. Darüber hinaus ist auch der Einsatz von E-Learning, Mikrolernen, Mapping-Techniken, Mikroartikeln und Serious Games für die Organisationsfähigkeiten förderlich.

4.6 Mitarbeiter

Mitarbeiter bilden die zentralen Wissensträger einer Organisation. Eigenschaften der Mitarbeiter, wie Moral, Grundhaltung, Motivation und Verhalten beeinflussen maßgeblich die Organisation als Ganzes. Die Organisation wiederum beeinflusst durch Beurteilungssysteme, Gehalt und Bildungsprogramme die Attribute der Mitarbeiter [12]. Die individuellen Fähigkeiten und Kompetenzen von Mitarbeitern können über den im vorherigen Kapitel besprochenen Faktor Fähigkeiten beschrieben werden.

4.6.1 Programme für Mitarbeiter

Ziel der Entwicklung von Mitarbeitern ist die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit, die Sicherung der Beschäftigungsfähigkeit sowie die Erhöhung von Aufstiegschancen durch Verbesserung fachlichen und handlungsorientierten Wissens [261]. In Literatur und Praxis bestehen zahlreiche Konzepte und Programme der Mitarbeiterentwicklung. Dabei sind didaktische Ansätze auf Makroebene, die sich mit der Methodik des betrieblichen Lehrens und Lernens auseinandersetzen, sowie mikrodidaktische Verfahren, die als kommunikative Lehr- und Sozialformen sowie Handlungsmuster eingesetzt werden, zu unterscheiden [262, 263].

Makrodidaktische Verfahren wie Seminare, Lehrgänge und Kurse bilden die klassischen Methoden der internen und externen betrieblichen Weiterbildung [264]. Darüber hinaus findet die Mitarbeiterentwicklung durch Wissensaustauschformen wie die Unterweisungen durch Vorgesetzte, Spezialisten oder Kollegen, Coachings, Job-Rotation und On-The-Job-Trainings, Lernwerkstätten und Qualitätszirkeln oder in Video-Konferenzen statt [264, 263]. Eine besondere Form der makrodidaktischen Lehr- und Lernverfahren stellen Blended-Learning-Kurse dar, in denen fachliches Wissen über Selbstlernmaterialien oder E-Learning-Module vermittelt wird. Der autonome Bildungsprozess wird jedoch durch Tutoren und Lernpartnerschaften begleitet, um den Lernerfolg sicherzustellen [263]. Auf mikrodidaktischer Ebene bilden Lehrvorträge, Lehrgespräche, Partnerarbeiten, Gruppenarbeit, Rollenspiele, Simulationen und Präsentationen typische Ausprägungsformen der Mitarbeiterentwicklung [263].

4.6.2 Motivation zur aktiven Mitgestaltung des Wissensmanagements

Ganzheitliches Wissensmanagement funktioniert nur durch die aktive Mitgestaltung aller Organisationsmitglieder. Diese kann nur sichergestellt werden, wenn der wahrgenommene Nutzen die Risiken und den Aufwand der aktiven Beteiligung übersteigen. Der Nutzen, der sich aus der aktiven Teilnahme am organisationalen Wissensmanagement ergibt, kann wie in Tabelle 23 dargestellt kategorisiert werden.

Tabelle 23: Anreize für die Nutzung von Wissensnetzwerken, nach [225]

Wirkungsart	Wirkungsfeld		
	sozial	organisatorisch	wissensorientiert
intrinsisch	Anerkennung Reputation Proaktive Kommunikation und Information Aufbau sozialer Beziehungen	Karrierenanreize Referenz Abbau von Kommunikationsbarrieren Vermeidung von Suchaufwand	Kooperations-Know-how Neugierde
extrinsisch	Hervorhebung aktiver Benutzer Sterne-System	Materielle Anreize	Austausch von Prozess- und Methodenwissen

Die Grundlage unternehmerischer Anreizsysteme bilden zumeist materielle Anreize. Dabei stehen finanzielle Anreize wie Arbeitsentgelt, Prämien und Gewinnbeteiligungen im Vordergrund der organisationalen Mitarbeitermotivation. Anreizsysteme adressieren in diesem Zusammenhang unterschiedliche motivationale Faktoren. Die methodischen Ansätze der finanziellen Anreizgestaltung in Bezug auf das Wissensmanagement sind in Tabelle 24 zusammengefasst [265].

Tabelle 24: Methodische Ansätze für Anreizsysteme, nach [265]

Anreizsystem	Funktionsweise
Qualifikationsbezogene Entlohnung	Durch die Honorierung von Weiterbildungen wird in Abhängigkeit der persönlichen Fähigkeiten oder Gruppenfähigkeiten die Lernbereitschaft vergütet, sodass die Beherrschung relevanter Wissensbestandteile gefördert und die Redundanz sowie die Nutzung der organisationalen Wissensbasis erhöht wird. [266]
Teilungsorientierte Entlohnung	Prämien, Incentives o.ä. bemessen sich der Teilung des Wissens, wodurch die Teilungsbereitschaft begünstigt wird. Dies erfordert ein System zur Explizierung und Bewertung von Wissen. [9, 222]
Wissenskreislauf-Prämien	Neben der Wissensteilung wird auch die Beteiligung an den weiteren Bausteinen des Wissenskreislaufs zur Bemessung von Prämien berücksichtigt. Somit basiert die Entlohnung auf einer Honorierung der Generierung, Dokumentation und Teilung des Wissens. [9]
Unternehmens-Prämien	Maßgebend für die Ausschüttung von Prämien ist der Unternehmenserfolg. Da der Unternehmenserfolg Resultat der Wissensprozesse der Organisation ist, ist eine dedizierte Bewertung von Informationen und Wissen nicht notwendig. [265]
Beteiligungsmodelle	Wissensarbeiter und -manager sind direkt am Unternehmenserfolg beteiligt, wodurch ein hohes Bewusstsein für den Faktor Wissen bei gleichzeitiger Bindung an das Unternehmen die langfristige Entwicklung der organisationalen Wissensbasis sicherstellt. [267]

4.6.3 Handlungsempfehlungen für Mitarbeiter

Interne Humanressourcen sind als kritische Erfolgsfaktoren zu betrachten. Da Wissensdefizite im operativen Bereich nicht immer kurzfristig beseitigt werden können, muss durch gezielte Steuerung der Humanressourcen der Aufbau von Wissenspotentialen gewährleistet werden.

Das strategische Management der Humanressourcen muss daher, äquivalent zum Management der Fähigkeiten, die organisationale Wissensbasis gestalten. Dabei steht die gezielte Motivation der Mitarbeiter sowie die Mitarbeiterentwicklung hinsichtlich der Wissensmanagements im Vordergrund. Neben den Mitarbeitern sind jedoch auch weitere Interessengruppen, wie Partnerunternehmen, öffentliche Förderträger, Experten sowie die Öffentlichkeit in das ganzheitliche Management der Humanressourcen mit einzubinden.

Auch für die Ausgestaltung von technischen Wissensmanagementsystemen fällt teilweise in den Aufgabenbereich des Mitarbeitermanagements. Dabei müssen die Anforderungen für die Benutzerfreundlichkeit der Systeme, wie ergonomische Mensch-Maschinen-Schnittstellen, die flexible Anpassung von Benutzerschnittstellen und die Personalisierung von Diensten durch das Management der Humanressourcen definiert und koordiniert werden.

Auch für die Unterstützung des Human Resource Managements stehen zahlreichen wissensorientierte Werkzeuge zur Verfügung. Zunächst sollten Mitarbeiter durch die Installation eines Anreizsystems zur Wissensarbeit motiviert werden. Auch Befragungen, egozentrierte Beziehungslandkarten, ethnografische Interviews und Fragebäume sowie Kompetenz-Portfolios, Lerntagebücher und Perspektivendiagramme tragen zur Optimierung der Dimension Mitarbeiter bei. Als persönliche Wissenswerkzeuge von Mitarbeitern können zudem Brainstorming, Chats, Impuls-Referate, Interessensgruppen, Networking, persönliche Kommunikation, persönliche Wissensbanken, Story Templates und Wissenstandems eingesetzt werden.

4.7 Kultur

Die Unternehmenskultur besteht aus den Konzepten, an denen sich die Organisation orientiert und welche die grundsätzlichen Ideen, auf denen die Unternehmung aufbaut, abbilden [12]. Sie ist als „Gesamtheit unternehmensbezogener Werte und Normen zu verstehen, die einen prägenden Einfluss auf das Verhalten der Mitglieder einer Unternehmung hat“ [255]. Die Bereitschaft, Wissen als zentralen Produktionsfaktor anzuerkennen, stellt einen eigenständigen Wert im Rahmen der Unternehmenskultur dar, die sich in der Wissenskultur manifestiert. Im Mittelpunkt einer erfolgreichen Unternehmenskultur steht somit die Schaffung einer wissensfördernden Organisation [257].

4.7.1 Anforderungen an die Unternehmenskultur

Die Unternehmenskultur ist die gemeinsame Denkweise und Geisteshaltung aller Organisationsmitglieder. Sie wird als Basiskonzept des organisationalen Lernens und des Auf- und Ausbaus der Wissensbasis des Unternehmens betrachtet [45]. Die Anforderung, die an eine wissensorientierte Unternehmenskultur gestellt wird, ist demnach die Erhöhung der Bereitschaft der Organisationsmitglieder, sich aktiv an der Wissensarbeit zu beteiligen, Wissen zu teilen und gemeinsam zu erarbeiten. Dazu muss die Unternehmenskultur die in Tabelle 25 dargestellten Hindernisse der Wissensarbeit beseitigen und die gezeigten Anforderungen erfüllen, um die aufgeführten Ziele einer wissensorientierten Organisationskultur zu erfüllen.

Tabelle 25: Anforderungen an eine wissensorientierte Unternehmenskultur, nach [265]

Hindernisse	Anforderungen	Ziele
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Natürliche Teilungsgrenzen ▪ Gefangenendilemma ▪ Lernbarrieren ▪ Innere Kündigung ▪ Fehlende Wissensziele ▪ Beharren auf Strukturen ▪ Informelle Machtposition ▪ Fluktuation ▪ Angst vor Sanktionen ▪ Fehlertvertuschung ▪ Verschwiegenheit ▪ Kurzzeitdenken 	Schaffung einer <ul style="list-style-type: none"> ▪ offenen ▪ fehlertoleranten ▪ veränderungswilligen ▪ kommunikativen ▪ wissensorientierten Unternehmenskultur Motivationsfördernde Maßnahmen zur Teilnahme am Wissensmanagement <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mitarbeiterorientierung ▪ Anreizsysteme 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identifikation mit dem Wissensmanagement ▪ Aufbau einer Lernkultur ▪ Bewusstsein für Informationen als Wettbewerbsfaktor ▪ Stärkung des Bewusstseins für die wissenserhaltenden Elemente des Wissenskreislaufs ▪ Reduziertes Risiko von Wissensverlusten ▪ Hohe Akzeptanz für organisatorische und technische Maßnahmen des Wissensmanagements

4.7.2 Schaffung einer Wissenskultur

Eine Anforderung des ganzheitlichen Wissensmanagements ist die Schaffung einer offenen, fehlertoleranten, veränderungswilligen, kommunikativen, wissensorientierten Unternehmenskultur. Ausgehend von den Anforderungen an wissensfördernde Werte und Normen können in Anlehnung an [268] fünf Aspekte herausgefiltert werden, die zur Schaffung der geforderten Kultur beitragen. Die Werte *Vertrauen, Zusammenarbeit, fürsorglicher Umgang mit Macht, Offenheit und Lernbereitschaft* sowie *Autonomie* legen fest, inwiefern Prozesse des Wissensmanagements unterstützt oder gehemmt werden. Tabelle 26 zeigt darauf aufbauend Maßnahmen, welche die Schaffung einer wissensorientierten Unternehmenskultur sicherstellen.

Tabelle 26: Maßnahmen zur Sicherstellung einer wissensorientierten Unternehmenskultur, nach [269]

Wissenskulturrwerte	Maßnahmen zur Gestaltung einer wissensorientierten Organisationskultur		
	Kulturträger	Kontextbedingungen	Führung
Vertrauen	<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßiger Austausch • Gemeinsame Erfahrungen • Erzeugung einer gemeinsamen Ausgangsbasis 	<ul style="list-style-type: none"> • Räumliche Nähe • Standards • Unterstützende IuK-Technologie 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbildfunktion • Reflexion unbewusster Menschenbilder der Führungskräfte
Zusammenarbeit	<ul style="list-style-type: none"> • Problemlösungsmethoden • Teamentwicklungsmaßnahmen • Weiterbildungsmaßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Kooperative Arbeitsformen • IuK-Technologien • Anreizsysteme • Inoffizielle Zusammenkünfte 	<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige (Feedback-) Gespräche • Förderung der unternehmensweiten Kooperation
Fürsorge	<ul style="list-style-type: none"> • Mentoring-/ Coaching - Programme • Bereitstellung von Ressourcen zur Qualifizierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Anreizsysteme • Mitarbeiterorientierte Organisationsmodelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige Mitarbeitergespräche • Führungskraft als Coach/ Lernbegleiter
Offenheit und Lernbereitschaft /-fähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Experten-Novizen-Dialog • Analyse von Problemlösungen und Fehlern • Vermittlung von Arbeitstechniken 	<ul style="list-style-type: none"> • Projektbasiertes Erfahrungslernen • Communities-of-Practice • Action Learning • Lessons Learned Workshops 	<ul style="list-style-type: none"> • Fehler des Monats • „Feiern“ von Projekterfolgen und -misserfolgen • Vorbildfunktion im Umgang mit Wissen
Autonomie	<ul style="list-style-type: none"> • Ausweitung des Handlungsspielraums • Personalauswahl • Kompetenzentwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstorganisierte Teams • Schaffung von Freiräumen • Partizipation bei Planung und Kontrolle 	<ul style="list-style-type: none"> • Partizipativer Führungsstil • Reflexion von Entscheidungen • Mitarbeitergespräch

4.7.3 Handlungsempfehlungen für die Wissenskultur

Das unternehmensspezifische Bewusstsein gegenüber der Ressource Wissen ist sowohl für die intraorganisationale Kommunikation als auch für die effektive Nutzung der Wissenstechnik relevant. Dies kann erreicht werden, indem eine unternehmensweit akzeptierte Grundhaltung gegenüber dem Produktionsfaktor Wissen etabliert wird.

Eine wissensfreundliche Unternehmenskultur gilt als zentralster und zugleich als am schwierigsten umzusetzender Aspekt des ganzheitlichen Wissensmanagements, da

die Kultur sehr stark von der bisherigen Entwicklung der Organisation abhängt und nur indirekt beeinflusst werden kann. Daher stellt die Kultur die Anforderung an alle anderen Dimensionen des Betrachtungsrahmens, sich ständig an der angestrebten Wissenskultur auszurichten. Zugleich kann die Wissenskultur jedoch als Messinstrument für die Qualität der Ausgestaltung der anderen Dimensionen herangezogen werden. Eine wesentliche Anforderung an die Wissenskultur ist die Etablierung einer gemeinsamen Sprache, mit der sich jeder Teil der Organisation identifizieren kann und eine effektive Kommunikation ermöglicht wird. Besonders bei internationalen Organisationen ist dabei auch eine gewisse interkulturelle Kompetenz relevant, die zeitliche Unterschiede kulturelle Abweichungen berücksichtigt.

Trotz der hauptsächlich indirekten Beeinflussbarkeit der Kultur existieren Werkzeuge, mit denen eine wissensorientierte Unternehmenskultur gefördert oder zumindest begünstigt wird. Dabei sind vor allem Unternehmensportale, Wissensmarktplätze, Newsletter, Kontaktnetze und Lernpartnerannoncen relevant. Zudem Weblogs, Geschichten und narrativer Wissenstransfer der Bildung einer Wissenskultur.

4.8 Zusammenfassung

Der vorgestellte Bezugsrahmen stellt einen ganzheitlichen Betrachtungsansatz für das organisationale Wissensmanagement zur Verfügung. Zusammen mit der in Kapitel 3.1.1 erläuterten Domäne der Produktion bildet der Bezugsrahmen, bestehend aus Strategie, Struktur, Systemen, Führungsstil, Fähigkeiten, Mitarbeitern, sowie der Unternehmenskultur die Metastrukturen eines ganzheitlichen Wissensmanagement-Frameworks für das Umfeld der industriellen Produktion. Bereits in Kapitel 2.2.2 werden die Ziele des Wissensmanagements vorgestellt. Für jede der Dimensionen der 7s kann daraus eine Zielstellung identifiziert sowie Anforderungen und unterstützende Werkzeuge zugewiesen werden. Diese sind in Tabelle 27 zusammengefasst.

Tabelle 27: Ziele, Anforderungen und Werkzeuge der Organisationsdimensionen

Dimension	Ziele	Anforderungen	Korrespondierende Werkzeuge
Strategie	Entwicklung einer unternehmensweiten Wissensstrategie	formale Anforderungen, sachliche Anforderungen, technische Anforderungen, Zieldefinition, Budget, Berücksichtigung aller Stakeholder	Balanced Scorecard, Benchmarking, Entscheidungsmatrix, Entscheidungs-Unterstützungssysteme, Expert Debriefing, Lessons Learned, Portfolio, TRIZ, Wissensmanagement-Benchmarking
Struktur	Schaffung eines Vertrauensverhältnisses zwischen allen Bereichen und Hierarchien	Organisationstruktur, Verantwortlichkeit für Wissensmanagement, Raum für Wissensaustausch	Communities of Practice, Eisenhower-Matrix, Lerngruppen, Osborn-Checklist, Planspiel, Qualitätszirkel, Szenariotechnik, Toulminkarte, Wissensbroker, Wissenskarten, Wissensnetzwerk, Wissensstrukturkarten, Yellow Pages

Dimension	Ziele	Anforderungen	Korrespondierende Werkzeuge
Systeme	Umsetzung und Realisierung der Wissensstrategien auf operativer Ebene	formale Anforderungen, Prozessanbindung, Informationsprozesse, Kommunikation	Agenten und Webcrawler, Clustering-Maschine, Data Mining, Data Warehouse, Dokumentenmanagement, Formulare und Checklisten, Groupware, Diskussionsforum, Ontologieentwicklung, Projektdatenbank, Prozessmanagement, Semantisches Netz, Social Media, Suchtechnologie, Tagging, Taxonomien, Wiki, Wissensdatenbanken, Wissensorientierte Geschäftsprozessanalyse
Führungsstil	Verankerung der unternehmensweiten Wissensorientierung in Unternehmensgrundsätzen und -leitbildern	Motivation, Vertrauen	Best Practices, Beziehungsmanagement, Feedback, Intellectual Capital messen, Job Redesign, Kompetenzmessung, Projektlernen, Soziale-Netzwerk-Analyse
Fähigkeiten	strategisches Management der Wissenstechnik	Wissensbasis, gemeinsame Sprache	Argumentationskarten, E-Learning, Ideenmanagement, Kompetenz-Agenda, Lernprojekte, Mapping-Techniken, Mikroartikel, Mikrolernen, Newsgroups, Serious Games, Wissensbilanz, Wissensentwicklungskarten, Wissensträgerkarten
Mitarbeiter	strategisches Management der Human Resources	Wissensbasis, Benutzerfreundlichkeit, Einbeziehung aller Stakeholder	Anreizsysteme, Befragung, Brainstorming, Chat, Concept Mapping, Debriefing, Denkstühle, Egozentrierte Beziehungslandkarte, Ethnografisches Interview und Fragebaum, Impuls-Referate, Interessensgruppen, Kompetenz-Portfolio, Lerntagebuch, Lexikonmethode, Minto-Pyramide, Networking, Persönliche Kommunikation, Persönliche Wissensbank, Perspektivendiagramm, Skill-Management, Story Template, Wissenstandems
Kultur	Schaffung einer wissensorientierten Unternehmenskultur	gemeinsame Sprache, interkulturelle Kompetenz	Geschichten, Intervention, Kontaktnetz, Lernpartnerannonce, Lerntagebuch, Litfaßsäulenübung, Narrativer Wissenstransfer, Newsletter, Unternehmensportal, Weblog, Wissensbestandskarten, Wissensmarktplatz, Workflow-Management

Diese Metastrukturen wiederum bilden die Grundlage des zu schaffenden Unternehmenskontextes, s. Kapitel 3.2.1 und 3.4. Die ganzheitliche Abbildung einer Organisation stellt sicher, dass bei internen Wissensmanagementprozessen keine Kommunikationsstörungen durch fehlenden oder falschen Kontext auftreten. Darüber hinaus muss es Aufgabe des Managements und insbesondere des Wissensmanagements sein, diesen Kontext über die Grenzen der Organisation hinaus zu kommunizieren und gegebenenfalls, wie in Abbildung 50 dargestellt, abzustimmen.

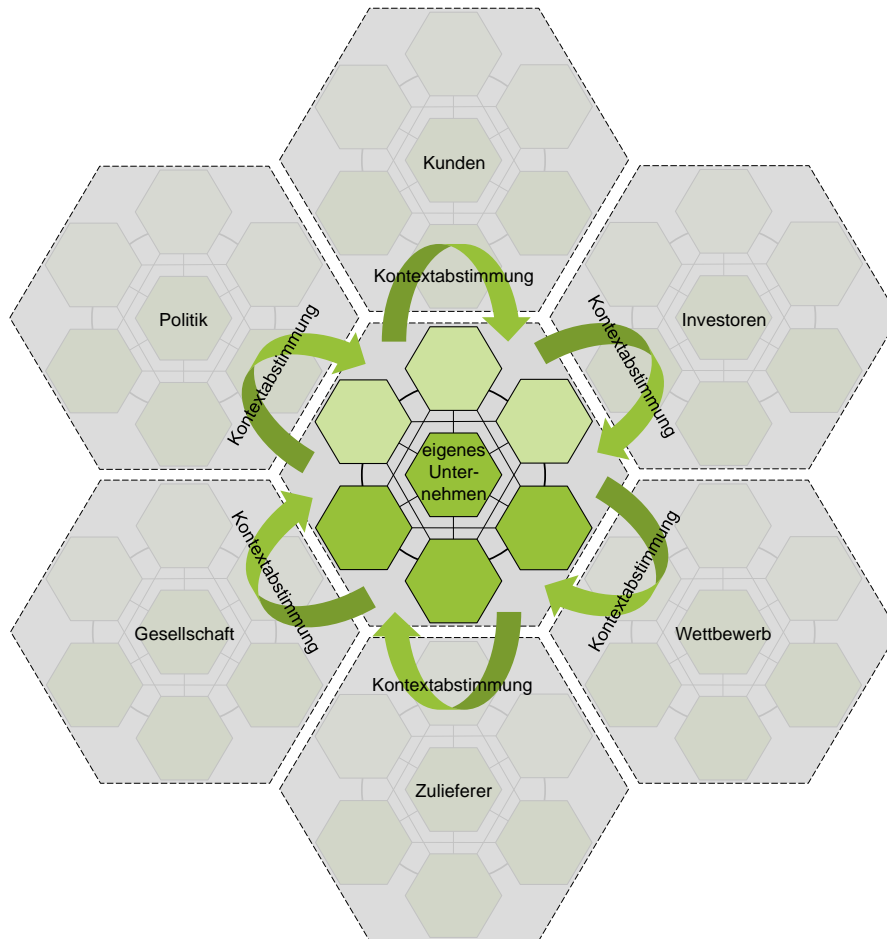


Abbildung 50: Einbindung des Unternehmenskontexts in den globalen Kontext

Die Umsetzung eines ganzheitlichen Wissensmanagements erfordert, wie gezeigt, einen Unternehmenskontext, der mit der Organisationsumwelt abgestimmt werden muss. Wie in Kapitel 2.3.4 gezeigt, eignet sich für die Repräsentation des Kontextes ein ontologiebasierter Ansatz, da Ontologien alle formalen und technischen Anforderungen erfüllen. Um den Unternehmenskontext für das Wissensmanagement nutzbar zu machen, wird ein Wissensmanagement-Framework konzipiert, welches die Randbedingungen der Kontexterstellung und -nutzung festlegt sowie die Prozesse der Entwicklung, Integration und Nutzung eines ontologiebasierten Unternehmenskontextes beinhaltet. Das Wissensmanagement wird im nachfolgenden Kapitel 5 näher erläutert. Eine Methodik zur Kontextabstimmung wird ebenfalls in Kapitel 5 vorgestellt.

5 Konzept eines ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks

Die Umsetzung des Ansatzes eines Unternehmenskontextes für das ganzheitliche Wissensmanagement erfordert Prozesse, die den Aufbau und die Erweiterung des Kontextes festlegen, die Integration in Wissensmanagementsysteme regeln sowie die Interaktion mit dem Kontext definieren. Zu diesem Zweck wird ein Wissensmanagement-Framework konzipiert, welches die notwendigen Prozesse beschreibt, um einen Unternehmenskontext erfolgreich als Wissensmanagementsystem zu implementieren. Die Vorgehensweise zur Entwicklung eines ontologiebasierten Frameworks des ganzheitlichen Wissensmanagements in der Produktion wird in diesem Kapitel methodisch abgesichert. Dazu werden zunächst Anforderungen und Randbedingungen der Modellierung sowie die Vorgehensweise zur Erstellung und Erweiterung eines ontologiebasierten Unternehmenskontextes näher beleuchtet. Darauf aufbauend erfolgt die Gestaltung der Umgebung, in welcher der Kontext Anwendung findet. Zusätzlich wird darauf eingegangen, wie ontologiebasierte Kontexte in wissensbasierte Systeme integriert werden und wie Nutzerschnittstellen zu gestalten sind. Abschließend wird auch die Einführung eines solchen Systems im Rahmen des organisationalen Wissensmanagements näher beleuchtet. Abbildung 51 zeigt den Aufbau dieses Kapitels.

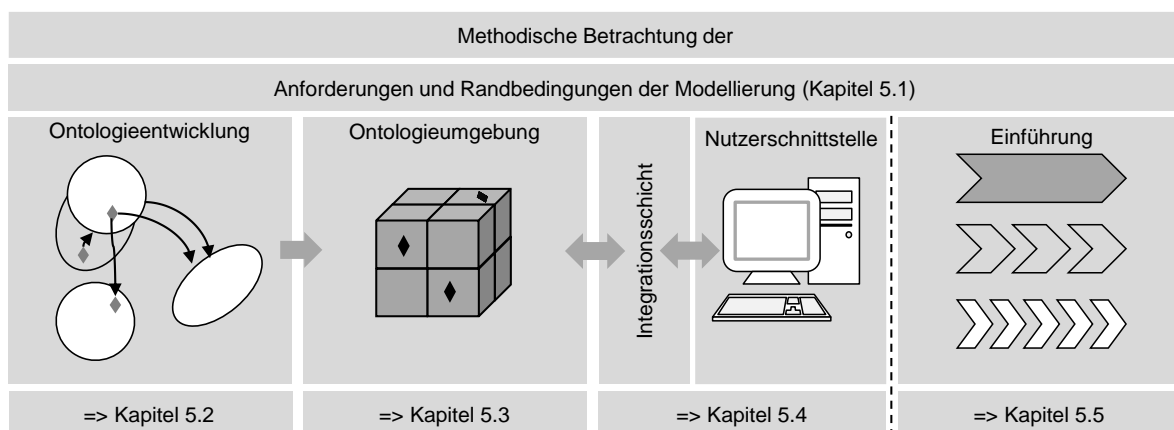


Abbildung 51: Methodik zur Konzeptualisierung eines ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks

5.1 Umsetzung der Anforderungen und Randbedingungen

Anforderungen und Randbedingungen sind von allgemeinen und modellspezifischen Merkmalen geprägt. Die Auswahl der verwendeten Modellierungssprache inklusive der darin verfügbaren semantischen Konstruktoren dient der Erfüllung dieser Anforderungen und legt gleichzeitig Randbedingungen für den eigentlichen Modellierungsprozess fest. In dem in Abbildung 43 gezeigten Models entspricht dies den Gestaltungsrichtlinien der Meta-Meta-Ebene [5]. Generell muss das Modell auf Meta-Meta-Ebene die in Kapitel 3.3 erläuterten Grundsätze der ordnungsgemäßen Modellierung erfüllen.

5.1.1 Grundsatz der Richtigkeit

Die Richtigkeit des abzubildenden Sachverhaltes muss durch das Modell sichergestellt werden. Dabei müssen die formale Richtigkeit und die semantische Richtigkeit der Abbildung unterschieden werden. Eine Ontologie als Ausprägungsform einer Beschreibungslogischen Sprache bildet Sachverhalte immer dann formal richtig ab, wenn die Entscheidbarkeit der zugrundeliegenden Repräsentationssprache gegeben ist. Die Entscheidbarkeit von Ontologiesprachen ist in Abbildung 32 gezeigt und in [96] näher erläutert. Die semantische Richtigkeit wird durch den in Kapitel 5.2 beschriebenen Modellierungsprozess bestimmt. Auf Meta-Meta-Ebene kann jedoch die Konsistenz der Abbildung sichergestellt werden. Dabei sei auf Kapitel 2.3.4 verwiesen.

5.1.2 Grundsatz der Relevanz

Der Grundsatz der Relevanz eines Modells ist dadurch gegeben, dass alle relevanten Sachverhalte abgebildet werden. Die Bestimmung der Relevanz von Modellkonzepten ist Teil des in 5.2 beschriebenen Modellierungsprozesses, wodurch indirekt sichergestellt wird, dass das entwickelte Modell alle relevanten Objekte und Relationen erfasst. Zudem sieht die Entwicklungsmethodik einen Modellentwurf nach der *Open World Assumption* vor, wodurch das Modell stets erweiterbar bleibt und an Veränderungen der Relevanz von Sachverhalten angepasst werden kann.

5.1.3 Grundsatz der Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit eines Modells ist dadurch gegeben, dass der Aufwand der Modellierung den Modellnutzen nicht übersteigt. Da das Modell ein zentrales Element des betrieblichen Wissensmanagements bildet, kann die Wirtschaftlichkeit mittels der Controlling-Funktionen der Unternehmung bestimmt werden. Die bereitgestellte Entwicklungsmethodik zielt darauf ab, den Aufwand der Modellierung durch Bereitstellung von Meta-Modellen und die Wiederverwendung bestehender Modelle zu reduzieren.

5.1.4 Grundsatz der Klarheit

Der Grundsatz der Klarheit manifestiert sich in der Verständlichkeit des Modells. Da die ontologiebasierte Modellierung auf einer gemeinsamen Konzeptualisierung beruht, ist die Klarheit des Modells per Definition gegeben. Zudem ermöglichen Ontologiesprachen die Verwendung von Reasonern, die eine Erklärungskomponente enthalten, wodurch die Verständlichkeit des Modells erhöht wird. Hierbei sei auf Kapitel 2.3.4 verwiesen.

5.1.5 Grundsatz der Vergleichbarkeit der Modelle

Aufgrund der definierten Vorgehensweise der Modellerstellung sowie der verwendeten, logischen Modellierungssprache können ontologiebasierte Modelle stets miteinander verglichen werden. Editoren für die Ontologiemodellierung bieten zudem Werkzeuge für den Vergleich von Ontologien, um beispielsweise Kontextabstimmungen vorzunehmen oder Ontologien ineinander zu integrieren [270].

5.1.6 Grundsatz des systematischen Aufbaus

Wohldefinierte Sichten und einheitliche Schnittstellen sind durch die genutzte Modellierungssprache als Ausprägungsform der Beschreibungslogik gegeben. Einschränkungen, die aufgrund der Entscheidbarkeit der Modellierungssprache getroffen werden, sind in Kapitel 2.3.4 umfassend erläutert.

5.2 Methodik der Kontextentwicklung

Ein Unternehmenskontext soll eine Organisation im Umfeld der Produktion ganzheitlich abbilden. Wie in Abbildung 43 gezeigt, erfolgt diese Abbildung auf mehreren Spezifikationsebenen. Das zu entwickelnde Wissensmanagement-Framework dient dabei auf Meta-Ebene als Referenzmodell zur Beschreibung eines Unternehmens und der Produktion. Methodische Vorgehensweisen der klassischen Ontologie-Entwicklung, beispielsweise beschrieben in [P2], eignen sich daher nur begrenzt und erfordern eine Anpassung hinsichtlich der Modellierung von Meta-Strukturen.

5.2.1 Methodik des Kontextaufbaus

Zur Modellierung des Unternehmenskontextes wird zunächst eine Vorgehensweise entwickelt, die [S1] entnommen ist und sich aus den Vorgehensweisen zur Ontologieentwicklung nach [271] und [228] zusammensetzt. Abbildung 52 zeigt schematisch die Methodik zur Erstellung von Meta-Ontologien.

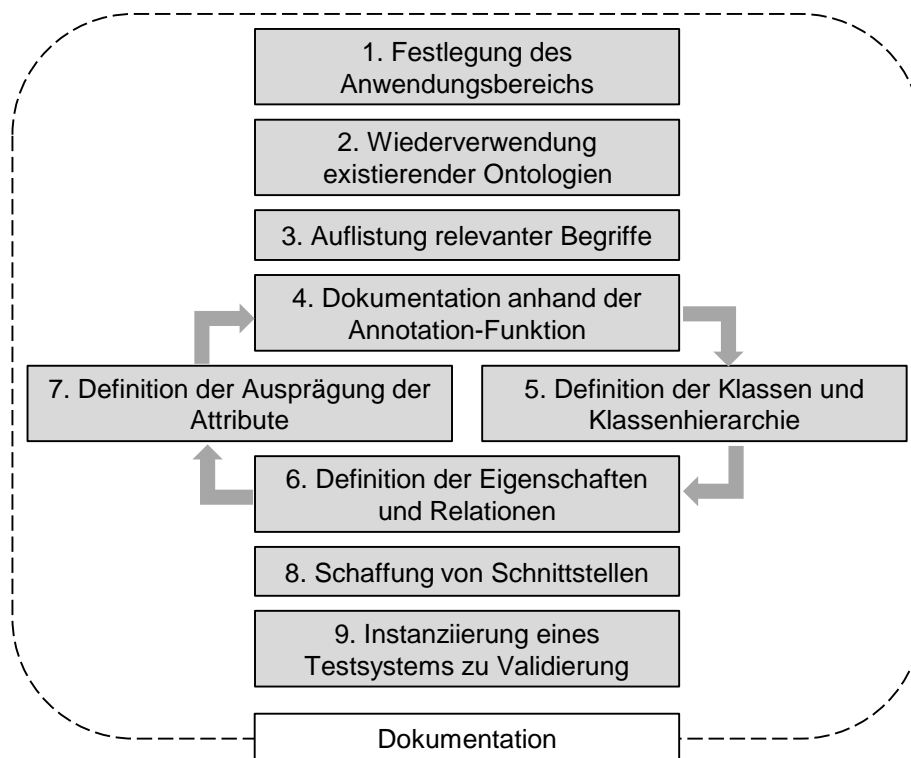


Abbildung 52: Vorgehensweise zur Erstellung von Meta-Ontologien [S1]

Festlegung des Anwendungsbereichs

Zunächst muss für die Erstellung der Ontologie der Anwendungsbereich und somit der abzubildende Ausschnitt der Domäne definiert werden. Dies inkludiert die Festlegung nicht zu modellierender Ausschnitte. Neben grundsätzlichen Fragen, die den Zweck, den Domänenumfang sowie die beteiligten Akteure identifizieren, können dazu sogenannte Kompetenzfragen eingesetzt werden, um inhaltliche Aspekte der Ontologie, wie beispielsweise die Reichweite zu konkretisieren [272].

Wiederverwendung existierender Ontologien

Aus Gründen der Aufwandsreduzierung und Fehlervermeidung ist es Ziel dieses Entwicklungsschrittes, bereits vorhandene Ontologien zu evaluieren und gegebenenfalls für die zu modellierende Ontologie heranzuziehen. Aufgrund der Aufteilung von T- und A-Box, vgl. Abbildung 43, ist dieser Schritt jedoch differenziert zu betrachten. Eine Möglichkeit der Wiederverwendung vorhandener Ontologien als Grundlage der Bildung der Meta-Ebene besteht in der Extraktion der T-Box. Einen Überblick über bestehende Ontologie-Bibliotheken geben D'AQUIN und NOY [273]. Hervorzuheben sind für die Entwicklung von Meta-Modellen die Top-Level-Ontologien *SUMO*, *OpenCyc* und *DOLCE*, die versuchen, sämtliche Bereiche der Welt in Klassen abzubilden [274].

Auflistung relevanter Begriffe

Die klassische Herangehensweise der Auflistung verfügbarer Begriffe, die aus Beschreibungen der Anwendungsdomäne, der Fachliteratur oder weiteren Dokumenten extrahiert werden können [271, 274], ist für die Modellierung auf Meta-Ebene nur begrenzt nutzbar, da sich die Begriffe auf eine Anwendungsdomäne beziehen an einen Kontext gebunden sind. Vielmehr ist es notwendig, relevante Begriffe zunächst anhand der Betrachtung auf einer kontextbezogenen Ebene zu ermitteln und in einem weiteren Schritt durch die Abstraktion von dem Kontext zu lösen.

Dokumentation anhand der Annotation-Funktion

Die Grundfrage nach Anwender und Instandhalter des ontologiebasierten Modells verdeutlicht die Wichtigkeit der Dokumentation [271]. Insbesondere vor dem Hintergrund der Verwendung und Weiterentwicklung empfiehlt sich die Dokumentation sämtlicher Überlegungen direkt bei dem entsprechenden Objekt. Besonders nicht eindeutige Entscheidungen bezüglich der Klassenhierarchisierung oder -zuordnung sind für nachfolgende Arbeiten zu dokumentieren, um mögliche Modellierungsfehler leichter zu identifizieren und Strukturen zu verbessern. Moderne Ontologieeditoren stellen dazu Annotationsfunktionen zur Verfügung. Aus diesem Grund werden im Vorfeld evaluierte Methoden [275, P2] um diesen Entwicklungsschritt erweitert.

Definition der Klassen sowie der Klassenhierarchie

Nach der Sammlung relevanter Begriffe besteht die wesentliche Aufgabe in der Auswahl der Terme, die in dem Meta-Modell als Klasse repräsentiert werden. Damit beginnt der eigentliche Prozess der Modellierung der T-Box der Wissensbasis. Entsprechend der Modellierung auf Meta-Ebene wird auf Instanziierung der Klassen verzichtet. Dadurch resultieren Vorteile, die sich bei der Zuordnung von Klassenbeziehungen sowie bei automatischem Schließen und der Formulierung von Suchanfragen manifestieren [275, 5]. Aufbauend auf die Charakterisierung der Klassen ist die Klassenhierarchie festzulegen. Dazu werden zunächst elementare Klassen identifiziert und hierarchische Strukturen innerhalb dieser Klassen festgelegt. Sukzessive werden weitere Hauptklassen definiert und strukturiert. Dabei ist darauf zu achten, dass Subklassen sämtliche charakteristischen Merkmale ihrer Superklasse teilen und zusätzlich mindestens ein weiteres, spezifizierendes Attribut aufweisen. Zudem sollte die Klassenhierarchie der Beziehung *istEin* als Baum strukturiert sein, sodass Subklassen eindeutige Oberklassen besitzen [276].

Definition von Eigenschaften und Relationen

Nach der Definition der Klassenhierarchie erfolgt in diesem Schritt die Identifikation der Eigenschaften und Relationen, mit denen die festgelegten Klassen beschrieben werden können. Diese Eigenschaften werden bei der Ontologieentwicklung in Form von *Properties* als Relationen zu anderen Klassen modelliert. Neben verbliebenen Elementen der Auflistung relevanter Begriffe können zusätzliche *Properties* modelliert werden, indem elementare Klassen hinsichtlich ihrer Eigenschaften analysiert werden.

Definition der Ausprägungen der Attribute

Zusätzlich zur Bestimmung von Klassenrelationen müssen diese durch Restriktionen näher beschrieben werden. Dazu kann die *Domain*, also der Geltungsbereich sowie die *Range*, das heißt der Wertebereich einer Relation festgelegt werden. Dabei ist stets von der allgemeinsten möglichen Klasse auszugehen, um fehlerhafte Restriktionen zu vermeiden [276].

Schaffung von Schnittstellen

Neben der direkten Weiterentwicklung innerhalb der Ontologie ist auch die Integration externer Quellen möglich. Dazu müssen entsprechende Schnittstellen definiert werden. Dabei sind Schnittstellen zur Integration von Ontologien und Schnittstellen zur Instanziierung zu unterscheiden. Zur Integration existierender Ontologien kann ein Merging-Prozess durchgeführt werden, siehe Kapitel 5.2.2. Entsprechende Informationen zur Einhaltung der Erstellungskriterien werden dabei mithilfe von Annotationen dokumentiert. Die Instanziierung kann wiederum manuell, direkt in dem verwendeten Ontologieeditor, oder durch die automatische Erzeugung von Instanzen anhand eines Extraktionsverfahrens von Informationen aus Datenblättern [277] erfolgen. Auch hierbei sind die Strukturen durch die Nutzung von Annotationen zu kennzeichnen.

Instanziierung eines Testsystems

Die ursprünglich geforderte Funktionalität des zu entwerfenden Modells kann durch die Erstellung eines Testsystems überprüft werden. Dabei wird ein fiktives Modell instanziiert, dessen Eigenschaften unter Verwendung eines Reasoners analysiert werden können. Daraus lassen sich schließlich Rückschlüsse auf die Verbesserung der Strukturen des Metamodells ziehen.

5.2.2 Methodik der Kontextabstimmung

Neben der Erstellung von Kontexten ist vor allem die Abstimmung von bereits existenten Kontexten Aufgabe des Wissensmanagements. Zu diesem Zweck wird nachfolgend eine Vorgehensweise zur Kontextanpassung bereitgestellt. Ausgehend von einer Analyse bestehender Anpassungsmöglichkeiten von Ontologien wird in [S2] in Anlehnung an [278] eine Methodik zur Ermittlung der Vorgehensweise zur Kontextanpassung entwickelt. Abbildung 53 stellt sämtliche potentiellen Anwendungsfälle zur Weiterentwicklung und teilweisen und vollständigen Verknüpfung von Ontologien aus vorhandenen Ressourcen dar.

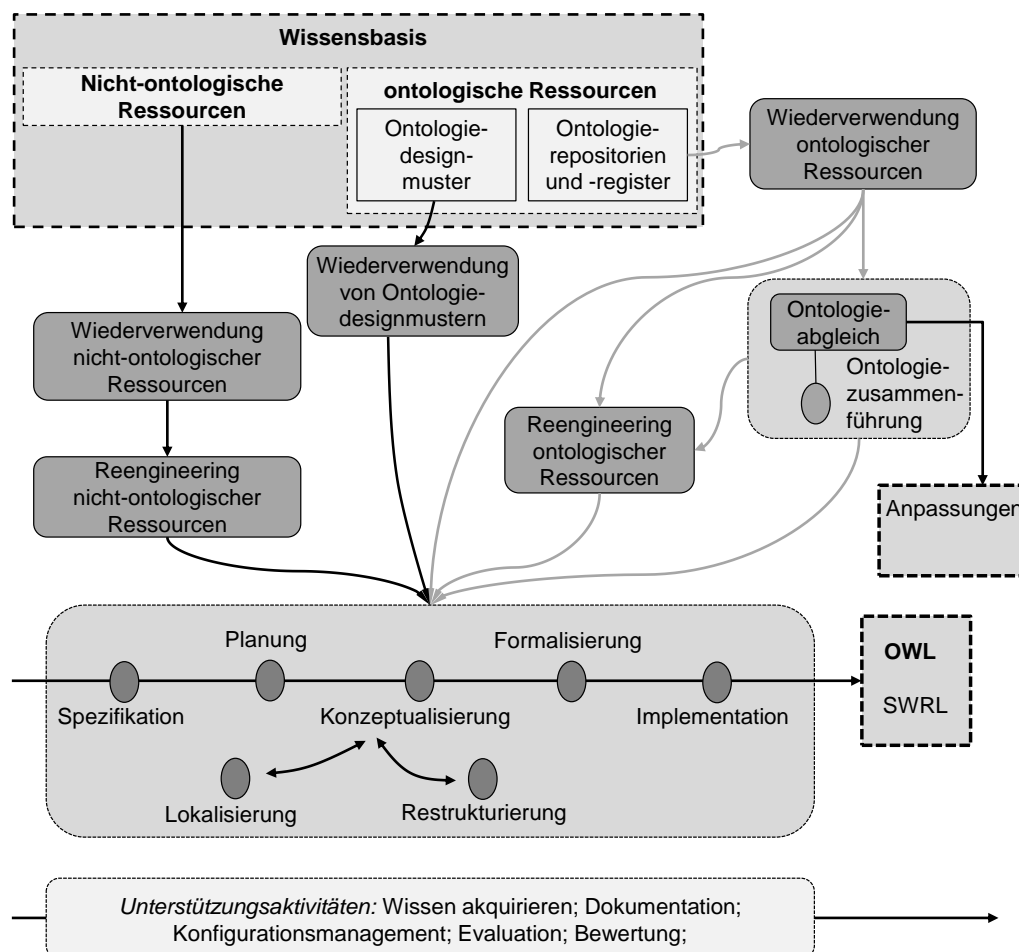


Abbildung 53: Ermittlung der Vorgehensweise zur Kontextanpassung, nach [278] und [S2]

Ausgehend von der vorliegenden Wissensbasis und dem abzustimmenden Kontext können mithilfe des Schaubilds unterschiedliche Vorgehensweisen der Kontextabstimmung ermittelt werden. Die abgeleiteten Methoden stellen sich wie folgt dar:

Re-Engineering

Der Re-Engineering-Prozess dient der Generierung und Integration von neuem, für die Ontologie erforderlichem Wissen oder der Erweiterung des Anwendungsbereichs. Auch die Anwendung einer bestehenden Ontologie für vollständig neue Aufgabenbereiche ist denkbar. Ausgangspunkt des Re-Engineerings ist im Gegensatz zur Kombination von Ontologien stets eine einzige Ontologie, wobei die Wiederverwendung eine Reduzierung des Arbeitsaufwandes der Erstellung der Zielontologie anstrebt [271].

Refinement

Anders als beim Re-Engineering besteht der Bedarf bei dem Refinement nicht in der Veränderung oder Erweiterung des Einsatzbereichs, sondern in einer Überarbeitung oder Erweiterung der inhaltlichen oder semantischen Ebene. Die Werkzeuge des Refinements decken sich zu großen Teilen mit Re-Engineering-Werkzeugen. Ausgangsbasis für einen Refinement-Prozess stellt oftmals eine zuvor angefertigte Evaluation der zu erweiternden bzw. zu verbessernden Ontologie dar. [279]

Abgleich von Ontologien (Aligning)

Dieses Verfahren dient der Angleichung von mindestens zwei Ontologien ähnlichen Inhalts. Dazu werden zunächst durch Artikulation die Verbindungsstelle(n) zwischen Ontologien beschrieben. Anschließend erfolgt der eigentliche Angleichungsprozess. Nach Abschluss des Prozesses sind die Ausgangsontologien konsistent und sowohl gemeinsam als auch unabhängig voneinander nutzbar. [S2]

Vereinigen von Ontologien (Merging, Integrating)

Zunächst werden durch Zuordnung (Mapping, Matching) von Äquivalenzrelationen ähnliche Konzepte oder Relationen aus verschiedenen Ontologien in Beziehung gesetzt, wodurch eine virtuelle Integration entsteht [280]. Darauf aufbauend kann der eigentliche Merge- oder Integrations-Prozess durchgeführt werden, der zwei oder mehr Ontologien zu einer gemeinsamen, neuen Ontologie zusammenführt [S2].

Die unterschiedlichen Prozesse dienen der Kontextanpassung mit unterschiedlichen Ausgangssituationen. In den Prozessen werden weitere Vorgehensweisen, wie die Übersetzung von Ontologien, bei der eine Ontologie bei gleichbleibender Semantik in eine andere Repräsentationssprache überführt wird, und dem Import von Referenzontologien, bei dem auf allgemeine Konzepte und Relationen von Fundamentalontologie zurückgegriffen wird, ohne dass Veränderungen an Bestandteilen der importierten Ontologie durchgeführt werden, eingesetzt. Die Prozessabläufe sind detailliert in [S2] besprochen und dargestellt.

5.3 Gestaltung der Umgebung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks

Nach der Gestaltung der Methodik der Ontologieentwicklung wird eine Vorgehensweise zum Entwurf der Umgebung, in der die Ontologie eingebettet ist, zur Verfügung gestellt. Die vorgestellte Methodik ist [S3] entnommen und in Abbildung 54 dargestellt. Die Anforderungen und Randbedingungen an die Meta-Meta-Ebene sind in Kapitel 5.1 umfassend erläutert. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden vorhandene Implementierungen von Ontologien, Expertensystemen, semantischen Softwaretools und weitere Modelle des ontologiegestützten Wissensmanagements genutzt. Dabei werden bestehende Fachliteratur, Publikationen, Implementierung und Modelle von Softwarewerkzeugen nach qualitativen Gesichtspunkten untersucht und ausgewählt. Diese werden daraufhin analysiert und in ihre kleinsten und in sich abgeschlossenen Module zerlegt.

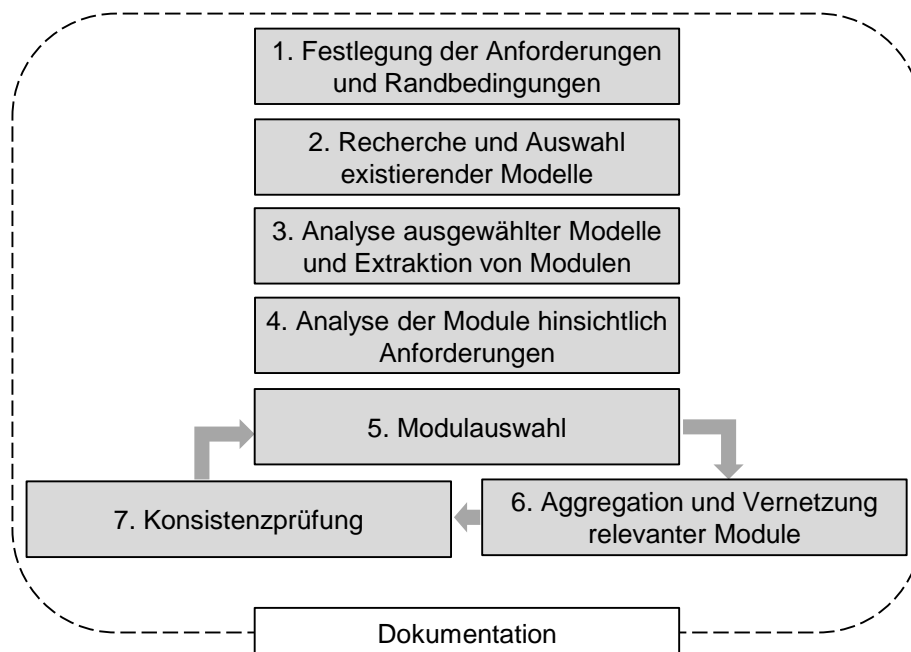


Abbildung 54: Vorgehensweise zur Gestaltung der Umgebung, nach [S3]

Unter Einhaltung der in Kapitel 5.1 diskutierten Randbedingungen werden die resultierenden Bausteine schließlich hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit analysiert, geprüft, aggregiert und neu vernetzt. Das neu gebildete Framework setzt sich dabei aus der größten Schnittmenge der ausgewählten Modelle zusammen und stellt schließlich die Umgebung des im vorhergehenden Schritt modellierten Unternehmenskontext dar.

5.4 Gestaltung von Integrationsschicht und Nutzerschnittstellen

Die Integrationsschicht bildet den systemischen Rahmen, in den das Wissensmanagement-Framework eingebettet wird. Die Gestaltung der Integrationsschicht orientiert

sich an der in Abbildung 24 gezeigten Aufbau von Wissensmanagementsystemen. Aufgabe der Gestaltung der Integrationsschicht ist demnach die Festlegung der Schnittstellen zu Infrastrukturdiensten, wie beispielsweise Datenspeichern, sowie die Definition der ansetzenden Wissensdienste. Die Nutzerschnittstelle wiederum stellt den zentralen Ansatzpunkt zur Steuerung des an den Menschen gebundenen, impliziten Wissens dar. Sie setzt sich gemäß Abbildung 24 aus Zugriffsdiensten und Personalisierungsdiensten zusammen. Je intuitiver die Schnittstelle gestaltet ist, desto leichter kann das implizite Wissen des Benutzers erfasst und als kodifizierte Information im Unternehmenskontext gespeichert werden. Zudem stellt, wie in Kapitel 4.6.2 erläutert, eine geeignete Nutzerschnittstelle eine entscheidende motivationale Voraussetzung für die aktive Mitwirkung der Mitarbeiter am organisationalen Wissensmanagement dar. Aus diesem Grund ist der Gestaltung der Nutzerschnittstelle ein hoher Stellenwert beizumessen und diese methodisch abzusichern. Die Grundlage der methodischen Gestaltung bildet dabei die DIN EN ISO 9241, welche ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten festlegt. Darin werden 33 Kriterien aufgeführt, die die Bewertung von Software nach Gestaltungsrichtlinien und Benutzerfreundlichkeit ermöglichen. Der Prozess der Gestaltung gliedert sich dabei in die folgenden Vorgehensschritte [281]:

Verstehen und Beschreiben des Nutzungskontexts

Ziel der Schnittstellenentwicklung ist es, den Nutzer durch das Design bestmöglich bei seinen Arbeitsaufgaben zu unterstützen. Dazu sind zunächst die Benutzer und sonstige Interessengruppen zu identifizieren sowie deren Merkmale, wie Kenntnisse, Fähigkeiten, Gewohnheiten und Vorlieben, zu erfassen. Anschließend erfolgt eine Beschreibung der Ziele und Arbeitsaufgaben der Benutzer. Aufbauend darauf kann gemäß [281] die Umgebung des Systems beschrieben werden. [281] Da dies jedoch bereits durch den in Kapitel 4 beschriebenen Bezugsrahmen erfolgt, wird an dieser Stelle auf die Beschreibung der Systemumgebung verzichtet.

Spezifizieren der Nutzungsanforderungen

Basierend auf der Identifizierung der Aufgabenspektren und persönlichen Merkmale der Benutzer können deren Erfordernisse identifiziert und Nutzeranforderungen abgeleitet werden. Die Spezifikation der Anforderungen ist dabei so abzufassen, dass eine nachfolgende Prüfung durch die relevanten Stakeholder ermöglicht wird, die Anforderungen widerspruchsfrei sind und aktualisiert werden können, sobald dies innerhalb der Projektdauer notwendig ist. [281] Für die Spezifikation der Nutzeranforderungen werden im Rahmen dieser Arbeit die in Kapitel 3.3 festgelegten, allgemeinen Anforderungen an das Wissensmanagement herangezogen. Diese sind bei der Einführung des Frameworks an die jeweiligen Gegebenheiten der Organisation anzupassen und mit entsprechenden Stakeholdern abzustimmen.

Entwerfen der Gestaltungslösungen

Der Entwurf der Gestaltungslösung beinhaltet zunächst die Festlegung der Benutzeraufgaben sowie die Definition der damit verbundenen Mensch-System-Interaktion. Daran anschließend kann eine Nutzerschnittstelle entworfen werden, die diese Interaktionsmöglichkeiten hinsichtlich der zuvor festgelegten Nutzeranforderungen umsetzt. Durch simulative oder modellbasierte Unterstützung können Designentwürfe durch potentielle Benutzer evaluiert und so konkretisiert werden. Abschließend wird die festgelegte Gestaltungslösung implementiert. [281]

Testen und Bewerten der Gestaltung

Die Bewertung der umgesetzten Gestaltung dient der Sicherstellung der Funktionalität und Ergonomie der bereitgestellten Benutzerschnittstelle. Sie umfasst das Zuweisen von Ressourcen und die Planung von menschenzentrierten Evaluationen, die Durchführung einer umfassend hinreichenden Prüfung, die Analyse der Ergebnisse und das Ableiten von Verbesserungsvorschlägen sowie schließlich die Umsetzung dieser Vorschläge. [281]

5.5 Methodik zur Einführung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks

Die Einführung des Wissensmanagement-Frameworks erfordert zunächst die Sicherstellung geeigneter Randbedingungen, die einen effektiven Wissensaustausch in der Organisation ermöglichen. Daher werden im Folgenden Erfolgsfaktoren, die die Umsetzung des Frameworks begünstigen, näher erläutert. Anschließend wird eine Methodik zur Einführung des Frameworks in Organisationen aufgezeigt und besprochen.

5.5.1 Erfolgsfaktoren

Die Ressource Wissen ist eine der wichtigsten Triebkräfte für den Unternehmenserfolg, jedoch ist die Messung des wirtschaftlichen Erfolgs von Wissen im Gegensatz zu materiellen Ressourcen nur schwer möglich [84, 44]. In der wissenschaftlichen Diskussion lassen sich dennoch Faktoren für erfolgreiches Wissensmanagement identifizieren, welche für eine Ausschöpfung des Erfolgspotentials einer Organisation notwendig sind [282]. Die wesentlichen Erfolgsfaktoren des Wissensmanagements sind [84] entnommen und werden nachfolgend erläutert.

Kopplung an wirtschaftliche Ziele

Wissensmanagement erfordert finanzielle Ressourcen und sollte dadurch im Kontext der wirtschaftlichen Ziele eines Unternehmens verstanden werden [84, 44]. Zur Abbildung der ökonomischen Kausalität der Wissensmanagementaktivitäten ist zudem ein Wissenscontrolling notwendig, welches die Zielsetzung und Zielbewertung überprüft und den finanziellen Aufwendungen gegenüberstellt [51].

Technische und organisatorische Unterstützung

Eine zentrale Rolle des Wissensmanagement Informations- und Kommunikationstechnologien ein, welche zur Sicherung und Bewahrung von Wissen beitragen, dabei jedoch zumeist nur eine unterstützende Aufgabe übernehmen. Daneben erfordert die erfolgreiche Einführung von Wissensmanagement eine umfassende organisationale Unterstützung, welche neben monetären Aufwendungen mit einer Neustrukturierung der Organisation und Festlegung der Wissensmanagementpositionen einhergeht [283, 44, 51, 282].

Effektive, flexible Wissensstruktur

Die Wissensselemente und Informationen innerhalb eines Wissensmanagementprojektes erfordern eine effektive Struktur, um innerhalb dieser Menge zweckorientiert und sachbezogen navigieren und nach relevantem Wissen suchen zu können. Diese Struktur muss einerseits die erforderliche Stabilität bieten, um darin effizient navigieren zu können. Zum anderen muss die Struktur flexibel genug sein, um mit der dynamischen Prozessstruktur des Wissens umgehen zu können. Infolgedessen erfordert die Struktur eine fixe Metastruktur, die koordinativen Zusammenhänge der Strukturebenen müssen jedoch ständig revidiert werden [84, 44, 51].

Wissensorientierte Unternehmenskultur

Eine wissensorientierte Unternehmenskultur ist für erfolgreiche Wissensmanagementinitiative von entscheidender Relevanz. Eine offene und kommunikative Grundeinstellung fördert die positive Haltung gegenüber dem Wissen, welche Grundvoraussetzung für die Identifikation, die Schaffung und den Erwerb sowie das Teilen des Wissens sind. Über die Förderung von Wissensaktivitäten hinaus ist auch eine Anpassung der Unternehmensstruktur notwendig, um Wissensbarrieren abzubauen [84, 284].

Klar verständliche Ziele und Sprache

Information sind, wie in 0 dargestellt, kontextabhängig und erfordern eine individuelle Interpretation. Für ein unternehmensweites Wissensmanagement ist daher eine klare Definition von Begriffen erforderlich, um einen effektiven Austausch zu gewährleisten. Zudem ist die klare Abgrenzung der Organisationsvision notwendig, von der sich Unternehmensziele ableiten und damit direkten Einfluss auf das Wissensmanagement nehmen [84, 44, 51].

Angemessene motivationale Unterstützung

Neben der Bereitstellung einer geeigneten technischen und organisatorischen Infrastruktur erfordert Wissensmanagement grundsätzlich eine entsprechende Motivation der Mitarbeiter, damit diese ihr Wissen teilen und weiterentwickeln und somit eine effiziente Nutzung der Infrastruktur zu garantieren. Dabei sollten vor allem immaterielle Anreize wie wissensstimulierend wirkende Gruppenaktivitäten und Fortbildungsmöglichkeiten für Wissensteiler angeboten werden [285, 282].

Multiple Kanäle des Wissensaustauschs

Wie bereits in Kapitel 2.1.4 erläutert, führt Redundanz und das Angebot mehrerer Kanäle des Informationsaustauschs zu einem höheren Informationsgehalt und zu einer höheren Wahrscheinlichkeit der Verbreitung. Mithilfe von multiplen Kanälen, die sowohl auf technischer als auf persönlicher Ebene angesiedelt sind, kann Wissen effizient in der Organisation ge- und verteilt werden [84, 44, 51].

Unterstützung durch das Topmanagement

Die erfolgreiche Umsetzung des organisationalen Wissensmanagements erfordert nicht nur die Unterstützung der Unternehmensführung, das Topmanagement sollte die Ziele und Aufgaben des Wissensmanagementprojektes klar kommunizieren und als Vorbild bei der Umsetzung dienen. Das aktive Engagement der Führungsebene stärkt und prägt eine wissensorientierte Unternehmenskultur und reduziert Wissensbarrieren unter den Mitarbeitern [44, 286, 282].

5.5.2 Einführungsstrategie des Frameworks

Die Umsetzung eines nachhaltigen, ganzheitlichen Wissensmanagementkonzepts erfordert einen umfassenden Entwicklungs- und Veränderungsprozess der Organisation einschließlich der darin tätigen Mitarbeiter [265]. Die dabei notwendige Organisationsentwicklung hat einschneidende, umfassende Umstrukturierungen inklusive einer Veränderung der Organisationsphilosophie zur Folge [287]. Die Durchführung der Organisationsentwicklung gliedert sich nach [288] in folgende Schritte:

- Diagnose der Ausgangssituation und Formulierung einer Meta-Strategie durch das Top-Management
- Beurteilung der gegenwärtigen und Entwurf einer zukünftigen Betriebsstruktur und -kultur
- Konzeption von Durchführungsplänen und Durchführung
- Konzeption und Durchführung stabilisierender Personalmaßnahmen

Die Einführungsstrategie fordert einen Wandel im Wertgefüge der Organisation, der bereits in einer frühen Phase der Einführung eines Wissensmanagementsystems erfolgt [289]. Die Entwicklung hin zu einer wissensorientierten Organisation erfordert zudem eine strategische Planung, die neben der Festlegung von Wissenszielen und der Analyse von Wissenslücken auch organisatorische und technische Maßnahmen definiert [265]. Eine kritische Anforderung an die Organisationsveränderung stellt die Einbeziehung aller Organisationsmitglieder dar [288]. Die möglichst frühe Einbeziehung von Mitarbeitern und der Aufbau von Anreizsystemen verringern Widerstände und tragen zu einer effizienteren Umsetzung bei. Aufbauend darauf erfolgt abschließend die Umsetzung des technischen Konzeptes. Die Vorgehensweise, die sich an [265] anlehnt, ist in Abbildung 55 dargestellt.

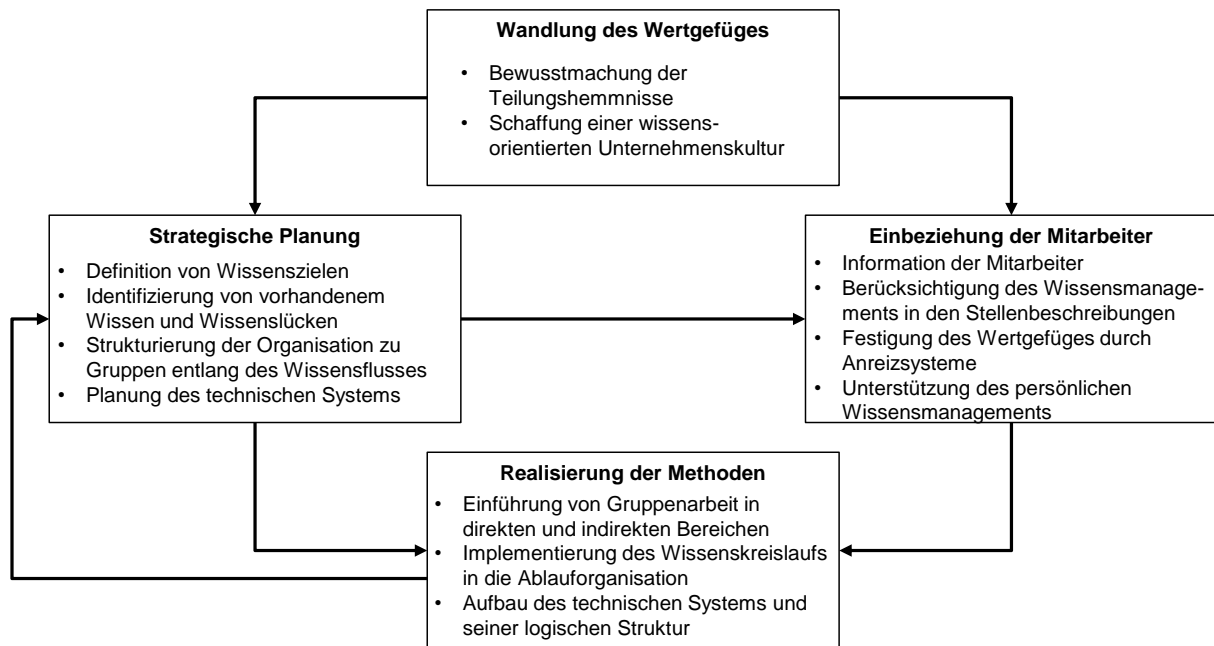


Abbildung 55: Strategie für die Einführung von Wissensmanagementsystemen, nach [265]

6 Modell des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks

Nach der Entwicklung der Methodik zur Konzeptualisierung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks im vorherigen Kapitel 5 findet diese bei der Modellierung des Frameworks Anwendung. Zunächst werden dazu die entwickelten Meta-Strukturen der Organisationsbeschreibung vorgestellt. Anschließend erfolgt die Modellierung des Kontextes des Produktionsumfelds, der mit den Meta-Strukturen des Organisationsmodells beschrieben werden soll.

6.1 Modellierung der Unternehmensstrategie

Aufbauend auf die Beschreibung der Anforderungen und Inhalte der Unternehmensstrategie wird ein Meta-Modell entwickelt, welches die relevanten Konzepte und Beziehungen der Strategie abbildet. Diese Konzepte werden gemäß der in Kapitel 5.2.1 vorgestellten Vorgehensweise identifiziert und in Ontologie in Relation gebracht. Das Metamodell dient dazu, Instanzen der Unternehmensstrategie mit dem ganzheitlichen Unternehmenskontext in Beziehung zu setzen. Das Modell baut auf die in [290] vorgestellten Metastrukturen auf und ist in Abbildung 56 gezeigt.

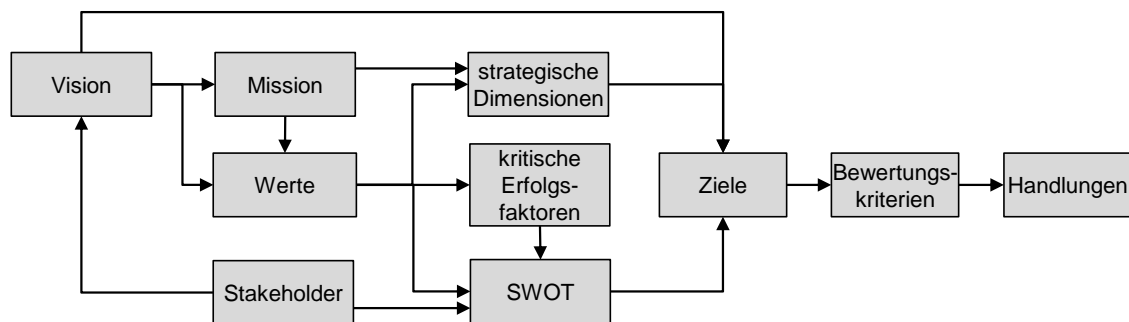


Abbildung 56: Ontologische Beschreibung der Unternehmensstrategie, nach [290]

Gemäß [240] kann die generelle Unternehmensstrategie zunächst als Vision ausgedrückt werden. Diese wiederum kann in der Mission spezifiziert werden und formt zugleich die Werte, auf die sich die Organisation stützt. Die Mission spezifiziert die formulierten Werte und legt gleichzeitig strategische Dimensionen fest, an denen sich die Organisation orientiert. Die Werte der Organisation üben ebenfalls Einfluss auf die strategischen Dimensionen aus und legen die für die Unternehmung kritischen Erfolgsfaktoren fest. Werte und Erfolgsfaktoren bilden die Grundlage zur Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT), die im Zusammenhang der Organisation bestehen. Beeinflusst werden diese auch durch die Stakeholder der Unternehmung, die gleichzeitig die Vision formen. Schließlich können aus der Vision, den strategischen Dimensionen sowie der SWOT-Analyse Unternehmensziele abgeleitet werden, die unter der Nutzung von Bewertungskriterien gemäß des PDCA-Zyklus in Handlungen überführt werden können [240].

Abbildung 57 stellt die Verknüpfung der Unternehmensstrategie zur organisationalen Wissensbasis dar. Die in der Strategie festgelegten Handlungen und strategischen Programme sind auf Grundlage der bestehenden Wissensbasis der Organisation durchzuführen, was als Wissens-Strategie-Beziehung bezeichnet wird. Bekannten künftigen Herausforderungen kann nur durch die Entwicklung neuer Strategien begegnet werden, die wiederum die Entwicklung der Wissensbasis erfordern, um die entstehende Wissenslücke zu schließen (Strategie-Wissens-Beziehung) [44]. Wie aus Abbildung 57 ersichtlich ist, kann sowohl die gegenwärtige als auch die zukünftige Strategie mit dem Wissensstand der Organisation und damit mit dem Unternehmenskontext in Relation gebracht werden. Die Beschreibung der Beziehungen ermöglicht es, die Unternehmensstrategie in Konsistenz mit der Wissensbasis zu bringen.

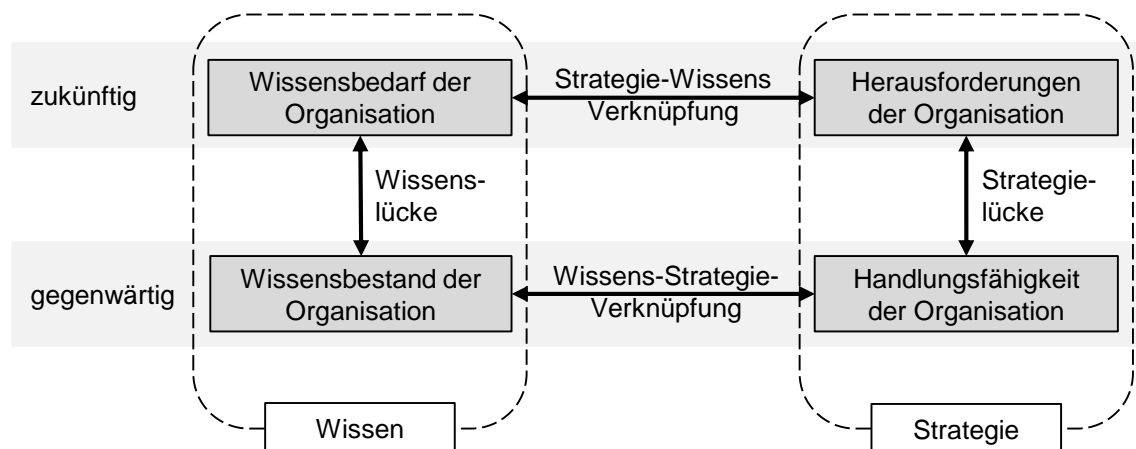


Abbildung 57: Verknüpfung zwischen Wissen und Strategie einer Organisation, nach [44]

6.2 Meta-Modellierung der Unternehmensstruktur

Die Unternehmensstruktur kann formal in Form eines Organigramms abgebildet werden [240]. Die in einem Organigramm abgebildete Struktur unterscheidet sich jedoch von Unternehmen zu Unternehmen. Gemäß Abbildung 43 bildet ein Organigramm die Anwendungsebene der Unternehmensbeschreibung. Die Erstellung einer Referenzstruktur erfordert die Abstraktion hierarchischer Strukturen hinzu einem generischen Modell. Als Grundlage der Beschreibung der Organisationsstruktur auf Meta-Ebene kann die von der W3C vorgeschlagene Organization Ontology herangezogen werden [283]. Abbildung 58 zeigt die resultierende Referenzontologie.

Dabei bilden die Konzepte Organisationseinheit, formale Organisation, Organisations-Kollaboration sowie Änderungs-Event generische Strukturen der Organisation ab. Personenbezogene Konzepte stellen Posten, Mitgliedschaften und Rollen dar. Diese wiederum werden durch einen Agenten eingenommen, welcher durch eine Person oder eine Gruppe verkörpert wird. Daneben existieren weitere Konzepte, wie Ressourcen sowie zur Klassifikation und Bezeichnung notwendiges Vokabular.

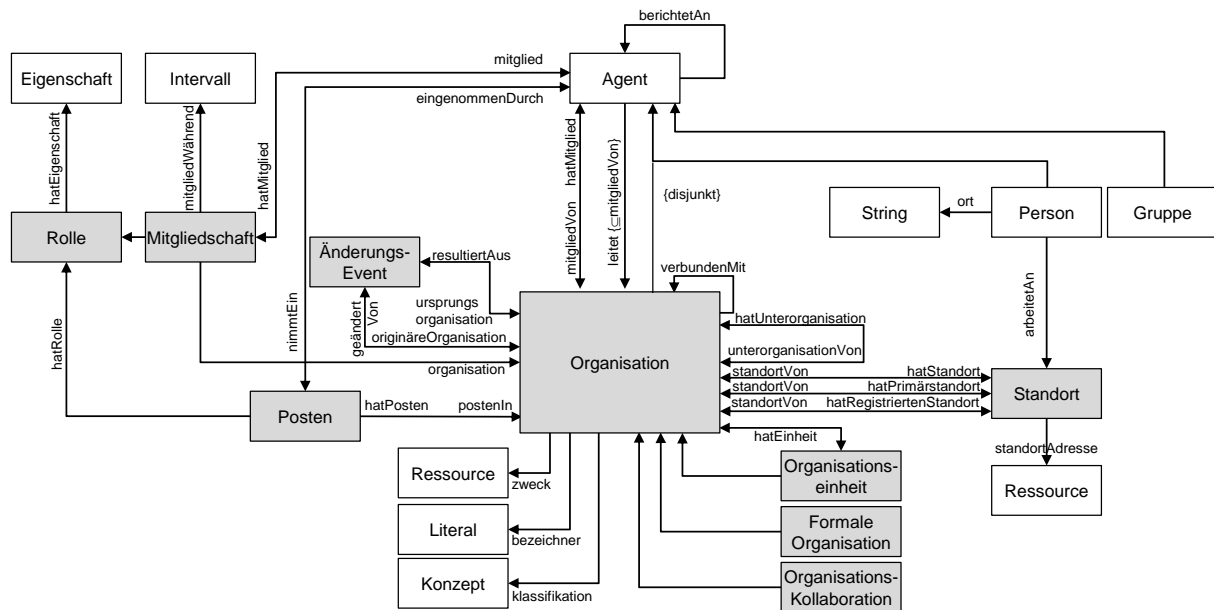


Abbildung 58: Ontologische Beschreibung der Organisationsstruktur, nach [291]

Ansatzpunkte der Beschreibung der Organisationsstruktur bestehen direkt über den Zweck der Organisation festlegenden Ressourcen sowie indirekt über Organisationseinheiten und Rollen. Der Zusammenhang wird durch die Betrachtung der Modellierung der Systeme ersichtlich.

6.3 Meta-Modellierung der Systeme

Die Einbindung des Wissens in Geschäftsprozesse ist bereits in Kapitel 4.3.1 hinreichend diskutiert. Zur Modellierung von Geschäftsprozessen existieren zahlreiche Ansätze, auch hat dabei die Modellierung des für den Prozess notwendigen Wissens bereits vielerorts Eingang in Modellierungswerkzeuge gefunden [51]. Als gängige Ansätze sind hierbei das modellbasierte Wissensmanagement mit ARIS [85], die Knowledge Modeling and Description Language [292] sowie CommonKADS [59] zu nennen. Die Analyse bestehender Vorgehensweisen der Modellierung zeigen, dass zwar, wie auch in Abbildung 47 dargestellt, Zusammenhänge zu Wissensverarbeitungsprozessen sowie zu Wissensinstanzen abgebildet werden können. Eine Verknüpfung von Prozessen und Wissensstrukturen im Sinne des entwickelten Unternehmenskontextes erfordert jedoch ein generisches Prozessmodell auf Meta-Ebene. In Anlehnung an [293] wird daher das in Abbildung 59 gezeigte Prozessmetamodell entworfen. Die Einbindung in den Produktionskontext ist durch das Konzept Prozess direkt gegeben.

Auf die Meta-Modellierung von Kommunikationssystemen wird im Zuge der Gestaltung der Frameworks sowie der Nutzerschnittstellen näher eingegangen. Die Modellierung von Problemlösungswerkzeugen betrifft lediglich die Anwendungs- und Ausprägungsebene des ganzheitlichen Unternehmenskontextes, weshalb an dieser Stelle darauf verzichtet wird.

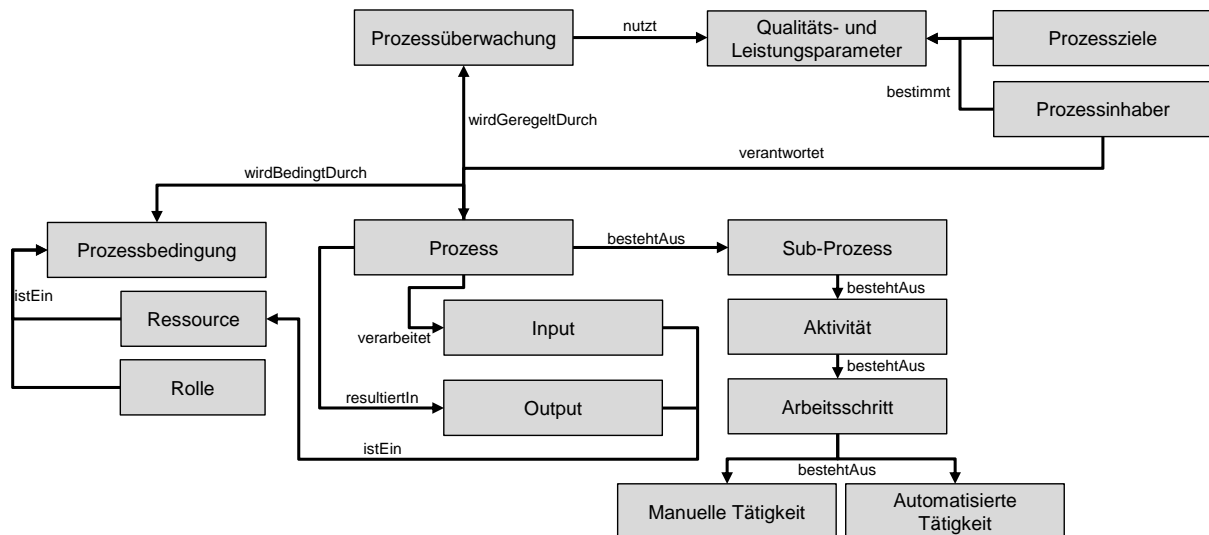


Abbildung 59: Generisches Prozessmodell, aufbauend auf [293]

6.4 Meta-Modellierung des Führungsstils

Gemäß [294] kann ein Kausalzusammenhang zwischen Führungserfolg, und damit der erfolgreichen Mitarbeitermotivation und -entwicklung, und dem Führungsstil in Abhängigkeit der Führungssituation hergestellt werden. Die Führungssituation wiederum setzt sich aus der individuellen Mitarbeitersituation, welche die Charakteristika des Mitarbeiters und die persönliche Beziehung zur Führungskraft beschreibt, der Unternehmenssituation, gebildet aus dem Unternehmensmilieu, der Struktur sowie dem Geschäftserfolg und der Unternehmenskultur. Der Führungsstil beeinflusst indes die Bildung der Unternehmenskultur. Die Zusammenhänge sind in dem in Abbildung 60 gezeigten Meta-Führungsmodell abgebildet. Ansatzpunkte zum Kontext der Produktion bestehen indirekt über das Meta-Prozessmodell, über die Strategie sowie über die nachfolgend erläuterte Mitarbeitermodellierung und die Unternehmenskultur.

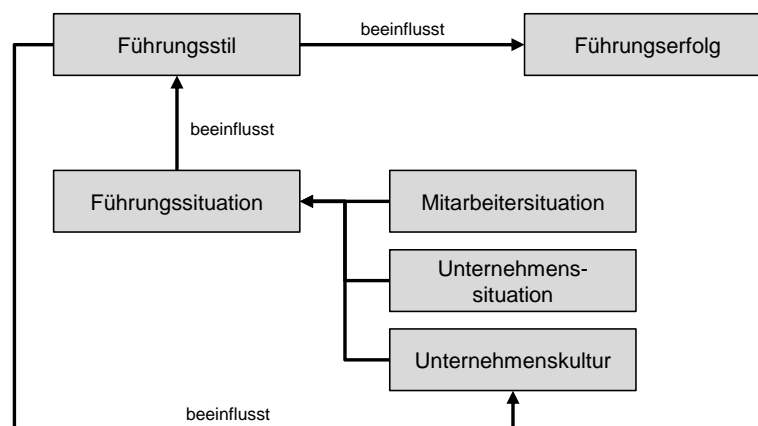


Abbildung 60: Meta-Modellierung des Führungsstils, nach [294]

6.5 Meta-Modellierung der Mitarbeiter

Das Modell der Mitarbeiter enthält eine formale Beschreibung von Personen. Dabei werden zunächst persönliche Daten modelliert, die in Zusammenhang mit der Kontaktaufnahme mit dem Mitarbeiter stehen. Diese umfassen klassische Kommunikationsmedien sowie auch Profile in sozialen und Firmennetzwerken. Darüber hinaus beinhaltet das Modell formale Fähigkeiten, die sich beispielsweise aus der Ausbildung ergeben. Zusätzlich kann in dem Modell die aktuelle Tätigkeit in Form von Aufgaben und Projekten hinterlegt werden. Diese Strukturen können dazu genutzt werden, um Inhalte der organisationalen Wissensbasis gezielt dem jeweiligen Mitarbeiter oder Stakeholder bereitzustellen. Das entwickelte Meta-Modell zur Beschreibung der Mitarbeiter ist in Abbildung 61 gezeigt. Das zentrale Element der Person steht dabei mit der in Abbildung 58 gezeigten Organisationsmodellierung in Relation.

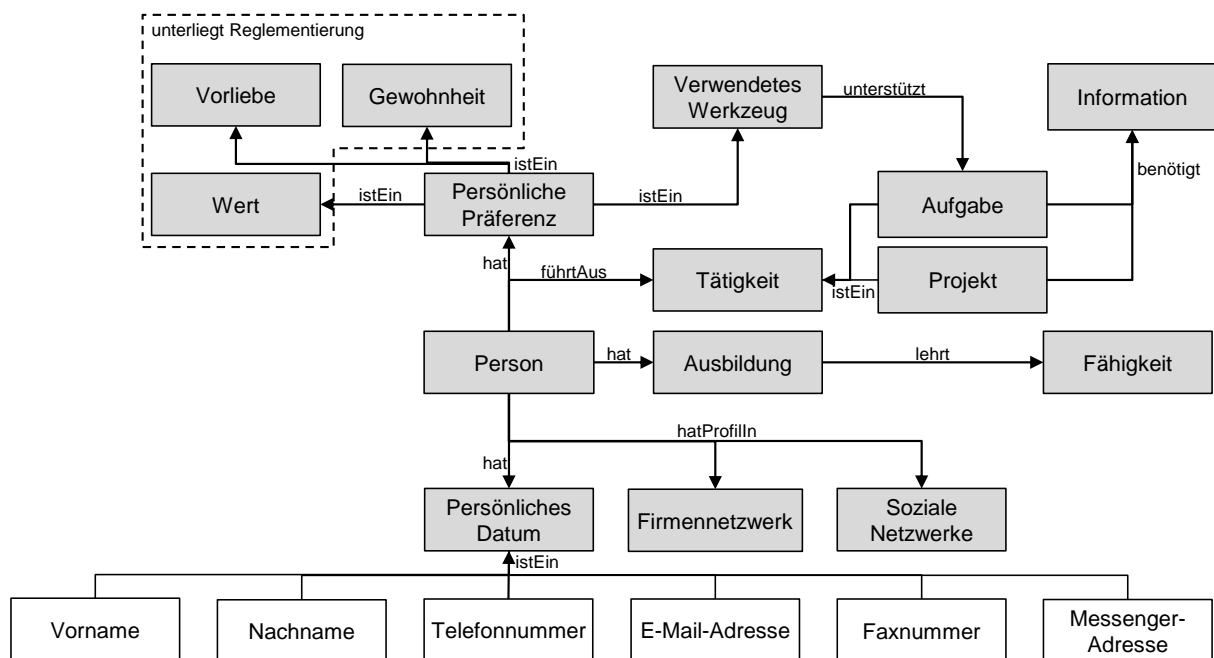


Abbildung 61: Meta-Modell zur Beschreibung der Mitarbeiter

Es existieren zudem weitreichende Möglichkeiten der Modellierung von persönlichen Vorlieben und Gewohnheiten, die eine Abstimmung von Wissensmanagementprozessen und -Werkzeugen an den jeweiligen Nutzer zulassen. Als Beispiele können dabei [295], [296] und [297] herangezogen werden. Auch die persönlichen Werte und Überzeugungen des Mitarbeiters können der Personalisierung der Wissensbasis und der Prozesse dienen. Die Sammlung von Mitarbeiterdaten unterliegt in der Europäischen Union jedoch der strengen Reglementierung des Datenschutzes. Nach der derzeitigen Gesetzeslage dürfen Daten, die die Arbeitsweise sowie die persönliche Überzeugung von Mitarbeitern betreffen, nicht erhoben werden [298]. Aus diesem Grund wird auch im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter auf diesem Punkt eingegangen.

6.6 Meta-Modellierung der Fähigkeiten

Da Fähigkeiten und Kompetenzen stets an Kompetenzträger gekoppelt sind, empfiehlt sich auch bei der Meta-Modellierung der Fähigkeiten die Einbeziehung der Mitarbeiter. Wie bereits in Kapitel 4.4.3 erläutert, ist es notwendig, Kompetenzen differenziert zu betrachten und entsprechende Ausprägungsformen zu berücksichtigen. Dazu wird aufbauend auf das in Abbildung 48 gezeigte Dreyfus-Modell ein Meta-Kompetenzmodell entwickelt, welches den Personen spezifische Kompetenzausprägungen zuweist. Das in Abbildung 62 dargestellte Modell stützt sich dabei auf eine Kompetenzaussage, die Personen, Kompetenzen und Ausprägung zusammenführt. Kompetenzen werden einem Kompetenzfeld zugeordnet, welches wiederum Teil eines Technologiefeldes darstellt. Dadurch wird eine Verknüpfung zwischen dem im Produktionskontext enthaltenen Prozess, welcher von einer Person verantwortet und durchgeführt wird, und dem Fertigungsverfahren, welches einem Technologiefeld zuordenbar ist, hergestellt. Das Modell kann somit direkt in den Unternehmenskontext eingebunden werden. Bei der Modellierung der Fähigkeiten steht das zentrale Element der Person in Relation mit der in Abbildung 58 gezeigten Organisationsbeschreibung sowie mit der Modellierung der Mitarbeiter (Abbildung 61).

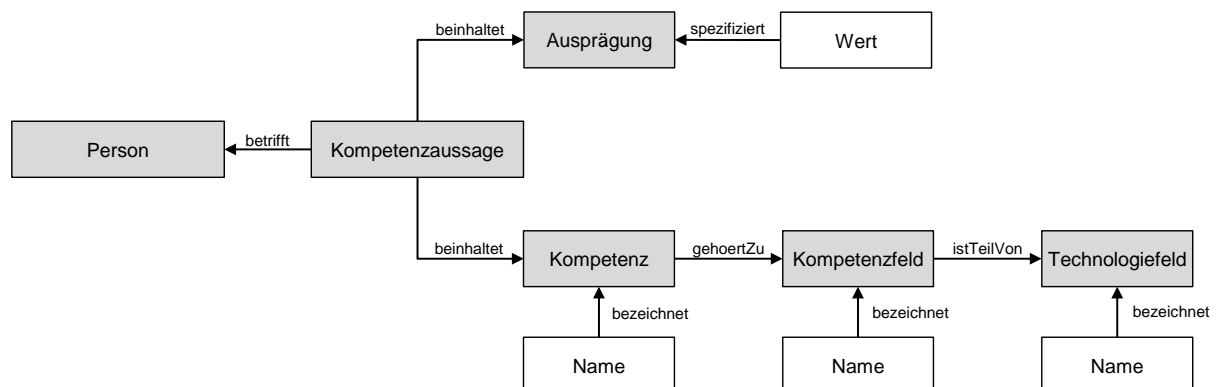


Abbildung 62: Meta-Modell zur Beschreibung von Kompetenzen, nach [S3]

6.7 Meta-Modellierung der Unternehmenskultur

Die Modellierung der Unternehmenskultur birgt besondere Herausforderungen. Zum einen zeigt sich, dass die Kultur als zentrales Element der Organisationsbeschreibung essentiell für den Erfolg des Wissensmanagements ist. Zum anderen ist die Kultur die am wenigsten explizit beschreibbare Dimension einer Organisation und besteht zu großen Teilen aus unbewussten Wahrnehmungen. In Anlehnung an [44], [299] und [300] kann dennoch eine Formalisierung der Unternehmenskultur auf Meta-Ebene vorgenommen werden. Das in Abbildung 63 gezeigte Modell beinhaltet zunächst sichtbare Artefakte der Unternehmenskultur, die sich in Strukturen und Prozessen manifestieren. Somit sind zwei direkte Ansatzpunkte zum Unternehmenskontext gegeben. Die zentrale Ebene der Kultur bilden bekundete Werte, die sich wie in Abbildung 56 gezeigt,

direkt in die Unternehmensstrategie eingliedern und zur Formulierung von Zielen dienen. Darüber hinaus stellen Grundannahmen, wie selbstverständliche Anschauungen und Wahrnehmungen der Stakeholder das Fundament der Organisationskultur dar. Dabei ist vor allem ein starker Einfluss der Dimension Mitarbeiter festzustellen.

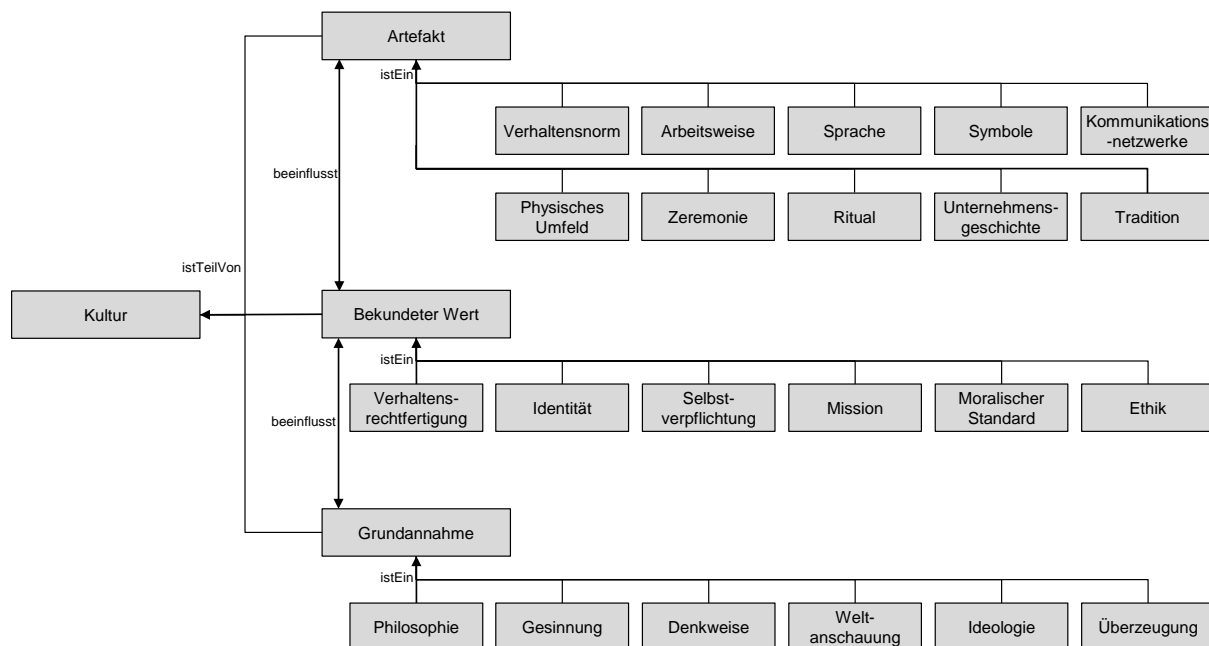


Abbildung 63: Meta-Modell der Organisationskultur, nach [44], [299] und [300]

6.8 Entwicklung einer Meta-Ontologie der Produktion

Nach der Entwicklung der übergeordneten Meta-Strukturen der Organisationsbeschreibung sollen diese mit dem Kontext der Produktion in Verbindung gebracht werden. Dazu wird im Folgenden eine Meta-Ontologie vorgestellt, die das Umfeld der Produktion abbildet. Wie bereits in Kapitel 5.2.1 erläutert, folgt der Aufbau des Kontextes zur Sicherstellung der gestellten Anforderungen einer strukturierten Vorgehensweise. Zur Umsetzung dieser Vorgehensweise wird der Ontologie-Editor Protégé [270] eingesetzt, da dieser als Open Source-Programm hinsichtlich der zur Verfügung gestellten Funktionalitäten und unterstützten Ontologiesprachen die beste Alternative verfügbarer Editoren darstellt. Zudem bietet der Editor als meisterverwendetes Programm zur Ontologierstellung eine sehr breite Nutzer- und Wissensbasis [301]. Für eine umfassende Übersicht und Beschreibung weiterer verfügbarer Ontologie-Editoren sei auf [275] und [274] verwiesen. Wie bereits in Kapitel 3.4 vorgestellt, kann zur Auswahl der Repräsentationssprache der eigens entwickelte semantische Navigator genutzt werden (Abbildung 44). Aufgrund der Mächtigkeit der logischen Repräsentation und der zur Verfügung stehenden Reasoning-Möglichkeiten sowie der Fähigkeit, Unschärfe und Unsicherheit abzubilden, wird zur Modellierung des Meta-Kontextes die Web Ontology Language 2 (OWL2) in der Spezifikation OWL2-DL genutzt. Für eine weitere Diskussion zu verwendender Ontologiesprachen sei auf [S4], [S5] und [S6] verwiesen.

Die Abbildung der Meta-Strukturen der Fertigung hat das Ziel, eine Referenz für die Modellierung realer oder geplanter Produktionsanlagen, Produktionsprozesse und Fertigungstechnologien zu bilden und diese domänenübergreifend in Beziehung zu setzen. Für die Umsetzung wird dazu das zur Beschreibung notwendige Vokabular zur Verfügung gestellt. Abbildung 64 stellt die wichtigsten Hauptklassen sowie deren Beziehungen untereinander dar. Aufgrund der Komplexität der Ontologie wird zur besseren Verständlichkeit eine vereinfachte Darstellung gewählt. Die 15 Hauptklassen enthalten insgesamt 887 Unterklassen. Die umfangreichsten Klassen bilden Fertigungsverfahren, Komponente, Teilsystem und Funktion. Detailliertere Auflistungen sind Anhang B – Metaontologie der Produktion zu entnehmen.

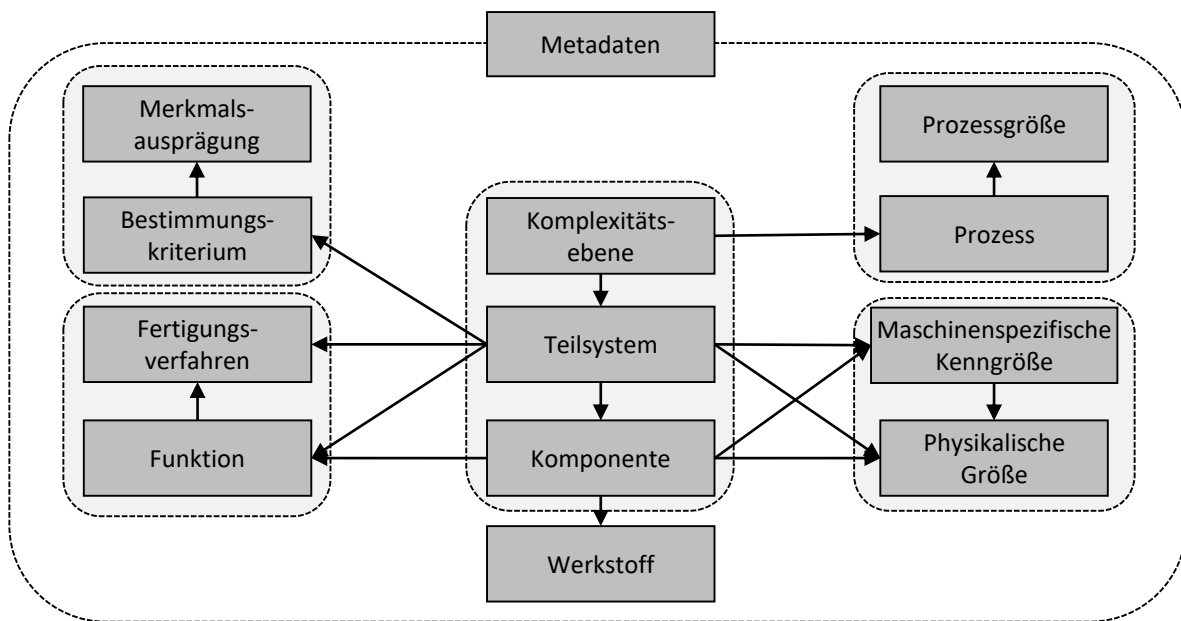


Abbildung 64: Metadaten-Ontologie zur Abbildung des Produktionsumfelds [S1]

Die entwickelte ontologiebasierte Beschreibung des Produktionsumfelds verfolgt vielfältige Funktionen. Die *physische Abbildungsfunktion* zielt als Kernfunktion des Kontextes auf die Abbildung von Produktionsanlagen inklusive relevanter Komponenten sowie Fertigungsverfahren und -prozesse auf Meta-Ebene ab. Die Abbildungsfunktion stellt somit den Teil der Wissensbasis dar, mit welchem der Aufbau der Produktion beschrieben wird. Die *Hinweisfunktion* erlaubt durch die Nutzung von Relationen der physischen Klassen *Teilsystem* und *Komponente* den Verweis auf *Maschinenspezifische Kenngröße* und *Physikalische Größe* sowie die darin enthaltenen Kenngrößen und Parameter. Sämtliche physikalischen Größen sowie alle nicht eindeutigen maschinenspezifischen Kenngrößen sind durch Annotationen ergänzt. Die Hinweisfunktion stellt somit Wissen über den Zustand der Produktion zur Verfügung. Auf Basis von ausgewählten Bestimmungskriterien und der durch die Merkmalsausprägungen zugewiesenen Eignung werden mithilfe der *Auswahlfunktion* auf die individuellen Bedürfnisse zugeschnittene Suchanfragen durchgeführt. Somit dient die Auswahlfunktion als

Interaktionspunkt mit dem Produktionskontext. Zudem dient die *Funktionsabbildung* der Identifikation von Teilsystemen oder Komponenten, die bestimmte Funktionen wie Fertigungsverfahren ausführen können. Sie dient der Repräsentation des Wissens über Fähigkeiten, die mit der Produktion abgebildet werden können. Die *Prozessabbildungsfunktion* bildet die zur Herstellung von Produkten notwendigen Fertigungs- und Montageprozesse ab und verweist durch Relationen auf relevante Prozessgrößen. Somit werden die Abläufe der Produktion beschrieben. Schließlich werden durch die *Metadaten-Bereitstellungsfunktion* Metadaten im Umfeld der Produktion beschrieben.

Werden die in den Kapiteln 6.1 bis 6.7 erläuterten Meta-Ontologien der Organisationsbeschreibung mit dem Meta-Modell der Produktion in Beziehung gesetzt, so ergibt sich der Gesamtkontext der Meta-Strukturen im Umfeld der Produktion. Dieser ist in Abbildung 65 dargestellt. Eine direkte Verknüpfung der beiden Kontexte ist dabei über die physische Abbildungsfunktion möglich, welche in Beschreibung der Organisationsstruktur eingegliedert werden kann. Zudem erlaubt die Prozessabbildungsfunktion eine direkte Verknüpfung der Produktionsprozesse mit den Organisationssystemen. Schließlich können mithilfe der Funktionsabbildung die Fähigkeiten der Produktion beschrieben werden. Dadurch ergibt sich eine weitere direkte Relation zu den Fähigkeiten der Organisation. Darüber hinaus kann der Produktionskontext auch indirekt mit der Organisationsabbildung in Beziehung gesetzt werden. Die Auswahlfunktion bieten einen Interaktionspunkt, der mit der Projekt- und Aufgabenbeschreibung des Mitarbeitermodells in Relation gebracht werden kann. Die Hinweisfunktion ermöglicht eine Evaluation der Leistung der Produktion und stellt Input für die Strategieentwicklung dar. Generell können die Meta-Daten der Fertigung auch genutzt werden, um den gelebten Führungsstil sowie die Unternehmenskultur auf Konsistenz zu überprüfen und gegebenenfalls Anpassungen im Umfeld der Produktion durchzuführen.

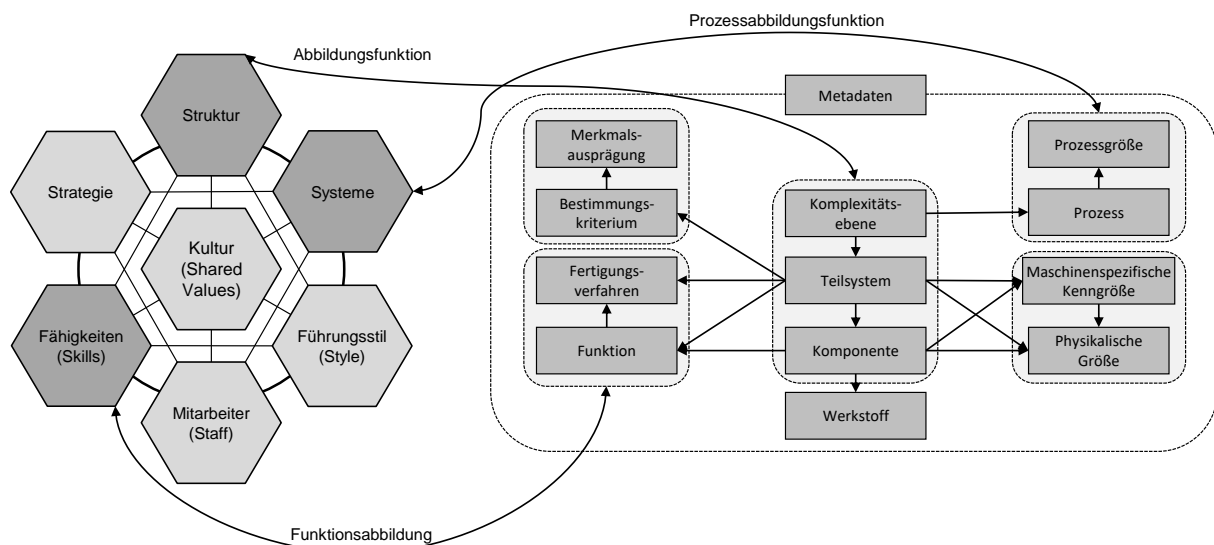


Abbildung 65: Gesamtkontext der Meta-Strukturen im Umfeld der Produktion

7 Implementierung des Frameworks

Nach der Meta-Modellierung des Kontextes einer Organisation im Umfeld der Produktion gilt es, den geschaffenen Kontext in ein Framework einzubinden, welches die gezielte Verwendung der Modelle erlaubt. Zu diesem Zweck erfolgt zunächst eine Erläuterung der Implementierung und Einbindung des Frameworks in übergeordnete Strukturen. Weiterhin wird auf die Möglichkeiten der automatisierten Wissenserfassung eingegangen, bevor abschließend eine Betrachtung der Nutzermotivation durch aufwandsarme Schnittstellen sowie automatisierte Informationsbereitstellung vorgenommen wird. Das Framework des ontologiegestützte Wissensmanagement ist [S4] entnommen und stellt eine möglichst große Schnittmenge der am Markt verfügbaren ontologiegestützten Wissensmanagementsysteme dar. Die prinzipielle Vorgehensweise zur Einbindung des entwickelten Unternehmenskontextes auf Meta-Ebene ist bereits in Kapitel 5.3 methodisch aufgezeigt. Im Folgenden findet diese Methodik in der Entwicklung des Wissensmanagement-Frameworks Anwendung. Die Analyse bestehender Modelle und Frameworks stützt sich auf Implementierungen, die einen möglichen Einfluss auf den bereitgestellten Unternehmenskontext aufweisen. Dazu werden für die Gestaltung des Frameworks die in [302–334, 291, 335–338, 278, 339–341, 129] zu findenden Modelle herangezogen. Durch die Zerlegung, Modulbewertung und Rekombination wird anschließend ein allgemeingültiges Framework geschaffen, welches in sich konsistent ist. Das in Abbildung 66 gezeigte, entwickelte Framework ist modular aus verschiedenen Paketen und Modulen aufgebaut und dadurch außerordentlich flexibel an die jeweilige Umgebung bzw. Domäne anpassbar.

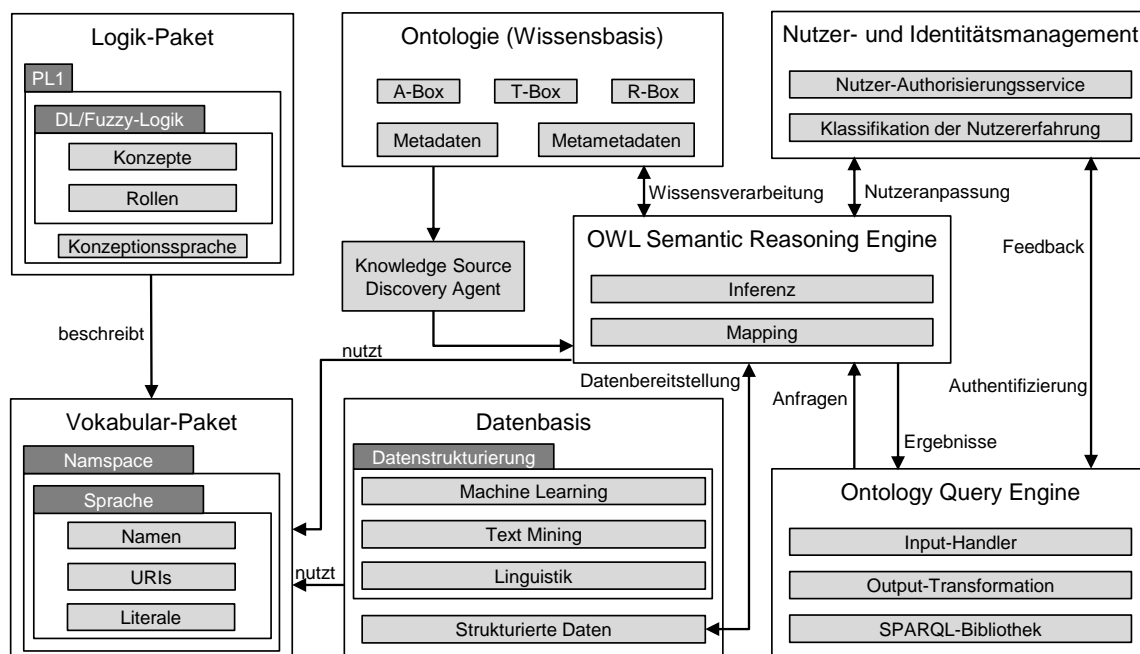


Abbildung 66: Aufbau des entwickelten Wissensmanagement-Frameworks, nach [S4]

Basis des Modells bildet dabei, wie auch in dem in Abbildung 31 gezeigten Semantic Layer Cake-Modell, die Festlegung eines Vokabulars und adressierbarer Ressourcen. Das Vokabular-Paket verfügt über Schnittstellen zur Kommunikation mit anderen Paketen, wodurch einerseits die Konsistenz sichergestellt und andererseits die Einbindung weiterer Sprachpakete ermöglicht wird. Das Nutzer- und Identitätsmanagementpaket stellt eine Oberfläche zur Nutzerverwaltung zur Verfügung, wodurch die Autorisierung für den Ontologie-Zugriff gesteuert sowie ein System zur Bewertung der Nutzererfahrung bereitgestellt wird. Dadurch ist es möglich, den In- und Output je nach Erfahrung des Nutzers unterschiedlich zu gewichten. Stehen beispielsweise im Nutzerprofil Kompetenzaussagen zu spezifischen Domänen zur Verfügung, so kann dieses Expertenwissen genutzt werden, um eingegebenen Informationen einen hohen Vertrauenswert zuzuweisen. Sind im System widersprüchliche Informationen mit niedrigeren Vertrauenswerten vorhanden, so wird bei der Output-Generierung die Information mit dem höchsten Vertrauenswert priorisiert. Ebenso kann durch die Häufigkeit der Wissensnutzung und -verifizierung die im Profil hinterlegte Nutzerwissensbewertung angepasst werden, wodurch ein dynamischer Prozess zur Korrelation des richtigen Wissens mit dem jeweiligen Nutzer sichergestellt wird. Diese Art der Fuzzifizierung erlaubt die Modellierung des Wissens als personengebunden und ist daher konsistent mit dem in Kapitel 2.1 entwickelten Wissensmodell.

Die Query Engine ermöglicht die Formulierung maschinenlesbarer Suchanfragen aus natürlichsprachigen Nutzeranfragen. Dazu formt die Engine den Userinput in **SPARQL Protocol And RDF Query Language** (SPARQL)-Anfragen um, die an die Ontologie gerichtet werden. Über eine Schnittstelle wird die Query Engine mit dem User- und Identitätsmanagementpaket verknüpft. Zudem sorgt ein im Hintergrund laufender Hilfsagent für eine Unterstützung des Nutzers beim Umgang mit dem System.

Einen zentralen Teil bildet das Logikpaket, welches die Entscheidbarkeit des Systems sicherstellt und den Umfang der A- und T-Box festlegt. Da durch die Modellierung des Meta-Kontextes bereits die Sprache OWL2-DL festgelegt ist, sind auch Rollenaxiome zu definieren (R-Box). Die Allgemeingültigkeit des Modells wird durch die Integration einer R-Box jedoch nicht verletzt, da im Fall einer ausdruckschwachen Sprache die R-Box als leere Menge modelliert werden kann. Die Verwaltung enthaltener Daten und Informationen erfolgt über die Datenbasis. Durch Datenverarbeitung können unstrukturierte Daten in eine explizite Form umgewandelt und gespeichert werden. Die Datenbank muss demnach über Mechanismen verfügen, unstrukturiertes Wissen in eine strukturierte Form zu überführen. Diese werden im nachfolgenden Kapitel beleuchtet.

Der übergreifende, vollständige und durchgängige Charakter des Frameworks wird durch die ständige Vernetzung und Verknüpfung des Wissens sichergestellt. Korrelierendes Wissen aus angrenzenden oder fremden Domänen soll nach Möglichkeit in den Kontext integriert werden, um die Wissensbasis stets auf dem neuesten und aktuellsten Stand zu halten [P3]. Dazu wird ein Knowledge Source Discovery (KSD)

Agent verwirklicht, der das semantische Internet durchsucht, automatisch die Relevanz von Informationen hinsichtlich der eigenen Ontologie prüft und diese falls möglich vernetzt, dargestellt in Abbildung 67 (links).

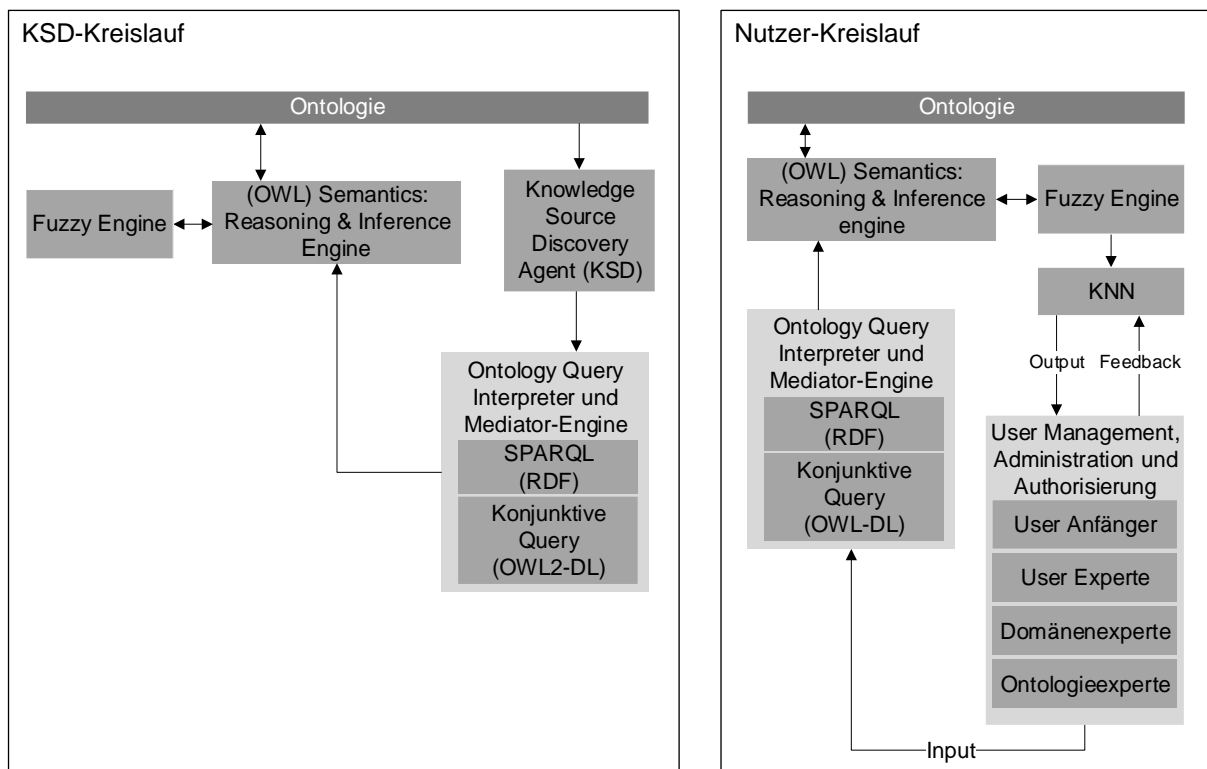


Abbildung 67: Ontologiekreislauf aus KSD-Sicht (links) und Nutzersicht (rechts), nach [S4]

Den Kern des Wissensmanagement-Frameworks bildet die OWL Semantic Reasoning and Inference Engine, die in alle Kreisläufe des Modells eingebunden ist. Aufgabe der im Hintergrund laufenden Engine ist das Ziehen logischer Schlussfolgerungen. Dadurch wird sichergestellt, dass das Logikpaket auf richtige Art und Weise interpretiert und angewendet wird. Mithilfe dieses Reasoners wird die Ontologie auf Konsistenz geprüft sowie Subsumtionen von Beziehungen, Rollen und Klassen identifiziert. Mittels eines Fuzzy Reasoners kann der Ontologie-Output als Schwellwert-Input eines künstlichen neuronalen Netzwerks (KNN) verwendet und anschließend vom User Interface visualisiert werden. So können Informationen gemäß ihrer Relevanz für den jeweiligen Nutzer gewichtet und ausgewählt werden. Dies ist in Abbildung 67 (rechts) gezeigt. Somit kann die in Kapitel 3.2.1 erläuterte Herausforderung des Nachrichten-Bias stark reduziert werden.

7.1 Möglichkeiten der Datenstrukturierung zur automatisierten Instanziierung der Wissensbasis

Zur maschinellen Auswertung muss Wissen in einer geordneten und maschinenlesbaren Form vorliegen. Der vorgestellte ontologiebasierte Unternehmenskontext stellt die Meta-Strukturen des Umfelds der Produktion in solch einer geordneten und maschinenlesbaren Form dar. Die Instanziierung der Meta-Strukturen stellt jedoch einen sehr zeitaufwändigen und oft schwierigen Prozess dar. Aufgrund der großen Mengen an Daten und Verknüpfungen in einer Organisation wächst eine Ontologie sehr schnell in Bereiche, die eine rein manuelle Erstellung nahezu unmöglich macht. Eine weitere Schwierigkeit liegt oftmals in der Formulierung exakter Schlagwörter, da Ontologieexperten zumeist der Domänenkontext fehlt. Aus diesem Grund wird das Ziel einer teil- oder sogar vollautomatisierten Ontologieerstellung verfolgt. Dafür werden verschiedene Methoden des Natural Language Processing und des maschinellen Lernens verwendet.

7.1.1 Ansätze der automatisierten Generierung von Ontologien

Der Information Retrieval-Ansatz des Text Minings hat das Ziel, die Stichwortsuche durch Textzusammenfassung und Informationsextraktion zu verbessern. Dabei soll mittels Text Minings eine hohe Anzahl an relevanten Dokumenten aus einer großen Menge herausgefiltert und der Anteil an irrelevanten Dokumenten möglichst geringgehalten werden. Das aus der Arbeit mit Datenbanken und Wissen aus Bibliotheks- und Informationswissenschaften entwickelte Verfahren dient somit der Speicherung und Wiedergewinnung von Textdaten aus Dokumenten mittels Suchmaschinen und Stichwortsuchen. [342]

Data Mining ist mittels systematischer Anwendung von analytischen Methoden in der Lage, aus einem großen Datenbestand, wie Datenbanken, neues Wissen zu generieren. Der Data Mining-Ansatz des Text Minings verfolgt das Ziel, Texte zu gruppieren und zu kategorisieren. Dazu werden Aussagen, Auszüge, Paragraphen oder komplette Dokumente mittels Clustering-Methoden ohne vorher definierte Kategorien gruppiert, was als Document Clustering bezeichnet wird. Werden bereits festgelegte Kategorien oder vorher angelernte Modelle genutzt, so wird dies als Document Classification-Verfahren bezeichnet [342]. Der statistische Ansatz nutzt Analysen, um relevante Informationen und Zusammenhänge aus Texten zu identifizieren und zu extrahieren. Dabei werden einzelne Wörter eines Textes analysiert und deren Verteilung ausgewertet. Dieses Verfahren erzeugt geordnete Informationen aus halbstrukturierten und unstrukturierten Texten und wird als Information Extraction bezeichnet. Ein weiteres Verfahren stellt das Natural Language Processing (NLP) dar, welches Texte mithilfe von computerlinguistischen Werkzeugen in einzelne Wortbausteine und deren Zuordnung (Subjekt, Prädikat, Objekt etc.) zerlegt. Dabei wird das Ziel verfolgt, einen Text ähnlich wie ein Mensch zu lesen und zu verstehen. [342]

Darüber hinaus hat der wissensorientierte Ansatz das Ziel, den Text als Gesamtes mittels computerlinguistischer Methoden zu analysieren und einzuordnen. Das Gruppieren und Zuordnen von Wörtern und Sätzen in semantisch zusammenhängende Einheiten wird als Concept Extraction bezeichnet. Das bereits erwähnte Natural Language Processing verwendet ebenfalls computerlinguistische Methoden und wird deshalb neben dem statistischen Ansatz auch dem wissensorientierten Ansatz zugeordnet. [342]

7.1.2 Umsetzung eines Text Mining-Moduls

Zur praktischen Evaluation des Text Mining-Prozesses wird die Text Mining-Software KH Coder eingesetzt. Durch die Möglichkeit sowohl englische als auch deutsche Texte zu analysieren, eignet sich KH Coder als Open Source-Software besonders für die Domäne der Produktion. Dabei ist das Programm insbesondere für Inhaltsanalysen und computergestützte Linguistik-Analysen ausgelegt. Die unterschiedlichen Funktionen des Programms ermöglichen eine Vielzahl an Einsatzzwecken, das Wort-Zusammenhangs-Diagramm eignet sich beispielsweise, um die Informationen eines Textes schnell und übersichtlich zusammenzufassen. Mit anderen integrierten Funktionen wie der Stichwortsuche können Textstellen mit spezifischen Themen genauer betrachtet werden. Die Funktion, sich eine Stimmungskurve anzeigen zu lassen, könnte ebenfalls bei der Identifizierung positiv beschriebener und somit vielversprechender Technologien helfen. Der KH Coder ermöglicht zusätzlich die Text Mining-Analyse deutscher Texte und liefert durch die Möglichkeit, im Wort-Zusammenhangs-Diagramm die gewünschte Genauigkeit einzustellen, sehr aussagekräftige Ergebnisse. [S7] Die Ergebnisse des Text-Mining-Prozesses am Beispiel eines Dokuments über die Energieeffizienz von Elektromotoren sind in Abbildung 68 dargestellt.

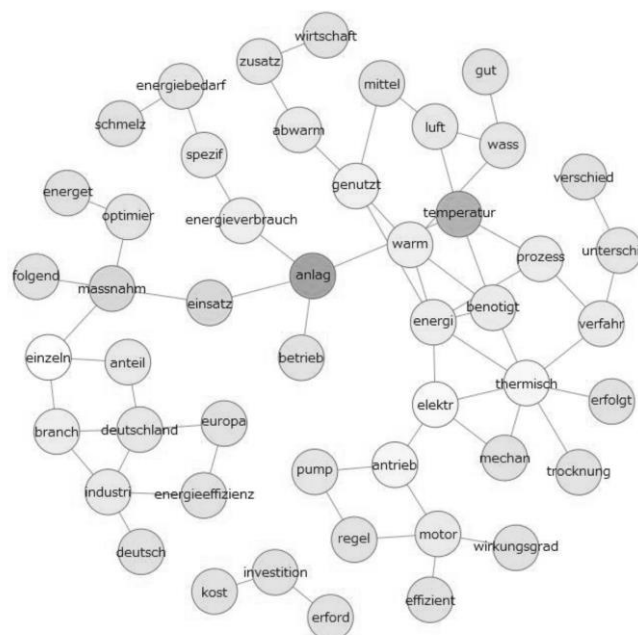


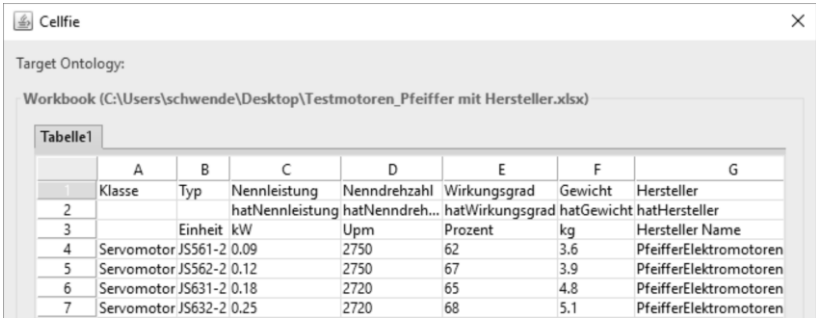
Abbildung 68: Ergebnisse des Text-Mining-Moduls in deutscher Sprache [S7]

7.1.3 Automatische Ontologie-Instanziierung

Aufbauend auf der Strukturierung von Daten mittels des Text Minings ist eine automatisierte Ontologie-Erstellung entscheidend. Ein Verfahren, das Instanzen weitestgehend automatisiert erzeugt, stellt für die Funktionalität der Metadaten-Ontologie einen entscheidenden Faktor dar. Dabei ist zu beachten, dass die Instanziierung der Ausgestaltung der Ausprägungsebene und damit der Generierung der A-Box zuzuordnen ist. Dabei gilt es vor allem, die zu erzeugenden Individuals, die sie charakterisierenden Attribute und die hierfür erforderlichen Wertzuweisungen anhand von entsprechenden Eigenschaften zu definieren. Die Umsetzung, beginnend mit der Tool-Auswahl, wird entsprechend der nachstehenden Vorgehensweise anschließend durchgeführt und dokumentiert. MORDINYI ET AL. [343] liefern dazu eine detaillierte Beschreibung potentieller Programme sowie deren Funktionsumfang. Als Softwaretool für die Umsetzung wird Cellfie ausgewählt, da das Programm die Anforderungen der automatisierten Instanziierung erfüllt und bereits im Installationspaket des Ontologie-Editors Protégé enthalten ist. Darüber hinaus sind in [343] Optionen zur Konvertierung von Informationen aus relationalen Datenbanken in OWL- und RDF-Formate gegeben. Eine ausführliche Diskussion ist in [344] zu finden.

Aufbereiten und Einlesen der Daten

Das Softwaretool Cellfie ermöglicht die automatisierte Instanziierung von in Tabellen vorliegenden Daten. Die Daten müssen dabei derart vorbereitet werden, dass sämtliche für die Erzeugung der Instanzen relevanten Informationen in strukturierter Form darin enthalten sind. In dem in Abbildung 69 gezeigten Ausschnitt des Programms sind in Spalte B beispielhaft zu erzeugende Instanzen aufgelistet. Zuzuordnende Klassen sind ebenfalls aufzulisten (Spalte A). Die Spaltenbezeichnung enthalten die den Instanzen zuzuordnenden Eigenschaften (Properties). Einheiten, die das Attribut näher beschreiben (Zeile 2), können ebenfalls als Annotation Properties hinzugefügt werden. Die Werte, mit denen die Properties belegt werden, sind ebenfalls in dem Datensatz zu erfassen. Auch wenn das Programm bereits existierende, namensgleiche Klassen und Properties erkennt und wiederverwendet, gilt es, namensähnliche Konstrukte gleichen Inhalts zu berücksichtigen, um Redundanzen in der Ontologie zu vermeiden.



	A	B	C	D	E	F	G
1	Klasse	Typ	Nennleistung	Nenndrehzahl	Wirkungsgrad	Gewicht	Hersteller
2			hatNennleistung	hatNenndreh...	hatWirkungsgrad	hatGewicht	hatHersteller
3		Einheit	kW	Upm	Prozent	kg	Hersteller Name
4	Servomotor JS561-2	0.09		2750	62	3.6	PfeifferElektromotoren
5	Servomotor JS562-2	0.12		2750	67	3.9	PfeifferElektromotoren
6	Servomotor JS631-2	0.18		2720	65	4.8	PfeifferElektromotoren
7	Servomotor JS632-2	0.25		2720	68	5.1	PfeifferElektromotoren

Abbildung 69: Automatische Instanziierung der Meta-Ontologie mit Cellfie

Erstellung der Transformationsregeln

Transformationsregeln sind notwendig, um die in der Tabelle enthaltenen Daten richtig in Individuals, Klassen, Datatype- und Object-Eigenschaften sowie Annotationen zu überführen. Ferner besteht die Möglichkeit der Festlegung von hierarchischen Klassenbeziehungen sowie der Zuweisung quantifizierender und Kardinalitäts-Restriktionen. Dadurch kann den in der Tabelle enthaltenen Daten die Semantik der bestehenden Ontologie mitgeteilt werden.

Erzeugen der Konstrukte

Wird für die Transformationsregeln in Kombination mit der umzuwandelnden Tabelle kein Verstoß erkannt, erzeugt das Programm die definierten Axiome. Diese müssen zunächst unabhängig von der Ontologie auf Richtigkeit überprüft werden und gegebenenfalls die Transformationsregeln oder das eingelesene Dokument angepasst werden. Weiterhin können die erstellten Axiome durch den Reasoning-Prozess auf Inkonsistenzen überprüft und korrigiert werden. Zudem muss überprüft werden, dass Wertzuweisungen dem gewünschten Ergebnis entsprechen und durch die Ontologie richtig ausgedrückt werden. So führen beispielsweise Wertzuweisungen an bestehenden Werten zu doppelter Werterstellung, solange in der Ontologie nicht explizit festgelegt ist, dass eine Eigenschaft nur exakt einen Wert besitzen darf.

Die vorgestellten Vorgehensweisen des Text Minings und der automatisierten Ontologie-Instanziierung zeigen auf, wie unstrukturiert vorliegende Daten in den bestehenden Kontext eingebunden werden können. Dies ist vor allem bei dem Vorhandensein großer Daten- und Informationsmengen von großem Nutzen. Trotz der automatisierten Vorgehensweise ist vor allem bei der Instanziierung der Ontologie ein hoher manueller Prüfaufwand festzustellen. Daher erfordert die automatisierte Ontologieerstellung weiterer Forschung hinsichtlich der Reduzierung des Prüfaufwands oder der Automatisierung der Prüfprozesse. Generell kann jedoch die Funktionalität der Vorgehensweise gezeigt werden. Dadurch wird es möglich, große Mengen unstrukturierter Texte, wie er beispielsweise in Handbüchern oder wissenschaftlichen Veröffentlichungen vorliegt, mit geringem manuellem Aufwand in das vorgestellte Wissensmanagement-Framework zu integrieren. Somit können große Teile der in Schriftform vorliegenden organisationalen Wissensbasis zugänglich gemacht werden.

7.2 Verbesserung der Nutzbarkeit des Frameworks

Neben der Bereitstellung des Unternehmenskontextes im Umfeld der Produktion sowie der Implementierung der automatisierten Wissenserfassung ist es Ziel dieser Arbeit, aufwandsarme Schnittstellen sowie Methoden der automatisierten Wissensbereitstellung umzusetzen. Dazu wird im Folgenden zunächst auf den in Kapitel 7 vorgestellten Knowledge Source Discovery Agent eingegangen, bevor auf ein Empfehlungssystem zur Reduzierung des Suchaufwands eingegangen wird.

7.2.1 Knowledge Source Discovery Agent

Ziel des KSD-Agenten ist die Einteilung des in Dokumenten gebundenen Wissens in Domänen, um damit die Suche in Wissensbasen zu verbessern. Der Agent stützt sich dabei auf die Methode des Clusterings und der sich daraus ergebenden Möglichkeiten der Profilbildung auf Basis von Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Der spezielle Ansatz hierbei ist, dass die Bedeutung von Wörtern themenbasiert ausgedrückt werden kann, wobei die Themen durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung von Wörtern repräsentiert ist. Der in Abbildung 70 gezeigte Agent ist [S8] entnommen.

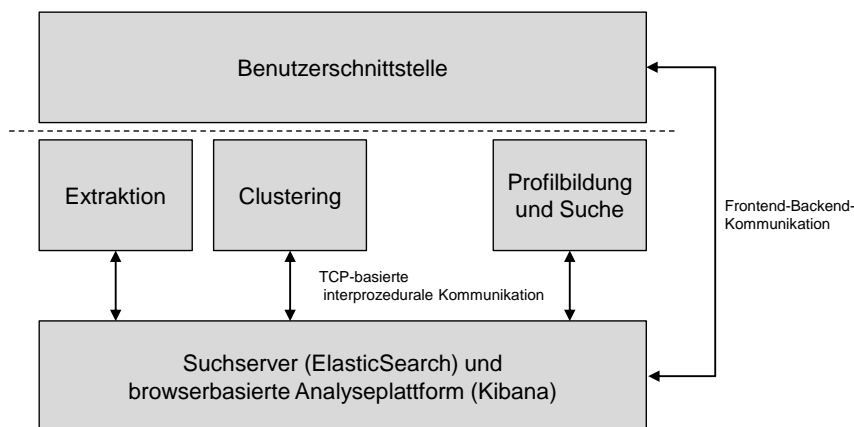


Abbildung 70: Architekturübersicht des Knowledge Source Discovery Agents [S8]

Die Aufgabe des entwickelten KSD-Agenten ist das Auffinden von Dokumenten innerhalb einer Dokumentenablage sowie die Zusammenführung deren Inhalte in einer zentralen Datenbasis. Ausgehend von dieser Datenbasis sollen mithilfe eines unüberwacht lernenden Algorithmus die den Dokumenten zugrundeliegenden Themen extrahiert und gruppiert werden. Diese Themen werden als Grundlage der Klassifizierung jedes Dokumentes herangezogen. Diese Klassifizierung ermöglicht sowohl eine Optimierung der personalisierten Suche innerhalb dieser Datenbasis als auch die Suche nach ähnlichen Dokumenten. Berücksichtigt wird dabei auch, dass die Bedeutung von Wörtern durch das Vorhandensein anderer Wörter variieren kann.

Der grundsätzliche Aufbau des Systems besteht dabei aus drei Kernmodulen für Extraktion, Clustering und Profilbildung, einer Datenbank sowie einer Schnittstelle, die eine Benutzeroberfläche bereitstellt. Die Kommunikation erfolgt mittels des TCP/IP-Protokolls und ermöglicht dadurch einen standardisierten Austausch zwischen den Komponenten. Dies ermöglicht die Implementierung des Agenten als dezentralen Dienst. Darüber hinaus können Erweiterungen der Funktionalität vorgenommen werden, ohne die grundlegende Anwendung zu verändern. Die HMTL-basierte Benutzeroberfläche ermöglicht eine Überprüfung der Funktionalität des Agenten, ist jedoch nicht zwingend für den Einsatz des KSD-Agenten notwendig.

Die zentrale Komponente des Systems ist das Clustering. Das Modul nutzt für die Gruppierung der Themengebiete den Latent Dirichlet Allocation-Algorithmus (LDA) nach BLEI ET AL. [345]. Das probabilistische Verfahren dient mithilfe des unüberwachten Lernens zur Clusterbildung von Dokumenten und Texten [346]. Für den auf diesem Gebiet weit verbreiteten Algorithmus existieren zahlreiche nutzbare Implementierungen. Grundlage des Algorithmus stellt die Festlegung einer Themenanzahl dar, in die die zu analysierenden Dokumente eingeteilt werden. Der Algorithmus unterstützt eine Mehrfachklassifizierung, wodurch Dokumente mehreren gefunden Themen gleichzeitig zugeordnet werden können. Die Zugehörigkeit von Dokumenten D zu einem bestimmten Thema d wird bei dem LDA-Algorithmus durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung \vec{d} der Themen ausgedrückt:

$$\vec{d}(D) = \begin{pmatrix} d_1 \\ \dots \\ d_n \end{pmatrix} \quad (6.1)$$

Das Clustering wird in der auf Python basierenden Bibliothek GENSIM durchgeführt, welche weitreichende Möglichkeiten des Datenimports und -exports bietet. Als Datengrundlage für das Training des Lernalgorithmus sowie für die Evaluation der Funktionsweise werden wissenschaftliche Publikationen herangezogen. Die verwendeten 784 Dokumente liegen teilweise in deutscher und teilweise in englischer Sprache vor. Zur Verhinderung von Duplikaten werden die Dokumente bei der Extraktion eindeutig gekennzeichnet. Tabelle 28 zeigt einen Auszug der Ergebnisse des Clusterings.

Tabelle 28: Ergebnisse des Clusterings mit 784 Dokumenten

	Kohärenz	Häufigste 15 Wörter der jeweiligen Themen
Beste Themen	0,7834	substrat, metal, powder, copper, μ m, ceram, melt, 3d, plasma, temperatur, coat, track, thick
	0,7465	solder, substrat, circuit, temperatur, thermal, mold, 3d, metal, interconnect, past, carrier, board, adhes
	0,7391	berlin, disassembl, freiburg, universität, imag, center, implant, hannov, scienc, depart, track, switzerland, biomed
Weitere Themen	...	
Schlechteste Themen	0,4752	robot, gripper, cut, wire, forc, coil, drive, sheet, grasp, object, stator, sensor, needl
	0,4476	manag, compani, supplier, lean, plan, knowledg, custom, ontolog, criteria, minimum, map, inform, phase
	0,3245	frequenc, transform, insul, net, transit, thermal, motor, loss, oil, temperatur, resist, class, mark

Die gezeigten Ergebnisse zeigen hohe Kohärenzwerte des Clusterings auf, die Themen können durch den Agenten somit sinnvoll abgegrenzt werden. Der Test des Wissensagenten an 784 Dokumenten aus dem Umfeld der Fertigung belegt die Einsatzfähigkeit im vorgestellten Kontext. Besonders die Extraktion des Wissens stellt sich im untersuchten System als robustes Modul heraus. Neben der Extraktion des gesamten Inhaltes ermöglicht der Agent auch die spezialisierte Extraktion und Interpretation von Zusammenfassungen und Literaturverzeichnissen, was besonders im wissenschaftlichen Umfeld von Interesse ist. Die in den Literaturverzeichnissen vorhandenen Beziehungen in Dokumenten können zudem genutzt werden, um Dokumente intern zu verknüpfen und zu bewerten sowie extern eine Verknüpfung zu bekannten Themen des Unternehmenskontextes herzustellen. Somit erfüllt der Agent die Aufgabe der direkten Wissensintegration in die organisationale Wissensbasis [S8]

7.2.2 Reduzierung des Suchaufwands durch Informationsempfehlung

Das Grundprinzip eines Empfehlungssystems beruht auf der signifikanten Abhängigkeit zwischen Nutzer und Gegenstand [347]. Ziel des Empfehlungssystems ist es in Zusammenhang mit der Zielstellung der Arbeit, eine Abhängigkeit zwischen einer Information und dem Nutzer herzustellen. Dabei stellt die Abhängigkeit die aktuelle Relevanz der Information für den jeweiligen Nutzer dar. Diese soll mithilfe von Datenreihen, die in der von anderen Nutzern oder dem betreffenden Nutzer selbst gesammelt werden, berechnet und vorhergesagt werden. Das entwickelte System ist [S9] entnommen und in Abbildung 71 gezeigt.

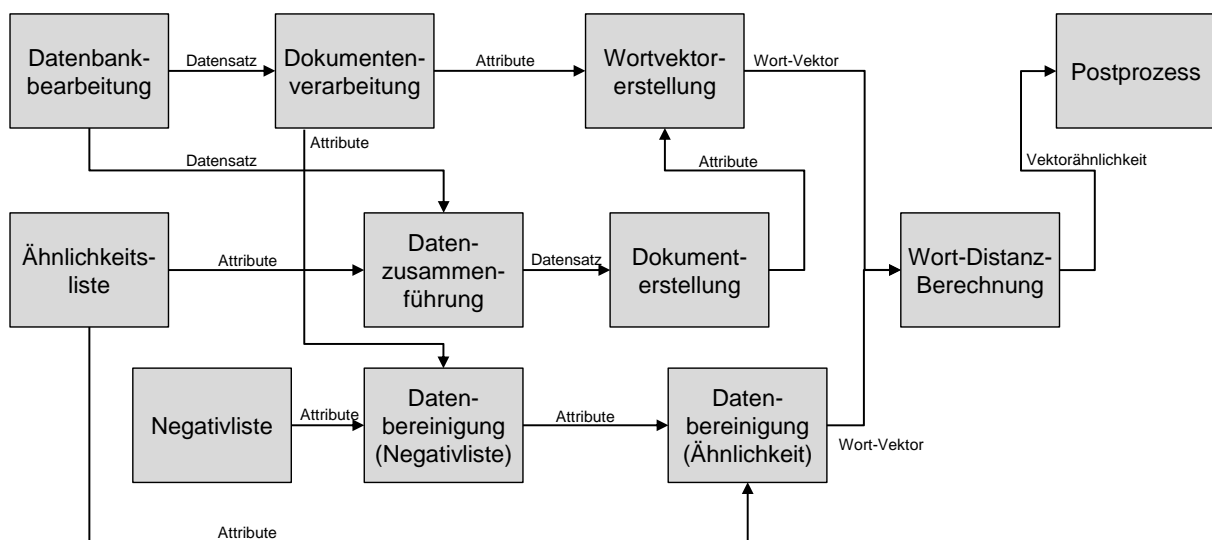


Abbildung 71: Empfehlungssystem zur Bereitstellung von relevanten Informationen [S9]

Die Umsetzung des Empfehlungssystems beruht auf RapidMiner Studio, einer Entwicklungsumgebung, in der zahlreiche Data-Mining- und Text-Mining-Techniken sowie

Algorithmen des maschinellen Lernens bereits vorimplementiert sind. Mittels einer grafischen Benutzeroberfläche können Module, welche die implementierten Funktionen ausführen, durch vordefinierte Operatoren verknüpft und somit die Datenströme visualisiert werden. Das Empfehlungssystem kann damit grafisch programmiert werden. Darüber können die Module mittels XML-Programmierschnittstelle editiert und eigene Module hinzugefügt werden.

Zunächst werden mittels eines Datenbankbearbeitungsoperators die zu verarbeitenden Datensätze eingelesen und in Tabellenform abgelegt. Dabei werden die Datensätze indiziert, sodass auf bei Namensgleichheit eine eindeutige Identifizierung möglich ist. In der anschließenden Dokumentenverarbeitung werden die Fließtexte der Dokumente in der Datenbank hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit analysiert. Dieser Vorgang wird als inhaltsbasiertes Filtern bezeichnet. Zu diesem Zweck werden mittels eines Text-Mining-Algorithmus Textattribute, die aus extrahierten Wörtern aus Abstrakt, Titel, Einleitung, Vorwort, Schlüsselwörtern, Bibliographie sowie dem Fließtext der zu untersuchenden schriftlichen Wissensquellen bestehen, gebildet und in einem Wort-Vektor mit dem jeweiligen Dokument gespeichert.

In einer Ähnlichkeitsliste werden Dokumente zur Verfügung gestellt, auf Basis deren die Datenbank nach ähnlichen Dokumenten suchen soll. Die Liste stellt somit den Ausgangspunkt der Suche dar. Auch die Dokumente der Ähnlichkeitsliste werden mittels einer Dokumentenverarbeitung in Attribute umgewandelt. Zudem können in einer Negativliste Dokumente angegeben werden, die von der Suche und der Empfehlung ausgeschlossen werden sollen.

Mittels eines Datenzusammenführungsprozesses werden die Dokumente der zu durchsuchenden Datenbank sowie die Dokumente der Ähnlichkeitsliste in einem Datensatz vereint, der anschließend ebenfalls in Attribute umgewandelt und der Wort-Vektorberechnung zugeführt wird. Der entstehende Wort-Vektor bildet den Vergleichsvektor. Durch zwei Datenbereinigungsoperatoren werden zudem die zu durchsuchenden Attributlisten von den Attributen der Negativliste sowie der Ähnlichkeitsliste bereinigt und ebenfalls ein Wort-Vektor gebildet. Dieser Vektor bildet den Such-Vektor.

Mithilfe der Wort-Distanz-Berechnung werden anschließend die beiden Vektoren verglichen. Zu diesem Zweck wird die Kosinus-Ähnlichkeit der beiden Attributsvektoren berechnet. Durch einen Post-Prozess wird die Vektorähnlichkeit schließlich in eine für den Menschen lesbare Ähnlichkeitswahrscheinlichkeit transformiert, den jeweiligen Dokumenten zugewiesen und diese dem Benutzer ausgegeben. Die Vorhersagegenauigkeit nimmt mit der Anzahl der Datenreihen stark zu, sodass Empfehlungssystem ein lernendes System darstellt. Dadurch kann der Suchaufwand nach relevanten Informationen mit zunehmender Einsatzzeit des Systems stetig reduziert werden.

8 Validierung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks

Der vorgestellte Ansatz stellt einen ganzheitlichen Zusammenhang des Wissensmanagements im Umfeld der Produktion her und erläutert, wie diese im Rahmen eines Unternehmenskontextes in eine Organisation eingebunden werden können. Um die dargestellten Ergebnisse zu erläutern, wird im Folgenden eine Validierung des entwickelten Ansatzes vorgenommen.

8.1 Methodik der Validierung des entwickelten Ansatzes

Zur Validierung des entwickelten Ansatzes wird anhand einer Fallstudie gezeigt, dass das erarbeitete Wissensmanagement-Framework im realen Umfeld der Produktion eingesetzt werden kann. Zu diesem Zweck wird das Framework in der Elektronikfertigung implementiert und anhand des Wissens über den Reflow-Lötprozess auf die Gültigkeit hin überprüft. Darüber hinaus ist es für den Nachweis der Allgemeingültigkeit des Konzeptes notwendig, die Gültigkeitsgrenzen des Frameworks zu eruieren. Auch zur Untersuchung der Grenzen des Ansatzes werden die in Kapitel 4 vorgestellten sieben Dimensionen der Organisationsbeschreibung herangezogen. Dabei wird aufgezeigt, unter welchen Gegebenheiten das entwickelte Wissensmanagement-Framework seine Gültigkeit verliert. Bevor auf die Validierung des Ansatzes anhand der Fallstudie der Elektronikfertigung eingegangen wird, erfolgt jedoch zunächst eine allgemeine Bewertung anhand des in Kapitel 3.4 festgelegten Handlungsbedarfs.

(1) Schaffung eines ganzheitlichen Bewusstseins für die Wissensbasis

Der auf das 7S-Modell aufbauende Bezugsrahmen stellt einen ganzheitlichen Betrachtungsrahmen für das organisationale Wissensmanagement zur Verfügung. Durch die Betrachtung der sieben Dimensionen Strategie, Struktur, Systeme, Führungsstil, Fähigkeiten, Mitarbeitern sowie Unternehmenskultur wird ein ganzheitliches Verständnis des Wissens geschaffen. Somit kann der gezeigte Bezugsrahmen als Grundlage des ganzheitlichen Wissensmanagements herangezogen werden.

(2) Bereitstellung eines unternehmensweiten Kontextes

Das entwickelte Meta-Modell des Umfelds der Produktion in Zusammenhang mit der Modellierung der Dimensionen einer Organisation stellt einen ganzheitlichen Zusammenhang des Wissens eines produzierenden Unternehmens her. Die Ausgestaltung des Kontextes erfolgt dabei auf Meta-Ebene, um die Allgemeingültigkeit des Ansatzes zu wahren. Die Umsetzung der Anwendungsebene erfordert die Modellierung spezifischer Unternehmens- und Produktionsprozesse und -ressourcen und ist bei der Einführung des Frameworks durchzuführen. Die aufgezeigte Referenzmodellierung erfüllt sämtliche in Kapitel 5.1 beschriebenen Anforderungen und ist somit im Kontext des ganzheitlichen Wissensmanagements in der Produktion nutzbar.

(3) Erhöhung der Wissensverfügbarkeit durch automatisierte Wissenserfassung

Mit dem Ziel, den Aufwand der Erfassung und Strukturierung des im Unternehmen vorhandenen Wissens in der Wissensbasis zu reduzieren, wird ein Text Mining-System entwickelt, welches in der Lage ist, in Dokumenten kodifizierte Informationen zu erfassen, zu klassifizieren, zu bewerten und anhand des geschaffenen Meta-Modells zu strukturieren. Durch die Bereitstellung eines Werkzeugs der automatisierten Ontologie-Instanziierung können die so strukturierten Daten direkt in die Ontologie überführt werden. Somit kann eine automatisierte Lösung zur Wissenserfassung für das ganzheitliche Wissensmanagement bereitgestellt werden, die lediglich die Überprüfung der Richtigkeit der Ergebnisse dem Menschen als Aufgabe überlässt.

(4) Motivation der Nutzer durch aufwandsarme, nutzerindividuelle Schnittstellen

Durch die Gestaltung einer an den Nutzer angepassten Schnittstelle in dem vorgestellten Wissensmanagement-Framework sowie der Bereitstellung eines Knowledge Source Discovery-Agenten zur nutzerindividuellen Suche von Informationen wird eine hohe Benutzerfreundlichkeit des Ansatzes sichergestellt. Da die Benutzerfreundlichkeit in hohem Maße die Motivation der Nutzer beeinflusst, das organisationale Wissensmanagement mitzugestalten, zeigt sich der vorgestellte Ansatz als geeignet für die Zielstellung des effektiven Wissensaustauschs.

(5) Reduzierung des Suchaufwands durch automatisierte Wissensbereitstellung

Mithilfe des entwickelten Empfehlungssystems zur nutzerindividuellen Bewertung der Relevanz von Informationen können Nutzern aktiv Informationen vorgeschlagen und bereitgestellt werden. So wird der Aufwand der Nutzer zur Suche nach relevanten Informationen deutlich reduziert. Der gezeigte Ansatz erfüllt somit auch den letzten der in Kapitel 3.4 gestellten Handlungsbedarfe und kann als Herangehensweise zur Einführung eines ganzheitlichen Wissensmanagements in der Produktion verwendet werden. Zur weiteren Absicherung werden die vorgestellten Ergebnisse jedoch noch anhand einer Fallstudie validiert.

8.2 Validierung des Konzeptes anhand der Elektronikfertigung

Das Reflow-Löten gilt als etablierte Technologie der Elektronikproduktion und spielt eine zentrale Rolle für die Qualität der zu fertigenden Endprodukte. Eine Herausforderung dabei ist es, eine optimale Einstellung der Maschinenparameter zu erreichen und die Lötpezifikationen möglichst genau zu dokumentieren. Ein dabei häufig genutzter Ansatz basiert auf der Fehleranalyse der Lötprozesse. Diese umfasst insbesondere die Identifizierung der Lötfehler und deren Mechanismen. Jedoch müssen dabei sehr viele Faktoren berücksichtigt werden, die den Reflow-Lötprozess beeinflussen können. Darüber hinaus entstehen zwischen den einzelnen Einflussfaktoren oft auch Wechselwirkungen [348]. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, eine vollständige Wissensbasis zu bilden, in der fragmentierte Informationen gesammelt und in einer

strukturierten Form zusammengeführt werden können. Die zentrale Fragestellung des Use Cases der Elektronikfertigung ist daher, ob sich die vorgestellte Methodik zur Bildung einer solchen Wissensbasis eignet, siehe [P4]. Zu diesem Zweck wird zunächst ein ontologiebasiertes Modell der Elektronikfertigung entwickelt. Dazu werden zunächst relevante Begriffe der Elektronikfertigung erfasst und in Beziehung gesetzt. Die erfassten Konzepte der Elektronikproduktion sind in Tabelle 29 aufgeführt.

Tabelle 29: Erfassung relevanter Klassen und Attribute des Lötprozesses

Klasse	Slots			
	Name	Typ	Werttyp	Kardinalität
Arten von Lötfehlern	Lötfehlerbild	Attribut	string	(1,1)
	hat mögliche Ursache	Relation	instance	mehrwertig
	Ausprägung des Lötfehlers	Attribut	symbol	(1,1)
	Beschreibung der Beseitigungsmaßnahmen	Attribut	string	(1,1)
Eigenschaften von Reflow-Lötofen	Energieverbrauch	Attribut	float	einzelwertig
	Zulieferer	Attribut	string	einzelwertig
	Baujahr	Attribut	integer	einzelwertig
	hat Auswirkung auf Prozess	Relation	instance	mehrwertig
Druckkammereinstellung	Anzahl Druckaufbau	Attribut	integer	(1,1)
	Druckaufbau1	Attribut	float	(1,1)
	Druckaufbau2	Attribut	float	(1,1)
	Druckaufbau3	Attribut	float	(1,1)
	Verweilzeit des 1. Druckaufbaus	Attribut	float	(1,1)
	Verweilzeit des 2. Druckaufbaus	Attribut	float	(1,1)
	Verweilzeit des 3. Druckaufbaus	Attribut	float	(1,1)
	Wartezeit bis zum 1. Druckaufbau	Attribut	float	(1,1)
	Wartezeit nach 1. Druckablass	Attribut	float	(1,1)
	Wartezeit nach 2. Druckablass	Attribut	float	(1,1)
	ist ein Teil von	Relation	instance	keine Angabe
Lotpaste	Flussmitteltyp	Attribut	symbol	(1,1)
	Halbarkeit in Büchsen	Attribut	integer	einzelwertig
	Legierungscode	Attribut	string	(1,1)
	Legierungstyp	Attribut	symbol	(1,1)
	Lotpaste Code	Attribut	string	(1,1)
	Lotpastentyp	Attribut	symbol	einzelwertig
	maximal erlaubte Temperatur in der Peakphase	Attribut	float	(1,1)
	metallische Inhalte	Attribut	float	einzelwertig
	Schmelzpunkt des Lotes	Attribut	float	(1,1)
Lötfehlerinspektion	Art der Inspektionsanlage	Attribut	string	(1,1)
	maximale Resolution	Attribut	string	(1,1)
	Hersteller der Inspektionsmaschine	Attribut	string	einzelwertig

Produkt	Fläche der Leiterplatte	Attribut	float	(1,1)
	Komponentengröße	Attribut	symbol	(1,1)
	Art der Baugruppe	Attribut	symbol	(1,1)
	Anzahl der Baugruppen	Attribut	integer	einzelwertig
	Produktname	Attribut	string	(1,1)
	Produktnummer	Attribut	string	(1,1)
	ist geprüft durch	Relation	instance	mehrwertig
	hat mögliche Lötfehler	Relation	instance	mehrwertig
Prozesssteuerdaten	Anfangstemperatur	Attribut	float	(1,1)
	T10	Attribut	float	(1,1)
	T1	Attribut	float	(1,1)
	T2	Attribut	float	(1,1)
	T3	Attribut	float	(1,1)
	T4	Attribut	float	(1,1)
	T5	Attribut	float	(1,1)
	T6	Attribut	float	(1,1)
	T7	Attribut	float	(1,1)
	T8	Attribut	float	(1,1)
	T9	Attribut	float	(1,1)
	Geschwindigkeit Vorheizzone	Attribut	float	(1,1)
	Geschwindigkeit Peakzone	Attribut	float	(1,1)
	Geschwindigkeit Abkühlzone	Attribut	float	(1,1)
	Lüfter-Kapazität	Attribut	symbol	einzelwertig
Reflow-Lötofen	Breite	Attribut	float	(1,1)
	Datum des Betriebsbeginns	Attribut	string	einzelwertig
	Gesamtlänge	Attribut	float	(1,1)
	Gewicht	Attribut	float	einzelwertig
	Hersteller	Attribut	string	(1,1)
	Höhe	Attribut	float	(1,1)
	Preis	Attribut	float	einzelwertig
	hat Komponenten	Relation	instance	(1,1)
	stellt Produkt her	Relation	instance	mehrwertig
Temperaturprofil-Vorgabe	Abkühlgradient	Attribut	float	(1,1)
	Aufheizgradient	Attribut	float	(1,1)
	Liquidustemperatur	Attribut	float	(1,1)
	maximale Einweichen-Temperatur	Attribut	float	(1,1)
	minimale Einweichen-Temperatur	Attribut	float	(1,1)
	Peaktemperatur	Attribut	float	(1,1)
	Vorheizzeit	Attribut	float	(1,1)
	Zeit über Liquidus	Attribut	float	(1,1)
Ursache von Lötfehlern	Ursache Beschreibung	Attribut	string	(1,1)
	Ursache Code	Attribut	string	(1,1)

Die dargestellten Konzepte werden anschließend mit der vorgestellten Ontologie umgesetzt und als Ontologie modelliert. Dazu werden in der Ontologie-Modellierungsphase zwei Bereiche berücksichtigt. Zum einen wird eine Domänen-Ontologie des Reflow-Lötens im Rahmen der Elektronikfertigung geschaffen, zum anderen wird eine Anwendungsentologie mit den für die Lötfehleranalyse relevanten Informationen erstellt. Die entstandene Domänen-Ontologie ist in Abbildung 72 ausschnittsweise dargestellt.

Für die Ontologie der Elektronikfertigung werden Kompetenzfragen gemäß Kapitel 5.2.1 erstellt und mithilfe von Anfragen an die entwickelte Wissensbasis gerichtet. Es zeigt sich, dass alle Kompetenzfragen an die entwickelte Ontologie erfüllt werden können. Zudem wird die fertiggestellte Ontologie in ein Fehlermanagement-System einer realen Elektronikfertigung eingebunden [S10]. Dabei zeigt sich, dass die mit der zur Verfügung gestellten Methodik entwickelte Ontologie auch im praktischen Einsatz die gestellten Aufgaben erfüllt. Somit erfüllt der vorgestellte Ansatz im Rahmen der Fallstudie der Elektronikfertigung die Zielstellung, als umfassende Wissensbasis für die Verbesserung von Lötprozessen zu dienen.

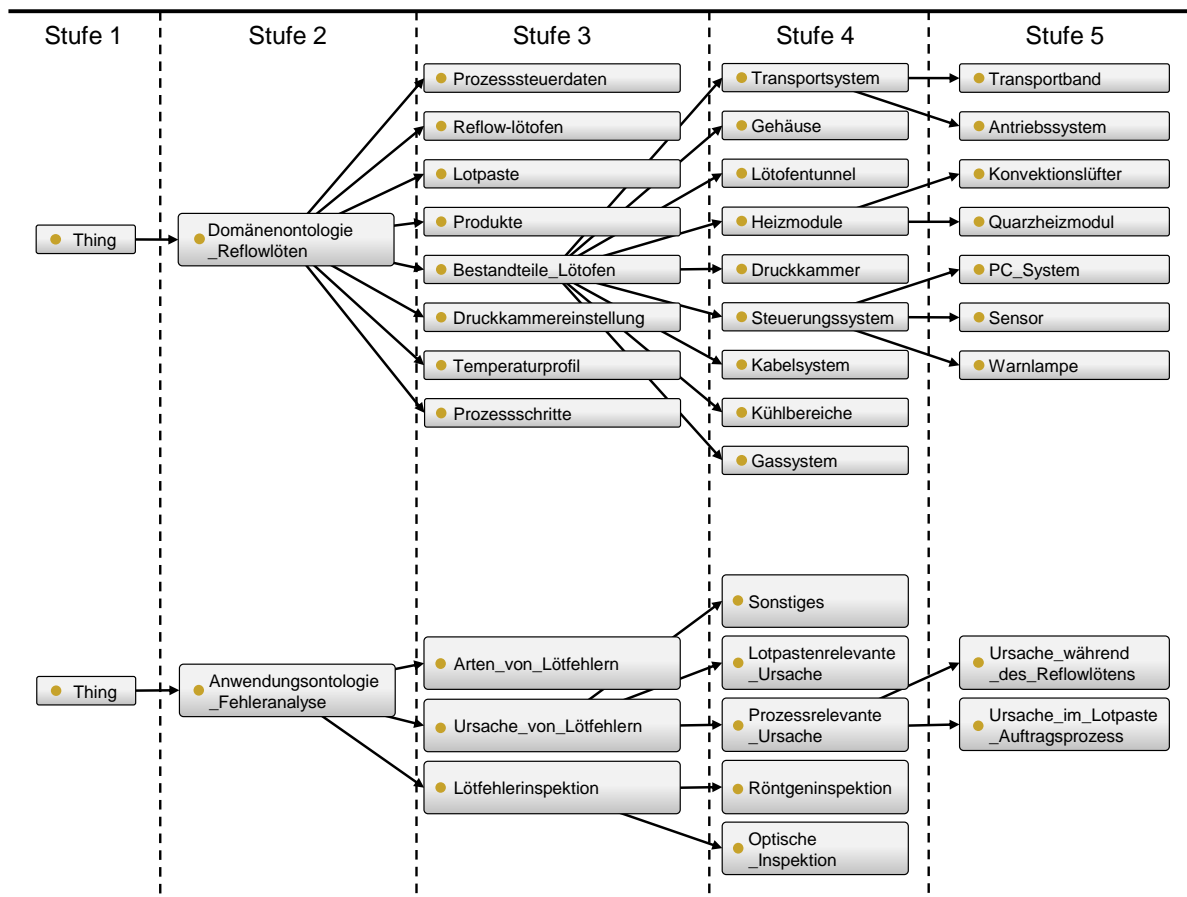


Abbildung 72: Ontologiehauptklassen der Modellierung des Elektronikfertigungsprozesses

8.3 Grenzen des ontologiebasierten Wissensmanagements

Die generelle Anwendbarkeit und Gültigkeit des Wissensmanagement-Frameworks kann anhand eines Praxisbeispiels aufgezeigt werden. Um die generelle Anwendbarkeit des entwickelten Ansatzes sicherzustellen, werden im Folgenden die Grenzen des ontologiebasierten Wissensmanagement dargelegt. Dadurch kann der Geltungsbereich des Frameworks ermittelt werden.

(1) Grenzen der Dimension Strategie

Die Dimension Strategie hat das Ziel, die grundsätzliche strategische Rolle der Ressource Wissen und deren Wirkung im Unternehmen zu beschreiben. Darüber hinaus werden die für das Wissen gesteckten Ziele mittels einer Zielerreichungsplanung abgebildet. Grundlage der Strategieplanung bilden bestehenden Wissensressourcen, da diese Ansätze für Erfolgspotentiale der Organisation darstellen. Wird die Produktion auf völlig neue Produktionsbereiche ausgeweitet oder handelt es sich um ein junges Unternehmen, dass keinerlei Erfahrung im Bereich der Produktion aufweist, so kann auch die Dimension der Strategie nicht richtig implementiert werden. Das Wissensmanagement-Framework ist für neue Produktionsbereiche nur eingeschränkt nutzbar.

(2) Grenzen der Dimension Struktur

Ziel der Dimension Struktur ist die Schaffung eines Vertrauensverhältnisses zwischen allen Bereichen und Hierarchien. Dadurch sollen wissensverarbeitende Insellösungen, zwischen denen ein mangelhafter Wissenstransfer stattfindet, vermieden und der unternehmensweite Zugang zu vorhandenem oder neu geschaffenem Wissen in der Organisation sichergestellt werden. Ist dieser Wissenstransfer jedoch in geeignetem Maß gegeben, beispielsweise bei sehr kleinen Unternehmen, so übersteigt der Aufwand der Implementierung der Struktur den Nutzen der Kommunikationsverbesserung. Daher stellt auch die Größe des Unternehmens einen einschränkenden Faktor für die sinnvolle Anwendung des Frameworks dar.

(3) Grenzen der Dimension Systeme

Die Dimension Systeme soll sicherstellen, dass jegliches in der Wertschöpfungskette notwendige Wissen an der richtigen Stelle der Ablauforganisation zum richtigen Zeitpunkt in der erforderlichen Art und Weise zur Verfügung steht. Durch adäquate Neuerungen bei Wissensverarbeitungsprozessen wird das Unternehmen zu einem ganzheitlichen wissensverarbeitenden System. Dies setzt jedoch voraus, dass die technischen Voraussetzungen zur Erneuerung der Wissensverarbeitungsprozesse im Unternehmen gegeben sind. Sind vor der Einführung des Frameworks aufwändige Neuerungen in der Infrastruktur notwendig, die hohe Investitionen nach sich ziehen, so kann der Nutzen des Frameworks obsolet werden. Für den Einsatz des Wissensmanagement-Frameworks gilt es daher stets abzuwägen, ob der Nutzen der optimierten Wissensnutzung den Investitionsaufwand übersteigt.

(4) Grenzen der Dimension Führungsstil

Mit der Dimension soll sichergestellt werden, dass die unternehmensweiten Wissensausrichtung in den Unternehmensgrundsätzen und -leitbildern verankert wird. Durch die vom Management aufgestellten Grundsätze sollen alle Unternehmensbereiche auf eine gemeinsame, aufeinander abgestimmte Unternehmenspolitik ausgerichtet werden. Um die Ganzheitlichkeit des Wissensmanagements in der Organisation durchzusetzen und die Relevanz des Wissens als Produktionsfaktor zu verdeutlichen, muss die Ressource Wissen explizit in den Unternehmensgrundsätzen verankert werden. Dabei ist vom Management der Grundsatz aufzustellen, dass Wissen im Unternehmen eine frei verfügbare Ressource ist, die jedem zugänglich sein sollte. Dieser Grundsatz kann jedoch zu einem Zielkonflikt führen, wenn in dem produzierenden Unternehmen auch ein Wissenshandel, beispielsweise durch Technologieveräußerung oder Patentlizenzierung etabliert ist. Bei Einführung des ganzheitlichen Wissensmanagement-Frameworks gilt es daher abzuwägen, ob der Nutzen der Optimierung der Wissensverarbeitung den Nutzen des Wissenshandels übersteigt. Gegebenenfalls führt daher der Handel mit Wissen zu einer Einschränkung der Nutzbarkeit des Frameworks.

(5) Grenzen der Dimension Mitarbeiter

Ziel der Dimension Mitarbeiter ist die Ausgestaltung der an die Menschen gekoppelte organisationale Wissensbasis. Dies wird vor allem durch von technischen Wissensmanagementsysteme unterstützt. Die Systeme müssen dabei für eine optimale Nutzung Anforderungen für die Benutzerfreundlichkeit, wie ergonomische Mensch-Maschinen-Schnittstellen, die flexible Anpassung von Benutzerschnittstellen und die Personalisierung von Diensten erfüllen. Die Personalisierung von Wissensmanagementsystemen erfordert jedoch die Sammlung von Nutzerdaten die im Widerspruch mit etwaigen rechtlichen Vorschriften stehen kann. Daher gilt es bei der Einführung des Frameworks zu prüfen, inwiefern die Funktionalitäten im Einklang mit Gesetzen und Vorschriften stehen. Die Nutzbarkeit des Frameworks innerhalb der Dimension Mitarbeiter wird somit von länderspezifischen rechtlichen Rahmenbedingungen eingeschränkt.

(6) Grenzen der Dimension Fähigkeiten

Die Dimension Fähigkeiten beschreibt die im Unternehmen und am Markt verfügbaren Fähigkeiten und Kompetenzen und steuert diese im Hinblick auf ihren wettbewerbsrelevanten Einsatz in der Organisation. Ziel des Frameworks ist es, für Investitions- und Mitarbeiterentscheidungen einen Orientierungsrahmen vorzugeben und eine Anforderungs- und Bewertungskonzept für den Einsatz der Fähigkeiten im Unternehmen bereitzustellen. Diese Dimension unterliegt keiner Einschränkung, die sich auf die Nutzbarkeit des Frameworks auswirkt.

(7) Grenzen der Dimension Unternehmenskultur

Eine wissensfreundliche Unternehmenskultur stellt die Schlüsselherausforderung des ganzheitlichen Wissensmanagements dar. Sie hängt stark von der bisherigen Entwicklung des Unternehmens ab und kann nur indirekt beeinflusst werden. Eine wesentliche Anforderung an die Kultur ist die Etablierung einer gemeinsamen Sprache, mit der sich jeder Teil der Organisation identifizieren kann und eine effektive Kommunikation ermöglicht wird. Dies wirkt sich auf die Anwendbarkeit des Frameworks in multinationalen Unternehmen aus. Das entwickelte Framework ermöglicht zwar die Angabe von Übersetzungen von Begriffen, jedoch kann der stets abweichende Bedeutungsfokus eines Begriffs auch durch Übersetzungen nicht vollständig abgebildet werden. Somit kann das Wissensmanagement-Framework bei Unternehmen mit Mitarbeitern aus sehr stark abweichenden Sprach- und Kulturräumen nur bedingt eingesetzt werden.

8.4 Zusammenfassende Bewertung

Bereits eingangs wird in diesem Kapitel die generelle Erfüllung der gestellten Handlungsbedarfe diskutiert. Mithilfe des Anwendungsfalls der Elektronikfertigung wird zudem die praktische Anwendbarkeit sowie die Umsetzbarkeit evaluiert. Dabei kann gezeigt werden, dass der entwickelte Ansatz sowohl theoretisch als auch praktisch die Anforderungen des ganzheitlichen Wissensmanagements erfüllt und als Grundlage für das organisationale Wissensmanagement eingesetzt werden kann. Schließlich werden die Grenzen aufgezeigt, die für den Einsatz des entwickelten Frameworks im industriellen Umfeld gelten. Durch die gewählte Validierungsmethode kann somit die praktische Anwendbarkeit des ganzheitlichen Wissensmanagement-Frameworks sichergestellt werden.

Abschließend wird der Ansatz an den in Kapitel 3.4 aufgeführten Zielen des ontologiebasierten Wissensmanagement gespiegelt und deren Erfüllungsgrad mithilfe der Ergebnisse der vorgestellten Fallstudie ermittelt. Wie in Tabelle 30 zu sehen, erfüllt die in der Fallstudie durchgeführte Modellierung weitreichend die geforderten Ziele des ontologiebasierten Wissensmanagements. Dabei ist anzumerken, dass die Reduktion der konzeptuellen und terminologischen Mehrdeutigkeit nur bedingt erreicht werden kann, da diese im Umfeld der Elektronikproduktion bereits größtenteils gegeben ist. Eine weitere Einschränkung ist auch bei der Förderung der Wiederverwendbarkeit festzustellen, da die Domäne der Elektronikproduktion sehr spezielles Vokabular verwendet, welches nur bedingt auf andere Domänen übertragbar ist.

Zudem soll anhand der Bewertung der Grenzen des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks die generelle Zielerfüllung des Ansatzes erörtert werden. Aufgrund der freien Erweiterbarkeit der gewählten Repräsentationsform kann ein Referenzvokabular für jede Art der Produktion gebildet werden. Dadurch ist es auch möglich, ein Klassifikationsframework bereitzustellen, das auf den entsprechenden Pro-

duktionskontext abgestimmt werden kann. Aufgrund der in Kapitel 8.3 erläuterten Einschränkung in der Dimension Systeme hängt die Ermöglichung der Wissensweitergabe von den technischen Voraussetzungen in dem einzusetzenden Unternehmen ab und kann daher nicht vollständig sichergestellt werden. Auch die Reduktion der konzeptuellen und terminologischen Mehrdeutigkeit unterliegt Einschränkungen, die sich der Unternehmenskultur zuordnen lässt. Von einer generellen Förderung der Kommunikation kann zwar durch die Schaffung eines eindeutigen Kontextes sowie eine im Framework enthaltene Erklärungskomponente ausgegangen werden, jedoch kann die Ermöglichung der Interoperabilität aufgrund kulturell bedingter, unterschiedlich verstandener Begriffsbedeutungen nicht sichergestellt werden. Die Nutzung der entwickelten Ontologien als Basis für Spezifikationen im Produkt- und Prozessdesign unterliegt ebenfalls technischen Einschränkungen. Die Förderung der Wiederverwendbarkeit der Wissensbasis gilt nur für einen Sprach- und Rechtsraum und unterliegt den Grenzen der Mitarbeiterdimension. Die Wissenssuche und -auffindung wird generell erleichtert, soweit dies im Sinne der Geschäftsleitung steht. Auch die Steigerung der Wissensakquisition wird durch fehlende technische und kulturelle Voraussetzungen eingeschränkt. Aufgrund der logischen Eigenschaften der gewählten Ontologiesprache kann jedoch in jedem Fall von einer Verbesserung der Zuverlässigkeit und Konsistenz der organisatorische Wissensbasis ausgegangen werden. Schließlich garantiert der Ansatz somit auch die Unterstützung der Wissensinstandhaltung, da Inkonsistenzen in der Wissensbasis automatisiert ermittelt werden können. Die Grenzen des Frameworks sind ebenfalls zusammenfassend in Tabelle 30 aufgelistet.

Tabelle 30: Bewertung der Use Cases anhand der Zielstellungen des ganzheitlichen ontologiebasierten Wissensmanagements in der Produktion

Zielstellung	Umsetzung in der Fallstudie	Grenzen des Frameworks
Bildung eines Referenzvokabulars für die Produktion	ja	nein
Bereitstellung eines Klassifikationsframeworks	ja	nein
Ermöglichung der Wissensweitergabe	ja	Systeme
Reduktion der konzeptuellen und terminologischen Mehrdeutigkeit	Bedingt(bereits gegeben)	Kultur
Förderung der Kommunikation	ja	nein
Ermöglichung der Interoperabilität	ja	Kultur
Bereitstellung von Spezifikationen	ja	Systeme
Förderung der Wiederverwendbarkeit	bedingt	Mitarbeiter
Erleichterung der Wissenssuche und -auffindung	ja	Führung
Steigerung der Wissensakquisition	ja	Systeme, Kultur
Verbesserung der Zuverlässigkeit und Konsistenz	ja	nein
Unterstützung der Wissensinstandhaltung	ja	nein

Insgesamt zeigt sich jedoch, dass der erarbeitete Ansatz die Zielstellungen des ontologiebasierten Wissensmanagements erfüllt. Somit kann die entwickelte Methodik sowie der zur Verfügung gestellte Unternehmenskontext als Grundlage für weitere Forschungsarbeiten sowie als Basis für das ganzheitliche organisationale Wissensmanagement in der Produktion angesehen und verwendet werden.

9 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit betrachtet den für erfolgreiche Organisationen zentralen Begriff des Wissensmanagements im Umfeld der Produktion und stellt eine Methodik zur Implementierung eines ganzheitlichen ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks zur Verfügung. Aufbauend auf ein fundiertes Verständnis der inhärenten Konzepte und Beziehungen wird zunächst der Begriff Wissen als umfassendes Weltverständnis einer Person oder Organisation abgegrenzt, welches es erlaubt, kontextbezogene Aussagen über den zu beschreibende Weltausschnitt in Form von Informationen zu kommunizieren. Wissen ist als Grundlage jeglicher unternehmerischen Entscheidung somit direkt mit einer Organisation zur Verfügung stehenden, klassischen Ressourcen und Produktionsfaktoren verknüpft. Ziel des ganzheitlichen Wissensmanagements muss es demnach sein, ein organisationsumfassendes Verständnis über die Bedeutung des unternehmerischen Wissens zu schaffen und sämtliche Unternehmensressourcen so zu allokalieren und zu orchestrieren, dass der größtmögliche Geschäftserfolg erzielt und nachhaltig sichergestellt werden kann. Die Vermittlung eines gemeinsamen Verständnisses kann durch die Bereitstellung eines gemeinsamen Unternehmenskontextes erreicht werden. Die Analyse bestehender technischer Methoden der Wissensrepräsentation zeigt, dass ein derartiger Kontext durch den Einsatz von Ontologien modelliert werden kann.

Der aus der Anforderungsanalyse resultierende Handlungsbedarf sieht zunächst die Schaffung eines ganzheitlichen Bewusstseins für die organisationale Wissensbasis vor, die durch die Bereitstellung eines Bezugsrahmens ermöglicht wird, der die Beziehungen aller im Unternehmen existenten Ressourcen abbildet. Dies bildet die Grundlage für die Abbildung der organisationalen Wissensbasis mehreren Spezifizierungsebenen in Form eines Unternehmenskontextes. Darüber hinaus erfordert ganzheitliches Wissensmanagement automatisierte Lösungen zur Wissenserfassung, um den Aufwand der Verwaltung der Wissensbasis zu minimieren. Die Voraussetzung der aktiven Beteiligung aller Organisationsmitglieder am Wissensmanagement wird durch entsprechende motivationale Maßnahmen adressiert. Aufwandsarme Benutzerschnittstellen, die auf automatisierter Wissensbereitstellung beruhen, führen zu Erhöhung der Akzeptanz und schließlich zur Steigerung der Effizienz des Wissensmanagements.

Zur Umsetzung der Anforderungen wird zunächst ein Bezugsrahmen zur Verfügung gestellt, der Metastrukturen eines Wissensmanagement-Frameworks für das Umfeld der industriellen Produktion bildet. Dieser Rahmen betrachtet eine Organisation aus den sieben Dimension Strategie, Struktur, Systemen, Führungsstil, Fähigkeiten, Mitarbeitern sowie der Unternehmenskultur und setzt diese hinsichtlich der Anforderungen des Wissensmanagements in der Domäne der Produktion in Beziehung. Diese ganzheitliche Organisationsabbildung verhindert bei internen Wissensmanagementprozessen Kommunikationsstörungen durch fehlenden oder falschen Kontext und bietet die Möglichkeit der gezielten Abstimmung von externen Kontexten.

Anschließend wird eine umfassende Vorgehensweise zur Entwicklung eines ontologiebasierten Frameworks des ganzheitlichen Wissensmanagements in der Produktion zur Verfügung gestellt, die aufbauend auf Anforderungen und Randbedingungen der Modellierung die Erstellung und Erweiterung des ontologiebasierten Unternehmenskontextes aufzeigt. Darüber hinaus wird eine Umgebung gestaltet und eine Vorgehensweise zur Integration des ontologiebasierten Kontextes in wissensbasierte Systeme aufgezeigt. Die Betrachtung einer Vorgehensweise zur Einführung des Frameworks schließt die methodische Betrachtung ab.

Nach der Entwicklung der Methodik zur Konzeptualisierung des ontologiebasierten Wissensmanagement-Frameworks findet diese bei der Umsetzung des Frameworks Anwendung. Dazu werden die entwickelten Meta-Strukturen des Produktionsumfelds sowie der Organisationsbeschreibung implementiert. Zudem zeigt eine Erläuterung der Implementierung die Einbindung des Frameworks in übergeordnete Strukturen. Durch die Entwicklung eines Text Mining-Moduls sowie eines Werkzeugs der automatisierten Ontologie-Instanziierung wird auf die Möglichkeiten der automatisierten Wissenserfassung eingegangen. Durch die Einführung einer Knowledge Source Discovery-Agenten und eines Informationsempfehlungssystems wird zudem eine aufwandsarme Schnittstelle bereitgestellt sowie der Nutzer durch automatisierte Informationsbereitstellung zur Nutzung des Systems motiviert. Abschließend zeigt die Umsetzung des Ansatzes die Validität der erarbeiteten Methodik in Form einer Fallstudie auf und evaluiert die Grenzen der Anwendung. Das vorgestellte ganzheitliche ontologiebasierte Wissensmanagement stellt somit einen holistischen Ansatz zur Verbesserung des Wissensmanagements in Organisationen der produzierenden Industrie dar.

Auch wenn das vorgestellte Konzept einen ganzheitlichen Ansatz des Wissensmanagements aufzeigt, kann dennoch weiterer Forschungsbedarf abgeleitet werden. Wie bereits erläutert, erfordert die Überprüfung von automatisiert generiertem Inhalt sehr hohen manuellen Aufwand. Dieser kann durch die Entwicklung automatisierter Prüfalgorithmen reduziert oder möglicherweise sogar eliminiert werden. Generell fehlen auch Erfahrungswerte der Wartung des Systems und stellen daher Gegenstand weiterer Untersuchungen dar.

Der vorgestellte Ansatz zeigt auf, wie unterschiedliche Kontexte innerhalb des Unternehmens abgestimmt werden können. Offen bleibt dabei jedoch, ob die Methodik auch für die Kontextabstimmung in größeren Wertschöpfungsnetzwerken und über Unternehmensgrenzen hinweg geeignet ist. Diese Abstimmung der Kontexte muss am praktischen Beispiel validiert werden.

Eine interessante Anwendung des vorgestellten ontologiebasierten Wissensmanagements stellt sich in der Nutzung im Engineering-Prozess dar. Durch die ganzheitliche Beschreibung des Produktionsumfelds stellt der Kontext ein umfassendes Verständnis der Produktion her, wodurch auch Tätigkeiten des Anlagen- und Produktengineerings

abgedeckt werden. Dabei ist zu untersuchen, ob der entwickelte Unternehmenskontext als Grundlage für ein durchgängiges Datenmodell im Engineering-Prozess genutzt werden kann. Eine weitere Forschungsaufgabe besteht in der Anbindung des Kontextes an bestehende Systeme der Fertigung, wie beispielsweise ERP, MES und Qualitätsmanagement-Systemen. Erst durch eine ganzheitliche Anbindung aller Daten-, Informations- und Wissensstrukturen an den geschaffenen Kontext wird holistisches Wissensmanagement möglich.

10 Summary

The present work considers the concept of knowledge management in the production environment, which is a key concept for successful organizations, and provides a methodology for the implementation of a holistic ontology-based knowledge management framework. Based on a sound understanding of inherent concepts and relationships, the term knowledge is defined as a person's or organization's comprehensive understanding of the world, which allows the information-based communication of context-related statements about parts of the world to be described. Knowledge, as the basis of any entrepreneurial decision, is thus directly linked to an organization's available, resources and classical production factors. The aim of holistic knowledge management must therefore be to create an organization-encompassing understanding of the importance of entrepreneurial knowledge and to allocate and orchestrate all company resources in such a way that the greatest possible business success can be achieved and sustainably ensured. Communicating a common understanding can be achieved by providing a common corporate context. The analysis of existing technical methods of knowledge representation shows that such a context can be modeled using ontologies.

The need for action resulting from the requirements analysis claims the creation of a holistic awareness of the organizational knowledge base, facilitated by the provision of a reference frame that maps the relationships among all existing enterprise resources. This forms the basis for the mapping of the organizational knowledge base to multiple specification levels in the form of a corporate context. In addition, holistic knowledge management requires automated knowledge-gathering solutions to minimize the overhead of managing the knowledge base. The prerequisite for the active participation of all organizational members in knowledge management is addressed by appropriate motivational measures. User interfaces based on automated knowledge provision increase acceptance and ultimately enhance the efficiency of knowledge management.

In order to implement the requirements, a reference frame is provided that forms the meta-structures of a knowledge management framework for the industrial production environment. This framework looks at an organization in the seven dimensions of strategy, structure, systems, leadership, skills, employees, and corporate culture and relates them to the requirements of knowledge management in the domain of production. This holistic organizational view prevents communication disruptions in internal knowledge management processes due to a missing or incorrect context and offers the possibility of systematic coordination of external contexts.

A comprehensive approach to developing an ontology-based framework of holistic knowledge management in production that builds on the requirements and constraints of modeling to build and expand the ontology-based enterprise context is provided.

Building on this, an environment is designed and an approach for integrating the ontology-based context into knowledge-based systems is shown. The consideration of a procedure for the introduction of the framework completes the methodical consideration.

Following the development of the methodology for conceptualizing the ontology-based knowledge management framework, it will be used in the implementation of the framework. For this purpose, the developed meta-structures of the production environment as well as the organizational description are implemented. In addition, an explanation of the implementation shows the integration of the framework into higher-level structures. The development of a text mining module as well as a tool of automated ontology instantiation addresses the possibilities of automated knowledge acquisition. The introduction of a knowledge source discovery agent and an information recommendation system also provides low-cost interfaces and motivates the user to use the system through automated information provision. Finally, the implementation of the approach shows the validity and the boundaries of the developed methodology in the form of a use case. The presented holistic ontology-based knowledge management thus represents a holistic approach to improving knowledge management in manufacturing organizations.

Although the presented concept shows a holistic approach to knowledge management, further research needs can be derived. As discussed earlier, reviewing automatically generated content requires very high manual effort. This can be reduced or possibly even eliminated by the development of automated test algorithms. In general, empirical values of the maintenance of the system are missing and are therefore the subject of further investigations.

The approach presented shows how different contexts within the company can be aligned. However, it remains unclear whether the methodology is also suitable for contextualization in larger value networks and across company boundaries. This coordination of contexts has to be validated in the practical example.

An interesting application of the presented ontology-based knowledge management is the use in the engineering process. Through the holistic description of the production environment, the context produces a comprehensive understanding of the production, which also covers plant and product engineering activities. It should be examined whether the developed enterprise context can be used as a basis for a consistent data model in the engineering process. Another research task is the connection of the context to existing systems of production, such as ERP, MES and quality management systems. Only through a holistic connection of all data, information and knowledge structures to the created context holistic knowledge management becomes possible.

11 Abkürzungsverzeichnis

ABox.....	Assertional Box
ARIS	Architecture of Integrated Information Systems
CART.....	Classification and Regression Trees
CMS	Content Management System
DAML	DARPA Agent Markup Language
DL.....	Description Logics
DLP	Description Logic Programming
DLR	Description Logic Rules
DM.....	Datenmodelle
DMS	Data Management System
ERP	Enterprise Resource Planning
GENSIM	generate similar, Topic Modeling-Bibliothek
GPS.....	General Problem Solver
HTML.....	Hypertext Markup Language
ID3.....	Iterative Dichotomiser 3
IKT.....	Informations- und Kommunikationstechnologie
IRI.....	Internationalized Resource Identifier
IT	Informationstechnik
IuK.....	Informations- und Kommunikationstechnologie
JS	Java Script
KDS	Knowledge Source Discovery
KI.....	künstliche Intelligenz
KNN.....	künstliches neuronales Netzwerk
LDA	Latent Dirichlet Allocation-Algorithmus
LISP.....	List Processing Language
MES.....	Manufacturing Execution System
NLP	Natural Language Processing
OIL.....	Ontology Inference Language
OLAP	Online Analytical Processing
OPC UA.....	OPC Unified Architecture
OWL	Web Ontology Language
PDA.....	Personal Digital Assistant
PDCA	Plan, Do, Check, Act

PIM	Personal Information Manager
PL1	Prädikatenlogik erster Stufe
PROLOG	Programmation en Logique, Logisches Programmieren
PTTP	Thousands of Problems for Theorem Provers, Problembibliothek
RAMI4.0.....	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0
RBox.....	Role Box
RDF	Resource Description Framework
RDFS.....	Resource Description Framework Schema
REST	Representational State Transfer
RIF.....	Rule Interchange Format
SETHO.....	Sequential Theorem prover
SGML	Standard Generalized Markup Language
SLD	Selective Linear Definite Clause
SPARQL.....	SPARQL Protocol And RDF Query Language
SQL	Structured Query Language
SWOT.....	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
SWRL	Semantic Web Rule Language
TBox	Terminological Box
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
UML.....	Unified Modeling Language
URI	Uniform Resource Identifier
VDE	Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
W3C	World Wide Web Consortium
WM	Wissensmanagement
WMS.....	Wissensmanagementsystem
WRM	Wissensrepräsentationsmethoden
XML	Extensible Markup Language

12 Verzeichnis der Formelzeichen

C, D	komplexe Konzepte (gilt für Beschreibungslogik)
H	Entropie
H_g	gewichtete Shannon Entropie
H_{\max}	maximale Entropie
Inf	Informationsgehalt
M	Anzahl von Elementen in einer Zeichenfolge
n	Anzahl gleichwahrscheinlicher Elemente
p	Eintrittswahrscheinlichkeit
q	Anzahl von Binärfragen
R	Redundanz
\tilde{s}	subjektiven semantischen Bedeutung
u	Wertnutzen
W	Wissensmenge
φ, ψ	atomare Formeln

13 Literaturverzeichnis

- [1] GUTENBERG, E. *Die Produktion*. 24., unveränd. Aufl. Berlin: Springer, 1983. Enzyklopädie der Rechts- und Staatswissenschaft Abteilung Staatswissenschaft. / von Erich Gutenberg ; 1. ISBN 3540056947
- [2] DRUCKER, P.F. *Post-Capitalist Society*. Burlington: Elsevier Science, 2013. ISBN 978-0-7506-0921-0
- [3] BODENDORF, F., E. WEIß, T. NÄGELE und M. SCHERTLER-ROCK. Wissensbewertung in Unternehmen mithilfe der Technologiebilanz. In: F. LEHNER, H. NÖSEKABEL und P. KLEINSCHMIDT, Hg. *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006. [20. - 22. Februar 2006 an der Universität Passau; Tagungsband*. Berlin: GITO, 2006, S. 499-511. ISBN 978-3936771626
- [4] NORTH, K. *Wissensorientierte Unternehmensführung. Wissensmanagement gestalten*. 6., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, 2016. ISBN 978-3-658-11642-2
- [5] HARTMANN, J. *Ontologiebasierte Gestaltung und Umsetzung von Wissensmanagementsystemen*. Dissertation. Karlsruhe, 27. Februar 2007
- [6] SCHNURR, H.-P., S. STAAB, R. STUDER und Y. SURE-VETTER. *Ontologiebasiertes Wissensmanagement - Ein umfassender Ansatz zur Gestaltung des Knowledge Life Cycle*. Techreport, 16. Januar 2001
- [7] CUEL, R. und R. YOUNG, Hg. *Formal Ontologies Meet Industry. 7th International Workshop, FOMI 2015, Berlin, Germany, August 5, 2015, Proceedings*. Cham: Springer International Publishing, 2015. Lecture Notes in Business Information Processing. 225. ISBN 978-3-319-21544-0
- [8] QUINN, J.B. *Intelligent enterprise. A knowledge and service based paradigm for industry*. New York: Free Press, 1992. ISBN 0029256151
- [9] PROBST, G., S. RAUB und K. ROMHARDT. *Wissen managen. Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen*. 7. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, 2012. ISBN 978-3-8349-4563-1
- [10] SCHMITZ, C. und B. ZUCKER. Wissen managen? Wissen entwickeln! In: A. PAPMEHL und J. FUCHS, Hg. *Wissen im Wandel. Die lernende Organisation im 21. Jahrhundert*. 2. Dr. Wien: Ueberreuter, 2000, S. 178-203. ISBN 3706405164
- [11] PICOT, A., R. REICHWALD und R.T. WIGAND. *Die grenzenlose Unternehmung. Information, Organisation und Management ; Lehrbuch zur Unternehmensführung im Informationszeitalter*. 5. aktualisierte Aufl., [Nachdr.]. Wiesbaden: Gabler, 2010. ISBN 9783834921628

- [12] WATERMAN, R.H., T.J. PETERS und J.R. PHILLIPS. Structure is not organization [online]. *Business Horizons*, 1980, **23**(3), 14-26. ISSN 00076813. Verfügbar unter: doi:10.1016/0007-6813(80)90027-0
- [13] PLATO und F. DIRLMEIER. *Phaidon. Griechisch und deutsch*. 2. Auflage. Sammlung Tusculum. ISBN 9783110357301
- [14] ARISTOTELES und W. DETEL, Hg. *Zweite Analytik. Griechisch-deutsch = Analytica posteriora*. Hamburg: Meiner, 2011. Philosophische Bibliothek. 633. ISBN 9783787321650
- [15] TAKEUCHI, H. und I. NONAKA. *Die Organisation des Wissens. Wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen*. 2. Aufl. Frankfurt am Main: Campus Verlag, 2012. Business 2012. ISBN 9783593396316
- [16] REUCHER, E. *Information und Wissen im Spannungsfeld von Informationstheorie und Betriebswirtschaftslehre*. Frankfurt am Main: Lang, 2009. ISBN 9783631597613
- [17] KANT, I., J. TIMMERMANN und H. KLEMME, Hg. *Kritik der reinen Vernunft*. Hamburg: Meiner, 1998. Philosophische Bibliothek. 505. ISBN 9783787313198
- [18] AL-LAHAM, A. *Organisationales Wissensmanagement. Eine strategische Perspektive*. München: Franz Vahlen, 2003. ISBN 3800629852
- [19] AMELINGMEYER, J. *Wissensmanagement. Analyse und Gestaltung der Wissensbasis von Unternehmen*. Auflage. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 2004. Strategisches Kompetenz-Management. ISBN 9783824480777
- [20] KRCMAR, H. *Informationsmanagement*. 6., überarb. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015. ISBN 978-3-662-45862-4
- [21] REHÄUSER, J. und H. KRCMAR. Wissensmanagement im Unternehmen. In: G. SCHREYÖGG und P. CONRAD, Hg. *Wissensmanagement*. Berlin: De Gruyter, 1996. ISBN 3-11-014999-0
- [22] SOWA, J.F. Syntax, semantics, and pragmatics of contexts. In: G. GOOS, J. HARTMANIS, J. LEEUWEN, J.G. CARBONELL, J. SIEKMANN, G. ELLIS, R. LEVINSON, W. RICH und J.F. SOWA, Hg. *Conceptual Structures: Applications, Implementation and Theory*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1995, S. 1-15. ISBN 978-3-540-60161-6
- [23] ALBRECHT, F. *Strategisches Management der Unternehmensressource Wissen. Inhaltliche Ansatzpunkte und Überlegungen zu einem konzeptionellen Gestaltungsrahmen*. Techn. Univ., Diss.--Berlin, 1992. Frankfurt am Main:

- Lang, 1993. Europäische Hochschulschriften Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft. 1367. ISBN 3631451903
- [24] PEIRCE, C.S. *Prolegomena to a Science of Reasoning. Phaneroscopy, Semiotic, Logic*. 0. Auflage. Frankfurt: Peter Lang GmbH Internationaler Verlag der Wissenschaften, 2015. ISBN 978-3-631-66602-9
- [25] MORRIS, C.W. und R. POSNER. *Grundlagen der Zeichentheorie. Ästhetik und Zeichentheorie*. Frankfurt/M.: Fischer Taschenbuch Verl., 1988. Fischer Wissenschaft. 7406. ISBN 3596274060
- [26] BISCHOF, N. *Struktur und Bedeutung. Eine Einführung in die Systemtheorie für Psychologen ; zum Selbststudium und für den Gruppenunterricht*. 2., korrigierte Aufl. Bern: Huber, 1998. Aus dem Programm Huber. ISBN 3456830807
- [27] SPITTA, T. und M. BICK. *Informationswirtschaft. Eine Einführung*. 2. Auflage. Berlin: Springer, 2009. BWL im Bachelor-Studiengang. ISBN 978-3-540-85115-8
- [28] WIRTH, N. *Algorithmen und Datenstrukturen. Pascal-Version*. 5. Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 1998. Leitfäden der Informatik. ISBN 978-3-322-80154-8
- [29] SCHÜTT, P. Wissen kartographieren - aber wie? *wissensmanagement*, 1999, (2), 8-11
- [30] FREY-LUXEMBURGER, M., Hg. *Wissensmanagement - Grundlagen und praktische Anwendung. Eine Einführung in das IT-gestützte Management der Ressource Wissen*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014. Lehrbuch. ISBN 978-3-8348-0116-6
- [31] Deutsches Institut für Normung. 44330, *Telegrafentechnik und Telegrafie-Endeinrichtungen für Datenübertragung*. Berlin: Beuth
- [32] Deutsches Institut für Normung. DIN 44300-1, *Informationsverarbeitung*. Berlin: Beuth
- [33] CAPURRO, R. Was ist Information. Hinweis zum Wort- und Begriffsfeld eines umstrittenen Begriffs. *HMD: Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 1987, **24**(133), 107-114
- [34] BEIERLE, C. und G. KERN-ISBERNER. *Methoden wissensbasierter Systeme. Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen*. 5., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014. Computational Intelligence. ISBN 978-3-8348-1896-6

- [35] SHANNON, C.E. A Mathematical Theory of Communication [online]. *Bell System Technical Journal*, 1948, **27**(3), 379-423. ISSN 00058580. Verfügbar unter: doi:10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x
- [36] HARTLEY, R.V.L. Transmission of Information. *The Bell Systems Technical Journal*, 1928, (7), 535-563
- [37] ERTEL, W. *Grundkurs Künstliche Intelligenz. Eine praxisorientierte Einführung*. 3. Aufl. 2013. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013. ISBN 978-3-8348-1677-1
- [38] MAG, W. *Entscheidung und Information*. München: Vahlen, 1977. Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. ISBN 9783800606177
- [39] KLIR, G.J. und T.A. FOLGER. *Fuzzy sets, uncertainty, and information*. 7. print. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988. ISBN 978-0133459845
- [40] SCHAEFER, H. Information in der Produktion. Überlegungen unter nachrichtentheoretischem Aspekt. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 1985, **55**(6), 640-650
- [41] EULGEM, S. *Die Nutzung des unternehmensinternen Wissens. Ein Beitrag aus der Perspektive der Wirtschaftsinformatik*. Univ., Diss.--Marburg, 1997. Frankfurt am Main: Lang, 1998. Europäische Hochschulschriften Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft. Bd. 2327. ISBN 3631336829
- [42] POLANYI, M. *The tacit dimension*. Reprinted. Gloucester, Mass.: Smith, 1983. ISBN 9780844659992
- [43] BECKMAN, T.J. The Current State of Knowledge Management. In: J. LIEBOWITZ, Hg. *Knowledge management handbook*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1999, S. 1-22. ISBN 0-8493-0238-2
- [44] LEHNER, F. *Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung*. 5., aktualisierte Aufl. München: Hanser, 2014. ISBN 978-3-446-44135-4
- [45] REINMANN-ROTHMEIER, G. *Wissensmanagement lernen. Ein Leitfaden zur Gestaltung von Workshops und zum Selbstlernen*. Weinheim: Beltz, 2001. Beltz Weiterbildung. ISBN 3-407-36376-1
- [46] BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE. *Wissensmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen und öffentlicher Verwaltung. Ein Leitfaden*. Berlin, Juni 2007
- [47] KROGH, G. von und M. VENZIN. Anhaltende Wettbewerbsvorteile durch Wissensmanagement [online]. *Die Unternehmung*, 1995, **49**(6), 417-436. Verfügbar unter: <http://www.jstor.org/stable/24182996>

- [48] PROBST, G.J.B. *Kompetenz-Management. Wie Individuen und Organisationen Kompetenz entwickeln*. Wiesbaden: Gabler, 2000. ISBN 978-3-409-11662-6
- [49] TSUI, E. *Technologies for personal and peer-to-peer (p2p) knowledge management*, 2002
- [50] WILLFORT, R. und R. WILLFORT. Der genetische Code des persönlichen Erfolgs [online]. *wissensmanagement online*, 2007, (10). Verfügbar unter: http://www.wissensmanagement.net/online/archiv/2007/10_2007/code.shtml
- [51] MAIER, R. *Knowledge Management Systems. Information and Communication Technologies for Knowledge Management*. Third Edition. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. ISBN 978-3-540-71408-8
- [52] MACHLUP, F. *The production and distribution of knowledge in the United States*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1972. Princeton paperbacks. ISBN 9780691003566
- [53] STARY, C., M. MAROSCHER und E. STARY. *Wissensmanagement in der Praxis. Methoden, Werkzeuge, Beispiele*. München: Hanser, 2013. ISBN 978-3-446-43165-2
- [54] KLEINHANS, A.M. *Wissensverarbeitung im Management. Möglichkeiten und Grenzen wissensbasierter Managementsunterstützungs-, Planungs- und Simulationssysteme*. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1988. Frankfurt am Main: Lang, 1989. Schriften zur Unternehmensplanung. 13. ISBN 978-3631416105
- [55] ALAVI, M. und D.E. LEIDNER. Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *MIS Quarterly*, 2001, **25**(1), 107-136
- [56] SPECHT, D. *Wissensbasierte Systeme im Produktionsbetrieb. Mit 14 Tabellen*. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Habil.-Schr., 1988 u.d.T.: Specht, Dieter: Wissensbasierte Systeme in der Fabrik. München: Hanser, 1989. ISBN 978-3446157859
- [57] LIEBOWITZ, J., Hg. *Knowledge management handbook*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1999. ISBN 0-8493-0238-2
- [58] SCHETTGEN, G. *Kundenwissenscontrolling. Wissenschaftliche Einordnung, konzeptionelle Grundlagen und empirische Ergebnisse im deutschen Textil- und Bekleidungseinzelhandel*. Univ., Diss.--Duisburg-Essen, 2013. Lohmar: Eul, 2013. Reihe. 6. ISBN 9783844102499
- [59] SCHREIBER, G., H. AKKERMANS, A. ANJEWIERDEN, R.d. HOOG, N. SHADBOLT, W. VAN DE VELDE und B. WIELINGA. *Knowledge engineering*

- and management. The CommonKADS methodology.* Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1999. ISBN 0-262-19300-0
- [60] BROCKHOFF, K. *Forschung und Entwicklung. Planung und Kontrolle.* 5. Aufl. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2010. ISBN 978-3486249286
- [61] ZUCKER, B. und C. SCHMITZ. Knowledge Flow Management. Wissen nutzen statt verspielen. *Gablers Magazin*, 1994, **8**(11-12), 62-65
- [62] ADLER, N. und F. NORRGREN. Leverages and Mechanisms for Learning in Complex Organizational Systems: three case studies from the telecommunication industry. In: *Proceedings of the R&D Management Conference, Knowledge, Technology and Innovative Organizations*, 1995
- [63] BAMBERGER, I. und T. WRONA. Der Ressourcenansatz und seine Bedeutung für die Strategische Unternehmensführung. *ZfbF*, 1996, **48**(2), 130-153
- [64] DAVENPORT, T.H., S.L. JARVENPAA und M.C. BEERS. Improving Knowledge Work Processes. *Sloan Management Review*, 1996, **37**(4), 53-65
- [65] VAN DER SPEK, R. und A. SPIJKERVET. Knowledge Management: Dealing Intelligently with Knowledge. In: J. LIEBOWITZ und L.C. WILCOX, Hg. *Knowledge management and its integrative elements.* Boca Raton, Fla.: CRC Press, 1997, S. 31-60. ISBN 9780849331169
- [66] BÖHL, J. Erfahrungsaustausch im Intranet. Der Sprung ins Wissenszeitalter. *Office Management*, 1998, (7), 40-41
- [67] DAVENPORT, T.H., L. PRUSAK und H. HÖHLEIN. *Wenn Ihr Unternehmen wüßte, was es alles weiß. Das Praxishandbuch zum Wissensmanagement.* 2. Aufl. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 1999. ISBN 978-3478364706
- [68] GISSLER, A. *Wissensmanagement: Steigerung der Entwicklungseffizienz durch eine modellbasierte Vorgehensweise zur Umsetzung von Wissensmanagement in der Produktentwicklung.* Dissertation. Kaiserslautern, 1999
- [69] BODROW, W. und P. BERGMANN. *Wissensbewertung in Unternehmen. Bilanzieren von intellektuellem Kapital.* Berlin: Schmidt, 2003. ISBN 3503074899
- [70] REINMANN-ROTHMEIER, G. *Wissen managen. Das Münchener Modell.* München, 2001. Forschungsbericht / Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik, Lehrstuhl Prof. Dr. Heinz Mandl. Nr. 131

- [71] HECKHAUSEN, H., P.M. GOLLWITZER und F.E. WEINERT. *Jenseits des Rubikon. Der Wille in den Humanwissenschaften*. Berlin: Springer, 1987. ISBN 9783540173731
- [72] BUROW, O.-A. *Die Individualisierungsfalle. Kreativität gibt es nur im Plural*. Stuttgart: Klett-Cotta, 1999. ISBN 3608919775
- [73] BUBENKO, J.A., A. PERRSON und J. STIRNA. *User Guide of the Knowledge Management Approach Using Enterprise Knowledge Patterns*. Stockholm, Sweden, 2001. IST Programme project HyperKnowledge - Hypermedia and Pattern Based Knowledge Management for Smart Organisations
- [74] MEDRANO CASTILLO, LUCIO ABIMAEEL, CAZARINI, EDSON WALMIR. Integrated model for implementation and development of knowledge management [online]. *Knowledge Management Research Practice*, 2014, **12**(2), 145-160. Verfügbar unter: doi:10.1057/kmrp.2012.49;
- [75] MORIN, J. und R. SEURAT. *Le Management des ressources technologiques*. Paris: Les Éd. d'Organisation, 1989. Collection Audit. ISBN 2-7081-1058-6
- [76] PAUTZKE, G. *Die Evolution der organisatorischen Wissensbasis. Bausteine zu einer Theorie des organisatorischen Lernens*. München: Kirsch, 1989. Münchener Schriften zur angewandten Führungslehre. 58. ISBN 3882320583
- [77] HUBER, G.P. Organizational Learning [online]. The Contributing Processes and the Literatures. *Organization Science*, 1991, **2**(1), 88-115. ISSN 1047-7039. Verfügbar unter: doi:10.1287/orsc.2.1.88
- [78] SENGE, P.M. *The fifth discipline*. New York: Random House Audio, 1994. ISBN 978-0553456349
- [79] STEIN, E.W. und V. ZWASS. Actualizing Organizational Memory with Information Systems [online]. *Information Systems Research*, 1995, **6**(2), 85-117. ISSN 1047-7047. Verfügbar unter: doi:10.1287/isre.6.2.85
- [80] SCHÜPPEL, J. *Organisationslernen und Wissensmanagement*. St. Gallen, 1994
- [81] GÜLDENBERG, S. Wissensmanagement. In: D.v. ECKARDSTEIN, H. KASPER und W. MAYRHOFER, Hg. *Management. Theorien, Führung, Veränderung*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1999, S. 521-547. ISBN 3791013874
- [82] PAWLOWSKY, P., Hg. *Wissensmanagement. Erfahrungen und Perspektiven*. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1998. ISBN 3409189742

- [83] WILLKE, H. *Systemisches Wissensmanagement*. 2., neubearb. Aufl. Stuttgart: Lucius & Lucius, 2001. UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher. 2047. ISBN 3825220478
- [84] DAVENPORT, T.H., D.W. de LONG und M.C. BEERS. Successful Knowledge Management Projects. *Sloan Management Review*, 1998, **39**(2), 43-57
- [85] ALLWEYER, T. Modellbasiertes Wissensmanagement. *IM Information Management & Consulting*, 1998, **13**(1), 37-45
- [86] VOIGT, S., M. STAIGER, I. FINKE und R. ORTH. *Studie "Wissensmanagement in produzierenden KMU"* [online]. *Bedeutung und Herausforderungen*, 2006. Verfügbar unter: http://www.wissensmanagement.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/WM/documents/publikationen/kurzversion_prowis_studie_final_fraunhofer_2006_12_14.pdf
- [87] LIN, C., J.-M. YEH und S.-M. TSENG. Case study on knowledge-management gaps [online]. *Journal of Knowledge Management*, 2005, **9**(3), 36-50. ISSN 1367-3270. Verfügbar unter: doi:10.1108/13673270510602755
- [88] SCHEUBLE, S. *Wissen und Wissenssurrogate*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 1998. ISBN 978-3-8244-6813-3
- [89] BULLINGER, H.-J., K. WÖRNER und J. PRIETO. *Wissensmanagement heute. Daten, Fakten, Trends*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, 1997
- [90] FAHEY, L. und L. PRUSAK. The Eleven Deadliest Sins of Knowledge Management. *California Management Review*, 1998, **40**(3), 265-276
- [91] SCHÜPPEL, J. *Wissensmanagement. Organisatorisches Lernen im Spannungsfeld von Wissens- und Lernbarrieren*. Zugl.: St. Gallen, Univ., Diss., 1996. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 1997. Gabler-Edition Wissenschaft. ISBN 3824463040
- [92] LÄMMEL, U. und J. CLEVE. *Künstliche Intelligenz. Mit 51 Tabellen, 43 Beispielen, 118 Aufgaben, 89 Kontrollfragen und Referatsthemen*. 4., aktualisierte Aufl. München: Hanser, 2012. ISBN 9783446427587
- [93] ANTONIOU, G. und F. VAN HARMELEN. *A semantic Web primer*. 2nd ed. Cambridge, Mass: MIT Press, 2008. Cooperative information systems. ISBN 978-0-262-01242-3
- [94] BODENDORF, F. *Daten- und Wissensmanagement*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. Springer-Lehrbuch. ISBN 978-3-540-28743-8

- [95] GÖRZ, G., C.-R. ROLLINGER und J. SCHNEEBERGER. *Handbuch der Künstlichen Intelligenz*. 4. Aufl. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2010. Naturwissenschaft und Technik II 6-2010. ISBN 3-486-27212-8
- [96] BAADER, F., Hg. *The description logic handbook. Theory, implementation, and applications*. 2. ed., paperback ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2010. ISBN 9780521876254
- [97] HITZLER, P., S. BADER und A.S.d.'A. GARCEZ. Ontology Learning as a Use-Case for Neural-Symbolic Integration. In: *Proceedings of the IJCAI-05 workshop on Neural-Symbolic Learning and Reasoning, NeSy'05, Edinburgh, UK, August 2005*, 2005
- [98] PUPPE, F. *Problemlösungsmethoden in Expertensystemen*. Berlin: Springer, 1990. Studienreihe Informatik. ISBN 978-3-642-76133-1
- [99] FAYYAD, U.M., Hg. *Advances in knowledge discovery and data mining*. Menlo Park, Calif.: AAAI Press, 1996. ISBN 0-262-56097-6
- [100] INMON, W.H. *Building the data warehouse*. 3. ed. New York, N.Y.: Wiley, 2002. Wiley computer publishing Timely, practical, reliable. ISBN 0-471-08130-2
- [101] HORN, T. *Internet, Intranet, Extranet. Potentiale im Unternehmen*. München: Oldenbourg, 1999. ISBN 978-3486251296
- [102] DENGEL, A., Hg. *Semantische Technologien. Grundlagen - Konzepte - Anwendungen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2012. ISBN 978-3-8274-2663-5
- [103] STOCK, W.G. *Wissensrepräsentation. Informationen auswerten und bereitstellen*. München: Oldenbourg, 2008. ISBN 978-3-486-58439-4
- [104] HELBIG, H. *Wissensverarbeitung und die Semantik der Natürlichen Sprache. Wissensrepräsentation mit MultiNet*. 2. überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. eXamen.press. ISBN 978-3-540-76276-8
- [105] BRACHMAN, R.J., H.J. LEVESQUE und M. PAGNUCCO. *Knowledge representation and reasoning*. [Nachdr.]. Amsterdam: Elsevier/Morgan Kaufmann, 2007. ISBN 9781558609327
- [106] HITZLER, P., M. KRÖTZSCH, S. RUDOLPH und Y. SURE. *Semantic Web. Grundlagen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. eXamen.press. ISBN 978-3-540-33993-9
- [107] KARAGIANNIS, D. und R. TELESKO. *Wissensmanagement. Konzepte der künstlichen Intelligenz und des Softcomputing*. München: Oldenbourg, 2001. Lehrbücher Wirtschaftsinformatik. ISBN 3486255665

- [108] BIBEL, W. *Deduktion. Automatisierung der Logik*. München: Oldenbourg, 1992. Handbuch der Informatik. 6, 2. ISBN 9783486207859
- [109] BLÄSIUS, K.H., Hg. *Deduktionssysteme. Automatisierung des logischen Denkens*. 2., völlig überarb. und erw. Aufl. München: Oldenbourg, 1992. ISBN 978-3486220339
- [110] SCHÖNING, U. *Logik für Informatiker*. 5. Aufl. Heidelberg u.a.: Spektrum Akad. Verl., 2000. Spektrum-Hochschultaschenbuch. ISBN 978-3-8274-1005-4
- [111] RUSSELL, S.J., P. NORVIG und E. DAVIS. *Artificial intelligence. A modern approach*. 3. ed. Upper Saddle River NJ u.a.: Pearson Education, 2010. Prentice Hall series in artificial intelligence. ISBN 978-0-13-604259-4
- [112] EBBINGHAUS, H.-D., J. FLUM und W. THOMAS. *Mathematical Logic*. Second Edition. New York NY: Springer New York : Imprint: Springer, 1994. Undergraduate Texts in Mathematics. ISBN 978-1-4757-2355-7
- [113] STUDER, R., S. GRIMM und A. ABECKER. *Semantic Web Services. Concepts, Technologies, and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. ISBN 978-3-540-70894-0
- [114] PETROVIC, S.V. und S.L. EPSTEIN. Tailoring a Mixture of Search Heuristics [online]. *Constraint Programming Letters*, 2009, **4**, 15-38. Verfügbar unter: [http://www.i3s.unice.fr/~regin/Cpl/Papers/v4/Paper2\(pp15-38\).pdf](http://www.i3s.unice.fr/~regin/Cpl/Papers/v4/Paper2(pp15-38).pdf)
- [115] GENDREAU, M. und J.-Y. POTVIN. *Handbook of Metaheuristics*. Boston MA: Springer Science+Business Media LLC, 2010. International Series in Operations Research & Management Science. 146. ISBN 978-1-4419-1665-5
- [116] SMITH, K.A. Neural Networks for Combinatorial Optimization: A Review of More Than a Decade of Research. *INFORMS Journal on Computing*, 1999, **11**(1), 15-34
- [117] BRACHMAN, R.J. und H.J. LEVESQUE. The Tractability of Subsumption in Frame-Based Description Languages. In: *AAAI-84: Proceedings of the 4th National Conference on Artificial Intelligence*, 1984, S. 34-37. ISBN 978-0262510530
- [118] LEVESQUE, H.J. und R.J. BRACHMAN. *A fundamental tradeoff in knowledge representation and reasoning*: Morgan Kaufmann, 1985. Readings in Knowledge Representation
- [119] KRÖTZSCH, M., F. SIMANČIK und I. HORROCKS. A Description Logic Primer. In: J. LEHMANN und J. VÖLKER, Hg. *Perspectives on Ontology Learning*: IOS Press, 2014

- [120] KRÖTZSCH, M., F. SIMANČIK und I. HORROCKS. Description Logics [online]. *IEEE Intelligent Systems*, 2014, **29**(1), 12-19. ISSN 1541-1672. Verfügbar unter: doi:10.1109/MIS.2013.123
- [121] SCHMIDT-SCHAUß, M. und G. SMOLKA. Attributive concept descriptions with complements [online]. *Artificial Intelligence*, 1991, **48**(1), 1-26. ISSN 00043702. Verfügbar unter: doi:10.1016/0004-3702(91)90078-X
- [122] KRÖTZSCH, M. *Description logic rules*. Amsterdam: IOS Press, 2010. Studies on the Semantic Web. volume 008. ISBN 978-1-60750-654-6
- [123] HITZLER, P., M. KRÖTZSCH und S. RUDOLPH. *Foundations of semantic web technologies*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2010. Chapman & Hall/CRC textbooks in computing. ISBN 978-1420090505
- [124] GRUBER, T.R. A translation approach to portable ontology specifications [online]. *Knowledge Acquisition*, 1993, **5**(2), 199-220. ISSN 10428143. Verfügbar unter: doi:10.1006/knac.1993.1008
- [125] DENGEL, A., Hg. *Semantische Technologien. Grundlagen - Konzepte - Anwendungen*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2012. ISBN 978-3-8274-2664-2
- [126] GUARINO, N. Formal ontology in information systems. In: N. GUARINO, Hg. *Formal ontology in information systems. Proceedings of the first international conference (FOIS '98), June 6 - 8, Trento, Italy*. Amsterdam: IOS-Press, 1998, S. 3-15. ISBN 9051993994
- [127] LASSILA, O. und D. MCGUINNESS. *The role of frame-based representation on the Semantic Web*. Stanford (USA), 2001
- [128] HAHN, A., S. ABELS und L. HAAK, Hg. *Web Intelligence. Veröffentlichungen zum Seminar*. Oldenburg: Bibliotheks- und Informationssystem der Univ. ISBN 3-8142-0947-8
- [129] ZARRI, G.P. RDF and OWL for Knowledge Management. In: D. SCHWARTZ und D. TE'ENI, Hg. *Encyclopedia of Knowledge Management, Second Edition*: IGI Global, 2011, S. 1355-1373. ISBN 9781599049311
- [130] BÖHNLEIN, M. und A.U. VOM ENDE. XML — Extensible Markup Language [online]. *Wirtschaftsinformatik*, 1999, **41**(3), 247-276. Verfügbar unter: <http://www.ceushb.de/forschung/downloads/993-12.pdf>
- [131] GLIMM, B. *Semantic Web Grundlagen* [online]. *OWL 2 -Syntax und Semantik*, 2011 [Zugriff am: 3. November 2017]. Verfügbar unter: https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/iui.inst.090/Lehre/WS_2011-2012/SemWebGrundlagen/v10_folien.pdf

- [132] MUTHARAJU, R., P. MATETI und P. HITZLER. Developing a Distributed Reasoner for the Semantic Web. In: *Proceedings of the 2014 International Conference on Developers (ISWC)*, S. 108-112
- [133] BAK, J. und C. JEDRZEJEK. Rule-Based Reasoning System for OWL 2 RL Ontologies. In: D. HWANG, J.J. JUNG und N.-T. NGUYEN, Hg. *Computational Collective Intelligence. Technologies and Applications*. Cham: Springer International Publishing, 2014, S. 404-413. ISBN 978-3-319-11288-6
- [134] NGUYEN, L.A. Designing a Tableau Reasoner for Description Logics. In: H.A. LE THI, N.T. NGUYEN und T. VAN DO, Hg. *Advanced computational methods for knowledge engineering. Proceedings of 3rd International Conference on Computer Science, Applied Mathematics and Applications - ICCSAMA 2015*. Cham: Springer, 2015, S. 321-333. ISBN 978-3-319-17995-7
- [135] BAADER, F. und U. SATTLER. An Overview of Tableau Algorithms for Description Logics [online]. *Studia Logica*, 2001, **69**(1), 5-40. ISSN 00393215. Verfügbar unter: doi:10.1023/A:1013882326814
- [136] DENTLER, K., R. CORNET, A. ten TEIJE und N. de KEIZER. Comparison of Reasoners for Large Ontologies in the OWL 2 EL Profile [online]. *Semantik Web Journal*, 2011, **2**(2), 71-87. Verfügbar unter: doi:10.3233/SW-2011-0034
- [137] LIEBIG, T. *Reasoning with OWL - system support and insights*: Universität Ulm, 2013
- [138] HAARSLEV, V. und R. MÖLLER. Racer. A Core Inference Engine for the Semantic Web. In: *EON*, 2003
- [139] HAMMAR, K. Reasoning performance indicators for ontology design patterns. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Ontology and Semantic Web Patterns*, 2013, 27-23
- [140] GORE, R. und L.A. NGUYEN. EXPTIME Tableaux with Global Caching for Description Logics with Transitive Roles, Inverse Roles and Role Hierarchies. In: N. OLIVETTI, Hg. *Automated Reasoning with Analytic Tableaux and Related Methods*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007, S. 133-148. ISBN 978-3-540-73098-9
- [141] GORÉ, R. und L.A. NGUYEN. ExpTime Tableaux for ALC Using Sound Global Caching [online]. *Journal of Automated Reasoning*, 2013, **50**(4), 355-381. ISSN 0168-7433. Verfügbar unter: doi:10.1007/s10817-011-9243-0
- [142] NGUYEN, L.A. An Efficient Tableau Prover Using Global Caching for the Description Logic ALC [online]. *Fundam. Inf.*, 2009, **93**(1-3), 273-288. Verfügbar unter: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2364580.2364600>

- [143] KRÖTZSCH, M., S. RUDOLPH und P. HITZLER. Description Logic Rules. In: M. GHALLAB, C.D. SPYROPOULOS, N. FAKOTAKIS und N. AVOURIS, Hg. *Proceedings of the 18th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'08)*: IOS Press, 2008, S. 80-84
- [144] STÄRK, R.F. A Direct Proof for the Completeness of SLD-Resolution. In: E. BÖRGER, Hg. *CSL '89. 3rd Workshop on Computer Science Logic, Kaiserslautern, FRG, October 2 - 6, 1989 ; proceedings*. Berlin: Springer, 1990, S. 382-383. ISBN 3-540-52753-2
- [145] GROSOFF, B.N., I. HORROCKS, R. VOLZ und S. DECKER. Description logic programs. In: G. HENCSEY, B. WHITE, Y.-F.R. CHEN, L. KOVÁCS und S. LAWRENCE, Hg. *Proceedings of the twelfth international conference on World Wide Web - WWW '03*. New York, New York, USA: ACM Press, 2003, S. 48-57. ISBN 1581136803
- [146] HITZLER, P. und B. PARSIA. Ontologies and Rules. In: S. STAAB und R. STUDER, Hg. *Handbook on Ontologies*. Dordrecht: Springer, 2009, S. 111-132. ISBN 978-3-540-92673-3
- [147] HORROCKS, I., P.F. PATEL-SCHNEIDER, S. BECHHOFFER und D. TSAROV. OWL rules [online]. A proposal and prototype implementation. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 2005, **3**(1), 23-40. ISSN 15708268. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.websem.2005.05.003
- [148] CARRAL MARTÍNEZ, D. und P. HITZLER. Extending Description Logic Rules. In: D. HUTCHISON, T. KANADE, J. KITTLER, J.M. KLEINBERG, F. MATTERN, J.C. MITCHELL, M. NAOR, O. NIERSTRASZ, C. PANDU RANGAN, B. STEFFEN, M. SUDAN, D. TERZOPOULOS, D. TYGAR, M.Y. VARDI, G. WEIKUM, E. SIMPERL, P. CIMIANO, A. POLLERES, O. CORCHO und V. PRESUTTI, Hg. *The Semantic Web: Research and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012, S. 345-359. ISBN 978-3-642-30283-1
- [149] KRÖTZSCH, M., S. RUDOLPH und P. HITZLER. ELP. Tractable Rules for OWL 2. In: A. SHETH, S. STAAB, M. DEAN, M. PAOLUCCI, D. MAYNARD, T. FININ und K. THIRUNARAYAN, Hg. *Proceedings of the 7th International Semantic Web Conference (ISWC'08)*: Springer, 2008, S. 649-664
- [150] REITER, R. A logic for default reasoning. In: M.L. GINSBERG, Hg. *Readings in nonmonotonic reasoning*. LosAltos, Calif.: Kaufmann, 1987, S. 68-93. ISBN 0-934613-45-1

- [151] ANTONIOU, G. A tutorial on default logics [online]. *ACM Computing Surveys*, 1999, **31**(4), 337-359. ISSN 03600300. Verfügbar unter: doi:10.1145/344588.344602
- [152] JAYNES, E.T. und G.L. BRETTHORST, Hg. *Probability theory. The logic of science*. 12. print. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2013. ISBN 978-0521592710
- [153] DING, Z., Y. PENG und R. PAN. BayesOWL. Uncertainty Modeling in Semantic Web Ontologies. In: Z. MA, Hg. *Soft Computing in Ontologies and Semantic Web*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 3-29. ISBN 978-3-540-33472-9
- [154] YANG, Y. und J. CALMET. OntoBayes. An Ontology-Driven Uncertainty Model. In: *International Conference on Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06)*: IEEE, 2005, S. 457-463. ISBN 0-7695-2504-0
- [155] COSTA, P.C.G., K.B. LASKEY und G. ALGHAMDI. Bayesian ontologies in AI systems. In: *Proceedings of the Fourth Bayesian Modelling Applications Workshop, held at the Twenty Second Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, 2006
- [156] DA COSTA, P.C.G., K.B. LASKEY und K.J. LASKEY. PR-OWL: A Bayesian Ontology Language for the Semantic Web. In: P.C.G. DA COSTA, C. D'AMATO, N. FANIZZI, K.B. LASKEY, K.J. LASKEY, T. LUKASIEWICZ, M. NICKLES und M. POOL, Hg. *Uncertainty Reasoning for the Semantic Web I*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008, S. 88-107. ISBN 978-3-540-89764-4
- [157] DOS SANTOS, L.L., R.N. CARVALHO, M. LADEIRA, L. WEIGANG und G.L. MENDES. PR-OWL 2 RL - A Language for Scalable Uncertainty Reasoning on the Semantic Web information. In: *Proceedings of the 11th International Workshop on Uncertainty Reasoning for the Semantic Web*, 12. Oktober 2015, S. 14-25
- [158] ZADEH, L.A. Fuzzy sets [online]. *Information and Control*, 1965, **8**(3), 338-353. ISSN 00199958. Verfügbar unter: doi:10.1016/S0019-9958(65)90241-X
- [159] ZADEH, L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility [online]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1999, **100**, 9-34. ISSN 01650114. Verfügbar unter: doi:10.1016/S0165-0114(99)80004-9
- [160] STEIN, B. *Logik* [online]. *Fuzzy-Mengen*, 2017. Verfügbar unter: <http://www.uni-weimar.de/medien/webis/teaching/lecturenotes/logics/unit-de-fuzzy-basics.pdf>

- [161] KOSKO, B. Fuzziness vs. probability. *International Journal of General Systems*, 1990, **17**, 211-240
- [162] SILER, W. und J.J. BUCKLEY. *Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning*. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience, 2010. ISBN 978-0-471-38859-3
- [163] FULLÉR, R. *Fuzzy reasoning and fuzzy optimization*. Turku: Turku Centre for Computer Science, 1998. TUCS general publication. no 9. ISBN 952-12-0283-1
- [164] CROSS, V.V. Fuzzy ontologies. The state of the art. In: *2014 IEEE Conference on Norbert Wiener in the 21st Century (21CW)*: IEEE, 2014, S. 1-8. ISBN 978-1-4799-4562-7
- [165] AGARWAL, S. und P. HITZLER. Modeling Fuzzy Rules with Description Logics. In: BERNARDO CUENCA GRAU, IAN HORROCKS, BIJAN PARSIA, PETER PATEL-SCHNEIDER, Hg. *Proceedings of Workshop on OWL Experiences and Directions*. Galway, Ireland, 2005
- [166] TAMANI, N., L. LIÉTARD und D. ROCACHER. A Fuzzy Ontology for Database Querying with Bipolar Preferences [online]. *International Journal of Intelligent Systems*, 2013, **28**(1), 4-36. ISSN 08848173. Verfügbar unter: doi:10.1002/int.21572
- [167] STRACCIA, U. Towards a Fuzzy Description Logic for the Semantic Web (Preliminary Report). In: D. HUTCHISON, T. KANADE, J. KITTLER, J.M. KLEINBERG, F. MATTERN, J.C. MITCHELL, M. NAOR, O. NIERSTRASZ, C. PANDU RANGAN, B. STEFFEN, M. SUDAN, D. TERZOPOULOS, D. TYGAR, M.Y. VARDI, G. WEIKUM, A. GÓMEZ-PÉREZ und J. EUZENAT, Hg. *The Semantic Web: Research and Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005, S. 167-181. ISBN 978-3-540-26124-7
- [168] BOBILLO, F. und U. STRACCIA. Fuzzy ontology representation using OWL 2 [online]. *International Journal of Approximate Reasoning*, 2011, **52**(7), 1073-1094. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.ijar.2011.05.003
- [169] BOBILLO, F. und U. STRACCIA. fuzzyDL. An expressive fuzzy description logic reasoner. In: *2008 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (IEEE World Congress on Computational Intelligence)*: IEEE, 2008, S. 923-930. ISBN 978-1-4244-1818-3
- [170] BOBILLO, F., M. DELGADO und J. GÓMEZ-ROMERO. DeLorean [online]. A reasoner for fuzzy OWL 2. *Expert Systems With Applications*, 2012, **39**(1), 258-272. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.eswa.2011.07.016
- [171] YAGUINUMA, C.A., W.C.P. MAGALHÃES, M.T.P. SANTOS, H.A. CAMARGO und M. REFORMAT. Combining Fuzzy Ontology Reasoning and

- Mamdani Fuzzy Inference System with HyFOM Reasoner. In: S. HAMMOUDI, J. CORDEIRO, L.A. MACIASZEK und J. FILIPE, Hg. *Enterprise Information Systems*. Cham: Springer International Publishing, 2014, S. 174-189. ISBN 978-3-319-09491-5
- [172] TOIVONEN, H., A. SRINIVASAN, R.D. KING, S. KRAMER und C. HELMA. Statistical evaluation of the Predictive Toxicology Challenge 2000-2001. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 2003, **19**(10), 1183-1193
- [173] BENIGNI, R. und A. GIULIANI. Putting the Predictive Toxicology Challenge into perspective. Reflections on the results. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 2003, **19**(10), 1194-1200
- [174] LEHMANN, J. DL-Learner [online]. Learning Concepts in Description Logics. *J. Mach. Learn. Res.*, 2009, **10**, 2639-2642. Verfügbar unter: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1577069.1755874>
- [175] BÜHMANN, L., J. LEHMANN und P. WESTPHAL. DL-Learner—A framework for inductive learning on the Semantic Web [online]. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 2016, **39**, 15-24. ISSN 15708268. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.websem.2016.06.001
- [176] LUGER, G.F. *Artificial intelligence. Structures and strategies for complex problem solving*. 6. ed. Boston, Mass.: Pearson/Addison-Wesley, 2009. ISBN 978-0-321-54589-3
- [177] WAHLSTER, W. *Maschinelles Lernen als eine Grundlage Künstlicher Intelligenz* [online], 2017. Verfügbar unter: <https://mooc.house/files/863843f4-54c3-44a1-9aea-97e8912a3c0f?download=true>
- [178] HOTHÖ, A., A. NÜRNBERGER und G. PAAß. A Brief Survey of Text Mining [online]. *LDV Forum - GLDV Journal for Computational Linguistics and Language Technology*, 2005, **20**(1), 19-62. Verfügbar unter: <http://www.kde.cs.uni-kassel.de/hotho/pub/2005/hotho05TextMining.pdf>
- [179] FELDMAN, R. und J. SANGER. *The text mining handbook. Advanced approaches in analyzing unstructured data*. Reprinted. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2008. ISBN 9780521836579
- [180] KEMPER, H.-G., W. MEHANNA und C. UNGER. *Business Intelligence - Grundlagen und praktische Anwendungen. Eine Einführung in die IT-basierte Managementunterstützung*. 2., ergänzte Auflage. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, 2006. IT erfolgreich lernen. ISBN 9783834802750
- [181] WOOLDRIDGE, M. Intelligent Agents. The Key Concepts. In: G. GOOS, J. HARTMANIS, J. VAN LEEUWEN, V. MAŘÍK, O. ŠTĚPÁNKOVÁ, H.

- KRAUTWURMOVÁ und M. LUCK, Hg. *Multi-Agent Systems and Applications II*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002, S. 3-43. ISBN 978-3-540-43377-4
- [182] FERBER, J. *Multi-agent systems. An introduction to distributed artificial intelligence*. Harlow: Addison-Wesley, 1999. ISBN 0201360489
- [183] PFAU, W., K. JÄNSCH und S. MANGLIERS. *Mittelstandstudie zur strategischen Kompetenz von Unternehmen. Ergebnisbericht*. Clausthal, 25. Januar 2007
- [184] PORTER, M.E. *Wettbewerbsvorteile. Spitzenleistungen erreichen und behaupten*. 8. durchgesehene Auflage Auflage. Frankfurt: Campus, 2014. ISBN 3593388502
- [185] Verein Deutscher Ingenieure. 2870 Blatt 1, *Ganzheitliche Produktionssysteme - Grundlagen, Einführung und Bewertung*. Berlin: Beuth
- [186] HOLM, T. *Evaluation von Informationssystemen im technischen Service für industrielle Anlagen*. Zugl.: Erlangen-Nürnberg, Univ., Diss., 2010. Hamburg: Kovač, 2010. Schriftenreihe Studien zur Wirtschaftsinformatik. 49. ISBN 978-3-8300-5394-1
- [187] FELDHUSEN, J. und K.-H. GROTE, Hg. *Pahl/Beitz Konstruktionslehre. Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung*. 8., vollständig überarbeitete Auflage. Berlin: Springer Vieweg, 2013. ISBN 978-3-642-29569-0
- [188] SENDLER, U. *Das PLM-Kompendium. Referenzbuch des Produkt-Lebenszyklus-Managements*. Berlin: Springer, 2009. Xpert.press. ISBN 978-3-540-87898-8
- [189] Verein Deutscher Ingenieure. 5610 Blatt 2, *Wissensmanagement im Ingenieurwesen - Wissensbasierte Konstruktion (KBE)*. Berlin: Beuth
- [190] Verein Deutscher Ingenieure. 3695 Blatt 1, *Engineering von Anlagen - Evaluieren und optimieren des Engineerings - Grundlagen und Vorgehensweise*. Berlin: Beuth
- [191] VDI/VDE-GESELLSCHAFT MESS- UND AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. *Industrie 4.0 Statusreport. Wertschöpfungsketten*. Düsseldorf, 2014
- [192] HEMBERGER, A. und K. FELDMANN. *Innovationspotentiale in der rechnerintegrierten Produktion durch wissensbasierte Systeme*. München: Hanser, 1988. Fertigungstechnik - Erlangen. ISBN 3-446-15234-2
- [193] HINGOLE, R.S. *Advances in metal forming. Expert system for metal forming*. Berlin: Springer Verlag, 2015. The Springer series in materials science. 206. ISBN 978-3-662-44497-9

- [194] DESCOTTE, Y. und J.-C. LATOMBE. Gari: An Expert System for Process Planning. In: M.S. PICKETT und J.W. BOYSE, Hg. *Solid Modeling by Computers*. Boston, MA: Springer US, 1984, S. 329-346. ISBN 978-1-4612-9730-7
- [195] RUNCIMAN, C. und K. SWIFT. Expert system guides CAD for automatic assembly [online]. *Assembly Automation*, 1985, **5**(3), 147-150. ISSN 0144-5154. Verfügbar unter: doi:10.1108/eb004661
- [196] HAASIS, S. *Integrierte CAD-Anwendungen. Rationalisierungspotentiale und zukünftige Einsatzgebiete*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1995. ISBN 9783642796920
- [197] REDDY, Y.V. und M.S. FOX. *KBS: An Artificial Intelligence Approach to Flexible Simulation*. Pittsburgh, PA, 1982
- [198] GEYER, G. *Entwicklung problemspezifischer Verfahrensketten in der Montage*. München: C. Hanser, 1991. Fertigungstechnik--Erlangen. 22. ISBN 3-446-16552-5
- [199] GÖTZ, J. *Community-basierte Optimierung des Anlagenengineerings*. Zugl.: Erlangen-Nürnberg, Univ., Diss., 2015. Bamberg: Meisenbach, 2015. Bericht aus dem Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik. 265. ISBN 9783875253863
- [200] RASHIDY, H. *Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry*. Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2008. München: Utz, 2009. Forschungsberichte IWB. 227. ISBN 978-3-8316-0862-1
- [201] MICHL, M. *Webbasierte Ansätze zur ganzheitlichen technischen Diagnose*. Bamberg: Meisenbach, 2014. Fertigungstechnik - Erlangen. 242. ISBN 978-3-87525-356-6
- [202] WEBER, M. *Unterstützung der Wandlungsfähigkeit von Produktionsanlagen durch innovative Softwaresysteme*. Zugl.: Erlangen-Nürnberg, Univ., Diss., 2007. Bamberg: Meisenbach, 2007. Fertigungstechnik - Erlangen. 188. ISBN 9783875252699
- [203] VDI/VDE-GESELLSCHAFT MEß- UND AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. *Industrie 4.0 - Technical Assets: Grundlegende Begriffe, Konzepte, Lebenszyklen und Verwaltung. Statusreport*. Düsseldorf: VDI Verlag. ISBN 978-3-931384-83-8
- [204] Deutsches Institut für Normung. ISO 9001, *Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen*. Berlin: Beuth

- [205] Deutsches Institut für Normung. ISO 9000, *Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe*. Berlin: Beuth
- [206] NORTH, K. *Wissensmanagement für Qualitätsmanager. Erfüllung der Anforderungen nach ISO 9001:2015*. Wiesbaden: Gabler, 2016. essentials. ISBN 978-3-658-11249-3
- [207] Verein Deutscher Ingenieure. 5610 Blatt 1, *Wissensmanagement im Ingenieurwesen - Grundlagen, Konzepte, Vorgehen*. Berlin: Beuth
- [208] RIEMPP, G. *Integrierte Wissensmanagement-Systeme. Architektur und praktische Anwendung*. Berlin: Springer, 2004. Business engineering. ISBN 978-3-642-62071-3
- [209] THE RADICATI GROUP. *Prognose zur Anzahl der täglich versendeten und empfangenen E-Mails weltweit von 2017 bis 2021 (in Milliarden)* [online] [Zugriff am: 28. März 2018]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/252278/umfrage/prognose-zur-zahl-der-taeglich-versendeter-e-mails-weltweit/>
- [210] INTERNET LIVE STATS. *Anzahl der Internetnutzer weltweit in den Jahren 1997 bis 2014 sowie eine Schätzung für die Jahre 2015 und 2016 (in Millionen)* [online] [Zugriff am: 28. März 2018]. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/186370/umfrage/anzahl-der-internetnutzer-weltweit-zeitreihe/>
- [211] FELDMAN, S. *Hidden Costs of Information Work: A Progress Report*. IDC #217936. Framingham, MA., USA, 2009
- [212] HORNFECK, R., A. PLACH und J. HÖHN. Fehlerwissen ist Macht. Wissensbasiertes Unternehmerisches Fehlermanagementsystem. QZ, 2011, **56**(6), 64-65
- [213] BEUTH VERLAG GMBH. *Deshalb sollten Sie über Normen-Management nachdenken* [online] [Zugriff am: 13. April 2018]. Verfügbar unter: <https://www.beuth.de/kampagne/nm-de/warum-normen-verwalten>
- [214] KAPLAN, R.S. und D.P. NORTON. *Balanced scorecard. Strategien erfolgreich umsetzen*. Sonderausgabe. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, Januar 2018. Management Klassiker. ISBN 3791041681
- [215] HAASIS, H.-D. und T. KRIWALD, Hg. *Wissensmanagement in Produktion und Umweltschutz. 7 Tabellen*. Berlin: Springer, 2001. ISBN 3540674837
- [216] FÖRSTER, M. Integrierte Managementsysteme in KMU. *Produktion und Umweltschutz*, 1999, **2**(4)
- [217] BUNDESMINISTERIUM FÜR FINANZEN. *AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig "Kraftfahrzeugindustrie"*. Berlin, 7. Februar 1997

- [218] BECKER, J., W. PROBANDT und O. VERING. *Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. ISBN 978-3-642-30411-8
- [219] . *ISO/IEC/IEEE 29148. 2011(E): ISO/IEC/IEEE International Standard - Systems and software engineering -- Life cycle processes --Requirements engineering*. S.l.: IEEE, 2011
- [220] BALZERT, H. und C. EBERT. *Softwaremanagement*. 2. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl., 2008. Lehrbücher der Informatik. / Helmut Balzert ; 3. ISBN 978-3-8274-1161-7
- [221] DITTMAR, C. *Knowledge Warehouse*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 2004. ISBN 978-3-8244-8126-2
- [222] BULLINGER, H.-J., K. WÖRNER und J. PRIETO. Wissensmanagement - Modelle und Strategien für die Praxis. In: H.D. BÜRGEL, Hg. *Wissensmanagement. Schritte zum intelligenten Unternehmen*. Berlin: Springer, 1998, S. 21-39. ISBN 978-3-642-71996-7
- [223] PREIM, B. *Entwicklung interaktiver Systeme. Grundlagen, Fallbeispiele und innovative Anwendungsfelder*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1999. Springer-Lehrbuch. ISBN 978-3-662-07054-3
- [224] LORENZ, S. *Wissensmanagement in unternehmensübergreifenden Forschungsprojekten im internationalen Umfeld*. Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2010. Frankfurt am Main: Lang, 2010. Wertschöpfungsmanagement. 9. ISBN 978-3-631-60942-2
- [225] LIEBRICH, A. *Ziele, Anreize und Erfolg in interkulturellen, interorganisatorischen Wissensnetzwerken. Das Beispiel CEMS*. @St. Gallen, Univ., Diss., 2006. St. Gallen: Univ. Hochschule für Wirtschafts- Rechts- und Sozialwiss. (HSG)
- [226] O'LEARY, D.E. Knowledge management across the enterprise resource planning systems life cycle [online]. *International Journal of Accounting Information Systems*, 2002, **3**(2), 99-110. ISSN 14670895. Verfügbar unter: doi:10.1016/S1467-0895(02)00038-6
- [227] AHMAD, M.N., N.H. ZAKARIA und D. SEDERA. Ontology-based knowledge management for enterprise systems [online]. *International journal of enterprise information systems*, 2011, **7**(4), 64-90. Verfügbar unter: doi:10.4018/jeis.2011100104
- [228] USCHOLD, M. und M. GRUNINGER. Ontologies [online]. Principles, methods and applications. *The Knowledge Engineering Review*, 1996, **11**(02), 93-155. Verfügbar unter: doi:10.1017/S0269888900007797

- [229] MERTINS, K., P. HEISIG und J. VORBECK, Hg. *Knowledge management. Best practices in Europe*. Berlin: Springer, 2001. ISBN 3540674845
- [230] REINEKE, R.-D., Hg. *Gabler-Lexikon Unternehmensberatung. [A - Z]*. Wiesbaden: Gabler, 2007. ISBN 9783409120081
- [231] CHANDLER, A.D. *Strategy and structure. Chapters in the history of the American industrial enterprise*. repr. Washington: Beard Books, 2003. ISBN 978-1587981982
- [232] MINTZBERG, H. The design school. Reconsidering the basic premises of strategic management. In: *Michael Porter*. London: Routledge, 2010, S. 257-292. ISBN 978-0-415-32586-8
- [233] ZAHN, E. Wissen und Strategie. In: H.D. BÜRGEL, Hg. *Wissensmanagement. Schritte zum intelligenten Unternehmen*. Berlin: Springer, 1998, S. 41-52. ISBN 978-3-642-71996-7
- [234] BETTIS, R.A. und C.K. PRAHALAD. The dominant logic [online]. Retrospective and extension. *Strategic Management Journal*, 1995, **16**(1), 5-14. ISSN 01432095. Verfügbar unter: doi:10.1002/smj.4250160104
- [235] WINOGRAD, T. und F. FLORES. *Understanding computers and cognition. A new foundation for design*. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1987. ISBN 0201112973
- [236] ZACK, M.H. Developing a knowledge strategy. *California Management Review*, 1999, (3), 125-145
- [237] FIRESTONE, J.M. und M.W. MCELROY. *Key issues in the new knowledge management*. Boston, MA: Butterworth-Heinemann; KMCI Press, 2003. ISBN 0750676558
- [238] HISLOP, D. *Knowledge management in organizations. A critical introduction*. 3. ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 2013. ISBN 9780199691937
- [239] MASSINGHAM, P. Linking business level strategy with activities and knowledge resources [online]. *Journal of Knowledge Management*, 2004, **8**(6), 50-62. Verfügbar unter: doi:10.1108/13673270410567620
- [240] BRECHT, U. *BWL für Führungskräfte. Was Entscheider im Unternehmen wissen müssen*. 2., überarb. und erw. Aufl. 2012. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2012. ISBN 9783834938503
- [241] DEKING, I. *Management des Intellectual Capital. Bildung einer strategiefokussierten Wissensorganisation*. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 2003. Markt- und Unternehmensentwicklung. ISBN 978-3-8244-7813-2

- [242] LIEBESKIND, J.P. Knowledge, strategy, and the theory of the firm. *Strategic Management Journal*, 1996, **17**(Winter Special Issue), 93-107
- [243] MITTELMANN, A., M. DELLA SCHIAVA, S. DÜCKERT und G. TERHOEVEN. *Werkzeugkasten Wissensmanagement. [mehr als 60 Methoden praxisnah erklärt]*. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2011. ISBN 978-3-8423-7087-6
- [244] REINMANN-ROTHMEIER, G. und M.J. EPPLER. *Wissenswege. Methoden für das persönliche Wissensmanagement*. Bern: Huber, 2008. Psychologie-Praxis Reihe. ISBN 978-3-456-84348-3
- [245] KILIAN, D., R. KRISMER und S. LORECK. *Wissensmanagement. Werkzeuge für Praktiker. 3. Aufl.* ISBN 9783709301715
- [246] GERHARDS, S. und B. TRAUNER. *Wissensmanagement. 7 Bausteine für die Umsetzung in der Praxis*. 4. Aufl. s.l.: Carl Hanser Fachbuchverlag, 2011. ISBN 978-3-446-42424-1
- [247] VÖLKER, R., S. SAUER und M. SIMON. *Wissensmanagement im Innovationsprozess*. Heidelberg: Physica-Verlag Heidelberg, 2007. ISBN 978-3-7908-1691-4
- [248] MINDER, S. *Wissensmanagement in KMU*. Zugl.: St. Gallen, Univ., Diss., 2000/2001. St. Gallen, 2001. ISBN 3906541142
- [249] SPECHT, G., C. BECKMANN und J. AMELINGMEYER. *F-&-E-Management. Kompetenz im Innovationsmanagement*. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2002. ISBN 3791017268
- [250] KÖNIG, M. und R. VÖLKER. *Innovationsmanagement in der Industrie. Lehr- und Praxisbuch für Wirtschaftsingenieure, Betriebswirtschaftler und Ingenieure*. München: Hanser, 2002. ISBN 3446219889
- [251] WAGNER, M. und A. KREUTER. Erfolgsfaktoren innovativer Unternehmen. Ein Vergleich zur Bedeutung von „harten“ und „weichen“ Innovationsfaktoren in der Triade. *io management*, 1998, **67**(10), 34-41
- [252] DAVENPORT, T.H. und L. PRUSAK. *Working knowledge. How organizations manage what they know*. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 2000. ISBN 9780875846552
- [253] SCHMELZER, H.J. und W. SESSELMANN. *Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. Kunden zufriedenstellen, Produktivität steigern, Wert erhöhen*. 8., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Hanser, 2013. ISBN 9783446434608
- [254] REMUS, U. *Prozeßorientiertes Wissensmanagement. Konzepte und Modellierung*. @Regensburg, Univ., Diss, 2002. [Elektronische Ressource]

- [255] CORSTEN, H., R. GÖSSINGER, G. MÜLLER-SEITZ und H. SCHNEIDER. *Grundlagen des Technologie- und Innovationsmanagements*. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Verlag Franz Vahlen, 2016. Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. ISBN 9783800651320
- [256] HAUSCHILDT, J., S. SALOMO, C. SCHULTZ und A. KOCK. *Innovationsmanagement*. 6., vollständig aktualisierte und überarbeitete Auflage. München: Verlag Franz Vahlen, 2016. Vahlens Handbücher. ISBN 3800647281
- [257] MÜLLER-PROTHMANN, T. und N. DÖRR. *Innovationsmanagement. Strategien, Methoden und Werkzeuge für systematische Innovationsprozesse*. 3. Aufl., [elektronische Ressource]. München: Hanser, 2014. Pocket power. ISBN 978-3-446-43931-3
- [258] DREYFUS, S.E. und H.L. DREYFUS. *A Five-stage Model of the Mental Activities Involved in Directed Skill Acquisition*: Operations Research Center, University of California, Berkeley, 1980
- [259] DREYFUS, H.L. und S.E. DREYFUS. *Künstliche Intelligenz. Von den Grenzen der Denkmachine und dem Wert der Intuition*. 14.-16.Tsd. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt, 1991. UTB für Wissenschaft Uni-Taschenbücher. 8144. ISBN 3-499-18144-4
- [260] HENSGE, K., B. LORIG und D. SCHREIBER. Kompetenzverständnis und -modelle in der beruflichen Bildung. In: M. BETHSCHEIDER, G. HÖHNS und G. MÜNCHHAUSEN, Hg. *Kompetenzorientierung in der beruflichen Bildung*. Bielefeld: Bertelsmann, 2011, S. 133-157. ISBN 978-3-7639-1136-3
- [261] BECKER, M. *Systematische Personalentwicklung. Planung, Steuerung und Kontrolle im Funktionszyklus*. 2., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2011. ISBN 9783799264266
- [262] MEYER, H. *Unterrichtsmethoden*. 17. Auflage. Frankfurt am Main: Cornelsen, 2017. ISBN 978-3589208500
- [263] MEIFERT, M.T. *Strategische Personalentwicklung. Ein Programm in acht Etappen*. 2. Aufl. s.l.: Springer-Verlag, 2010. ISBN 978-3-642-04399-4
- [264] MORAAL, D. *Die "anderen" Formen des Lernens in europäischen Unternehmen*. Bonn, 13. Juni 2016. Innovative Prüfungs- und Bewertungsverfahren in der Berufsbildung
- [265] BÖHL, J. *Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung*. Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2000. München: Utz, 2001. Forschungsberichte / IWB. Bd. 150. ISBN 3831600201

- [266] BÜHNER, R. und I. PHARAO. Erfolgsfaktoren integrierter Gruppenarbeit. Schnelle Umsetzung erfordert systematische Restrukturierung. *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure*, 1993, **135**(1/2), 46-57
- [267] FIEDLER-WINTER, R. *Innovative Mitarbeiterbeteiligung. Der Königsweg für die Wirtschaft ; Beispiele aus der Praxis*. 2., völlig überarb. Neuaufl. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 2000. ISBN 9783478385800
- [268] ARMUTAT, S., Hg. *Wissensmanagement erfolgreich einführen. Strategien - Instrumente - Praxisbeispiele*. Düsseldorf: DGFP, 2002. Edition Praxis. Bd. 66. ISBN 3-936889-00-7
- [269] STAIGER, M. *Wissensmanagement in kleinen und mittelständischen Unternehmen. Systematische Gestaltung einer wissensorientierten Organisationsstruktur und -kultur*. Mering: Rainer Hampp Verlag, 2008. Weiterbildung & Personalentwicklung & Organisationales Lernen. Bd. 6. ISBN 978-3866182660
- [270] MUSEN, M.A. The Protégé Project [online]. A Look Back and a Look Forward. *AI matters*, 2015, **1**(4), 4-12. ISSN 2372-3483. Verfügbar unter: doi:10.1145/2757001.2757003
- [271] NOY, N.F. und D.L. MCGUINNESS. *Ontology Development 101* [online]. *A Guide to Creating Your First Ontology*, 2001 [Zugriff am: 8. Mai 2018]. Verfügbar unter: https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf
- [272] GRÜNINGER, M. und M.S. FOX. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. In: *IJCAI'95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*, 1995
- [273] D'AQUIN, M. und N.F. NOY. Where to Publish and Find Ontologies? A Survey of Ontology Libraries [online]. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 2012, **11**, 96-111. ISSN 15708268. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.websem.2011.08.005
- [274] STUCKENSCHMIDT, H. *Ontologien. Konzepte, Technologien und Anwendungen*. 2. Aufl. Berlin: Springer, 2011. Informatik im Fokus. ISBN 978-3-642-05404-4
- [275] GÓMEZ-PÉREZ, A., M. FERNÁNDEZ-LÓPEZ und O. CORCHO. *Ontological Engineering. With Examples from the Areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. London: Springer-Verlag London Limited, 2004. Advanced Information and Knowledge Processing. ISBN 1-85233-551-3

- [276] WELLER, K. Ontologien. In: R. KUHLEN, W. SEMAR und D. STRAUCH, Hg. *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation. Handbuch zur Einführung in die Informationswissenschaft und -praxis*. 6., völlig neu gefasste Ausg. Berlin: De Gruyter Saur, 2013, S. 207-218. ISBN 9783110258264
- [277] HAARMANN, B. *Ontology On Demand. Vollautomatische Ontologierstellung aus deutschen Texten mithilfe moderner Textmining-Prozesse*. Zugl.: Bochum, Univ., Fak. für Philologie, Diss., 2014. Berlin: epubli, 2014. ISBN 978-3-8442-9684-6
- [278] SUÁREZ-FIGUEROA, M.C., A. GÓMEZ-PÉREZ und M. FERNÁNDEZ-LÓPEZ. The NeOn Methodology framework [online]. A scenario-based methodology for ontology development. *Applied Ontology*, 2015, **10**(2), 107-145. ISSN 18758533. Verfügbar unter: doi:10.3233/AO-150145
- [279] ANTONIOU, G. und A. KEHAGIAS. A note on the refinement of ontologies [online]. *International Journal of Intelligent Systems*, 2000, **15**(7), 623-632. Verfügbar unter: doi:10.1002/(SICI)1098-111X(200007)15%3A7<623%3A%3AAID-INT3>3.0.CO%3B2-C
- [280] KUMAR, S.K. und J.A. HARDING. Ontology mapping using description logic and bridging axioms [online]. *Computers in Industry*, 2013, **64**(1), 19-28. ISSN 01663615. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.compind.2012.09.004
- [281] Deutsches Institut für Normung. ISO 9241-210:2010, *Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme*. Berlin: Beuth
- [282] WONG, K.Y. Critical success factors for implementing knowledge management in small and medium enterprises [online]. *Industrial Management & Data Systems*, 2005, **105**(3), 261-279. Verfügbar unter: doi:10.1108/02635570510590101
- [283] JENNEX, M.E., S. SMOLNIK und D.T. CROASDELL. Towards a Consensus Knowledge Management Success Definition. In: M.E. JENNEX und S. SMOLNIK, Hg. *Strategies for knowledge management success. Exploring organizational efficacy*. Hershey, Pa: IGI Global (701 E. Chocolate Avenue Hershey Pennsylvania 17033 USA), 2011, S. 1-13. ISBN 978-1605667096
- [284] MCDERMOTT, R. und C. O'DELL. Overcoming cultural barriers to sharing knowledge [online]. *Journal of Knowledge Management*, 2001, **5**(1), 76-85. Verfügbar unter: doi:10.1108/13673270110384428
- [285] HAUSCHILD, S., T. LICHT und W. STEIN. Creating a knowledge culture. *McKinsey Quarterly*, 2001, (1), 74-81

- [286] RIBIÈRE, V.M. und A.S. SITAR. Critical role of leadership in nurturing a knowledge-supporting culture
- [287] EVERSHEIM, W. und G. SCHUH. *Produktion und Management. Betriebs-hütte*. Berlin: Springer, 1996. ISBN 978-3-642-87948-7
- [288] JUNG, R.H. und M. KLEINE. *Management. Personen - Strukturen - Funktionen - Instrumente ; mit 130 Abbildungen und einem ausführlichen Sachregister*. München: Hanser, 1993. Studienbücher der Wirtschaft. ISBN 978-3-446-16402-4
- [289] EDVINSSON, L. und P. SULLIVAN. Developing a model for managing intellectual capital [online]. *European Management Journal*, 1996, **14**(4), 356-364. ISSN 02632373. Verfügbar unter: doi:10.1016/0263-2373(96)00022-9
- [290] DALMAU-ESPERT, J.L., F. LLORENS-LARGO und R. MOLINA-CARMONA. An Ontology for Formalizing and Automating the Strategic Planning Process. In: D. MALZAHN und C. GRANJA, Hg. *eKNOW 2015. The Seventh International Conference on Information, Process, and Knowledge Management : February 22-27, 2015, Lisbon, Portugal*. Wilmington, DE, USA: IARIA, 2015, S. 17-22. ISBN 978-1-61208-386-5
- [291] REYNOLDS, D. *The Organization Ontology* [online]. *W3C Recommendation*, 2016. 16 Januar 2016 [Zugriff am: 18. September 2016]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/TR/2014/REC-vocab-org-20140116/>
- [292] GRONAU, N. *Wissen prozessorientiert managen. Methode und Werkzeuge für die Nutzung des Wettbewerbsfaktors Wissen in Unternehmen*. München: Oldenbourg, 2009. ISBN 9783486590203
- [293] BUCHSEIN, R. *IT-Management mit ITIL V3. Strategien, Kennzahlen, Umsetzung ; [mit Online-Service]*. 2., aktualisierte und erw. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2008. Edition CIO. ISBN 9783834805263
- [294] SCHREYÖGG, G. und P. CONRAD, Hg. *Management von Kompetenz*. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler | GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, 2006. Managementforschung. 16. ISBN 978-3-8349-0398-3
- [295] CALEGARI, S. und G. PASI. Personal ontologies: Generation of user profiles based on the YAGO ontology [online]. *Information Processing & Management*, 2013, **49**(3), 640-658. ISSN 03064573. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.ipm.2012.07.010
- [296] HAWALAH, A. und M. FASLI. Dynamic user profiles for web personalisation [online]. *Expert Systems With Applications*, 2015, **42**(5), 2547-2569. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.eswa.2014.10.032

- [297] SCHICKEL-ZUBER, V. und B. FALTINGS. Inferring User's Preferences using Ontologies. In: Y. GIL und R.J. MOONEY, Hg. *Proceedings of the Twenty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence*. Menlo Park, Calif.: The AAAI Press, 2006, S. 1413-1418
- [298] SCHWARTMANN, R. und A. JASPERS, Hg. *Datenschutz-Grundverordnung und Bundesdatenschutzgesetz. Stand: Juli 2018. 2.*, neu bearbeitete Auflage. Heidelberg: C.F. Müller, 2018. Textbuch Deutsches Recht. ISBN 9783811448322
- [299] ŽUKAUSKAS, P., J. VVEINHARDT und R. ANDRIUKAITIENĖ. Philosophy and Paradigm of Scientific Research. In: P. ŽUKAUSKAS, J. VVEINHARDT und R. ANDRIUKAITIEN, Hg. *Management Culture and Corporate Social Responsibility*. InTech, 2018. ISBN 978-1-78923-008-6
- [300] SCHEIN, E.H. How can organizations learn faster? The challenge of entering the green room. *Sloan Management Review*, 1993, **34**(2), 85-92
- [301] DEVEDVIC, V., D. DJURIC und D. GASEVIC. *Model Driven Engineering and Ontology Development*. 2. Aufl. s.l.: Springer-Verlag, 2009. ISBN 3642002811
- [302] ALBRESHNE, A., A.A. LAHCEN und J. PASQUIER. A Framework and its Associated Process-Oriented Domain Specific Language for Managing Smart Residential Environments [online]. *International Journal of Smart Home*, 2013, **7**(6), 377-392. Verfügbar unter: doi:10.14257/ijsh.2013.7.6.37
- [303] ANTONIO, A.d. und J. RAMÍREZ. Student modeling based on an ontology and non monotonic pedagogic diagnosis [online]. *IEEE Learning Technology Newsletter*, 2010, **12**(1), 69-72. Verfügbar unter: <http://www.ieeetclt.org/issues/january2010/index.htm>
- [304] BERGMAN, M. *Ontology-driven Applications Using Adaptive Ontologies* [online]. *A Low-risk Path to the Open World, Semantic Enterprise*, 2009 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <http://www.mkbergman.com/847/ontology-driven-applications-using-adaptive-ontologies/>
- [305] BIKAKIS, N., N. GIOLDASIS, C. TSINARAKI und S. CHRISTODOULAKIS. Querying XML Data with SPARQL. In: S.S. BHOWMICK, J. KÜNG und R. WAGNER, Hg. *Database and Expert Systems Applications*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009, S. 372-381. ISBN 978-3-642-03572-2
- [306] BRUIJN, J.d. und M. KEET. *Semantic Web Technologies course* [online], 2009 [Zugriff am: 18. September 2016]. Verfügbar unter: <https://keet.wordpress.com/2009/11/20/72010-semwebtech-lectures-34-ontology-engineering-top-down-and-bottom-up/>

- [307] BUITELAAR, P. und P. CIMIANO. *Ontology learning and population. Bridging the gap between text and knowledge*. Amsterdam: IOS Press, 2008. Frontiers in artificial intelligence and applications. 167. ISBN 978-1-60750-296-8
- [308] CHEN, L. und C.D. NUGENT. OntoFarm: An Ontology-based Framework for Activity Recognition and Model Evolution [online]. *The European Research Consortium for Informatics and Mathematics, ERCIM News*, (87), 40-41. Verfügbar unter: <http://ercim-news.ercim.eu/en87/special/ontofarm-an-ontology-based-framework-for-activity-recognition-and-model-evolution>
- [309] CHUM, F. *Use Case: Ontology-Driven Information Integration and Delivery* [online]. *A Survey of Semantic Web Technology in the Oil and Gas Industry*, 2007. 2. Mai 2009 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/Chevron/>
- [310] CORCHO, O., M. FERNÁNDEZ-LÓPEZ und A. GÓMEZ-PÉREZ. Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? [online]. *Data & Knowledge Engineering*, 2003, **46**(1), 41-64. ISSN 0169023X [Zugriff am: 18. September 2016]. Verfügbar unter: doi:10.1016/S0169-023X(02)00195-7
- [311] DEFELICE, M. *Breaking the Cost Barrier: Implementing a Cognitive Enterprise Information Framework* [online], 2015 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.linkedin.com/pulse/breaking-cost-barrier-implementing-cognitive-mitch-defelice>
- [312] DOLENC, M., Ž. TURK, P. KATRANUSCHKOV und K. KRZYSZTOF. *InteliGrid. Interoperability of Virtual Organizations on a Complex Semantic Grid*. D93.2 Final report, 14. Juni 2007
- [313] FERNÁNDEZ, M.J. und A. CAMPOS. *Case Study: CRUZAR — An application of semantic matchmaking for eTourism in the city of Zaragoza* [online], 2008. 2. Mai 2009 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/Zaragoza-2/>
- [314] GREENLY, W., C. SANDEMAN-CRAIK, Y. OTERO und J. STREIT. *Case Study: Contextual Search for Volkswagen and the Automotive Industry* [online], 2011 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/Volkswagen/>
- [315] GRIGORIEV, L. und D. KUDRYAVTSEV. The Ontology-based Business Architecture Engineering Framework. In: H. FUJITA und T. GAVRILOVA, Hg. *New trends in software methodologies, tools and techniques. Proceedings of the tenth SoMeT_11*. Amsterdam, The Netherlands: IOS Press, 2011, S. 233-252. ISBN 978-1-60750-830-4

- [316] HUTCHISON, D., T. KANADE, J. KITTLER, J.M. KLEINBERG, F. MATTERN, J.C. MITCHELL, M. NAOR, O. NIERSTRASZ, C. PANDU RANGAN, B. STEFFEN, M. SUDAN, D. TERZOPOULOS, D. TYGAR, M.Y. VARDI, G. WEIKUM, R. MEERSMAN und Z. TARI, Hg. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2006: CoopIS, DOA, GADA, and ODBASE*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006. Lecture Notes in Computer Science. ISBN 978-3-540-48287-1
- [317] JACKSON, K. A Tactical Cloud Computing Ontology [online]. @CloudExpo Journal, 2009. Verfügbar unter: <http://cloudcomputing.sys-con.com/node/892868>
- [318] JARDIM-GONCALVES, R., C. AGOSTINHO, J. SARRAIPA, A.R. de TOGORES, M. JOSE und H. PANETTO. Standards Framework for Intelligent Manufacturing Systems Supply Chain. In: S. RENKO, Hg. *Supply Chain Management - New Perspectives: InTech*, 2011. ISBN 978-953-307-633-1
- [319] KAPPEL, G., H. KARGL, G. KRAMLER, A. SCHAUERHUBER, M. SEIDL, M. STROMMER und M. WIMMER. Matching Metamodels with Semantic Systems – An Experience Report. In: M. JARKE, Hg. *Datenbanksysteme in Business, Technologie und Web (BTW 2007) Workshop proceedings. 05.-06.03.2007 RWTH Aachen*. Aachen, 2007, S. 38-52. ISBN 3-86130-929-7
- [320] LAUSER, B., T. WILDEMANN, A. POULOS, F. FISSEHA, J. KEIZER und S. KATZ. A Comprehensive Framework for Building Multilingual Domain Ontologies: Creating a Prototype Biosecurity Ontology. In: *Proceedings of the International Conference on Dublin Core and Metadata for e-Communities*: Firenze University Press, 2002, S. 113-123. ISBN 9788884530431
- [321] LEE, T., J.H. AHN und L. CHO. *Use Case: Mobile Content Recommendation System* [online], 2008. 2 Mai 2009 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/SaltLux-KTF/>
- [322] LEE, T., J.W. KIM, B.J. LEE, K.H. KIM und Y.J. KANG. *Use Case: Semantic MDR and IR for National Archives* [online], 2008. 2 Mai 2009 [Zugriff am: 18. September 2016]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/SaltLux-NAK/>
- [323] LEEPER, N.J., A. BAUER-MEHREN, S.V. IYER, P. LEPENDU, C. OLSON und N.H. SHAH. Practice-based evidence [online]. Profiling the safety of citalopram by text-mining of clinical notes. *PloS one*, 2013, **8**(5), e63499. ISSN 1932-6203. Verfügbar unter: doi:10.1371/journal.pone.0063499
- [324] LEI, Y., E. MOTTA und J. DOMINGUE. An Ontology-Driven Approach to Web Site Generation and Maintenance. In: G. GOOS, J. HARTMANIS, J. VAN LEEUWEN, A. GÓMEZ-PÉREZ und V.R. BENJAMINS, Hg. *Knowledge*

- Engineering and Knowledge Management: Ontologies and the Semantic Web*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002, S. 219-234. ISBN 978-3-540-44268-4
- [325] LINKED DATA TOOLS. *Tutorial 3: Semantic Modeling* [online] [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <http://www.linkeddatatools.com/semantic-modeling>
- [326] MA, Y., C. WANG und B. JIN. A Framework to Normalize Ontology Representation for Stable Measurement [online]. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 2015, **15**(4), 41001. Verfügbar unter: doi:10.1115/1.4031011
- [327] MAAMAR, Z., B. MOULIN und Y. BÉDARD. Software Agent-Oriented Frameworks for the Interoperability of Georeferenced Digital Libraries on the World Wide Web: The Sigal Project. In: M. GOODCHILD, M. EGENHOFER, R. FEGEAS und C. KOTTMAN, Hg. *Interoperating Geographic Information Systems*. Boston, MA: Springer US, 1999, S. 335-354. ISBN 978-1-4615-5189-8
- [328] MAIGA, G. und W. DDEMBE. A flexible biomedical ontology selection tool. *International Journal of Computing and ICT Research*, 2009, **3**(Special Issue), 53-66
- [329] MIRHAJI, P. *Case Study: Semantic Web Technology for Public Health Situation Awareness* [online], 2007 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/UniTexas/>
- [330] PASSANT, A. *Case Study: Enhancement and Integration of Corporate Social Software Using the Semantic Web* [online], 2008. 2 Mai 2009 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/EDF/>
- [331] PHILLIPS, J. und B.G. BUCHANAN. Ontology-guided knowledge discovery in databases. In: Y. GIL, M. MUSEN und J. SHAVLIK, Hg. *Proceedings of the 1st international conference on Knowledge capture*, 2001, S. 123-130. ISBN 1-58113-380-4
- [332] PASCHKE, A. und H. BOLEY. Rule Responder [online]. Rule-Based Agents for the Semantic-Pragmatic Web. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 2011, **20**(06), 1043-1081. Verfügbar unter: doi:10.1142/S0218213011000528
- [333] OGBUJI, C., E. BLACKSTONE und C. PIERCE. *Case Study: A Semantic Web Content Repository for Clinical Research* [online], 2007 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/ClevelandClinic/>

- [334] KITAMURA, Y., N. WASHIO, Y. KOJI, M. SASAJIMA, S. TAKAFUJI und R. MIZOGUCHI. An Ontology-Based Annotation Framework for Representing the Functionality of Engineering Devices. In: *Proceedings of the 18th International Conference on Design Theory and Methodology*: ASME, 2006, S. 125-134. ISBN 0-7918-4258-4
- [335] SARIPALLE, R.K. *A Software Engineering Approach to Ontology Modeling, Design, and Development with Lifecycle Process*. Dissertation, 2013
- [336] SHENG-TUN LI und HUANG-CHIH HSIEH. Managing Operation Knowledge for the Metal Industry [online]. *Journal of Universal Computer Science*, 2003, 9(6), 472-480. Verfügbar unter: http://www.jucs.org/jucs_9_6/managing_operation_knowledge_for/Li_S_T.pdf
- [337] SILVA, N., Z. VARADY, F. WESTERHAUSEN, O. FODOR, P. VIEIRA SILVA und P. MAIO. *MAFRA Toolkit* [online], 2006. 2 Januar 2006 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <http://mafra-toolkit.sourceforge.net/>
- [338] STUDER, R. und S. AGARWAL. *suprime – Intelligent Management and Usage of Processes and Services* [online]. *suprime Framework*, 2009. 11 Januar 2015 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <http://suprime.aifb.uni-karlsruhe.de/category/suprime/index.html>
- [339] SUBRAMANI, K., P.D. PONNIAH RAJAGOPAL und S. SUNDARAMOORTHY. *cloudontology - Use of Ontology in Cloud Computing* [online], 2011. 14 September 2011 [Zugriff am: 18. September 2016]. Verfügbar unter: <http://cloudontology.wikispaces.asu.edu/Use+of+Ontology+in+Cloud+Computing>
- [340] WAARD, A. de, ELSEVIER, C. FLUIT, ADUNA und F. VAN HARMELEN. *Use Case: Drug Ontology Project for Elsevier (DOPE)* [online], 2007. 2 Mai 2009 [Zugriff am: 14. November 2017]. Verfügbar unter: <https://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/Elsevier/>
- [341] WANG, Z., X. ZHANG, L. HOU und J. LI. RiMOM2: A Flexible Ontology Matching Framework. In: *Proceedings of the ACM Web Science Conference 2011*, 2011, S. 1-2
- [342] MINER, G., Hg. *Practical Text Mining and Statistical Analysis for Non-structured Text Data Applications*: Elsevier, 2012. ISBN 9780123869791
- [343] MORDINYI, R., E. SERRAL und F.J. EKAPUTRA. Semantic Data Integration: Tools and Architectures. In: S. BIFFL und M. SABOU, Hg. *Semantic Web Technologies for Intelligent Engineering Applications*. Cham: Springer International Publishing, 2016, S. 181-217. ISBN 978-3-319-41490-4

- [344] DESMOND MOGOTLANE, K. und J.V. FONOU-DOMBEU. Automatic Conversion of Relational Databases into Ontologies [online]. A Comparative Analysis of Protege Plug-Ins Performances. *International journal of Web & Semantic Technology*, 2016, **7**(3/4), 21-40. ISSN 09762280. Verfügbar unter: doi:10.5121/ijwest.2016.7403
- [345] BLEI, D.M., A.Y. NG und M.I. JORDAN. Latent Dirichlet Allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 2003, (3), 993-1002
- [346] ZHAO, W., J.J. CHEN, R. PERKINS, Z. LIU, W. GE, Y. DING und W. ZOU. A heuristic approach to determine an appropriate number of topics in topic modeling [online]. *BMC bioinformatics*, 2015, **16 Suppl 13**, S8. Verfügbar unter: doi:10.1186/1471-2105-16-S13-S8
- [347] AGGARWAL, C.C. *Recommender systems. The textbook*. Cham: Springer, 2016. ISBN 978-3-319-29657-9
- [348] KÜHL, A., C. ALVAREZ und J. FRANKE. Simulation supported parameterization of reflow soldering processes Simulationsunterstützte Parametrierung von Reflowlötprozessen [online]. *ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 2011, **106**, 143-146. Verfügbar unter: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79955704139&origin=inward>
- [349] LANDGREBE, L. *Faktizität und Individuation. Studien zu den Grundfragen der Phänomenologie*. Hamburg: Meiner, 1982. ISBN 9783787305384
- [350] SVEIBY, K.E. *Wissenskapital - das unentdeckte Vermögen. Immaterielle Unternehmenswerte aufspüren, messen und steigern*. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 1998. ISBN 3478360609
- [351] BEA, F.X. Wissensmanagement. *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 2000, **29**(7), 362-367
- [352] GÜLDENBERG, S. *Wissensmanagement und Wissenscontrolling in lernenden Organisationen. Ein systemtheoretischer Ansatz*. 3., aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 2001. DUV Wirtschaftswissenschaft, Edition Österreichisches Controller-Institut. ISBN 3824405857
- [353] BOUTELLIER, R. und N. BEHRMANN. Quellen technischen Wissens. Ansätze für eine inhaltsorientierte Betrachtung von Patentdokumenten. *Wissenschaftsmanagement*, 1997, **1997**(3), 123-129
- [354] GRIES, W. Von der Information zum Wissen: Die Wissensgesellschaft. *Wissenschaftsmanagement*, 1997, **1997**(4), 190-193
- [355] KROGH, G. von und M. KÖHNE. Der Wissenstransfer in Unternehmen: Phasen des Wissenstransfers und wichtige Einflussfaktoren. *Die Unternehmung*, 1998, **52**(5/6), 235-252

- [356] OBERSCHULTE, H. *Organisatorische Intelligenz. Ein integrativer Ansatz des organisatorischen Lernens*. Univ., Diss.--Saarbrücken, 1994. München: Hampp, 1994. Strategie- und Informationsmanagement. 5. ISBN 3879881030
- [357] SEGLER, T. *Die Evolution von Organisationen. Ein evolutionstheoretischer Ansatz zur Erklärung der Entstehung und des Wandels von Organisationsformen*. Univ., Diss.--Mannheim, 1984. Frankfurt am Main: Lang, 1985. Europäische Hochschulschriften Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft. 654. ISBN 9783820483390
- [358] PAWLOWSKY, P. *Wissensmanagement in der lernenden Organisation*. Habilitationsschrift. Paderborn, 11. April 1994
- [359] STRASSER, G. *Wandel, Lernen von Organisationen, Wissensmanagement. Zur Wirkung organisatorischen Wissens im Wandelprozess*. St. Gallen, Januar 1994
- [360] ULRICH, P. *Organisationales Lernen durch Benchmarking*. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag, 1998. Organisationales Lernen durch Benchmarking. ISBN 9783824462834
- [361] ROPOHL, G. *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. Univ., Habil.-Schr.--Karlsruhe, 1978. 3., überarb. Aufl. Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe; Univ.-Bibl, 2009. ISBN 978-3-86644-374-7
- [362] BODE, J. Der Informationsbegriff in der Betriebswirtschaftslehre. *ZfbF*, 1997, **49**(5), 449-468
- [363] FELBERT, D. von. Wissensmanagement in der unternehmerischen Praxis. In: P. PAWLOWSKY, Hg. *Wissensmanagement. Erfahrungen und Perspektiven*. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1998, S. 119-141. ISBN 3409189742
- [364] AHLERT, D. und M. BLUT. Wissensmanagement: Ausweg aus der Downtrading-Spirale?! In: D. AHLERT, Hg. *Wissensmanagement in Vertrieb, Handel und Unternehmensnetzwerken*. Frankfurt am Main: Dt. Fachverl., 2006, S. 17-35. ISBN 3866410328
- [365] ACKERSCHOTT, H. *Wissensmanagement für Marketing und Vertrieb. Kompetenz steigern und Märkte erobern*. Wiesbaden: Gabler, 2001. Sales Business. ISBN 340911694x
- [366] HOPFENBECK, W., M. MÜLLER und T. PEISL. *Wissensbasiertes Management. Ansätze und Strategien zur Unternehmensführung in der Internet-Ökonomie*. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 2001. ISBN 3478397057
- [367] DOMRÖS, C. *Innovationen und Institutionen. Eine transaktionsökonomische Analyse unter besonderer Berücksichtigung strategischer Allianzen*. Univ.,

- Diss.--Münster (Westfalen), 1993. Berlin: Duncker & Humblot, 1994. Volkswirtschaftliche Schriften. 436. ISBN 3428080033
- [368] WITTMANN, W. Wissen in der Produktion. In: W. KERN, Hg. *Handwörterbuch der Produktionswirtschaft*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1979, 2261–2272. ISBN 3791080172
- [369] SCHISCHKOFF, G. *Philosophisches Wörterbuch*. 18. Auflage. Stuttgart: Kröner, 1969
- [370] REYES, G. Wider die Vergeßlichkeit. Wissensmanagement im Unternehmen. *cogito*, 1996, **12**(1), 42-44
- [371] KAHLE, E. Strategischer Wissenstransfer als Erfolgsfaktor bei KMU. In: H.J. PLEITNER und W. WEBER, Hg. *Die KMU im 21. Jahrhundert - Impulse, Aussichten, Konzepte. SMEs in the 21st century - impulses, perspectives, concepts*. St. Gallen: KMU HSG, 2000, S. 459-470. ISBN 3-906541-13-4
- [372] GAAG, A. *Entwicklung einer Ontologie zur funktionsorientierten Lösungssuche in der Produktentwicklung*. Dissertation. München, 2010
- [373] TURBAN, E. *Expert systems and applied artificial intelligence*. New York, NY: Macmillan, 1992. The Macmillan series in information technology. ISBN 0024216658
- [374] SOWA, J.F. *Conceptual structures. Information processing in mind and machine*. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1984. The systems programming series. ISBN 0-201-14472-7
- [375] WIIG, K.M. *Knowledge management*. [2. Dr.]. Arlington, Tex.: Schema Press, 1995. ISBN 0963892509
- [376] BECKMAN, T.J. A methodology for knowledge management. In: M.H. HAMZA, Hg. *Artificial intelligence and soft computing. Proceedings of the IASTED international conference, Banff, Canada, July 27 to August 1, 1997*. Anaheim, Calif.: IASTED/ACTA Press, 1997, S. 29-32. ISBN 088986229X
- [377] DAVENPORT, T.H. und L. PRUSAK. What do we talk about when we talk about knowledge? In: I. NONAKA, Hg. *Knowledge management. Critical perspectives on business and management*. London: Routledge, 2005, S. 301-321. ISBN 0415340322
- [378] DAVIS, S. und J. BOTKIN. The Coming of Knowledge-Based Business. *Harvard Business Review*, 1994, **72**(5), 165-170
- [379] KERSSSENS-VAN DRONGELEN, I.C., P.C.d. WEERD-NEDERHOF und O.A.M. FISSCHER. Describing the issues of knowledge management in

- R&D: towards a communication and analysis tool [online]. *R&D Management*, 1996, **26**(3), 213-230. Verfügbar unter: doi:10.1111/j.1467-9310.1996.tb00957.x
- [380] RUGGLES, R.L., Hg. *Knowledge management tools*. Boston: Butterworth-Heinemann, 1997. Resources for the knowledge-based economy. ISBN 9780750698498
- [381] LEONARD, D. und S. SENSIPER. The Role of Tacit Knowledge in Group Innovation. *California Management Review*, 1998, **40**(3), 112-132
- [382] WIJNHOFEN, F. Designing Organizational Memories [online]. Concept and Method. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, 1998, **8**(1), 29-55. ISSN 1091-9392. Verfügbar unter: doi:10.1207/s15327744joc0801_2
- [383] AL-HAWARI, M. *Knowledge management styles and performance: A knowledge space model from both theoretical and empirical perspectives*. Dissertation. Wollongong, 2004
- [384] BHATT, G.D. Knowledge management in organizations [online]. Examining the interaction between technologies, techniques, and people. *Journal of Knowledge Management*, 2001, **5**(1), 68-75. ISSN 1367-3270. Verfügbar unter: doi:10.1108/13673270110384419
- [385] AWAD, E.M. und H.M. GHAZIRI. *Knowledge management*. Delhi: Dorling Kindersley, licensees of Pearson Education in South Asia, 2007. ISBN 9788131714034

13.1 Verzeichnis promotionsbezogener, eigener Publikationen

- [P1] BRANDMEIER, M., E. BOGNER, M. BROSSOG und J. FRANKE. Product Design Improvement Through Knowledge Feedback of Cyber-physical Systems [online]. *Procedia CIRP*, 2016, **50**, 186-191. ISSN 22128271. Verfügbar unter: doi:10.1016/j.procir.2016.05.026
- [P2] BRANDMEIER, M., F. SCHÄFER, S. KREITLEIN und J. FRANKE. Ontology-based Description of Energy Optimization Potentials for Production Environments. In: J. FRANKE und S. KREITLEIN, Hg. *Energy Efficiency in Strategy of Sustainable Production*. Pfaffikon: Trans Tech Publications Ltd, 2015, S. 53-60
- [P3] BRANDMEIER, M., F. SCHÄFER und J. FRANKE. Ontology-Driven Data Input for Optimization. In: J.J. PADILLA, A. TOLK und S. JAFER, Hg. *49th Annual Simulation Symposium (ANSS 2016). 2016 Spring Simulation Multi-Conference (SpringSim'16) : Pasadena, California, USA, 3-6 April 2016*. Red Hook, NY: Curran Associates Inc, 2016, S. 100-107. ISBN 9781510823167

- [P4] BRANDMEIER, M., M. BROSSOG und J. FRANKE. Semantic Meta Model for the Description of Resource and Energy Data in the Energy Data Management Cycle [online]. *Applied Mechanics and Materials*, 2017, (871), 69-76. ISSN 1662-7482. Verfügbar unter: doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.871.69

13.2 Verzeichnis promotionsbezogener studentischer Arbeiten

- [S1] SCHWENDNER, M. *Entwicklung einer Metadaten-Ontologie zur Klassifizierung von Produktionsanlagen im Themenkomplex Ressourcen- und Energieeffizienz*. Masterarbeit. Erlangen, 31. Juli 2016
- [S2] SCHWENDNER, M. *Weiterentwicklung einer Ontologie zur Klassifizierung von Produktionsanlagen unter Anwendung von Refinement, Ontologie-Integration sowie automatischer Instanziierung*. Projektarbeit. Erlangen, 2. Mai 2017
- [S3] NEUBERT, C. *Entwicklung eines ontologiebasierten Kompetenzmanagementsystems am Lehrstuhl FAPS*. Masterarbeit. Erlangen, 2. Januar 2017
- [S4] KÜHN, C. *Entwicklung eines durchgängigen Datenmodells für das ontologiegestützte Wissensmanagement*. Projektarbeit. Erlangen, 4. Oktober 2016
- [S5] SCHNÖDT, L. *Durchgängige semantische Wissensrepräsentation in ontologiegestützten Systemen*. Projektarbeit. Erlangen, 2. Januar 2017
- [S6] SOSKIC, A. *Repräsentation, Reasoning und maschinelles Lernen im durchgängigen ontologiegestützten Wissensmanagement*. Projektarbeit. Erlangen, 31. März 2017
- [S7] EBERT, J. *Text Mining und automatisierte Ontologieerstellung als Methoden der Wissensrepräsentation*. Masterarbeit. Erlangen, 14. April 2016
- [S8] MÖNCH, M. *Implementierung eines Knowledge Discovery Systems auf Basis neuronaler Netze zur automatisierten Auffindung von Wissensquellen*. Bachelorarbeit. Erlangen, 4. Dezember 2017
- [S9] LORENZ, A. *Entwicklung eines Research Paper Recommender Systems mit RapidMiner*. Masterarbeit. Erlangen, 1. Februar 2018
- [S10] SCHULZ, A.-K. *Umsetzung einer wissensbasierten Problemlösungsmethodik für die Elektronikfertigung*. Diplomarbeit. Erlangen, 15. Juni 2016

14 Anhang A – Begriffsdefinitionen von Wissen

Tabelle 31: Historisch epistemologische Begriffsdefinitionen von Wissen

Autor	Definition
Platon, übersetzt in [13]	„Wird also dies in reinster Form nicht der tun, der am radikalsten mit der Erkenntniskraft allein an jedes Einzelseiende herangeht und nicht das Sehvermögen beim Akt des Denkens mitbe-müht, noch eine andere Sinneskraft gleichzeitig mit dem Den-ken beizieht, wer vielmehr ganz allein auf die in sich gesam-melte und schlackenlose Lauterkeit des Denkens bauend an das in sich gegründete und schlackenlose klare Sein der Einzel-thinge gleich einem Jäger sich heranpirscht, möglichst weit ge-schieden von Aug' und Ohr, und - um es recht zu sagen - von dem Ballast des Körpers überhaupt, da er nur stört und nicht gestattet, daß unsre Seele der wahren Wirklichkeit und reinen Einsicht teilhaft wird, sofern er mit dabei ist?“
Aristoteles, übersetzt in [14]	„Aus Wahrnehmung also entsteht Erinnerung, wie wir sagen. Und aus der Erinnerung desselben Dinges, wenn sie oft zu-stande kommt, entsteht Erfahrung – denn viele Erinnerungen sind jetzt eine einzige Erfahrung. Und aus Erfahrung, oder aus jedem Allgemeinen, das zur Ruhe gekommen ist in der Seele – das eine neben den vielen Dingen, was in allen jenen Dingen als eines dasselbe ist –, entsteht ein Prinzip von Kunst und Wis-sen – wenn in Hinsicht auf Werden, ein Prinzip von Kunst, wenn dagegen in Hinsicht auf Sein, ein Prinzip von Wissen.“
Descartes, nach [15]	„Wahres Wissen über äußere Dinge lässt sich nur durch den Geist, nicht aber über die Sinne erlangen.“
Locke, nach [349]	„Alles unser Wissen stammt aus Erfahrung. In ihr haben alle un-sere Ideen ihren Ursprung.“
Kant [17]	„Endlich heißt das, so wol subjectiv als objectiv zureichende Vorwahrhalten das Wissen. [sic]“
Marx, nach [15]	„Wissen entsteht [...] aus einem Hantieren mit Dingen, dessen Wahrheit sich in der Praxis erweisen muss.“

Tabelle 32: Begriffsdefinitionen von Wissen in der Moderne

Autor	Definition
Probst, Raub und Romhardt [9], übernommen von North [4]	„Wissen bezeichnet die Gesamtheit der Kenntnisse und Fähig-keiten, die Individuen zur Lösung von Problemen einsetzen. Dies umfasst sowohl theoretische Erkenntnisse als auch prakti-sche Alltagsregeln und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Handlungsanweisungen. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen, ist im Gegensatz zu diesen jedoch immer an Personen gebunden. Es wird von Individuen konstruiert und repräsentiert deren Erwartungen über Ursache-Wir-kungs-Zusammenhänge“ in einem spezifischen Kontext.
Nonaka und Takeuchi [15]	Wissen ist ein „dynamische[r] menschliche[r] Prozess der Erklä-rung persönlicher Vorstellungen über die »Wahrheit«“.
Schmitz/Zucker [10]	„Wissen ist die Möglichkeit etwas tun zu können, z. B. Informa-tionen konzentrierter und schneller zu prüfen. Wissen ist Hand-lungsvermögen. Wissen ist Können.“

Sveiby [350]	„Wissen ist die Fähigkeit zu Handeln.“
Schütt [29]	„Wissen ist [...] Fähigkeiten aus an sich nutzlosen Daten Informationen zu machen.“
Bea [351]	„Wissen ist ein Netzwerk von Informationen in Verbindung mit einer Theorie. Es äußert sich in Form von Kenntnissen (z.B. Kundenwissen) und Fähigkeiten (z.B. Problemlösungskomponenten).“
Güldenbergl [352]	„Unter Wissen verstehen wir deshalb im folgenden die Gesamtheit aller Endprodukte von Lernprozessen, in denen Daten als Informationen wahrgenommen und Informationen in Form von strukturellen Konnektivitätsmustern in Wissensspeichern niedergelegt werden.“
Albrecht [23]	„Wissen ist das Ergebnis der Verarbeitung von Informationen durch das Bewußtsein [sic]. Wissen lässt sich beschreiben als vorhandene Bestände an Modellen über konkrete bzw. abstrakte Objekte, Ereignisse und Sachverhalte.“
Amelingmeyer [19]	„Wissen ist jede Form der Repräsentation von Teilen der realen oder gedachten Welt in einem körperlichen Trägermedium.“
Boutellier/Behrmann [353]	„Für die weiteren Betrachtungen soll Wissen sowohl als Endergebnis eines individuellen oder organisatorischen Schöpfungsprozesses als auch als Ausgangspunkt für Entscheidungen und unternehmerisches Handeln, behaftet mit Werten und Vorstellungen, verstanden werden.“
Eulgem [41]	„Werden (einzelne) Informationen miteinander in einen gemeinsamen Kontext gestellt, der eine Verwendung im Sinne der semiotischen Ebene der Pragmatik gestattet, so entsteht ein Informationsnetz, das als Wissen definiert werden soll. Wissen kann außerdem dadurch entstehen, daß [sic] aus der Gesamtheit von Information generelle Strukturen im Sinne von Mustern, Theorien und Gesetzen ermittelt werden.“
Gries [354]	„Wissen ist die bewußte [sic] Anwendung von Informationen zur Lösung eines Problems. Wissen setzt kreatives Handeln voraus.“
Krogh/Köhne [355]	„Wissen umfasst sämtliche Kenntnisse und Fähigkeiten, die Individuen zur Lösung von Aufgaben einsetzen und welche Handlung sowie Interpretation u.a. von Informationen ermöglichen; Wissen beinhaltet einen Sinngebungsprozess sowie normative und emotionale Elemente und ist sowohl kontext- als auch zeitabhängig.“
Oberschulte [356]	„Organisatorisches Wissen ist ein Subsystem der organisatorischen Intelligenz. Als Zustandsgröße umfasst es jegliche Kenntnisse, die der Organisation momentan zur Lösung von Fragestellungen zur Verfügung stehen. Organisatorisches Wissen stellt sowohl eine Ausgangsgröße als auch eine Ergebnisgröße des organisatorischen Lernens dar.“
Pautzke [76]	„Wir werden im folgenden von einem sehr weiten Wissensbegriff ausgehen, der unter Wissen all das versteht, was tatsächlich in Handlungen und Verhalten einfließt und dieses prägt.“
Segler [357]	„Im Sinne einer offenen Definition verstehen wir unter "Wissen" dabei alles, was der jeweilige Akteur zur Generierung von Aktionen, Verhalten, Lösungen etc. verwendet, unabhängig von Rationalität oder Intentionalität der Wissens Elemente, also sowohl wissenschaftliche Erkenntnisse und Theorien, praktische Regeln und Techniken, als auch Patentrezepte, Eselsbrücken, Weltbilder, Bräuche, Aberglauben und religiöse oder mystische Vorstellungen aller Art.“

Pawlowsky [358]	„Ein Wissenssystem ist damit ein Netzwerk von Annahmen über die Realität, das verbunden ist durch subjektive Hypothesen und übergeordnete Theorien. Diese Theorien ermöglichen eine Erklärung von Erfahrungen und dienen gleichzeitig als Interpretationsrahmen für nachfolgende Ereignisse. Wissen ist damit das Ergebnis der Gesamtheit der Erfahrungen, die ein Mensch gemacht hat. Erfahrungen können wiederum als subjektive Auswertungen von solchen Informationen betrachtet werden, die als relevant erachtet werden.“
Schüppel [80]	„Wissen ist die deklarative und symbolische Repräsentation von Informationen im Sinne subjektiver Kenntnisse über die Realität und die damit zusammenhängenden prozeduralen Verarbeitungsmechanismen für Informationen. Die Konstruktion einer individuellen bzw. kollektiven Wissensbasis kann damit in eine Art „Oberflächen-Wissen“ und „Tiefen-Wissen“ differenziert werden. Wissen ist dabei zunächst immateriell, grundsätzlich wahrheitsfähig, zu jedem Zeitpunkt produzierbar und kopierbar, wobei das - positive wie negative - Wissenswachstum in der Regel von der vorhandenen Wissensbasis abhängig bleibt. Lernen und Wissen stehen dabei in einer ähnlichen Beziehung wie allgemein ein Prozess zu seinen Ausgangsbedingungen und dem resultierenden Ergebnis.“
Strasser [359]	„Als Wissen bezeichnen wir gesamthaft diejenigen Annahmen über das „Selbst“, bzw. die „Umwelt“ eines Akteurs, einer Gruppe, einer Organisation, die auf das Denken, Kommunizieren, Entscheiden und Handeln und Ver-Handeln dort Einfluss nehmen. Dazu gehören auch subjektive Erfahrungen und Erwartungen über Handlungsfolgen, subjektive Interessen, Ziele, Werte und Normen sowie selbstverständlich alle Informationen über die faktische Welt [...].“
Ulrich [360]	„Unter Wissen wird demzufolge [...] der Gesamtbestand an den die Verhaltensmöglichkeiten determinierenden Erkenntnissen eines Individuums, einer Gruppe oder einer Organisation verstanden.“
Ropohl [361]	„Technisches Wissen ist, im strengen Sinn des Wortes grundsätzlich ein mentales Phänomen der einzelnen Menschen und umfasst die mehr oder weniger reproduzierbaren Gedächtnisinhalte des Individuums. Ungeachtet des terminologischen Streites, der nach wie vor ausgetragen wird, halte ich es für sinnvoll, den Ausdruck „Wissen“ nur für die entsprechende individuelle Kompetenz zu verwenden und das von den einzelnen Menschen abgelöste potenzielle „Wissen“ als „Information“ zu apostrophieren.“
Bode [362]	„Wissen ist jede Form der Repräsentation von Teilen der realen oder gedachten (d. h. vorgestellten) Welt in einem materiellen Trägermedium.“
Felbert [363]	„Wissen umfaßt [sic] aber deutlich mehr als organisierte und strukturierte Daten. Wissen besteht auch aus subjektiven Annahmen, Theorien, Intuition sowie Schlußfolgerungen [sic] aus Studium, Erfahrung und Experimenten. Wissen stellt insofern verarbeitete Daten und Informationen dar und ermöglicht seinem Träger, Handlungsvermögen aufzubauen und Ziele zu erreichen. Wissen ist mithin maßgeblich das Ergebnis der Verarbeitung von Daten und Informationen durch Intelligenz und Lernen.“

Ahlert/Blut [364]	„Somit kann festgehalten werden, dass Wissen aus der individuellen Verknüpfung von Informationen entsteht und zur Lösung von Problemen eingesetzt wird. Wissen stützt sich auf Daten und Informationen und ist im Gegensatz zu Daten jedoch immer an Personen gebunden.“
Ackerschott [365]	„Wissen entsteht, wenn Menschen Informationen aufnehmen und diese mit bereits verfügbaren Informationen unter Einbeziehung ihrer Einstellungen, Fertigkeiten und Erfahrungen vernetzen.“
Willke [83]	„Aus Informationen wird Wissen durch Einbindung in einem zweiten Kontext von Relevanzen. Dieser zweite Kontext besteht nicht, wie der erste, aus Relevanzkriterien, sondern aus bedeutsamen Erfahrungsmustern, die das System in einem speziell dafür erforderlichen Gedächtnis speichert und verfügbar hält. Wissen ist ohne Gedächtnis nicht möglich, aber nicht alles, was aus einem Gedächtnis hervorgeholt werden kann, ist Wissen. Wissen entsteht durch den Einbau von Informationen in Erfahrungskontexte, die sich in Genese und Geschichte des Systems als bedeutsam für sein Überleben und seine Reproduktion herausgestellt haben. Wissen ist notwendiger Bestandteil eines zweckorientierten Produktionsprozesses. Die Ergebnisse der produktiven Aktivität können unterschiedlicher Art sein, Güter, Leistungen, Fertigkeiten, Zustände etc.“
Hopfenbeck/Müller/Peisl [366]	„Wissen ist das Ergebnis der Verarbeitung und Interpretation von Informationen durch Intelligenz, Bewusstsein und Lernen. Wissen ist die Fähigkeit aus Informationen Entscheidungen abzuleiten, Erfahrungen zu machen, zu nutzen und daraus zu lernen.“
Domrös [367]	„Wissen kann dabei als (hypothetische) Kenntnis allgemeiner Zusammenhänge bezeichnet werden.“
Wittmann [368]	„Als Wissen sollen hier Vorstellungsinhalte verstanden werden, die [...] Überzeugungen über die Wahrheit von Feststellungen (Aussagen, Sätzen, Behauptungen) zum Inhalt haben.“
Schischkoff [369]	„Wissen heißt Erfahrungen und Einsichten haben, die subjektiv und objektiv gewiß [sic] sind und aus denen Urteile und Schlüsse gebildet werden können, die ebenfalls sicher genug erscheinen, um als W[issen] gelten zu können.“
Schettgen [58]	„Wissen umfasst als unternehmerische Ressource all diejenigen gespeicherten Informationen sowie menschlichen Erfahrungen, Einstellungen, Fertigkeiten und Fähigkeiten, die dem oder den jeweiligen Wissensträgern zur Verfügung stehen und die sie bewusst oder unbewusst zur Lösung von Aufgaben und Problemen verwenden.“
Reyes [370]	„Wissen können wir als ein angeeignetes geistiges Gut betrachten, das in Abhängigkeit zu Zeit, Aufgabe und Organisation steht.“
Kahle [371]	„Wissen [ist] die Gesamtheit der subjektiven pfadabhängigen, geistigen Konstruktionen“
Gaag [372]	„Aus Informationen wird dann Wissen, wenn der Wissende (der Wissensträger) die Informationen versteht und sein Handeln daraus ableiten kann und zur Problemlösung befähigt ist. Wissen beruht auf der Erfahrung Einzelner oder von Gruppen und wird in mentalen Modellen abgelegt.“

Tabelle 33: Englischsprachige Begriffsdefinitionen von Wissen

Autor	Definition
Woolf	„Knowledge is organized information applicable to problem solving.“
Turban [373]	“[...] knowledge consists of facts, concepts, theories, heuristic methods, procedures and relationships. Knowledge is also information that has been organized and analyzed to make it understandable and applicable to problem solving or decision making.“
Sowa [374]	“Knowledge encompasses the implicit and explicit restrictions placed upon objects (entities), operations, and relationships along with general and specific heuristic and inference procedures involved in the situation being modeled.“
Wiig [375]	“Knowledge consists of truths and beliefs, perspectives and concepts, judgments and expectations, methodologies and know-how.“
van der Spek und Spijkervet [65]	“Knowledge is the whole set of insights, experiences, and procedures which are considered correct and true and which therefore guide the thoughts, behavior, and communication of people. Knowledge is always applicable in several situations and over a relatively long period of time.“
Beckman [376]	“Knowledge is reasoning about information and data to actively enable performance, problem solving, decision making, learning and teaching.“
Davenport/Prusak [377]	“Knowledge is a fluid mix of framed experience, values, contextual information, and expert insight that provides a framework for evaluating and incorporating new experiences and information. It originates and is applied in the minds of knowers. In organizations, it often becomes embedded not only in documents or repositories but also in organizational routines, processes, practices, and norms.“
Davis/Botkin [378]	“knowledge mean[s] the application and productive use of information.“
Kerssens-Van Drongelen et al. [379]	“knowledge is information internalized by means of research, study or experience, that has value for the organization.“
Liebeskind [242]	„information whose validity has been established through tests of proof“
Ruggles [380]	“knowledge is a fluid mix of contextual information, values, experiences, and rules“
Fahey/Prusak [90]	“Knowledge is about imbuing data and information with decision- and action-relevant meaning.“
Leonardo/Sensiper [381]	“knowledge [i]s information that is relevant, actionable, and based at least partially on experience.“
Wijnhoven [382]	“Knowledge is [...] a collection of concrete experiences, or a set of abstract conceptualizations.“
Al-Hawari [383]	“Knowledge, as an object, should be codified, distributed, understood and applied in order to achieve a set of goals, such as decision-making, problem-solving, and performance.“
Bhatt [384]	“knowledge is an organized combination of data, assimilated with a set of rules, procedures, and operations learnt through experience and practice“
Awad/Ghaziri [385]	“Knowledge [i]s “understanding gained through experience or study.”“
Davenport/De Long/Beers [84]	“Knowledge is information combined with experience. context, interpretation, and reflection.“

15 Anhang B – Metaontologie der Produktion

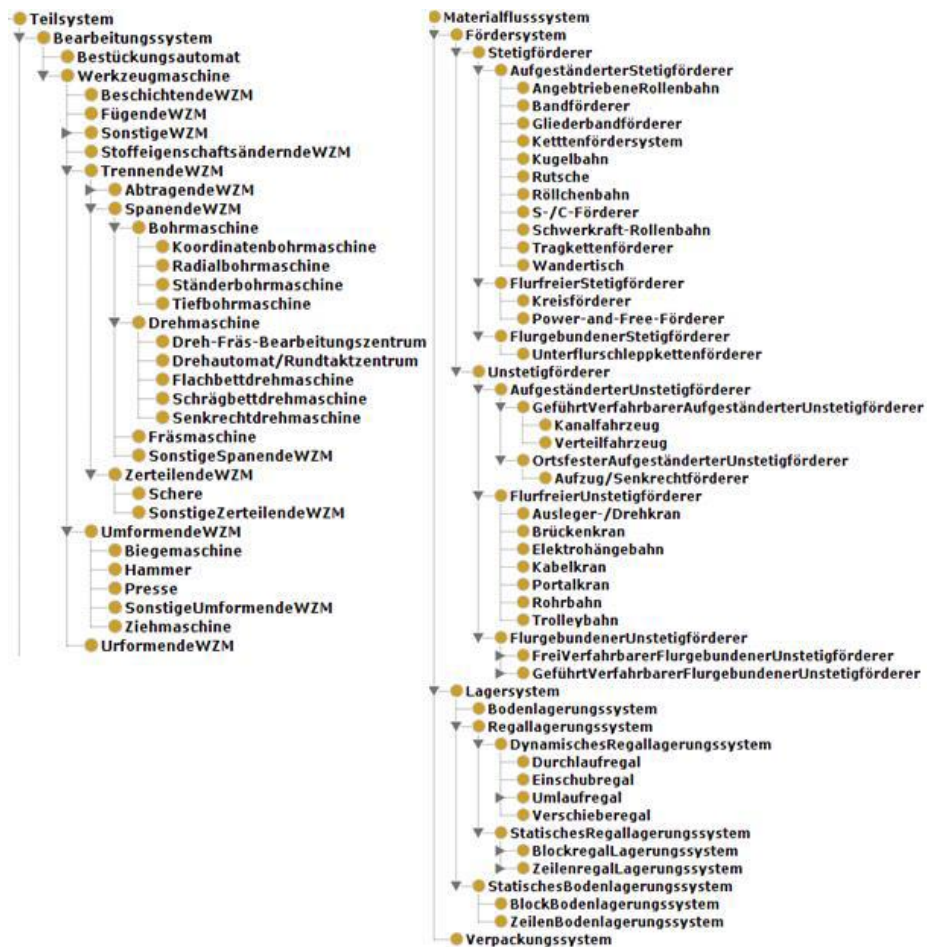


Abbildung 73: Klasse Teilsystem einschließlich ausgewählter Unterklassen (links) und Klasse Materialflusssystem (rechts), Screenshot aus Protégé [S1]

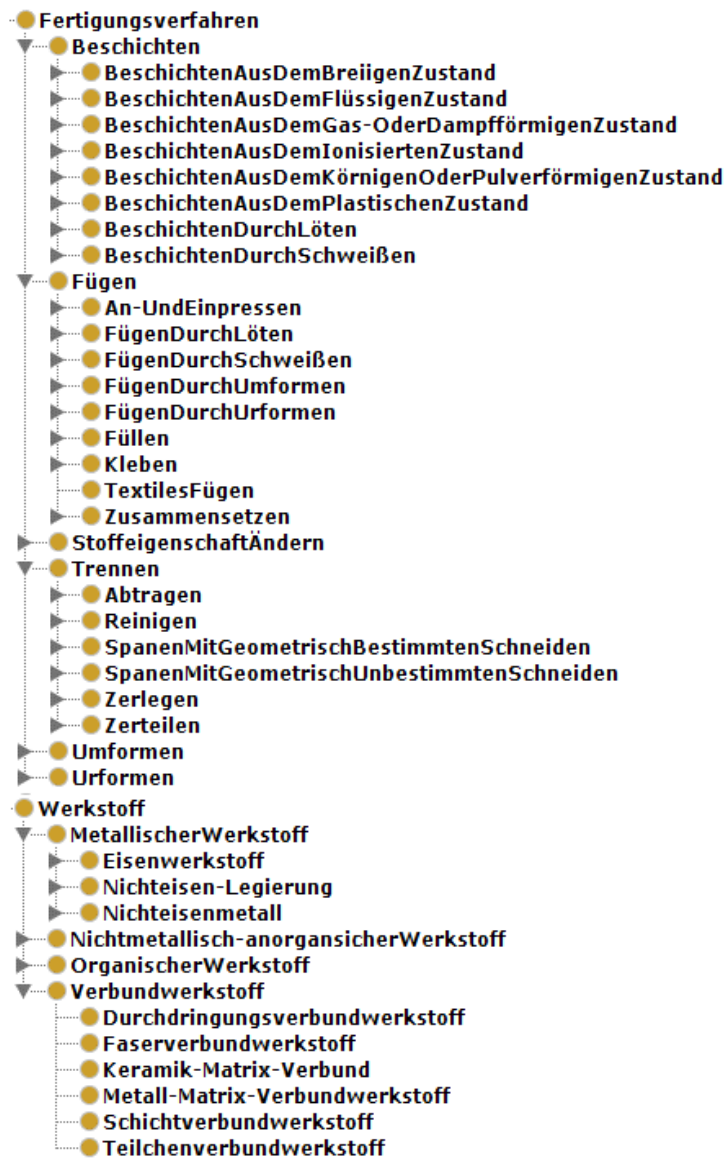


Abbildung 74: Partielle Visualisierung der Klassen Fertigungsverfahren und Werkstoff, Screenshot aus Protégé [S1]

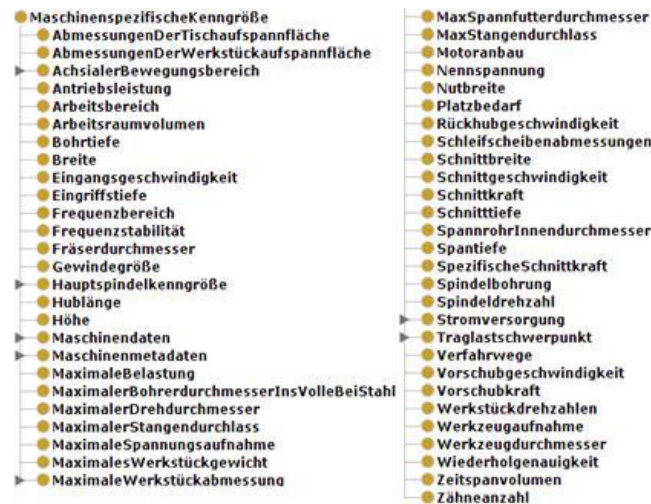


Abbildung 75: Partielle Abbildung der Klasse *MaschinenspezifischeKenngroße*, Screenshot aus Protégé [S1]

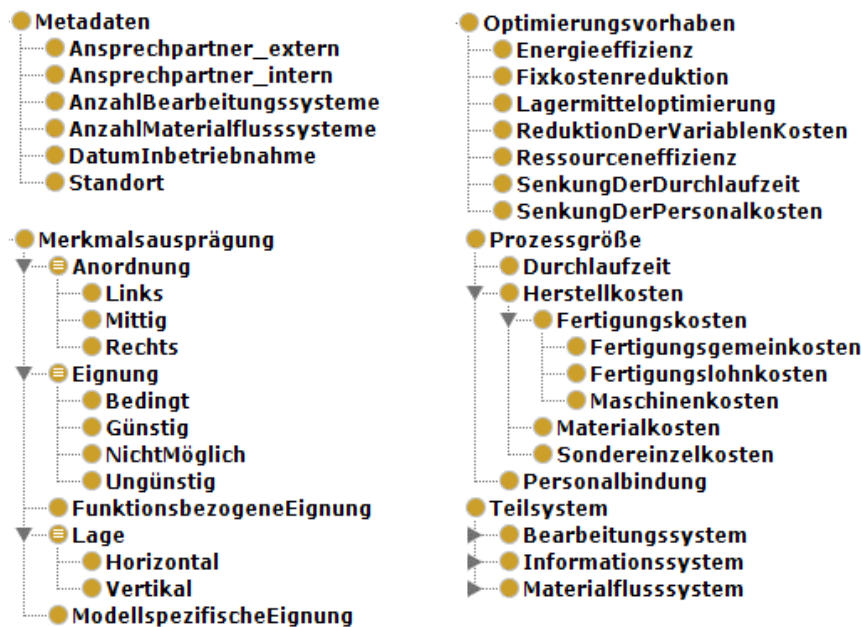


Abbildung 76: Partielle Darstellung von Metadaten, Merkmalsausprägung, Optimierungsvorhaben und Prozessgröße, Screenshot aus Protégé [S1]

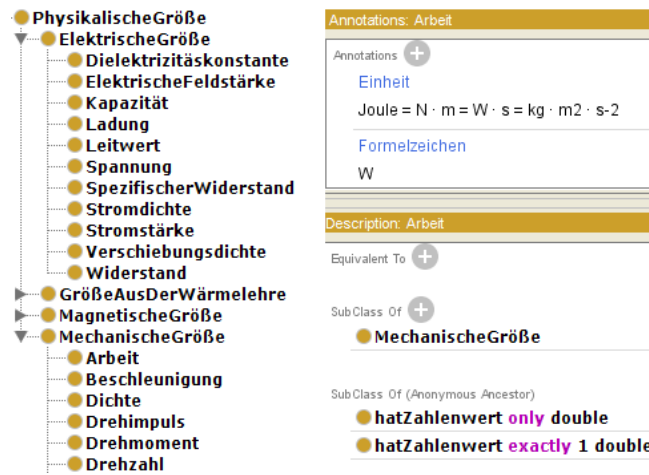


Abbildung 77: Partielle Darstellung von PhysikalischeGröße einschließlich eines Beispiels für Annotation sowie zugewiesener Properties, Screenshots aus Protégé [S1]

Reihe Fertigungstechnik Erlangen