



**Institut für Produktion und
Industrielles Informationsmanage-
ment**

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
Universitätsstraße 9, D – 45141 Essen
Tel.: ++49 (0) 201/ 183–4006, Fax: ++49 (0) 201/ 183–4017

KOWIEN–Projektbericht 6/2004

**Konstruktion einer Kompetenz-Ontologie,
dargestellt am Beispiel der Deutschen
Montan Technologie GmbH (DMT)**

Dipl. Wirt.-Inf. Susanne Apke

Dipl.-Vw. Anna Bremer

Dipl.-Ing. Lars Dittmann

E-Mail: Lars.Dittmann@pim.uni-essen.de



Das Projekt KOWIEN (“Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-Netzwerken”) wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen Hauptband 02 PD1060) und vom Projektträger Produktion und Fertigungstechnologien (PFT), Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, betreut.
Die Mitglieder des Projektteams danken für die großzügige Unterstützung ihrer Forschungs- und Transferarbeiten.

Dezember 2004

Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltverzeichnis

Inhaltverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Abkürzungs- und Akronymverzeichnis	V
Abkürzungs- und Akronymverzeichnis	V
1 Konstruktion der Kompetenz-Ontologie für die DMT	1
1.1 Kurzdarstellung der DMT	1
1.2 KOWIEN-Ontologie	3
1.3 Vorgehen bei der Ontologieentwicklung	5
2 Phasenübergreifende Unterstützungsleistungen	8
2.1 Dokumentation	8
2.2 Projektmanagement	8
3 Anforderungsspezifizierung	10
3.1 Ziele	10
3.2 Problemstellungen und Lösungsansätze	10
3.2.1 Abgrenzung der Anforderungen	11
3.2.2 Erwartungen der Benutzer	11
3.2.3 Formulierung der Anforderungen an die Ontologie	12
3.2.4 Festlegung der Schnittstellen zu anderen Systemen	12
3.2.5 Operationalisierung der Gütekriterien	13
3.3 Methoden	13
3.3.1 Anwendungsfälle	13
3.3.2 Competency Questions	15
3.4 Vorgehen	15
3.4.1 Ziele festlegen	16
3.4.2 Anwendungsbereiche und Benutzer identifizieren	16
3.4.3 Benutzeranforderungen erheben	17
3.4.3.1 Anwendungsfälle entwickeln	17
3.4.3.2 Competency Questions formulieren	18
3.4.3.3 Gütekriterien-Katalog erstellen	20
3.4.4 Anforderungen des Umfelds identifizieren	21
3.5 Ergebnisse	22
3.5.1 Anwendungsfälle	22
3.5.2 Informale Competency Questions	23
3.5.3 Formale Competency Questions	24
3.5.4 Katalog von Gütekriterien	28
4 Wissensakquisition	29
4.1 Ziele	29
4.2 Problemstellungen und Lösungsansätze	29
4.2.1 Verteilung des Wissens über Kompetenzen	30
4.2.2 Impliztheit von Wissen über Kompetenzen	30
4.2.3 Begrenzte Gültigkeit des erhobenen Wissens	31

4.3	Methoden	31
4.3.1	Expertenbefragung	32
4.3.2	Textanalyse	33
4.4	Vorgehen	34
4.4.1	Relevante Verzeichnisse und Wissensträger identifizieren	34
4.4.2	Verzeichnisse untersuchen, Wissensträger befragen	35
4.4.3	Befragungen auswerten	36
4.4.4	Dokumente und Systeme analysieren	37
4.5	Ergebnisse	38
4.5.1	Wissensträgerkarte	38
4.5.2	Agenda der strukturierten Interviews	40
4.5.3	Ergebnisse der strukturierten Interviews	42
4.5.4	Ergebnisse der Textanalysen	43
5	Konzeptualisierung	46
5.1	Ziele	46
5.2	Problemstellungen und Lösungsansätze	46
5.2.1	Werkzeugunterstützung	46
5.2.2	Identifizierung und Formulierung der Regeln	50
5.2.3	Konzepte versus Instanzen	50
5.3	Methoden	51
5.3.1	Brainstorming	52
5.3.2	Begriffsbäume	52
5.4	Vorgehen	54
5.4.1	Wissen über Kompetenzen analysieren	55
5.4.2	Basisbegriffe strukturieren	56
5.4.3	Terminologie verfeinern	57
5.4.4	Inferenz- und Integritätsregeln aufstellen	61
5.4.5	Reviews	63
5.5	Ergebnisse	64
5.5.1	Begriffsbäume	64
5.5.1.1	Begriffsbaum für Kompetenzarten	64
5.5.1.2	Begriffsbaum für Projekte	65
5.5.2	Attribute und Relationen	66
5.5.3	Regeln	67
6	Implementierung	69
6.1	Ziele	69
6.2	Problemstellungen und Lösungsansätze	69
6.2.1	Auswahl der Sprachen	69
6.2.2	Implementierung der Integritätsregeln	72
6.3	Ontologiesprachen	73
6.3.1	F-Logic	74
6.3.2	DAML+OIL	76
6.3.3	OWL	79
6.4	Vorgehen	79
6.4.1	Formale Sprachen auswählen	80
6.4.2	Ontologien in formale Darstellungen transformieren	80
6.4.3	Ontologien implementieren	81

6.5	Ergebnisse	81
6.5.1	F-Logic-Ontologie (Ausschnitt).....	82
6.5.2	DAML+OIL-Ontologie (Ausschnitt).....	83
7	Evaluation	85
7.1	Ziele	85
7.2	Problemstellungen und Lösungsansätze	85
7.2.1	Auswahl der „Evaluatoren“.....	85
7.2.2	Messung und Auswertung der Ergebnisse	86
7.3	Methoden	87
7.3.1	Strukturiertes Interview.....	87
7.3.2	Schriftliche Befragung	87
7.4	Vorgehen.....	88
7.4.1	Ontologien verifizieren	88
7.4.2	Fehler aus der Verifikation korrigieren.....	88
7.4.3	Ontologien validieren.....	89
7.4.3.1	Befragung der Projektbeteiligten	89
7.4.3.2	Auswertung der Befragungsergebnisse.....	89
7.4.4	Fehler aus der Validation korrigieren	91
7.5	Ergebnisse	92
7.5.1	Evaluationsfragebogen.....	93
7.5.2	Befragungsergebnis.....	97
8	Fazit.....	99
	Literaturverzeichnis.....	101
	Anhang	107
	Anhang A: Wissensträger – Details	A-1
	A-1 Personen - Interviews:.....	A-2
	A-2 Dokumente.....	A-10
	A-3 Systeme	A-12
	Anhang B: Design-Entscheidungen	B-1
	B-1 Modifikationen der KOWIEN-Ontologie	B-2
	B-2 Problemstellungen bei der Konzeptualisierung	B-5
	B-3 Änderungen im Anschluss an die Evaluation	B-7
	Anhang C: Fragebogen zur Evaluation der Kompetenz-Ontologien.....	C-1
	C-1 Klarheit.....	C-2
	C-2 Einfachheit	C-4
	C-3 Erweiterbarkeit.....	C-6
	C-4 Funktionale Vollständigkeit.....	C-7
	C-5 Wiederverwendbarkeit	C-10
	C-6 Minimalität.....	C-11
	C-7 Konsistenz.....	C-13
	C-8 Spracheignung.....	C-14
	C-9 Richtigkeit der Sprachanwendung	C-15
	Anhang D: Kompetenz-Ontologie F-Logic (Version 1.0).....	D-1

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Obere Ebenen der KOWIEN-Ontologie (Screenshot OntoEdit)	4
Abbildung 2: Phasen des KOWIEN-Vorgehensmodells (Überblick).....	6
Abbildung 3: Darstellung durch den Visualizer (Screenshot OntoEdit).....	49
Abbildung 4: Begriffsbaum für IT-Kompetenzen	54
Abbildung 5: Vorgehen bei der Konzeptualisierung	55
Abbildung 6: Konzepte und Instanzen für Kompetenzausprägungen (OntoEdit)	59
Abbildung 7: Subkonzepte von „Kompetenz“	64
Abbildung 8: Begriffsbaum für Projekte	66
Abbildung 9: Kriterien für die Evaluation	93
Abbildung 10: Polarprofile (durchschnittliche Bewertung).....	98

Abkürzungs- und Akronymverzeichnis

ACM	Association for Computing Machinery
AF	Anwendungsfall
Anz.	Anzahl
AIFB	Angewandte Informatik und formale Beschreibungssprachen
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungseise
DAML	DARPA Annotated Markup Language
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DB	Datenbank
d.h.	das heißt
DIAM	Département Intelligence Artificielle et Médecine
DINKS	Bezeichnung für das DMT-Intranet
DMT	Deutsche Montan Technologie GmbH
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
et al.	et alius oder et alii (und weitere/r)
ff.	fort folgende (Seiten)
F-Logic	Frame-Logic (Wissensrepräsentationssprache)
etc.	et cetera (und so weiter)
F1/F2/F3	Mitglieder der ersten, zweiten und dritten Führungsebene der DMT
ggfs.	gegebenenfalls
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GME	Generic Modeling Environment
Hrsg.	Herausgeber
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
IFIP	International Federation for Information Processing
IJCAI	International Joint Conference on Artificial Intelligence
IPM	Innovations- und Projektmanagement (Abteilung der DMT)
IT	Informationstechnologie
KAW	Knowledge Acquisition Workshops
KIF	Knowledge Interchange Format
KMS	Kompetenzmanagementsystem
KOWIEN	Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-Netzwerken
MA	Mitarbeiter
ODE	Ontology Development Environment
OIL	Ontology Inference Layer
ONTOS	Ontology-Driven Web Service Composition Platform
o. O.	ohne Ort
OXML	Ontology XML
PIM	Produktion und Industrielles Informationsmanagement
PL	Projektleiter
PS/E	Personalservice und -entwicklung (Abteilung der DMT)
RDF(S)	Resource Description Framework (Schema)
S.	Seite(n)
SAP	Systeme, Anwendungen, Produkte (in der Datenverarbeitung)
s. o.	siehe oben
s. u.	siehe unten
TOVE	Toronto Virtual Enterprise
u.	und
u. a.	unter anderem
UML	Unified Modeling Language
URL	Unified Resource Locator
vgl.	vergleiche
vs.	versus
www	World Wide Web
WBK	Westfälische Berggewerkschaftskasse
WebODE	Web Ontology Design Environment
XML	eXtensible Markup Language
z. B.	zum Beispiel

1 Konstruktion der Kompetenz-Ontologie für die DMT

Dieser Projektbericht dokumentiert die Ergebnisse, die bei der Konstruktion der Kompetenz-Ontologie für die Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT) im Rahmen des Verbundprojekts KOWIEN erzielt werden. Der Aufbau des Projektberichts orientiert sich an der obersten Ebene des KOWIEN-Vorgehensmodells (vgl. APKE/DITTMANN (2003B)). Dabei entspricht dieser Aufbau dem Ablauf bei der Entwicklung der DMT-Ontologie mithilfe des KOWIEN-Vorgehensmodells. Im folgenden Unterkapitel wird kurz auf die Ausgangssituation bei der DMT eingegangen. Hieran schließen sich die Unterkapitel zu den phasenübergreifenden Unterstützungsleistungen (Dokumentation und Projektmanagement) an. Die einzelnen Phasen des Vorgehensmodells - *Anforderungsspezifizierung*, *Wissensakquisition*, *Konzeptualisierung*, *Implementierung* und *Evaluation* - werden jeweils hinsichtlich ihrer *Ziele*, die erreicht werden sollten, ihrer *Problemstellungen und Lösungsansätze*, die bei der Durchführung auftraten, ihrer *Methoden*, die bei der Durchführung zum Einsatz kamen, ihres *Vorgehens*, das im einzelnen vorgenommen wurde und ihrer *Ergebnisse*, die erzielt werden konnten, gegliedert und vorgestellt. Zum Schluss wird rückblickend ein Fazit hinsichtlich der Zielstellung des Projekts und der erreichten Ergebnisse gezogen.

1.1 Kurzdarstellung der DMT

Die Deutsche Montan Technologie GmbH (DMT) ist ein internationales Technologie-dienstleistungsunternehmen, das in den Bereichen Bergbau, Infrastruktur, Bauwesen, Fahrzeug- und Verkehrstechnik, Maschinenbau und Anlagentechnik tätig ist. 1990 ging die DMT aus einem Zusammenschluss des Steinkohlenbergbauvereins mit der Bergbau-Forschung GmbH und der Westfälischen Berggewerkschaftskasse (WBK) einschließlich der Bergbau-Versuchsstrecke und der Versuchsgrubengesellschaft mbH hervor. Sie beschäftigt derzeit (Stand: 31.12.2002) 858 Mitarbeiter und hat ihren Geschäftssitz in Essen. Die operativen Organisationseinheiten sind in fünf verschiedene *Divisions* (Car Synergies, Engine Logic, Gas & Fire, Mines & More und Safe Ground) und zwei *Units* (Modern Fuels und Smart Drilling) unterteilt. Die nicht-operativen Organisationseinheiten, hauptsächlich die kaufmännischen Einheiten (Finanz- und Rechnungswesen, Einkauf, Controlling u. a.), aber auch das Personalwesen, das Informations- und Telekommunikationsmanagement sowie das Projektmanagement, sind direkt der Geschäftsführung zugeordnet.

Die Kompetenz-Ontologie wird in erster Linie bei der Abteilung Innovations- und Projektmanagement (IPM), aber auch in Abstimmung mit der Personalentwicklung (PS/E) erarbeitet. Letztere bildet eine Abteilung des Bereichs Personal- und Sozialwesen und trägt

die Verantwortung für die Erfassung der aktuell vorhandenen Mitarbeiterkompetenzen und deren Erweiterung z.B. durch die Organisation entsprechender Weiterbildungsmaßnahmen. Da das betriebliche Kompetenzmanagement eine zentrale Aufgabe der Personalentwicklung darstellt, sind die Mitarbeiter dieser Abteilung als wichtige Ansprechpartner sowohl für die Erhebung der Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie als auch für die Erfassung des für die Ontologieentwicklung relevanten Wissens und die spätere Evaluation der Ontologie anzusehen.

Auch die Mitarbeiter von IPM bilden wegen ihrer Kenntnisse im Bereich des Projektmanagements eine wichtige Unterstützung für die Konstruktion der Kompetenz-Ontologie.

Einige der IT-Systeme der DMT spielen ebenfalls eine große Rolle für das Vorgehen bei der Ontologieentwicklung. Insbesondere der *Wissensmanager*, der von den Mitarbeitern von PS/E genutzt wird, beinhaltet für die Erstellung der Ontologie relevantes Wissen. Der Wissensmanager ist eine Datenbank zur Erfassung und Darstellung der aktuellen Mitarbeiterkompetenzen. Darin sind für jeden Mitarbeiter der DMT bestimmte aus SAP übernommene Informationen (z.B. Name, Geburtstag und Kostenstelle) sowie Ausbildung, Zusatzqualifikationen, Berufserfahrungen und soziale, methodische und Selbstkompetenzen abgespeichert.¹⁾ Diese Informationen lassen sich beispielsweise bei der Zusammenstellung von Projektteams nutzen. Allerdings können ausschließlich die Mitarbeiter von PS/E auf die Datenbank zugreifen und die Daten pflegen, wodurch für diese Mitarbeiter erheblicher Aufwand entsteht und die Aktualität der Daten nicht gesichert ist. Darüber hinaus ist die Aussagekraft der gespeicherten Profile begrenzt, da beispielsweise fachliche Kompetenzen in den Fragebögen nur in Form von Erfahrungen aus dem beruflichen Werdegang erfragt wurden und daher die jeweiligen Ausprägungen nicht vorliegen. Auch die Suche nach Mitarbeitern mit bestimmten Kompetenzen gestaltet sich häufig schwierig, da kein einheitliches Vokabular zur Beschreibung der Kompetenzen verwendet wurde. Aus diesen Gründen wird der Wissensmanager weniger oft und weniger intensiv genutzt, als es bei seiner Einführung gewünscht wurde.

Weitere wichtige IT-Systeme für die Einarbeitung bei der DMT und für die Erfassung des vorhandenen Wissens über Kompetenzen sind das DMT-Intranet *DINKS*, das den Mitarbeitern aktuelle Informationen zu ihrem Arbeitsumfeld im Unternehmen zur Verfügung stellt, sowie mehrere Datenbanken, die Informationen über bereits abgeschlossene Projekte

1) Abgesehen von den SAP-Informationen wurden diese Informationen alle bei der Einführung des Systems durch Fragebögen erhoben. Dabei mussten die Mitarbeiter der DMT ihre Kompetenzen selbst einschätzen; auch die Begriffe für die Kompetenzen waren größtenteils nicht vorgegeben.

der DMT enthalten (so etwa die *Projektpartner-* und die *Referenzdatenbank*, siehe auch Unterkapitel 3.4.4).

1.2 KOWIEN-Ontologie

Im Rahmen des Verbundprojekts KOWIEN sollen für die Praxispartner mehrere auf die verschiedenen Unternehmen zugeschnittene Kompetenz-Ontologien konstruiert werden, die entweder unternehmensspezifisch oder zumindest branchenspezifisch sind, also zwischen Sachgüter- und Dienstleistungsunternehmen differenzieren. Um die Entwicklung dieser Ontologien zu vereinfachen und ihre Interoperabilität zu gewährleisten, wurde am Institut für PIM der Universität Duisburg-Essen eine „Common-Sense“-Ontologie (siehe auch ALAN (2003A) und ALAN (2003B)) konstruiert. Diese *KOWIEN-Ontologie* wurde in F-Logic²⁾ formuliert und umfasst die zur detaillierten Beschreibung von Kompetenzen notwendigen allgemeinen Konzepte, Attribute, Relationen und Inferenz-/Integritätsregeln. Bei der Erstellung und Weiterentwicklung der KOWIEN-Ontologie werden, wie auch bei der Konstruktion der Kompetenz-Ontologie für die DMT, die Ontologieentwicklungsumgebung OntoEdit und die Inferenzmaschine OntoBroker eingesetzt.³⁾

Die oberste Ebene der Ontologie wird durch das Konzept *Entitaet* beschrieben, so dass alle weiteren Konzepte Subkonzepte von *Entitaet* bilden.⁴⁾ In der hier angewandten Version der KOWIEN-Ontologie wird das oberste Konzept unterteilt in objekt- und metasprachliche Entitäten (siehe Abbildung 1). Das Konzept der objektsprachlichen Entitäten umfasst alle sprachlichen Ausdrucksmittel, die zur Repräsentation des Wissens einer Domäne notwendig sind.⁵⁾ Mit dem Konzept der metasprachlichen Entitäten hingegen werden die Ausdrucksmittel beschrieben, die benötigt werden, um Aussagen über objektsprachliche Entitäten zu machen. Die folgende Abbildung veranschaulicht die obersten vier Ebenen der aktuellen KOWIEN-Ontologie.

2) F-Logic (Frame-Logic) ist eine an die Prädikatenlogik angelehnte formale Sprache, die zur Spezifikation von Ontologien verwendet werden kann. Unterkapitel 6.3.1 umfasst eine kurze Einführung in F-Logic.

3) Aktuelle Informationen zu den Produkten OntoEdit und OntoBroker sind im Internet unter den URLs <http://www.ontoprise.de/products/ontoedit/> bzw. <http://www.ontoprise.de/products/ontobroker/> zu finden (Zugriff am 03.07.2004). Eine kurze Erläuterung zu OntoEdit wird außerdem in Unterkapitel 5.2.1 gegeben. OntoBroker ist ein deduktives Datenbanksystem zur Integration von Informationen aus verteilten Datenquellen und zur Verarbeitung von (Ontologie-)Regeln wie etwa Inferenzregeln. OntoBroker wird ebenfalls zur Unterstützung der Konstruktion der Kompetenz-Ontologie herangezogen.

4) Auch in anderen Anwendungen als *Root-Concept* bezeichnet.

5) Vgl. ALAN (2003B), S. 35.

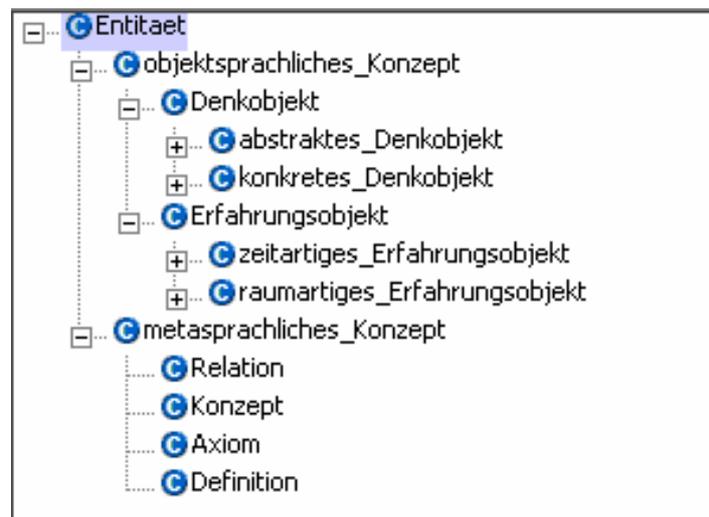


Abbildung 1: Obere Ebenen der KOWIEN-Ontologie (Screenshot OntoEdit)

Für die in dieser Arbeit zu entwickelnde Kompetenz-Ontologie sind besonders diejenigen Konzepte aus der KOWIEN-Ontologie von Bedeutung, die die Beschreibung von Kompetenzen und deren Zuordnung zu Personen oder Stellen ermöglichen. Dafür wird das Konzept *Kompetenzaussage* bereitgestellt, das Relationen zu den Konzepten *Entität*, *Kompetenz*, *Kompetenzausprägung* und *Kompetenzprofil* besitzt. Die Aussage, dass eine Person Michael Kompetenz in der Programmiersprache Java mit der Ausprägung *Experte* besitzt, wird durch folgende Relationen beschrieben:

```

Kompetenzaussage_1_Michael[
    betrifft_Entitaet->Individualakteur_Michael;
    beinhaltet_Kompetenz->Java;
    beinhaltet_Kompetenzauspraegung->Experte;
    enthalten_in_Kompetenzprofil->Profil_Michael].
  
```

Eine weitere wichtige Ausgangsbasis für die Erstellung der Kompetenz-Ontologie für die DMT sind die bereits vorhandenen Mechanismen zur Explikation zuvor impliziter Fakten.⁶⁾ Dafür wird beispielsweise in OntoEdit die Möglichkeit gegeben, formale Eigenschaften von Relationen zu spezifizieren. Solche Eigenschaften sind etwa Transitivität (z.B. *Vorgesetzter_von*), Symmetrie (z.B. *arbeitet_mit*) und Inverse (z.B. *arbeitet_fuer* und *hat_Mitarbeiter*). Durch die Formulierung einer Inferenzregel für die Transitivität der Relation *Vorgesetzter_von* zum Beispiel können implizit vorhandene Fakten auch automatisch abgeleitet werden, so dass der Vorgesetzte Z einer Person X, die Vorgesetzte von Person Y ist, auch als Vorgesetzte der Person Y erkannt wird. Auch nicht-deduktive Infe-

6) Vgl. ALAN (2003B), S. 21 ff.

renzregeln, die Plausibilitäts-Schlussfolgerungen ermöglichen⁷⁾, sind in der KOWIEN-Ontologie spezifiziert und können in der Kompetenz-Ontologie für die DMT weiterverwendet werden.

Eine detaillierte Darstellung der KOWIEN-Ontologie sowie ihrer Entstehung und ihrer Modifikationen ist in ALAN (2003A), S. 23 ff. und in ALAN (2003B), S. 10 ff. zu finden.

1.3 Vorgehen bei der Ontologieentwicklung

Ein weiteres Artefakt im Zusammenhang mit dem KOWIEN-Projekt stellt das *Generische Vorgehensmodell KOWIEN* dar. Das KOWIEN-Vorgehensmodell beschreibt für die Konstruktion von Kompetenz-Ontologien generisch die im Ontologieentwicklungsprozess durchzuführenden Aktivitäten und ihre Ergebnisse, um eine systematische Gestaltung des Entwicklungsprozesses zu ermöglichen. Es wurde unter Berücksichtigung der im KOWIEN-Projekt erhobenen Anforderungen an das Vorgehensmodell⁸⁾ konzipiert und durch die Umsetzung bei den Praxispartnern evaluiert. Die verschiedenen Aktivitäten und Ergebnisse bei der Ontologieentwicklung werden, entsprechend der obersten Gliederungsstufe des KOWIEN-Vorgehensmodells, den folgenden fünf Phasen zugeordnet: *Anforderungsspezifizierung*, *Wissensakquisition*, *Konzeptualisierung*, *Implementierung*, *Evaluation* sowie den phasenübergreifenden Unterstützungsleistungen *Dokumentation* und *Projektmanagement* (siehe auch Abbildung 2).

Bei der *Anforderungsspezifizierung* werden die zukünftigen Anwendungsbereiche und Benutzer der Ontologie festgelegt, damit anschließend in Zusammenarbeit mit den Benutzern die Anforderungen, die durch die Kompetenz-Ontologie zu erfüllen sind, erhoben werden können. Im Rahmen der *Wissensakquisition* müssen dann die für die Kompetenz-Ontologie relevanten Informationen beschafft werden, indem Personen, IT-Systeme und betriebliche Dokumente mit Wissen über Kompetenzen identifiziert werden. Durch eine Analyse der IT-Systeme und der Dokumente und eine Befragung der Personen (als Domänenexperten) werden bei der *Konzeptualisierung* die für die Kompetenz-Ontologie relevanten Konzepte identifiziert und in Form einer Taxonomie hierarchisch gegliedert. Zusammen mit den Domänenexperten werden die Taxonomie verfeinert und nicht-taxonomische Relationen sowie Integritäts- und Inferenzregeln formuliert. Diese zunächst meist textuell und gra-

7) Im Gegensatz zu deduktiven Inferenzregeln wird durch nicht-deduktive Inferenzregeln kein sicheres Wissen generiert, da sie nicht über die wahrheitserhaltende Stringenz der deduktiven Logik verfügen; vgl. ALPARSLAN et al. (2002), S. 47.

8) Diese Anforderungen (Generizität, Anwendungsbezogenheit, Vollständigkeit, Dokumentation, Einfachheit, Klarheit, Werkzeugunterstützung) werden in APKE/DITTMANN (2003A), S. 29 ff. erläutert.

phisch repräsentierten Konstrukte werden anschließend in eine formale Darstellung transformiert und implementiert (*Implementierung*). Bei der abschließenden *Evaluation* überprüfen die Ontologieentwickler zusammen mit den zukünftigen Benutzern, inwieweit die Ontologie die zuvor aufgestellten Anforderungen erfüllt. Während des gesamten Entwicklungsprozesses werden die dabei erzielten Ergebnisse sowie die getroffenen Entscheidungen und ihre Grundlagen im Rahmen der *Dokumentation* schriftlich festgehalten, um die Nachvollziehbarkeit zu erleichtern und spätere Wissenswiederverwendung zu unterstützen. Zusätzlich zur Dokumentation stellt das *Projektmanagement* eine weitere phasenübergreifende Unterstützungsleistung dar. Es umfasst vor allem die Planung der Ontologieentwicklung vor dem Projektstart, die Überwachung und Lenkung während der Projektdurchführung sowie die Prüfung und Bewertung der Ergebnisse nach dem Abschluss der Ontologieentwicklung.

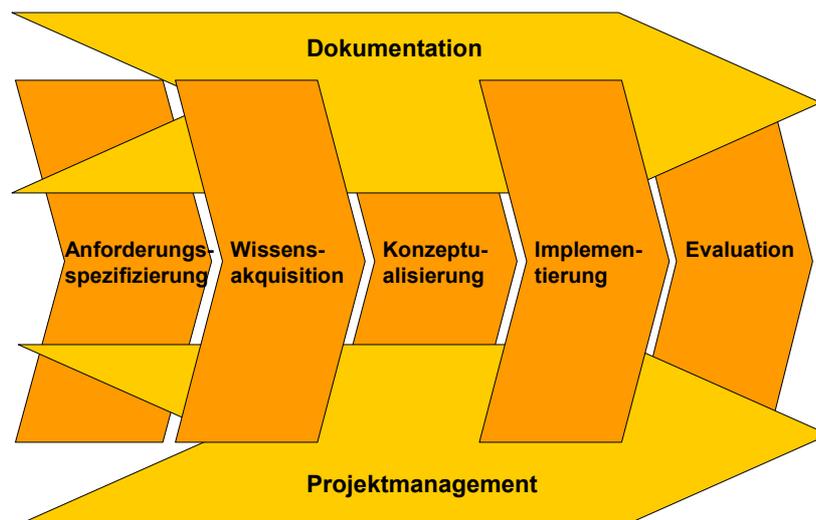


Abbildung 2: Phasen des KOWIEN-Vorgehensmodells (Überblick)

Abbildung 2 veranschaulicht die Struktur des Vorgehensmodells. Eine detaillierte Darstellung, sowohl textuell als auch mittels Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPKs)⁹⁾, ist APKE/DITTMANN (2003B) zu entnehmen.

Das Vorgehensmodell KOWIEN wurde für die in diesem Projektbericht beschriebene Ontologieentwicklung umgesetzt. Dadurch sollte einerseits ein systematisches Vorgehen bei der Entwicklung der Kompetenz-Ontologie gefördert werden, andererseits wurden auch ei-

9) Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPKs) dienen zur graphischen Darstellung des Ablaufs von Funktionen im Sinne eines Geschäftsprozesses. Wichtigste Elemente dieses Modellierungskonzeptes sind neben *Funktionen* die *Ereignisse* (oft auch im Sinne von Zuständen verwendet), die Auslöser und Ergebnisse von Funktionen sein können. Für eine detaillierte Beschreibung der Elemente von EPKs siehe APKE/DITTMANN (2003B), S. 76 f.

ne Bewertung des Vorgehensmodells hinsichtlich seiner Anwendbarkeit in der Praxis sowie eventuelle Verbesserungen und Ergänzungen ermöglicht. Im Laufe der Entwicklungszeit der DMT-Ontologie wurde das KOWIEN-Vorgehensmodell von der Version 1.0 mithilfe gemachter Erfahrungen und Evaluationsergebnissen zur Version 2.0 weiterentwickelt.

2 Phasenübergreifende Unterstützungsleistungen

2.1 Dokumentation

Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit und der Akzeptanz der Ontologie ist es wichtig, dass die einzelnen Aktivitäten und ihre Ergebnisse, aber auch die während der Ontologieentwicklung getroffenen Entscheidungen dokumentiert werden. Im generischen KOWIEN-Vorgehensmodell ist daher die Beschreibung des Ablaufs der Ontologieentwicklung und der relevanten Projektentscheidungen und -ergebnisse parallel zum gesamten Entwicklungsprozess vorgesehen.

Der vorliegende Projektbericht stellt im Grunde die Realisierung der Dokumentation für die bei der DMT durchzuführende Ontologiekonstruktion dar. Dabei werden gemäß dem Vorgehensmodell die einzelnen Phasen und ihre Aktivitäten, die getroffenen Entscheidungen sowie die Ergebnisse der Phasen schriftlich festgehalten.

Die folgenden Unterkapitel sind daher ähnlich dem Aufbau des Vorgehensmodells gegliedert: Für jede Phase wird dargestellt, welche *Ziele* verfolgt werden, welche *Problemstellungen* sich bei der Durchführung ergeben haben (z. B. durch besondere Gegebenheiten bei der DMT) und welche *Methoden*¹⁰⁾ angewendet wurden, um die Ziele zu erreichen und die Probleme zu lösen. Darüber hinaus wird das genaue *Vorgehen* in der jeweiligen Phase erläutert, indem – angelehnt an den Aufbau des Vorgehensmodells – eine strukturierte Beschreibung der einzelnen Aktivitäten gegeben wird. Um die Bedeutung der Phase für die gesamte Ontologieentwicklung und die Ausgangsbasis für die „nächste“ Phase¹¹⁾ zu verdeutlichen, werden abschließend für jede Phase die wichtigsten Ergebnisse aufgeführt.

2.2 Projektmanagement

Die für die Ontologieentwicklung erforderlichen Aktivitäten des Projektmanagements sind im Vorgehensmodell in seiner aktuellen Version (2.0) spezifiziert.¹²⁾ Hierzu wird an dieser

10) Der Begriff „Methode“ wird dabei im weiteren Sinne verwendet; an dieser Stelle werden darunter nicht nur abstrakte Vorgehensweisen, sondern auch konkrete Techniken wie beispielsweise Ontologiesprachen zusammengefasst.

11) Die aufeinander folgende Darstellung der einzelnen Phasen ist nicht so zu interpretieren, dass diese tatsächlich sequentiell „abgearbeitet“ werden müssen. Anders als aus der Gliederung dieser Arbeit ersichtlich, sind die einzelnen Phasen und Aktivitäten teilweise eng miteinander verknüpft und iterativ zu durchlaufen.

12) Die meisten Projektmanagementaktivitäten sind implizit in der Beschreibung anderer Phasen, insbesondere der Dokumentation, enthalten. Noch für die Version 1.0 vgl. APKE/DITTMANN (2003B), S. 20 f. und S. 75.

Stelle kurz die Projektsituation dargestellt, wie sie aufgrund der Umsetzung im Rahmen des Verbundprojekts gegeben war.

Es war vorgesehen, dass die Entwicklung der Kompetenz-Ontologie innerhalb eines Zeitrahmens von sechs Monaten durchgeführt werden sollte. Da die Konstruktion der Kompetenz-Ontologie im Rahmen der Forschungsbemühungen des KOWIEN-Verbundprojekts umgesetzt wurde, konnten die Aufgaben der Kostenplanung vernachlässigt werden. Auch die Koordination mehrerer Projektmitarbeiter war aufgrund dieser Gegebenheit nicht erforderlich; eine regelmäßige Abstimmung mit den Ansprechpartnern bei der DMT, am Institut für PIM und bei den anderen Praxispartnern war dagegen sinnvoll. Da die Ontologieentwicklung zu großen Teilen bei der DMT durchgeführt wurde und hier auch die Federführung diesbezüglich lag, fanden regelmäßige Gespräche mit den Ansprechpartnern bei der DMT statt. Mit den Mitarbeitern des Instituts und der anderen Praxispartner wurde eine solche Abstimmung durch Projekttreffen und zusätzliche persönliche Treffen vorgenommen.

3 Anforderungsspezifizierung

3.1 Ziele

Das Hauptziel der Anforderungsspezifizierung ist eine möglichst vollständige Erhebung der Anforderungen an die DMT-Ontologie, wobei insbesondere die Anforderungen der späteren Benutzer der Ontologie zu berücksichtigen sind. Daher ist es erforderlich, diese Anforderungen in einer Form zu repräsentieren, die möglichst für alle anderen betroffenen Mitarbeiter der DMT (also die entsprechenden Mitarbeiter der Personalabteilung, aber auch grundsätzlich für alle Mitarbeiter des Unternehmens) und alle Beteiligten im KOWIEN-Projekt verständlich ist. In dieser Phase der Ontologieentwicklung sollen nicht nur die funktionalen Anforderungen an die Ontologie, die die vom System bereitzustellenden Funktionen¹³⁾, das durch die Ontologie abzubildende Wissen spezifizieren, sondern auch die nicht-funktionalen Anforderungen erhoben werden. Diese beschreiben, in welcher Qualität die funktionalen Leistungen erbracht werden müssen¹⁴⁾, und spielen eine große Rolle für das Vorgehen und die Design-Entscheidungen während der Ontologieentwicklung. Aus diesem Grund ist die zusammenfassende Darstellung aller Anforderungen ein weiteres Ziel der Anforderungsspezifizierung. Daraus wird ein Katalog von Gütekriterien gebildet, der als Richtlinie bei der Entwicklung der Ontologie und auch als Referenzrahmen bei der Evaluation der Ontologie zu benutzen ist.

Das aus dieser Phase resultierende Dokument der Anforderungsspezifikation¹⁵⁾ soll gewährleisten, dass die zu entwickelnde Ontologie auch tatsächlich den von den Projektbeteiligten und den Mitarbeitern der DMT gewünschten Umfang besitzt und den Anforderungen der Benutzer entspricht.

3.2 Problemstellungen und Lösungsansätze

Bei der Spezifizierung der Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie wurden die Problemstellungen *Abgrenzung der Anforderungen, Erwartungen der Benutzer, Formulierung der Anforderungen an die Ontologie, Festlegung der Schnittstellen zu anderen Systemen*

13) Vgl. SOMMERVILLE (2001), S. 100.

14) Vgl. SCHIENMANN (2002), S. 132.

15) Zur Abgrenzung werden die Phase und die darin enthaltenen Aktivitäten hier als Anforderungsspezifizierung, das daraus resultierende Dokument als Anforderungsspezifikation bezeichnet. Das Dokument Anforderungsspezifikation findet sich als Projektbericht APKE et al. (2004) wieder.

und *Operationalisierung der Gütekriterien* beachtet. In den folgenden Unterkapiteln werden diese Problemstellungen mit ihren gefundenen Lösungsansätzen kurz skizziert.

3.2.1 Abgrenzung der Anforderungen

Die Ontologie ist von vornherein auf eine Anwendung im Rahmen eines computergestützten Kompetenzmanagementsystems (KOWIEN-Prototyp) ausgerichtet, deshalb ist eine Unterscheidung zwischen den Anforderungen an die Ontologie und den Anforderungen an das KMS schwierig. So wird im Rahmen der Anforderungsanalyse mit Use Cases die Interaktion der Benutzer mit dem System untersucht, das in diesem Fall das KMS mit der Kompetenz-Ontologie als Subsystem ist. Daher beschreiben die identifizierten Anwendungsfälle¹⁶⁾ meist nur eine indirekte Interaktion der Benutzer mit der Ontologie, denn das KMS muss die Benutzerschnittstelle mit der entsprechenden Funktionalität bereitstellen. Um dennoch bei der Spezifizierung der funktionalen Anforderungen den Bezug zur Ontologie zu erhalten, werden diese in Form von Competency Questions an die Ontologie formuliert. Der gesamte Katalog von Gütekriterien ist durch eine Analyse der vorliegenden Situation sowie der in der Literatur erwähnten Kriterien für die Bewertung von Ontologien und Modellen entstanden und im Unterschied zu den Anwendungsfällen speziell auf die Kompetenz-Ontologie ausgerichtet.

3.2.2 Erwartungen der Benutzer

Bei den zukünftigen Benutzern der Ontologie existieren unterschiedliche Vorstellungen in Bezug auf die in der Ontologie enthaltenen Konzepte. So wünschen beispielsweise die Mitarbeiter der Personalabteilung, dass das vorhandene Wissen über Kompetenzen möglichst umfangreich repräsentiert und allgemein zugänglich gemacht wird, damit das betriebliche Kompetenzmanagement dezentraler gestaltet werden kann. Aus Sicht der Mitarbeiter der Abteilung „Innovations- und Projektmanagement“ wäre es jedoch auch sinnvoll, Wissen über abgeschlossene und aktuelle Projekte, deren technische Lösungen und Ausschreibungen abzubilden, um bereits gemachte Erfahrungen nutzen zu können und so beispielsweise die Wiederverwendung von Wissen zu fördern. Eine genaue Abgrenzung des „sinnvollen“, also des erforderlichen und gleichzeitig ausreichenden Umfangs der Kompetenz-Ontologie ist deshalb notwendig. Eine klare Spezifikation der funktionalen Anforderungen mittels der Formalisierung der Competency Questions spielt für die Lösung des Abgrenzungsproblems eine große Rolle.

16) Die Begriffe „Use Case“ und „Anwendungsfall“ werden hier synonym verwendet.

3.2.3 Formulierung der Anforderungen an die Ontologie

Die Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie müssen möglichst präzise und gleichzeitig für die Anwender¹⁷⁾ verständlich formuliert werden. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass die Ontologie selbst nicht als eigenständiges Anwendungssystem gesehen wird, sondern als Subsystem oder Grundgerüst des KMS. Anstelle der Aktionen, die bestimmte Eingaben in bestimmte Ausgaben transformieren sollen, beschreiben die funktionalen Anforderungen hier den erforderlichen Umfang des Wissens, das durch die Konstrukte der Ontologie abzubilden ist. In der Software-Entwicklung werden die funktionalen Anforderungen häufig als Beschreibung der vom System erwarteten Aktionen in Form von „Muss“- , „Soll“- und „Kann“-Sätzen spezifiziert¹⁸⁾, um die unterschiedliche Dringlichkeit der Anforderungen zu verdeutlichen. An dieser Stelle werden Competency Questions mit Priorisierung, also mit einer Abstufung nach sehr hoher, hoher und mittlerer Priorität, bevorzugt. Competency Questions beschreiben den Umfang des bereitzustellenden Wissens und sind anwendungsnah und intuitiv verständlich, da sie wie eine Anfrage eines Benutzers an die Ontologie formuliert sind.¹⁹⁾

3.2.4 Festlegung der Schnittstellen zu anderen Systemen

Die Ontologie ist zunächst nur über das auf sie aufsetzende KMS in die IT-Systemlandschaft des Unternehmens eingebettet. Daher ist sie nur indirekt über das KMS mit anderen Softwaresystemen verbunden. Diese Systeme und die Art ihrer Schnittstellen zum KMS stehen zum Zeitpunkt der Ontologiekonstruktion noch nicht vollständig fest; weitere Überlegungen zu diesem Aspekt müssen bei der Entwicklung des KOWIEN-Prototyps angestellt werden. Die Analyse der technischen Rahmenbedingungen, durch die sich konkrete Anforderungen an die Ontologie ableiten lassen, beschränkt sich daher an dieser Stelle auf die durch den KOWIEN-Prototyp gegebenen Bedingungen (z.B. sollte ein Export der Konstruktdefinitionen nach XML oder Excel möglich sein). Die bei der DMT vorhandenen IT-Systeme spielen eine große Rolle für die Wissensakquisition, die Erstellung der Ontologie und für die spätere regelmäßige Aktualisierung der Ontologie. Sie müssen aus diesem Grund hinsichtlich der für das betriebliche Kompetenzmanagement relevanten Informationen untersucht werden.

17) Die Begriffe „Anwender“ und „Benutzer“ werden in dieser Arbeit synonym verwendet.

18) Durch solche Schlüsselwörter kann die Verbindlichkeit der Anforderungen dargestellt werden, also ob eine bestimmte Anforderung eine Pflicht („muss“), ein Wunsch („soll“), eine Absicht („wird“) oder ein Vorschlag („kann“) ist; vgl. RUPP (2001), S. 141.

19) Siehe dazu auch APKE et al. (2004).

3.2.5 Operationalisierung der Gütekriterien

Für eine systematische Evaluation müssen möglichst frühzeitig Indikatoren festgelegt werden, anhand derer eine Ontologie hinsichtlich der (meist impliziten, nicht direkt beobachtbaren) Messung der Kriteriumsausprägungen bewertet werden kann. Ein Indikator deutet im Gegensatz zu dem Gütekriterium, dem er zugeordnet wird, als eine direkt messbare Größe auf die Erfüllung eines Gütekriteriums hin, setzt sie aber nicht voraus.²⁰⁾ Die Identifikation solcher Indikatoren ist keine triviale Aufgabe, da ihre Wahl für die bei der Evaluation beteiligten Personen nachvollziehbar sein muss und eine für alle Beteiligten verständliche und umsetzbare Art der Bewertung festzulegen ist. Die für die hier festgelegten Gütekriterien gewählten Indikatoren werden nach einer Analyse der Vorschläge aus der Literatur und aufbauend auf den bisherigen KOWIEN-Arbeiten erarbeitet.²¹⁾

3.3 Methoden

Bei der Durchführung der Anforderungsspezifizierung werden Anwendungsfälle (Use Cases) und Competency Questions eingesetzt, um die Erhebung und Formulierung der Anforderungen zu unterstützen. Im Folgenden werden diese beiden Methoden kurz erläutert, und ihre Anwendung im Rahmen der Ontologieentwicklung wird beschrieben.

3.3.1 Anwendungsfälle

Anwendungsfälle sind ein Bestandteil der „Unified Modeling Language“ (UML), die in den neunziger Jahren durch die Zusammenarbeit von JACOBSON, BOOCH und RUMBAUGH entwickelt und 1997 von der Object Management Group (OMG) standardisiert wurde.²²⁾ JACOBSON et al. definieren einen Use Case als Spezifikation einer Sequenz von Aktionen, die ein System durchführen kann und die erkennbare, für einen bestimmten Akteur nützliche Ergebnisse erbringen.²³⁾ Ein Anwendungsfall beschreibt Interaktionen eines Benutzers

20) Dies gilt unter dem Vorbehalt, dass von Problemen der Konstruktvalidität abgesehen werden kann. Im Allgemeinen hofft man auf Korrelation zwischen Indikator und „indizierter“ Größe. Nach dem kausalanalytischen Ansatz wird davon ausgegangen, dass latente Variablen Phänomene verursachen, die durch Indikatoren erfasst werden können. Diese „Wirkungs“-Indikatoren werden also als kausale Folgen der latenten Variablen aufgefasst; vgl. SCHNELL/HILL/ESSER (1995), S. 123. Problematisch erscheint hierbei oftmals, den behaupteten kausalanalytischen Zusammenhang „belastbar“ zu belegen.

21) Vgl. bspw. ALAN/ALPARSLAN/DITTMANN (2003), S. 57 f.

22) Die OMG ist ein offenes, nicht-kommerzielles Konsortium aus zahlreichen Großunternehmen der Computer-Industrie, das Standards für objektorientierte Techniken entwickelt. Aktuelle Informationen sind unter <http://www.omg.org/> zu finden (Zugriff am 09.09.2004).

23) Vgl. JACOBSON/BOOCH/RUMBAUGH (1999), S. 41.

mit dem System, das entwickelt werden soll. Im Allgemeinen wird ein Use Case durch einen *Akteur* angestoßen, der entweder einen menschlichen Benutzer oder auch ein anderes Programm oder externe Hardware repräsentiert und der mit dem System interagiert. Bei der Modellierung mit Use Cases wird empfohlen²⁴⁾, zusätzlich zum *Basisablauf*, also dem „normalen“, vom Akteur erwarteten Ablauf eines Anwendungsfalls, noch weitere wichtige Eigenschaften eines Use Cases zu beschreiben. Dazu gehören mögliche *alternative Abläufe* sowie *Vor-* und *Nachbedingungen*, die wichtige Merkmale des Systems vor und nach dem dargestellten Ablauf umfassen.

Alle Akteure und Use Cases eines Systems werden in einem so genannten *Anwendungsfallmodell* graphisch zusammengefasst.²⁵⁾ Dabei müssen nicht alle Use Cases unabhängig voneinander existieren; in der aktuellen Version der UML sind drei verschiedene Beziehungen zwischen Use Cases standardmäßig vorgesehen:²⁶⁾

- *Generalisierung*: Ein Anwendungsfall kann durch einen oder mehrere konkretere Anwendungsfälle spezialisiert werden.
- *Erweiterung*: Ein Anwendungsfall kann unter bestimmten Bedingungen an einer festzulegenden Stelle durch einen anderen Use Case erweitert werden.
- *„Include“-Beziehungen*: Ein Anwendungsfall kann einen anderen umfassen und enthält in diesem Fall auch die in dem anderen Use Case spezifizierten Aktionen.

Der Einsatz von Use Cases bei der Anforderungserhebung ist insofern vorteilhaft, als dass der Schwerpunkt auf den Anforderungen aus Benutzersicht liegt und damit auch die Akzeptanz des Systems bei den Benutzern gesteigert werden kann.

Darüber hinaus sind Use Cases hilfreich bei der systematischen Abgrenzung des Systems von der Außenwelt. Es ist jedoch zu beachten, dass Anwendungsfälle in erster Linie die *funktionalen Anforderungen* an das System abbilden. Aus diesem Grund bilden die mit Hilfe der Use Cases abgeleiteten Competency Questions nur einen Bestandteil des Gütekriterien-Katalogs, der durch eine Analyse der in der Literatur genannten allgemeinen Anforderungen an Ontologien und deren Abgleich mit den speziellen Bedingungen der Ontologieentwicklung bei der DMT erstellt wird (siehe dazu Unterkapitel 3.5: Ergebnisse).

24) Vgl. JACOBSON/BOOCH/RUMBAUGH (1999), S. 155 ff.

25) Für weitere Informationen zu Anwendungsfallmodellen siehe SCHIENMANN (2002), S. 227 f.

26) Vgl. die genaue Spezifikation in OMG (2003), S. 3.97 f.

3.3.2 Competency Questions

Die funktionalen Anforderungen, also die von der Ontologie erwarteten Leistungen für die Benutzer, werden in dieser Arbeit durch Competency Questions²⁷⁾ repräsentiert. Diese stellen potenzielle Anfragen der zukünftigen Benutzer an die Ontologie dar und betreffen die in der Ontologie abzubildenden Aufgaben.²⁸⁾ Darüber hinaus sind aus diesen Competency Questions später erste Informationen bezüglich der erforderlichen Bestandteile der Ontologie, also der benötigten Konzepte, Attribute und Relationen sowie der Inferenz- und Integritätsregeln, zu erhalten. Sie ermöglichen später bei der Evaluation eine einfachere Messung und eine objektive Beurteilung der Funktionalität der Ontologie.

Es wird hier zwischen informalen und formalen Competency Questions unterschieden. Informale Competency Questions sind in natürlicher Sprache oder einer beliebigen anderen Darstellungsform, die nicht unmittelbar computerverarbeitbar ist, verfasst. Hingegen sind formale Competency Questions direkt computerverarbeitbar, d.h. sie sind oftmals in einer höheren Programmiersprache abgefasst.

Die Fragen können aus den zuvor erwähnten Anwendungsfällen abgeleitet werden oder auch in direkter Zusammenarbeit mit den Benutzern erhoben werden.²⁹⁾ Um eine systematische und den Benutzeranforderungen gerechte Ontologierstellung und -evaluation zu fördern, wird jeder Competency Question eine Priorität zugeordnet, die sich aus der Bedeutung der jeweiligen Funktionalität für die Benutzer (menschliche und technische, d.h. hauptsächlich das Kompetenzmanagementsystem betreffend) ergibt.

3.4 Vorgehen

Um die Nachvollziehbarkeit der erarbeiteten Ergebnisse zu erhöhen und einen Vergleich mit dem im generischen Vorgehensmodell definierten Ablauf zu ermöglichen, wird im Folgenden das genaue Vorgehen bei der Anforderungsspezifizierung, wie es auch durch

27) Um begrifflich „sauber“ zu bleiben, wird an dieser Stelle auf eine Übersetzung (etwa zu *Kompetenzfragen*) verzichtet. Zum einen gilt der Begriff *Competency Questions* als eingeführt und zum anderen würde die Bedeutung nicht der Verwendung des Begriffs *Kompetenz* innerhalb der Kompetenzmanagementsysteme entsprechen

28) Vgl. GRÜNINGER/FOX (1994), S. 5.

29) Zwischen Anwendungsfällen, funktionalen Anforderungen und Competency Questions existieren folgende Abhängigkeiten: Zunächst werden Anwendungsfälle erstellt, die als Grundlage für die Diskussion mit den Anwendern dienen. Aus diesen Anwendungsfällen können „klassische“ funktionale Anforderungen (z.B.: die Ontologie soll die sprachlichen Mittel bereitstellen, mit denen die Weiterbildungsaktivitäten eines Mitarbeiters festgehalten werden können) abgeleitet werden. Für die Ontologieentwicklung werden die funktionalen Anforderungen direkt als Competency Questions formuliert. Diese Competency Questions werden somit aus den Anwendungsfällen abgeleitet und repräsentieren die funktionalen Anforderungen an die Ontologie.

die einzelnen Funktionen des generischen Vorgehensmodells KOWIEN festgelegt ist, erläutert.³⁰⁾

Zu Beginn wurde das Dokument „Anforderungsspezifikation“ erstellt, das als Pflichtenheft für die Konstruktion der Kompetenz-Ontologie dient und in dem alle Ergebnisse dieser Phase festgehalten werden. Gliederung und Inhalt dieses Dokuments wurden angelehnt an den IEEE³¹⁾ Standard für Software-Anforderungsspezifikationen, die von SCHIENMANN (2002) vorgeschlagene Struktur eines Pflichtenhefts und existierende Beispiele für „Ontologie-Anforderungsspezifikationen“.³²⁾ Im weiteren Verlauf der Anforderungsspezifizierung wurde dieses Dokument Schritt für Schritt erweitert, überprüft und korrigiert.

3.4.1 Ziele festlegen

Wie im Vorgehensmodell vorgesehen, wurden zunächst der Zweck der Kompetenz-Ontologie und die Hauptziele der Ontologieentwicklung formuliert. Dabei war zu beachten, welche Ziele sich speziell auf die Konstruktion der Kompetenz-Ontologie beziehen und welche mit der Entwicklung des Gesamtsystems, also des ontologiebasierten Kompetenzmanagementsystems, verfolgt werden. So sind die Sichtbarmachung des Wissens über Kompetenzen, seine computerverarbeitbare Darstellung und die Bereitstellung eines einheitlichen Vokabulars zur Beschreibung von Kompetenzen Ziele der Ontologieentwicklung an sich, während beispielsweise die Unterstützung der Personalentwicklung, der Projektteambildung und der Suche nach Experten Ziele des gesamten KMS (mit der Kompetenz-Ontologie als „Subsystem“) sind. Die Formulierung dieser Ziele wurde später zusammen mit Vertretern der Personalabteilung überprüft und erweitert; so wurde bspw. das Ziel „Dezentralisierung des betrieblichen Kompetenzmanagements bei der DMT“ auf Wunsch der Personalentwicklung hinzugefügt.

3.4.2 Anwendungsbereiche und Benutzer identifizieren

Anschließend wurde das zukünftige Umfeld der Ontologie beschrieben, indem die Anwendungsbereiche und Benutzer identifiziert und die Schnittstellen zu anderen Systemen untersucht wurden. Es lassen sich drei Benutzergruppen der Kompetenz-Ontologie identi-

30) *Funktionen* sind ein wichtiges Modellelement von EPKs und repräsentieren im Vorgehensmodell KOWIEN die einzelnen abgrenzbaren Aktivitäten bei der Ontologieentwicklung. Die hier übernommenen Bezeichnungen für die Funktionen der Anforderungsspezifizierung sind in APKE/DITTMANN (2003B), S. 22 f. zu finden.

31) IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ist eine international tätige Organisation, die 1963 in den USA gegründet wurde und sich um die Entwicklung von Standards für Elektrik und Elektronik kümmert; aktuelle Informationen sind unter der URL <http://www.ieee.org> (Zugriff am 10.10.2004) zu finden.

32) Vgl. IEEE 833 (1998), S. 10 ff.; SCHIENMANN (2002), S. 145 ff. und SURE/STUDER (2002), S. 38 ff.

zieren: Da ihr Anwendungsbereich im betrieblichen Kompetenzmanagement der DMT liegt, gehören die Mitarbeiter der Personalabteilung, insbesondere Personalentwickler und Personalreferenten³³⁾, zu den Hauptnutzern der Ontologie. Auch Projektleiter, Vertriebsleiter und andere Personalverantwortliche werden durch die Kompetenz-Ontologie in ihrer Arbeit unterstützt, insbesondere bei der Personalführung, der Teambildung und der Projektakquisition. Grundsätzlich zählen jedoch auch die übrigen Mitarbeiter der DMT zu den potenziellen Benutzern der Ontologie, da beispielsweise das Auffinden von „Experten“ eine wichtige Hilfe bei Problemen im betrieblichen Alltag sein kann.

3.4.3 Benutzeranforderungen erheben

3.4.3.1 Anwendungsfälle entwickeln

Für die Erhebung der Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie wurden zunächst die für das KOWIEN-Projekt bereits erarbeiteten Anwendungsfälle und Anforderungen analysiert. Auf Basis der bestehenden, wurden neue Anwendungsfälle entwickelt, die speziell auf die Kompetenz-Ontologie für die DMT ausgerichtet waren und dadurch eine Konkretisierung und gleichzeitig eine Erweiterung der bestehenden Anwendungsfälle bildeten. Dafür wurden die verschiedenen Akteure³⁴⁾, die mit der Ontologie (meist indirekt über das Kompetenzmanagementsystem) interagieren, identifiziert und zusammen mit den Anwendungsfällen detailliert beschrieben. Dabei ist eine grobe Unterscheidung der Akteure in *Benutzer (auch KMS-Anwender)* und *Ontologieentwickler (auch Ontologie-Administrator)* möglich, wobei die Benutzer weiter unterteilt werden können in die Rollen *Selbsteinschätzer*, *Fremdeinschätzer*, *Projektteamkonfigurator*, *Expertensuchender*, *Personalentwickler*, *Kompetenzauswertender* und *Personalverantwortlicher*. Die bereits für KOWIEN spezifizierten Anwendungsfälle wurden untersucht und zu einem großen Teil detailliert und auf die Situation bei der DMT spezialisiert (so etwa die Use Cases 1, 3 bis 6, 11, 12, 15 und 17 aus APKE et al. (2004)). Einige wurden stark verändert in die neue Menge von Anwendungsfällen aufgenommen (Use Cases 2, 8 und 13), während andere ganz weggelassen werden konnten, da sie aus Sicht der Entwickler und der zukünftigen Benutzer für die Erstellung der Kompetenz-Ontologie nicht erforderlich waren (Use Cases 7, 9, 10 und 16).

33) Personalentwickler bei der DMT haben die Aufgabe, die aktuell vorhandenen Mitarbeiterkompetenzen zu erfassen, Weiterbildungsbedarf zu ermitteln und entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen zu organisieren. Personalreferenten sind in erster Linie für Personalrekrutierung und -abrechnung zuständig.

34) Ein Akteur definiert eine Menge von Rollen, die ein Benutzer einer Entität (z.B. eines Anwendungssystems) während der Interaktion mit der Entität einnehmen kann; vgl. OMG (2003), S. 3-97.

Stellvertretend für die späteren Benutzer der Ontologie erklärten sich je ein Mitarbeiter der Personalentwicklung und des Innovations- und Projektmanagements dazu bereit, die Akteure und Anwendungsfälle zu überprüfen und zu korrigieren. Ein Beispiel für eine dabei vorgenommene Modifikation der Use Case-Beschreibungen ist die Konzentration auf die Selbsteinschätzung durch die DMT-Mitarbeiter. In Gesprächen mit den Benutzervertretern wurde deutlich, dass aufgrund von Missbrauchsrisiken, dadurch entstehenden Akzeptanzschwierigkeiten und bereits existierenden Betriebsratsvereinbarungen die Beschreibung von Kompetenzen durch andere Personen als den Kompetenzträger selbst nur als Ausnahme möglich ist.³⁵⁾

Parallel zu dieser ersten iterativ durchgeführten Validierung der Anwendungsfälle wurden die Use Cases weiter detailliert und ihre Beziehungen und Abhängigkeiten untereinander untersucht. So konnte zum Beispiel der allgemeine Use Case „Kompetenzprofil pflegen“ durch die detaillierten Anwendungsfälle „eigene Kompetenzen beschreiben“, „Kompetenzen anderer Mitarbeiter beschreiben“ und „Kompetenzprofil automatisch pflegen“ spezialisiert werden, um die Ableitung konkreter Anforderungen zu vereinfachen. Da die Anwendungsfälle „Projektteam bilden“, „Stelle besetzen“, „Experten suchen“ und „Skill-Gaps ermitteln“ auf einer gemeinsamen Aktionsfolge aufbauen, wurde diese als eigener Anwendungsfall („Kompetenzprofil ‘matchen’“) formuliert und mit den anderen durch eine „include“-Beziehung verknüpft. Darüber hinaus wurden „extend“-Beziehungen identifiziert, durch die beispielsweise der Anwendungsfall „Stelle besetzen“ eine potenzielle Erweiterung zu „Skill-Gap ermitteln“ bildet.

3.4.3.2 Competency Questions formulieren

Die aus diesen Anwendungsfällen ableitbaren funktionalen Anforderungen wurden dann in Form von Competency Questions formuliert, um das durch die Ontologie bereitzustellende Wissen möglichst vollständig und verständlich zu spezifizieren. Auch dafür existierten bereits Dokumente, in denen die verschiedenen Praxispartner im KOWIEN-Projekt „Competency Questions“ an die Ontologie und das ontologiebasierte Kompetenzmanagementsystem aufgestellt haben.³⁶⁾ Diese Competency Questions wurden analysiert und anschließend dahingehend spezialisiert und überarbeitet, dass sie die funktionalen Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie der DMT möglichst vollständig repräsentierten. Dabei wurden die

35) Diese Personalpolitik zielt darauf ab, dass die permanente Verfügbarkeit und die hohe Eigenverantwortung bei einem KMS auf Basis von Selbsteinschätzung für die Mitarbeiter der DMT genug Motivation hervorrufen, ihre eigenen Kompetenzen ehrlich einzuschätzen und ihr Profil regelmäßig zu aktualisieren.

36) Vgl. ALAN/BÄUMGEN (2002), S. 18.

bereits aufgestellten Anwendungsfälle für die Prüfung herangezogen, ob die Competency Questions richtig formuliert waren oder ob einige Fragen irrelevant waren oder fehlten. Dadurch konnten Verbindungen zwischen Anwendungsfällen und Competency Questions identifiziert werden, die für die Nachvollziehbarkeit der Anforderungen sowie für spätere Änderungen und ihre Auswirkungen eine Rolle spielen.

Die resultierenden Competency Questions, die unter den Ergebnissen der Phase Anforderungsspezifikation in den nachfolgenden Unterkapiteln aufgeführt sind, decken alle in ALAN/BÄUMGEN (2002) beschriebenen Fragen ab, wobei ihre Formulierung auf den Kontext der DMT angepasst ist. Zusätzlich wurden aus dem durch die Mitarbeiter der DMT erstellten Dokument „Competency Questions“, aus einer Befragung von zukünftigen Anwendern und aus der Analyse der Anwendungsfälle weitere Competency Questions identifiziert (Fragen 1, 2, 11, 13). Die Repräsentanten der Abteilungen PS/E und IPM untersuchten dann erneut die Ergebnisse auf ihre Richtigkeit und Vollständigkeit. Ebenfalls gemeinsam mit den Vertretern der Endnutzer wurde eine Priorisierung der Competency Questions vorgenommen, bei der die Dringlichkeit der „Umsetzung“ der einzelnen Fragen bei der Ontologieentwicklung bewertet wurde. Die Priorität einer Competency Question ergab sich in erster Linie aus der Bedeutung der darin angesprochenen Funktionalität für die Mitarbeiter. Darüber hinaus wurden auch die Dringlichkeit einer Frage für das darauf aufsetzende KMS (als nicht-menschlicher Akteur) sowie eine grobe, im Rahmen eines KOWIEN-Projekttreffens vereinbarte (Bearbeitungs-)Reihenfolge³⁷⁾ der mit der Frage verknüpften Anwendungsfälle berücksichtigt.

Die Competency Questions wurden dann formalisiert, um sie bei der Evaluation der Ontologie überprüfen zu können. Diese Aktivität wurde iterativ und über einen längeren Zeitraum durchgeführt, da die Formulierung der Fragen von der Ontologie abhängig ist, besonders von den Bezeichnungen der Konzepte, Attribute und Relationen. Aus diesem Grund konnten nicht sofort alle Fragen formal dargestellt werden; einige mussten nach Änderungen der Ontologie neu formuliert werden. Als Repräsentationssprache für die formalen Competency Questions wurde F-Logic ausgewählt, da auch schon die KOWIEN-Ontologie in diesem Format vorlag.

37) So wurde im Rahmen eines Projekttreffens des Instituts für PIM mit allen Praxispartnern am 03.06.2003 folgende grobe Priorisierung der Anwendungsfälle vorgenommen: Die Use Cases *Kompetenzprofile pflegen* und *Kompetenz-Ontologie pflegen* sollten mit der höchsten Priorität behandelt werden (hier: Anwendungsfälle 1 bis 5), während den Use Cases *Experten suchen*, *Projektteam bilden*, *Skill-Gaps ermitteln* und *Personal rekrutieren* eine weniger hohe Priorität zugewiesen wurde (hier: Anwendungsfälle 6 bis 9). Alle weiteren Anwendungsfälle im KOWIEN-Projekt, wie etwa *Lessons learned dokumentieren* und *(Anlagen-)Konzept erstellen*, werden mit der niedrigsten Priorität behandelt; ihre Realisierung wird also vom zeitlichen Verlauf des Projekts abhängig sein.

3.4.3.3 Gütekriterien-Katalog erstellen

Da die Competency Questions die funktionalen Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie repräsentieren, wurde ein Katalog von Gütekriterien erstellt, der die Gesamtheit aller Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie repräsentiert. Dabei wurde ein Schwerpunkt auch auf die Beschreibung der nicht-funktionalen Anforderungen gelegt, die die erforderlichen Qualitätsmerkmale der funktionalen Leistungen spezifizieren. Die bislang im Rahmen des KOWIEN-Projekts erarbeiteten Anforderungen an Ontologien³⁸⁾ und die in der Literatur vorgeschlagenen Design-Kriterien³⁹⁾ wurden analysiert und auf dieser Basis wurde ein eigener Katalog von Gütekriterien für die Kompetenz-Ontologie der DMT erstellt. Insbesondere Rahmenbedingungen, wie die geringen Erfahrungen vieler Projektbeteiligter und der meisten zukünftigen Benutzer mit Ontologien, waren durch entsprechende Grundsätze wie Einfachheit und Erweiterbarkeit der Kompetenz-Ontologie zu berücksichtigen. Auch bei einer ersten Priorisierung der Gütekriterien mussten die speziellen Gegebenheiten dieser Ontologiekonstruktion beachtet werden, so dass etwa die Klarheit als sehr wichtig bewertet wurde, damit die Ontologie trotz der geringen Anzahl der Entwickler für möglichst viele Personen (und Programme) eindeutig und nachvollziehbar ist.

Der daraus entstandene Kriterienkatalog wurde iterativ überarbeitet und ergänzt. Dabei war es auch erforderlich, die Beziehungen der Kriterien untereinander zu analysieren, da einige Kriterien nicht unabhängig von den anderen bestehen. So wird beispielsweise die Wiederverwendbarkeit einer Ontologie stark (positiv) beeinflusst von ihrer Konsistenz, ihrer Minimalität und ihrer Erweiterbarkeit. Außerdem wurden Möglichkeiten zur Realisierung und zur Messbarkeit der Gütekriterien untersucht, um eine konkrete Hilfestellung für die Berücksichtigung der Kriterien bei der Konstruktion und Evaluation der Kompetenz-Ontologie zu geben. Dabei wurden die Vorschläge aus der Literatur⁴⁰⁾ für die konkrete Entwicklungssituation im KOWIEN-Projekt spezialisiert, erweitert und mit Arbeiten der Mitarbeiter des Instituts für PIM⁴¹⁾ abgeglichen.

Der resultierende Katalog von Gütekriterien ist in der Anforderungsspezifikation (APKE et al. (2004) enthalten sowie verdichtet in Unterkapitel 3.5 aufgeführt.

38) Siehe ALAN/BÄUMGEN (2002), S. 31 ff.

39) Wichtige Design-Kriterien und Grundsätze für die Entwicklung von Ontologien oder Modellen im Allgemeinen sind in GRUBER (1993A), S. 2 ff.; in FOX/GRÜNINGER (1997), S. 5 ff.; in BENJAMINS/FENSEL (1998), S. 290 f.; in ARPIREZ et al. (1998), S. 21 und in SCHÜTTE (1998), S. 111 ff. zu finden.

40) Erste Ansätze zur Operationalisierung von Gütekriterien für Ontologien werden beispielsweise in FOX/GRÜNINGER (1997), S. 6 f.; in GRUBER (1993A), S. 2 ff. und in GÓMEZ-PÉREZ (2001), S. 394 ff. genannt.

41) Siehe ALPARSLAN/DITTMANN (2002) oder ALAN/ALPARSLAN/DITTMANN (2003), S. 44 f.

3.4.4 Anforderungen des Umfelds identifizieren

Obwohl die genauen Schnittstellen des KMS zu den IT-Systemen der DMT noch im Zuge der Entwicklung des KOWIEN-Prototyps zu spezifizieren sind, ist für die Konstruktion der Ontologie bereits eine Identifikation der Systeme, die wichtig für das weitere Umfeld der Ontologie sind oder die für die Erstellung der Ontologie relevante Daten umfassen, erforderlich. Folgende Systeme spielen für die Entwicklung und Nutzung der Ontologie im Rahmen des Kompetenzmanagementsystems eine große Rolle:

- Der *Wissensmanager* ist eine Datenbank zur Darstellung von Mitarbeiterkompetenzen. Diese soll durch das ontologiebasierte Kompetenzmanagementsystem (vorläufig) nicht abgelöst, aber erweitert und verbessert werden.
- Die *Referenzdatenbank* umfasst Namen, Beschreibungen, DMT-Aufgaben, Partner, Kunden und Auftragswerte von bereits durchgeführten Projekten, so dass etwa bei einer Angebotsabgabe auf entsprechende Referenzen zugegriffen werden kann.
- In der *Projektpartnerdatenbank* sind Namen, Schlüsselwörter, Budgets und beteiligte Unternehmen von abgeschlossenen Projekten abgelegt, um Informationen zu Projekten mit bestimmten Partnern bereitzustellen.

Diese Systeme beinhalten relevante Daten sowohl für die Erstellung als auch für die regelmäßige Aktualisierung der Kompetenz-Ontologie. Da jedoch eine eventuelle dauerhafte Verbindung zur Ontologie über das KMS zu realisieren ist und die Schnittstellen zwischen KMS und den genannten Datenbanken noch nicht feststehen, können konkrete technische Anforderungen an die Ontologie (wie etwa benötigtes Austauschformat) noch nicht spezifiziert werden. Die Analyse der in den Datenbanken enthaltenen Informationen ist jedoch bereits für die Wissensakquisition und die Konzeptualisierung von Bedeutung, um z.B. Informationen über die im Projektgeschäft der DMT verwendeten Begriffe zu erhalten.

Nach der Analyse des technischen Umfelds wurden die Rahmenbedingungen der Ontologiekonstruktion, also der Zeitrahmen, die einzelnen Entwicklungsschritte und -ergebnisse sowie die zu verwendenden Werkzeuge, in der Anforderungsspezifikation erläutert. Diese Nebenbedingungen sind in erster Linie durch die organisatorischen Vorgaben des KOWIEN-Projekts bestimmt, so dass die Dauer der gesamten Ontologiekonstruktion auf maximal sechs Monate (Mai bis Oktober 2003) begrenzt war und das Vorgehen bei der Entwicklung an dem zuvor entwickelten aktuellen Stand des Vorgehensmodells auszurichten war. Als verfügbare Software-Unterstützung spielt vor allem das Entwicklungswerkzeug *OntoEdit*, das den Kern der *On-To-Knowledge-Werkzeugsammlung* der *Ontoprise GmbH* darstellt, eine große Rolle. Eine kurze Darstellung der Funktionalitäten und der Anwendung des Programms wird in Unterkapitel 5.2.1 gegeben.

Abschließend wurde das Dokument der Anforderungsspezifikation von den Repräsentanten der Abteilungen PS/E und IPM sowie von Mitarbeitern des Instituts für PIM der Universität Essen überprüft und akzeptiert. Entscheidend war dabei, dass die darin spezifizierten Anforderungen von allen Beteiligten als richtig und vollständig für die Entwicklung der Kompetenz-Ontologie angesehen wurden.⁴²⁾

3.5 Ergebnisse

Die Anforderungsspezifikation (das Dokument, s. o.) fasst die wesentlichen Ergebnisse dieser Phase zusammen. In diesem Artefakt werden die Ziele der Ontologieentwicklung, das zukünftige Umfeld der Ontologie, die identifizierten Anwendungsfälle, die funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen in Form des Gütekriterien-Katalogs sowie die Entwicklungsrahmenbedingungen spezifiziert. Um einen Überblick über diese Grundlage für die nachfolgenden Entwicklungsaktivitäten zu geben, werden im Folgenden die wichtigsten Bestandteile der Anforderungsspezifikation – die Anwendungsfälle, die Competency Questions sowie die Gütekriterien – kurz aufgeführt.

3.5.1 Anwendungsfälle

Im Zuge der Anforderungsspezifikation wurden 13 Anwendungsfälle identifiziert, beschrieben und zueinander in Beziehung gesetzt. Die folgende Auflistung enthält eine Übersicht über die Anwendungsfälle; ihre detaillierte Beschreibung findet sich im Projektbericht APKE et al. (2004). Im Folgenden werden die Anwendungsfälle (AF) unterschieden:

1. Kompetenzprofil pflegen
2. Eigene Kompetenzen beschreiben
3. Kompetenzen anderer Mitarbeiter beschreiben
4. Kompetenzprofil automatisch aktualisieren
5. Kompetenz-Ontologie pflegen
6. Projektteam bilden
7. Stelle besetzen / Personal rekrutieren
8. Experten suchen
9. Skill-Gaps ermitteln
10. Kompetenzprofil „matchen“
11. Auswertungen vornehmen

42) Dennoch ist immer damit zu rechnen, dass im weiteren Verlauf der Ontologieentwicklung neue Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie entstehen oder Änderungen an den existierenden erforderlich werden. Aus diesem Grund muss die Anforderungsspezifikation regelmäßig überarbeitet und aktualisiert werden.

12. Details zu einem Mitarbeiter anzeigen lassen
13. Details zu einem Projekt anzeigen lassen

3.5.2 Informale Competency Questions

Aufbauend auf den gerade genannten Anwendungsfällen wurden die funktionalen Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie identifiziert. Diese wurden in Form von priorisierten Competency Questions spezifiziert (mit den Prioritäten *sehr hoch*, *hoch* und *mittel*), die im folgenden Unterkapitel aufgeführt sind.

1. Wie sieht mein eigenes aktuell gespeichertes Kompetenzprofil aus? (AF: 2)
Priorität: sehr hoch
2. Welche Begriffe bezeichnen die Kompetenzen in einem bestimmten Themengebiet?
Welche Ausprägungen gibt es für diese Kompetenzen? (AF: 2, 3, 5)
Priorität: sehr hoch
3. Wer hat erforderliches Expertenwissen auf einem bestimmten Level? (AF: 8)
Priorität: sehr hoch
4. Welcher Mitarbeiter hat das geforderte Kompetenzprofil? (AF: 6,7)
Priorität: sehr hoch
5. Wie sieht der Lebenslauf⁴³⁾ des Mitarbeiters aus? (AF: 6, 7, 12)
Priorität: sehr hoch
6. Wo sind im Hinblick auf ein bestimmtes Projekt Skill-Gaps bei Mitarbeitern? Wie groß sind diese? (AF: 9)
Priorität: sehr hoch
7. Welche Referenzen hat die DMT oder eine Division / Unit / Abteilung des Unternehmens zu einem bestimmten oder ähnlichen Themengebiet⁴⁴⁾? (AF: 11, 13)
Priorität: sehr hoch

43) Zur Abgrenzung der Competency Questions 1 und 5 sind an dieser Stelle kurz die Begriffe „Kompetenzprofil“ und „Lebenslauf“ zu erläutern. Der Lebenslauf eines Mitarbeiters umfasst seinen beruflichen Werdegang (in erster Linie Abschlüsse und bisherige Positionen) sowie Angaben zu Alter, Familienstand, Wohnort und zu Sprach- und EDV-Kenntnissen. Das Kompetenzprofil enthält darüber hinaus beispielsweise Informationen über die Selbst- und Sozialkompetenz des Mitarbeiters und die konkreten Ausprägungen aller Kompetenzen und unterliegt daher noch stärkeren Sicherheitsvorschriften. Außerdem werden dort Angaben zu Aus- und Weiterbildung sowie der berufliche Werdegang abgelegt.

44) Referenzen werden durch bereits abgeschlossene Projekte gebildet. Hier muss beachtet werden, dass bei der DMT solche Projekte momentan nicht einheitlich in einem Software-System abgelegt werden; es gibt statt dessen eine Datenbank für erfolgreich abgeschlossene Projekte der Lieferung und Leistung (Referenz-Datenbank) und eine andere für abgeschlossene Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

8. Welche Referenzen hat die DMT oder eine Division / Unit / Abteilung des Unternehmens zu einem bestimmten Kunden oder Projektpartner? (AF: 11, 13)
Priorität: sehr hoch
9. Welche Kompetenzen hat die DMT oder eine Division / Unit / Abteilung des Unternehmens? (AF: 11)
Priorität: sehr hoch
10. Welcher Mitarbeiter hat in einem ähnlichen Projekt früher in welcher Funktion mitgearbeitet? (AF: 12, 13)
Priorität: hoch
11. Welcher Mitarbeiter hat an welchen Weiterbildungsaktivitäten mit welchem Ergebnis teilgenommen? (AF: 4)
Priorität: hoch
12. Welche Organisationseinheit ist für eine bestimmte betriebliche Aufgabe (z.B. Service-Leistungen für Akquisition / Abrechnung etc.) zuständig? (AF: 8)
Priorität: mittel
13. Welche Projekte sind ausgeschrieben worden? Welche Projekte werden gerade akquiriert⁴⁵⁾? Welche sind schon in Auftrag gegeben worden? (AF: 13)
Priorität: mittel
14. Welcher externe Projektpartner kommt für eine bestimmte Projektbearbeitung in Frage, weil er in ähnlichen Projekten bereits Erfahrungen hat? (AF: 13)
Priorität: mittel
15. Welcher Mitarbeiter hat Kontakt zu einem bestimmten Unternehmen? (AF: 12)
Priorität: mittel

3.5.3 Formale Competency Questions

Aus den Competency Questions können später bei der Konzeptualisierung direkt erste elementare Design-Entscheidungen getroffen werden wie z.B. bezüglich der Bestandteile der Ontologie, also der benötigten Konzepte, Attribute und Beziehungen sowie der Inferenz- und Integritätsregeln.

Um die Competency Questions für die spätere Evaluation zu operationalisieren, müssen sie aus der informalen Darstellung in eine formale Darstellung transformiert werden. Die Auswahl der formalen Sprachen für die Implementierung der Ontologie ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht getroffen worden. Da F-Logic eine im KOWIEN-Projekt mehrfach ver-

45) „Akquiriert werden“ bedeutet hier für Forschungs- und Entwicklungsprojekte, dass die Antragsstellung schon erfolgt ist; für Projekte aus Lieferung und Leistung, dass bereits ein Angebot abgegeben wurde.

wendete Sprache darstellt – so ist die KOWIEN-Ontologie in F-Logic erstellt worden⁴⁶⁾ – wird diese Sprache auch für die Formalisierung der Competency Questions benutzt. Im Folgenden wird also jede Competency Question in F-Logic repräsentiert. Die oben genannten informalen Fragen sind allgemein formuliert, weshalb hier bei der formalen Darstellung für jede Frage eine Beispiel-Ausprägung aufgeführt wird (fett markiert; so wird etwa Frage 1 für den Benutzer „MA_H_Mueller“ formuliert). Bei der Evaluation der Ontologie sollen jedoch zu jeder Competency Question mehrere Ausprägungen getestet werden.

46) Vgl. ALAN (2003A) und ALAN (2003B).

Formale Competency Questions:

(1)

```
FORALL KProfil,KAuss,Komp,KAusp <-
  KProfil:Kompetenzprofil[beinhaltet_Kompetenzaussage->>KAuss] AND
  KAuss:Kompetenzaussage[betrifft_Entitaet->>MA_H_Mueller;
    beinhaltet_Kompetenz->>Komp;
    beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>KAusp].
```

(2)

```
FORALL Subkomp <-
  Subkomp::Kompetenz AND directsub_(Subkomp,IT_Kompetenz).
```

(3)

```
FORALL Komplnst <-
  Komplnst:Kompetenz AND directisa_(Komplnst,Sprachkompetenz).
```

(4)

```
FORALL MA,KAuss,KAusp,Var <-
  MA:Mitarbeiter[jist_betroffen_von_Kompetenzaussage->>
  KAuss:Kompetenzaussage[beinhaltet_Kompetenz->>Englisch;
    beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>
    KAusp:Kompetenzauspraegung[hat_numerischen_Wert->>Var]]]
  AND greaterorequal(Var,2).
```

(5)

```
FORALL IA,Geb,Adr,Fam,Rel,Staat,AusA, Ausb,Note,Inst,Var <-
  IA:menschlicher_Individualakteur[hat_Name->>Var; hat_Geburtstag->>Geb;
    hat_Adresse->>Adr; hat_Familienstand->>Fam;
    hat_Religion->>Rel; hat_Staatszugehoerigkeit->>Staat]
  AND AusA:Ausbildungsaussage[betrifft_Person->>MA_H_Mueller;
    beinhaltet_Ausbildung->>Ausb;
    beinhaltet_Abschlussnote->>Note; beinhaltet_Institution->>Inst]
  AND equal(Var,"Hans_Mueller").
```

(6)

```
FORALL MA,Komp,Var <-
  eignungswert(MA,Projektmanager,Komp,Var) AND lessorequal(Var,-1).
```

(7)

```
FORALL OE,Proj,Bez <-
  Proj:Projekt[hat_Projekttitel->>Bez;
    erfordert_Kompetenz->>Kooperationsfaehigkeit;
    wird_bearbeitet_von_DMT_Einheit->>OE].
```

- (8)
FORALL OE,Proj,Bez <-
 Proj:Projekt[hat_Projekttitel->>Bez;
 wird_bearbeitet_von_DMT_Einheit->>OE;
 wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>Phoenics;
 hat_Auftragsstatus->>beendet].
- (9)
FORALL KAuss,Komp,KAusp <-
 KAuss:Kompetenzaussage[betrifft_konkretes_Denkobjekt->>IPM;
 beinhaltet_Kompetenz->>Komp;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>KAusp].
- (10)
FORALL MA,Proj,PMitA,Fkt <-
 Proj:Projekt[erfordert_Kompetenz->>Waermetechnik;
 hat_Auftragsstatus->>beendet]
 AND PMitA:Projektmitarbeit[betrifft_Projekt->>Proj; betrifft_Mitarbeiter->>MA;
 beinhaltet_Funktion->>Fkt].
- (11)
FORALL MA,Nam <-
 MA:Mitarbeiter[hat_Name->>Nam;
 hat_teilgenommen_an_Weiterbildung->>Konfliktmanagement].
- (12)
FORALL OE <-
 OE:Organisationskonzept[hat_Aufgabenbereich->>Vertragsentwuerfe].
- (13)
FORALL Proj,Bez <-
 Proj:Auftrag[hat_Projekttitel->>Bez; hat_Auftragsstatus->>ausgeschrieben]
 OR Proj:F_und_E_Projekt[hat_Projekttitel->>Bez;
 hat_F_und_E_Projektstatus->>ausgeschrieben].
- (14)
FORALL Org,Proj,Bez <-
 Proj:Projekt[hat_Projekttitel->>Bez;
 wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>Org;
 erfordert_Kompetenz->>Kooperationsfaehigkeit].
- (15)
FORALL MA,Nam <-
 MA:Mitarbeiter[hat_Name->>Nam;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>Roland_Berger].

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass Projektpreferenzen der DMT entweder nach einer bestimmten Branche oder nach den dabei relevanten Kompetenzen gesucht werden können. Aus diesem Grund sind bei den Fragen 7, 10 und 14 mehrere Formulierungen als die hier dargestellten möglich; z.B.

betrifft_Branche->>Gewinnung_von_Erdöl_und_Erdgas statt erfordert_Kompetenz->>Erdöl-_und_Erdgasgewinnung.

3.5.4 Katalog von Gütekriterien

Die Menge aller funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen an die Kompetenz-Ontologie wird durch Gütekriterien repräsentiert. Ein Katalog von Gütekriterien stellt ein weiteres Ergebnis dieser Phase des KOWIEN-Vorgehensmodells dar. Der Katalog enthält namentlich Gütekriterien zur Messung von *Klarheit*, *Einfachheit*, *Erweiterbarkeit*, *Funktionale Vollständigkeit*, *Wiederverwendbarkeit*, *Minimalität*, *Konsistenz*, *Spracheignung* und *Richtigkeit der Sprachanwendung*. Nähere Erläuterungen zu diesem Katalog sind dem Projektbericht APKE et al. (2004) und dem Anhang zu entnehmen.

4 Wissensakquisition

4.1 Ziele

Ziele der Wissensakquisition sind in erster Linie die möglichst vollständige Identifizierung, Lokalisierung und Analyse des vorhandenen Wissens über die Kompetenzen der DMT.⁴⁷⁾ Durch die Befragung von Mitarbeitern soll festgestellt werden, welche vorhandenen betrieblichen Dokumente und Softwaresysteme für die Ontologiekonstruktion relevant sind, über welche relevanten Informationen (z.B. in Form erster Konzeptbezeichnungen und Relationen) diese Mitarbeiter verfügen und welche weiteren Mitarbeiter befragt werden sollten. Die sorgfältige Analyse dieser Informationen sowie Interviews mit den entsprechenden Mitarbeitern der DMT dienen dazu, die Informationen für die Entwicklung der Kompetenz-Ontologie zu erfassen, die für ein erstes konzeptuelles Modell und die nachfolgenden Schritte benötigt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass die Aktivitäten der Identifizierung und der Strukturierung von Wissen eng miteinander verwoben sind und damit die Phasen Wissensakquisition⁴⁸⁾ und Konzeptualisierung in starkem Zusammenhang stehen. Die Ergebnisse der Wissensakquisition bilden den Ausgangspunkt für die konzeptuelle Modellierung des betrachteten Realitätsausschnitts, also für die Vorstufe der Ontologiespezifikation.

4.2 Problemstellungen und Lösungsansätze

Aus der Größe des Unternehmens und den besonderen Eigenschaften des Bereichs Kompetenzmanagement ergeben sich Schwierigkeiten hinsichtlich der Verteilung des Wissens über Kompetenzen, der implizite Charakter von Wissen über Kompetenzen und der begrenzten Gültigkeit des erhobenen Wissens.

47) Dabei ist anzumerken, dass im Rahmen dieses Projektberichts „lediglich“ Wissen über die zur Beschreibung von Kompetenzen benötigten Begriffe und über die bei der DMT geltenden Zusammenhänge und Einschränkungen erhoben werden soll, nicht aber über die tatsächlich bei den Mitarbeitern vorhandenen Kompetenzen und deren Ausprägungen.

48) Im Unterschied zu anderen Definitionen, in denen der Begriff „Wissensakquisition“ die Erhebung, Analyse, Modellierung (vgl. FRICK (1998), S. 97 sowie GREENWELL (1988), S. 11) und teilweise auch die Formalisierung von Wissen (vgl. BUCHANAN/SHORTCLIFFE (1984), S. 149) beschreibt, liegt hier eine starke Betonung auf der Identifizierung und Erhebung des relevanten Wissens. Die Wissensakquisition umfasst auch bereits eine Analyse und Strukturierung des Wissens, da die befragten Experten bei der Formulierung ihres Wissens dieses bereits implizit strukturieren. Die eigentliche Modellierung durch den Wissensingenieur findet jedoch erst im Rahmen der Konzeptualisierung statt, Wissensakquisition und Konzeptualisierung sind daher eng miteinander verwoben.

4.2.1 Verteilung des Wissens über Kompetenzen

Bei der DMT existiert zwar bereits eine Datenbank „Wissensmanager“, in der Mitarbeiterprofile abgelegt und abrufbar sind; die darin enthaltenen Informationen über die Kompetenzen der Mitarbeiter wurden jedoch durch Fragebögen mit frei ausfüllbaren Textfeldern erhoben. Daher sind die dabei verwendeten Kompetenzbegriffe durch jeden Mitarbeiter neu formuliert worden und bauen nicht auf einem einheitlichen Vokabular auf. Auch die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Kompetenzen sind in dem System nicht abgelegt und müssen dem Benutzer bekannt sein, wenn er aus den Fakten der Wissensbasis weitere Schlüsse ziehen will. Das Wissen über diese Zusammenhänge ist verteilt auf verschiedene betriebliche Dokumente, Softwaresysteme und vor allem die einzelnen Mitarbeiter der DMT. Bei einem mittelgroßen Unternehmen wie der DMT ist die Identifizierung dieser verschiedenen Wissensträger und insbesondere auch die Befragung der Personen eine schwierige Aufgabe. Um bei der Wissensakquisition ein breites Spektrum an Kompetenzbereichen abzudecken, werden bei den Experteninterviews Mitarbeiter aus möglichst vielen unterschiedlichen (wenn nicht allen) Unternehmensbereichen befragt.

4.2.2 Implizitheit von Wissen über Kompetenzen

Erschwert wird die Wissensakquisition dadurch, dass ein großer Teil des für die Ontologie benötigten Wissens über Kompetenzen nicht explizit vorliegt, sondern als „Hintergrundwissen“ den Mitarbeitern implizit bekannt ist. Insbesondere das Wissen, das die Mitarbeiter dazu befähigt, beispielsweise aus neuen Fakten weiteres Wissen abzuleiten, und das in einer Ontologie durch Inferenzregeln explizit repräsentiert werden soll, ist selten explizit formuliert und für Neulinge im Unternehmen oft schwer zu erfassen. Aus diesen Gründen besitzen nicht alle Mitarbeiter der DMT dieses Wissen in gleichem Umfang, so dass die Wahl der „Experten“ im Rahmen der Mitarbeiterbefragung eine große Rolle spielt. Da sich implizites Wissen einem direkten Zugriff durch Computer entzieht⁴⁹⁾, sind bei einer solchen Befragung besondere Denkschritte seitens der Experten erforderlich, damit der Wissensingenieur das Wissen erfassen und explizit festhalten kann. Durch die Veranschaulichung der Bestandteile einer Ontologie mittels Beispielen und Einführung der KOWIEN-Ontologie als Ausgangspunkt für die Wissensakquisition soll das Bewusstsein der Experten für das hier relevante Wissen geschärft und dessen Explikation erleichtert werden.

49) Vgl. NEUWEG (2001), S. 5 f. Häufig wird auch die These vertreten, dass implizites Wissen nicht nur schwer verbalisierbar ist, sondern auch grundsätzlich nicht formalisiert, also durch Regeln abgebildet werden kann; vgl. NEUWEG (2001), S. 16 ff. Die Verfasser gehen davon aus, dass zumindest ein Teil des implizit vorhandenen Wissens auch explizit und formalsprachlich dargestellt werden kann.

4.2.3 Begrenzte Gültigkeit des erhobenen Wissens

Ein weiteres Problem für die Akquisition des Wissens über Kompetenzen besteht in der strategischen Neuausrichtung der DMT. Aufgrund der geringen positiven Zukunftsaussichten im Bergbau⁵⁰⁾ und in verwandten Branchen werden auch bei der DMT Kompetenzen verlagert und Organisationsstrukturen verändert. Darüber hinaus ist es für Unternehmen im Technologiendienstleistungsbereich allgemein von großer Bedeutung, flexibel agieren und sich auf neue Geschäftsfelder ausrichten zu können. Das bei der Wissensakquisition erhobene und für die Konzeptualisierung verwendete Wissen ist daher unter der Einschränkung zu betrachten, dass etwa Begriffe für fachliche Kompetenzen sowie Strukturen und Zuständigkeiten bestimmter Organisationseinheiten möglicherweise in wenigen Monaten nicht mehr zutreffend oder unvollständig sind. Da die Nutzbarkeit einer Ontologie wesentlich von der Gültigkeit des darin spezifizierten Wissens abhängt, muss ihre regelmäßige Aktualisierung sichergestellt werden.

4.3 Methoden

Zunächst werden die bereits durch die Einarbeitung bei der DMT und durch Hinweise der Mitarbeiter von IPM erfassten Informationen über relevante Dokumente, IT-Systeme und Personen in Form einer Wissensträgerkarte festgehalten. Diese ist als eine tabellarische Übersicht über die Bezeichnung der Wissensträger, ihre Lokalisierung im Unternehmen und über ihren jeweiligen „Kompetenzbereich“ (im Sinne des erwarteten zu akquirierenden Wissens) formuliert. Im weiteren Verlauf der Wissensakquisition wird die Wissensträgerkarte um weitere Informationen erweitert.

Für diese Erweiterungen werden strukturierte sowie unstrukturierte Interviews bei der Befragung von Experten durchgeführt. Zur Unterstützung und Ergänzung der Interviews wird die Textanalyse eingesetzt, bei der die betrieblichen Dokumente und IT-Systeme⁵¹⁾ auf relevante Informationen untersucht werden.

50) Ein Überblick über die aktuelle Situation und die Aussichten für die Bergbaubranche werden zum Beispiel unter den URLs <http://www.wdr.de/themen/politik/nrw/steinkohle/hintergrund.jhtml?rubrikenstyle=politik> und http://www.nrw.de/01_land_nrw/11_land_und_leute/113_nrw_lexikon/lexbergbau.htm (Zugriffe am 14.09.2004) gegeben.

51) Die beiden Begriffe „Dokumente“ und „IT-Systeme“ sind insofern voneinander abzugrenzen, als dass sich Letztere auf Anwendungsprogramme mit einem bestimmten betrieblichen Zweck beziehen, z.B. den „Wissensmanager“, während unter Dokumenten die im Unternehmen vorhandenen Schriftstücke und einzelne Text-Dateien, z.B. Word- und PDF-Dateien, verstanden werden.

Damit wird die Wissensakquisition ausschließlich *indirekt* durchgeführt.⁵²⁾ Weitere Methoden zur Akquisition von Wissen über Kompetenzen sind in ALAN (2002), S. 26 ff. zu finden. Die dort genannten Methoden sind jedoch teilweise darauf ausgerichtet, die tatsächlich vorhandenen Kompetenzen der Mitarbeiter mit den entsprechenden Kompetenzausprägungen zu erheben. Aus diesem Grund wird ein Teil dieser Methoden (beispielsweise die Beurteilung durch Mitarbeiter) an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

4.3.1 Expertenbefragung

Ein *Experte* ist ein Mensch, der sich durch spezialisiertes Problemlösungswissen und Problemlösungsfähigkeiten in einem bestimmten Anwendungsgebiet (Domäne) von anderen Menschen unterscheidet. Er zeichnet sich damit durch „besonderes“ Wissen über eine Domäne aus, nicht nur in quantitativer (Umfang des Wissens) sondern auch in qualitativer Hinsicht (Art der Wissensorganisation und Problemlösungsstrategien).⁵³⁾ Er muss in die Wissensakquisition einbezogen werden, weil ein Wissensingenieur, der sich in die Domäne einarbeitet, nur mit einem „Neuling“ in diesem Bereich verglichen werden kann. Der Wissensingenieur kann seinerseits jedoch als „Experte“ auf dem Gebiet des Knowledge Engineerings betrachtet werden.

Die Befragung⁵⁴⁾, ein häufig eingesetztes Verfahren, stellt eine indirekte Wissensakquisitionsmethode dar, weil der Wissensingenieur als „Vermittler“ zwischen den Experten und der Wissensbasis tätig ist. Er erfragt das jeweils erforderliche Wissen der Experten und ist selbst für die Analyse und Formalisierung des Wissens verantwortlich. Während des Interviews versucht der Wissensingenieur, im direkten Dialog mit dem Experten die Objekte, Beziehungen und Einschränkungen der betrachteten Domäne offen zu legen und zu erklären. Da sich eine Einflussnahme des Wissensingenieurs generell nicht vollständig vermeiden lässt, müssen die Ergebnisse des Interviews immer vor diesem Hintergrund bewertet werden. In Abhängigkeit von der vorher festzulegenden Strukturierung der Befragung wird zwischen unstrukturiertem und strukturiertem Interview unterschieden:

- a) **Unstrukturiertes (oder wenig strukturiertes) Interview:** Bei der unstrukturierten Befragung wird ohne Fragebogen gearbeitet, und es bleibt dem Interviewer (dem Wissensingenieur) überlassen, die Inhalte und Reihenfolge der Fragen den Wünschen des

52) Im Gegensatz dazu sind es bei der direkten Wissensakquisition die Experten selbst, die ihr Wissen formulieren und dafür häufig mit einem Wissensakquisitionswerkzeug, meist einem speziellen Editor, interagieren. Weitere Informationen dazu werden in FRICK (1998), S. 100 f. gegeben.

53) Vgl. SCHMIDT (1995), S. 43.

54) Die Begriffe „Befragung“ und „Interview“ werden hier synonym verwendet.

Befragten anzupassen.⁵⁵⁾ Es ist daher ein offenes Interviewverfahren, mit dem der Wissensingenieur versucht, einen Überblick über das Anwendungsgebiet zu erhalten. Es wird hier vor der strukturierten Befragung eingesetzt, um ein erstes Verständnis für das Expertenwissen zu erwerben.

- b) **Strukturiertes Interview:** Wird das Gespräch zwischen Wissensingenieur und Experten auf der Grundlage eines Fragebogens durchgeführt, so dass für alle Befragten die gleichen Fragen in gleicher Formulierung und Reihenfolge vorliegen, wird dies als strukturiertes Interview bezeichnet.⁵⁶⁾ Die Vorgabe einer Agenda und festgelegter Fragen soll eine Gleichheit der Interviewsituation bewirken und damit die Vergleichbarkeit der Befragung erhöhen. Durch die Strukturierung des Gesprächs wird außerdem eine systematische Durchdringung der Domäne erleichtert und ein Schwerpunkt auf die Beseitigung von Lücken im bisher erhobenen Wissen gelegt.⁵⁷⁾ Der Interviewer spielt dabei eine aktivere Rolle als bei der unstrukturierten Befragung und sollte daher auch höhere Anforderungen bezüglich seiner Vorkenntnisse der Domäne und seiner Neutralität gegenüber Thema und Befragtem erfüllen.⁵⁸⁾

4.3.2 Textanalyse

Ergänzend zur Befragung der Experten wird durch die Textanalyse das bereits explizit vorliegende Wissen über die Kompetenzen der DMT erhoben. Dabei werden für diese Ontologieentwicklung alle betrieblichen Dokumente und IT-Systeme analysiert, die für die Wissensakquisition als relevant identifiziert wurden. Die Textanalyse dient einerseits zu Beginn der Wissensakquisition zur Einarbeitung des Wissensingenieurs in den betrachteten Problembereich, aber auch nach der Durchführung der Experteninterviews als Ergänzung. Die Untersuchung von Dokumenten kann bereits eine Menge von relevanten Konzepten liefern, in dieser Arbeit beispielsweise Bezeichnungen für Kompetenzen. Diese Bezeichnungen werden anschließend strukturiert.

55) Vgl. SCHNELL/HILL/ESSER (1995), S. 300 f.

56) Vgl. CORDINGLEY (1989), S. 103 f. Nach der dort vorgenommenen Unterscheidung zwischen hoch-strukturierten und semi-strukturierten Befragungen ist die hier angewendete Methode als semi-strukturiert zu bezeichnen, da die Fragen sehr offen formuliert sind und ihre Menge eher als Agenda der Interviews anstatt als strikt festgelegter Fragebogen betrachtet wird.

57) Dabei kann es jedoch bei strukturierten Interviews eher dazu kommen, dass systematisch Lücken nicht erschlossen werden, weil nicht nach dem betreffenden Wissen gefragt wird und auch per Zufall nicht darauf gestoßen werden kann. Dieser Gefahr muss beim Design des Fragebogens ausreichend Rechnung getragen werden.

58) Vgl. SCHNELL/HILL/ESSER (1995), S. 302.

4.4 Vorgehen

Die hier der Wissensakquisition zugeordneten Aktivitäten sind eng mit der Phase der Konzeptualisierung verbunden, weil die Experten bei der Befragung bereits ihr Wissen formulieren (und damit konzeptualisieren) müssen. Auch das in Dokumenten und IT-Systemen enthaltene Wissen über Kompetenzen ist zuvor durch einen menschlichen Wissensträger formuliert worden. Die Aufgabe des Wissensingenieurs ist es daher, dieses Wissen zusammenzutragen, zu überprüfen, gegebenenfalls zu ergänzen und dann im Rahmen der nächsten Phase zu einer einheitlichen Konzeptualisierung zusammenzuführen. Da nicht sichergestellt werden kann, dass das erhobene Wissen ausreichend für die Erstellung der Ontologie sein wird, ist die Wissensakquisition iterativ durchzuführen und eventuell später ein erneutes Durchlaufen dieser Phase erforderlich. Die folgende Unterteilung der Wissensakquisition nach einzelnen Aktivitäten entspricht, wie schon die Vorgehensbeschreibung der Anforderungsspezifizierung, den im Vorgehensmodell KOWIEN spezifizierten Funktionen.⁵⁹⁾

Auch die Wissensakquisition wird aufbauend auf den bisherigen Ergebnissen des KOWIEN-Projekts, insbesondere der Projektberichte 2/2002 und 6/2002⁶⁰⁾, vorgenommen.

4.4.1 Relevante Verzeichnisse und Wissensträger identifizieren

Ein erster Schritt für die Wissensakquisition ist die Identifizierung der relevanten Verzeichnisse, in denen Informationen über die *Wissensträger* bei der DMT zu finden sind. Wissensträger sind hier alle betrieblichen Dokumente und IT-Systeme, die Wissen über die Kompetenzen der DMT enthalten, sowie alle Mitarbeiter des Unternehmens, die über solches Wissen verfügen.

Um diese Wissensträger zu identifizieren, wurden das DMT-Intranet (DINKS⁶¹⁾) sowie die digitalen Ordnerstrukturen des IPM-Laufwerks analysiert und zusätzlich die Mitarbeiter von IPM, PS/E und der Abteilung IT befragt. Im Intranet und in den IPM-Ordern sind wichtige Informationen zu Mitarbeitern, Dokumenten und Datenbanken der DMT mit Wissen über Kompetenzen abgelegt. Außerdem bietet DINKS viele Möglichkeiten, die einzelnen Bereiche der DMT und besonders ihre unterschiedlichen Aufgaben kennen zu lernen.

59) Vgl. APKE/DITTMANN (2003B), S. 23 f.

60) Vgl. ALAN (2002) bzw. ALPARSLAN (2002).

61) DINKS steht für **D**MT **I**nformations- und **K**ommunikationssystem. Das Intranet stellt unter anderem Zugriffsmöglichkeiten auf Datenbanken der DMT, ein Unternehmenstelefonbuch, Informationen zu den einzelnen Organisationseinheiten, Diskussionsforen sowie wichtige Formulare und Richtlinien für die Mitarbeiter bereit.

Anhand dieser Verzeichnisse und in Zusammenarbeit mit IPM wurden verschiedene Mitarbeiter der DMT so ausgewählt, dass sie ein breites Spektrum der fachlichen und organisatorischen Einheiten abdecken. Diese Mitarbeiter wurden in einer Tabelle (*Wissensträgerkarte*) festgehalten und angesprochen, ob sie mit einer Befragung zum Thema Wissensmanagement und Kompetenzen bei der DMT einverstanden wären.

4.4.2 Verzeichnisse untersuchen, Wissensträger befragen

Um Informationen über die zu befragenden Mitarbeiter zu gewinnen und die Interviews besser vorbereiten zu können, wurden die Verzeichnisse frühzeitig untersucht.⁶²⁾ Die dabei identifizierten weiteren Systeme und Dokumente wurden zusammen mit den zu befragenden Mitarbeitern in der Wissensträgerkarte gespeichert. Dazu gehören beispielsweise die bereits bei der Anforderungsspezifizierung erwähnten Systeme *Referenz-* und *Projektpartnerdatenbank*, die Wissen über abgeschlossene Projekte der DMT enthalten.

Für die Durchführung der Interviews wurde zunächst eine Agenda erstellt, die zur Strukturierung der Interviews dienen sollte (siehe auch Unterkapitel 4.5.2). Diese Agenda umfasst eine Beschreibung des groben Ablaufs der Befragung sowie eine detaillierte Darstellung des Vorgehens. Der letztere Teil enthält dabei auch die den Experten zu stellenden Fragen und einzelne Beispiele, die die Intention der Fragen verdeutlichen sollen. Die Vorbereitung von Beispielen ist vorteilhaft, weil bei der Erstellung der Agenda offene Fragestellungen verwendet werden⁶³⁾ und sich ein großer Teil der Fragen mit einem sehr abstrakten Themengebiet beschäftigt.

Aus dem bereits aus Verzeichnissen, Dokumenten und IT-Systemen gewonnenen Wissen konnte man darauf schließen, dass die Mitarbeiter von PS/E und von IPM im Vergleich zu den Mitarbeitern anderer Bereiche sehr grundsätzliches Wissen für die Erstellung der Ontologie besitzen. Aufgrund ihrer Aufgabengebiete (Personal- bzw. Projektmanagement) werden diese Mitarbeiter als Ansprechpartner für die erste Verfeinerung der KOWIEN-

62) Im generischen Vorgehensmodell KOWIEN war ursprünglich vorgesehen, dass die Identifizierung der Verzeichnisse und die Identifizierung der Wissensträger „parallel“ durchgeführt werden. Die Analyse der Dokumente und Systeme wird danach erst am Schluss der Wissensakquisition vorgenommen, um dabei die Hinweise aus den Interviews auf weitere Dokumente und Systeme berücksichtigen zu können (vgl. APKE, DITTMANN (2003B), S. 21). Bei der Umsetzung des Vorgehensmodells wurden die Verzeichnisse direkt zu Beginn der Wissensakquisition identifiziert und untersucht. Auch mit der Analyse der Dokumente und Systeme wurde schon vor den Expertenbefragungen begonnen, damit das aus den Textanalysen gewonnene Wissen für die Vorbereitung und Durchführung der Befragungen verwendet werden konnte.

63) Die Fragen wurden hier offen formuliert, weil dadurch – im Gegensatz zu geschlossenen (ja-/nein-) Fragen – dem Interviewpartner eine größere Freiheit bei seiner Antwort gegeben und der Ergebnisraum damit nicht unnötig eingeschränkt wird.

Ontologie bezüglich der Konzepte wie *Kompetenz*, *Kompetenzausprägung*, *Akteur* und *Prozess* angesehen. Die Reihenfolge der Interviews wurde daher so gewählt, dass mit der Befragung von Vertretern von PS/E und IPM begonnen wurde. Diese Interviews wurden unstrukturiert durchgeführt, da die beteiligten Experten bereits mit Gegenstand und Ziel der Befragung (Erfassung des für die Kompetenz-Ontologie relevanten Wissens, um dieses Wissen in Form von Konzepten, Attributen, Relationen und Regeln zu formulieren) vertraut waren. Außerdem wurde dem Wissensingenieur dadurch eine weitere Einarbeitung in den Sprachgebrauch bei der DMT und eine Verbesserung der Agenda für die strukturierten Interviews ermöglicht.

Bei den weiteren Befragungen wurde diese Agenda eingesetzt, damit die verschiedenen für die Arbeit der DMT relevanten Kompetenzen systematisch erfasst und beschrieben werden konnten. Dabei wurde aus jedem operativen Bereich, also jeder Division und Unit, mindestens ein Mitarbeiter befragt. Auch für die meisten der administrativen Einheiten der DMT wurden Interviews mit einem oder mehreren Repräsentanten geführt.⁶⁴⁾

4.4.3 Befragungen auswerten

Die Befragungen und ihre Auswertung wurden so durchgeführt, dass während jedes Interviews die Antworten der Experten durch den Wissensingenieur dokumentiert und im Nachhinein zusammengefasst wurden. Anschließend wurden diese Ergebnisse in einem konzeptuellen (Teil-)Modell beschrieben, um sie später in die Ontologie integrieren zu können. Bei den folgenden Interviews kamen die Ergebnisse bereits zum Einsatz, da sie einen Teil der Ausgangsbasis für die Befragung, wenn auch eher im Sinne eines Vorschlags, bildeten. Auf diese Weise ist es schon sehr früh in der Ontologieentwicklung möglich gewesen, das bei der Wissensakquisition erhobene Wissen zu evaluieren und gegebenenfalls zu vervollständigen.

Die Ergebnisse der Befragungen wurden zusammen mit den Ergebnissen der Textanalysen in das Dokument „Wissensträger-Details“ aufgenommen. Darin ist zu jedem Interview festgehalten, wann es mit welchen DMT-Mitarbeitern durchgeführt wurde und welches Wissen über die Kompetenzen des jeweiligen Bereichs erfasst werden konnte. Der vollständige Inhalt findet sich im Anhang. Eine Zusammenfassung der Interviewergebnisse wird in Unterkapitel 4.5.3 gegeben.

64) Im Einzelnen siehe hierzu die Wissensträgerkarte in Kapitel 4.5.1, S. 38.

4.4.4 Dokumente und Systeme analysieren

Bereits während der Einarbeitung bei der DMT wurde deutlich, dass die Datenbank Wissensmanager, die von der Abteilung PS/E genutzte Kompetenzdatenbank, einen wesentlichen Bestandteil des bereits explizit vorhandenen Wissens über Kompetenzen umfasst. Auch die mit dem Wissensmanager zusammenhängenden Dokumente, z.B. die Fragebögen und Informationsbroschüren, die die Mitarbeiter bei seiner Einführung erhielten, beinhalten für die Kompetenz-Ontologie wichtige Begriffe.

Da ausschließlich die Mitarbeiter von PS/E auf den Wissensmanager zugreifen dürfen, erklärte sich ein Vertreter der Abteilung dazu bereit, die Funktionalitäten des Systems und die der Datenbank zugrunde liegenden Strukturen vorzuführen. Das daraus gewonnene Wissen über das aktuelle Kompetenzmanagement der DMT gab wichtige Hinweise für notwendige Spezialisierungen und Erweiterungen einiger Konzepte der Kompetenz-Ontologie, beispielsweise *Kompetenz*, *Intensität* und *Kompetenzprofil*. So wurde etwa deutlich, dass ein Kompetenzprofil im Sinne der Personalabteilung der DMT nicht nur die Kompetenzen eines Mitarbeiters mit den jeweiligen Ausprägungen umfasst, sondern auch damit zusammenhängende Informationen wie Ausbildung, Weiterbildung und berufliche Erfahrungen.

Einige der Dokumente und Systeme wurden erst durch die Befragungen als relevant identifiziert, wie beispielsweise die Kostenstellenstruktur und das Materialverzeichnis aus SAP. Diese Dokumente enthalten die für die Zuordnung von Kosten erforderlichen bereichsspezifischen Kategorien, die als Aufgabenfelder der Bereiche formuliert sind. Auch einige Präsentationen und Broschüren, die von einzelnen Bereichen zur Analyse zur Verfügung gestellt wurden, umfassten relevante Kompetenzbegriffe und Wissen über die verschiedenen Aufgabenfelder des Unternehmens.

Im Rahmen der Textanalyse wurden allerdings nicht nur DMT-interne Dokumente und IT-Systeme untersucht, sondern auch externe Quellen, die Wissen über Kompetenzen in Gebieten wie Bergbau, Bauwesen, Fahrzeugtechnik, Maschinenbau und Anlagentechnik enthalten könnten. Dazu gehörte zum Beispiel der FIZ-Technik-Thesaurus, der am Institut für PIM zur Verfügung stand.⁶⁵⁾ Auch die Ontologie PHYSSYS wurde auf für die Kompetenz-Ontologie relevantes Wissen untersucht.⁶⁶⁾

65) Vgl. FIZ TECHNIK (2002).

66) Vgl. BORST (1997).

Zusätzlich zu einer ausführlichen Darstellung der Ergebnisse der Textanalysen im Projektbericht 6/2002 (s.o.) werden in Unterkapitel 4.5.4 beispielhaft einige der analysierten Dokumente und Systeme beschrieben.

4.5 Ergebnisse

Die folgenden Unterkapitel geben einen Überblick über die Ergebnisse der Wissensakquisition. Dazu gehört neben einer kurzen Auflistung aller Wissensträger (also der befragten Personen und der analysierten Dokumente und Systeme) in Tabellenform (siehe Unterkapitel 4.5.1) auch die Agenda für die strukturierten Interviews (Unterkapitel 4.5.2).

Die Ergebnisse der Befragungen und der Textanalysen sind im Dokument „Wissensträger-Details“ zusammengefasst. Darin wird für jedes Interview festgehalten, welcher Experte (oder welche Experten) befragt wurde(n), wann das Interview stattgefunden hat, ob es eher ein strukturiertes oder ein unstrukturiertes Interview war und welche Kompetenzen für den jeweiligen Bereich als relevant identifiziert wurden. In diesem Kapitel werden beispielhaft einige der Ergebnisse dargestellt (siehe Unterkapitel 4.5.3 und 4.5.4); die vollständigen Ergebnisse findet sich im Anhang.

4.5.1 Wissensträgerkarte

Die folgende Tabelle umfasst eine grobe Übersicht über die während der Wissensakquisition analysierten betrieblichen Dokumente und IT-Systeme der DMT und über den für die Kompetenz-Ontologie relevanten Themenbereich. Außerdem werden die einzelnen Personen, die im Zuge der Experteninterviews befragt wurden, sowie ihre „Kompetenzbereiche“ im Hinblick auf die Kompetenz-Ontologie dargestellt.

Wissensträger	zugehörige/ verantwortliche Abteilung	Typ des Wissensträgers	Kompetenzbereich
Wissensmanager PS	PS	System (Oracle-DB)	Kompetenzmanagement, insbes. Kompetenzbegriffe
Referenzdatenbank	IPM	System (Access-DB)	Projekte aus Lieferung und Leistung (LuL)
Projektpartner-DB	IPM	System (Access-DB)	abgeschlossene Projekte und jeweilige Partner
Ausschreibungs-DB	MV (Vertrieb)	System (Access-DB)	ausgeschriebene Projekte (For- schung und Entwicklung (FuE) und LuL)
FIZ-Technik- Thesaurus	Extern	System (DB)	hierarchische Einordnung von Begriffen zu Technik und Ma- nagement, deutsche und engli- sche Synonyme
Kompetenzbegriffe	PS, eigene Ordner	Dok. (Excel-Datei)	Kompetenzbegriffe zu Projekt- erfahrungen, Mitgliedschaften, Tätigkeitsschwerpunkten
Leistungsbegriffe	IT, eigene Ordner	Dok. (Excel-Datei)	Leistungen der DMT (2800 Konzepte)
Leitfaden Großprojektmana- gement	IPM	Dok. (PowerPoint)	standardisierter Projektablauf mit Phasen, Aktivitäten, Ver- antwortlichkeiten
Fragebögen Wissensmanager	PS	Dok. (Fragebögen)	Kompetenz-Kategorien
Präsentation Mines&More	Mines & More	Dok. (PowerPoint)	Mines&More
Kostenstellenstruktur	Controlling	Dok., aus SAP ge- neriert	Aufgabenfelder der Abteilungen
Bibliothekssystema- tiken	Extern	Dok. (HTML-Datei)	naturwissenschaftlich- technische Kategorien und Verfeinerungen
Wirtschaftszweig- klassifikation	Extern	Dok. (PDF-Datei)	Brancheneinteilung
Hr. Rehage	PS/E	Person	Kompetenzmanagement, Wissensmanager
Hr. Dannapfel	PS/E	Person	Kompetenz-Kategorien
Fr. Bremer Dr. Sowa	IPM	Personen	Projektmanagement, FuE und Projekte, Review
Fr. Flöte	Engine Logic	Person	Engine Logic, Review

Wissensträger	zugehörige/ verantwortliche Abteilung	Typ des Wissensträgers	Kompetenzbereich
Dr. Clostermann	Safe Ground	Person	Safe Ground
Dr. Apel	Gas & Fire	Person	Gas&Fire
Dr. M. Schmid	Mines & More	Person	Mines&More
Dr. C. Schmid	Modern Fuels	Person	Modern Fuels Kompetenzen
Dr. von den Driesch	Smart Drilling	Person	Smart Drilling
Dr. Beyer	Marketing und Vertrieb	Person	Marketing u. Vertrieb, Strategische Kompetenzen
Fr. Koch Hr. Bott	IT	Personen	IT-Kompetenzen
Fr. Brütt	Buchhaltung	Person	Finanzen, Steuern, Buchhaltung
Hr. Strukelj	Einkauf und Material	Person	Einkauf
Hr. Rochel	Controlling	Person	Controlling
Dr. Scharmann	Recht	Person	juristische Kompetenzen
Hr. Bolz	Car Synergies	Person	Car Synergies, Review
Dr. Clostermann	Safe Ground	Person	Safe Ground, Review

Tabelle 1: Wissensträger (Übersicht)

4.5.2 Agenda der strukturierten Interviews

1. Vorstellung, Einführung in den Themenbereich

Zunächst gibt der Wissensingenieur dem Experten eine Einführung zu Inhalt und Zweck des Interviews. Nach einer kurzen Vorstellung seiner Person erläutert der Wissensingenieur den Begriff „Ontologie“ und den Zusammenhang mit betrieblichem Kompetenzmanagement. Außerdem geht er auf die Zielsetzung der Kompetenz-Ontologie und auf den KOWIEN-Prototypen, also das auf die Ontologie aufsetzende KMS, ein.

2. Kurze Beschreibung der KOWIEN-Ontologie

Um den Ausgangspunkt für das Gespräch zu verdeutlichen, werden Aufbau und Inhalt der KOWIEN-Ontologie erläutert. Insbesondere die Konzepte, die für den im Interview zu behandelnden Kompetenzbereich relevant sind (falls in der Ontologie bereits vorhanden) o-

der die möglichen übergeordneten „Super-Konzepte“ werden näher dargestellt. Dabei werden auch eventuelle Ergebnisse aus bisherigen Interviews aufgegriffen.

3. Fragen an die Experten⁶⁷⁾

- a) Welche betrieblichen Dokumente (Schriftstücke, Dateien) und IT-Systeme (z.B. Datenbanken), die Wissen über die Kompetenzen der DMT enthalten (z.B. Kompetenzbegriffe, -strukturen), sind Ihnen bekannt?
- b) In welchem/n Themengebiet/-en (innerhalb Ihrer Division/Unit/Abteilung) kennen Sie sich soweit aus, um die zur Erfüllung einer bestimmten Aufgabe notwendigen Kompetenzen nennen zu können? Besonders die fachlichen Kompetenzen sind dabei wichtig. => „oberste“ Ebene oder „Konzeptbaum“ in der KOWIEN-Ontologie
- c) Gehen Sie von einem Beispiel-Projekt oder -Auftrag aus (real oder hypothetisch). Welche (vor allem fachliche) Kompetenzen sind von den beteiligten Mitarbeitern gefordert? => erste Liste von Kompetenz-Konzepten⁶⁸⁾
- d) Nach welchen Oberbegriffen würden Sie diese Kompetenzen gruppieren (in allgemeinere Kompetenzbegriffe, nicht im Sinne von „setzt sich zusammen zu“, sondern „ist“)? Je nach dem Detaillierungsgrad der vorgenannten Kompetenzbegriffe sind eventuell mehrere Ebenen sinnvoll. => Hierarchie nach oben; Abgleich mit KOWIEN-Ontologie gemeinsam mit Experten
- e) In welche Unterbegriffe würden Sie die unter (c) genannten Kompetenzen verfeinern (nach Unterkompetenzen im Sinne von „ist“)? Falls grobe „Kategorien“ genannt wurden, sind evtl. mehrere Verfeinerungen sinnvoll.
- f) Welche verschiedenen Ausprägungsstufen würden Sie bei den Kompetenzen jeweils einteilen, also wie viele verschiedene Abstufungen mit welchen Bezeichnungen? => Abgleich mit KOWIEN-Ontologie und bisherigen Interview-Ergebnissen; bei Unterschieden gemeinsam mit Experten auf einen Nenner bringen
- g) Welche Zusammenhänge in Form von Beziehungen bestehen zwischen den verschiedenen Kompetenzen? => Relationen

Beispiel: „Kompetenz *Lufthygiene* setzt Kompetenz *Thermodynamik* voraus“

67) Die Fragen sind hier nicht als ausschließlicher Inhalt des Interviews aufzufassen (neben den Antworten des Experten), sondern eher als eine Gliederung. Es kann zum gegenseitigen Verständnis sehr förderlich sein, wenn der Wissensingenieur seine Fragen um zusätzliche Erklärungen ergänzt (wenn der Experte sie möglicherweise nicht verstanden hat) und seinerseits bei den Antworten des Experten gegebenenfalls nachhakt.

68) Besonders bei den Fragen zu Konzepten, Relationen und Regeln ist zu berücksichtigen, dass die Antworten nur potenzielle Bestandteile der Kompetenz-Ontologie sind. Sie bilden erste Anhaltspunkte, anhand derer im Rahmen der Konzeptualisierung eine „Vor-Ontologie“ entwickelt werden kann.

- h) Welche Einschränkungen (Nebenbedingungen) gelten in diesem Bereich? => Integritätsregeln

Beispiele: „Einem Projekt ist immer genau ein Projektleiter zugewiesen“; „Ein Mitarbeiter kann an maximal zwei Projekten gleichzeitig mitarbeiten“

- i) Welche Regeln (Schlussfolgerungen) gelten in diesem Bereich? => Inferenzregeln

Beispiel: „Wenn ein Mitarbeiter eine Schulung zu Brandschutz erfolgreich absolviert hat, besitzt er die Kompetenz Brandschutz mindestens mit der Ausprägung ‘Neuling’“

4.5.3 Ergebnisse der strukturierten Interviews

Neben der Ergänzung der in Unterkapitel 4.5.1 aufgeführten Wissensträgerliste wurden bei den Interviews vor allem Begriffe zur Beschreibung von Kompetenzen gesucht und hierarchisch strukturiert. Dadurch entstanden Begriffslisten und -bäume, die eine wichtige Ausgangsbasis für die Konzeptualisierung bildeten. Um dem Leser einen Eindruck von den Ergebnissen der Befragungen zu geben, wird im Folgenden eine Zusammenfassung der Antworten aus einem Interview dargestellt.

Antworten der Repräsentanten der Abteilung IT

- a) Es sind keine Dokumente/IT-Systeme bekannt, die speziell Wissen über die Kompetenzen der IT-Abteilung beinhalten, aber über das Intranet können einige Kompetenzbegriffe identifiziert werden. Darüber hinaus existiert in der IT-Abteilung eine Excel-Liste, in der knapp 3.000 Begriffe für technische Leistungen der DMT den einzelnen zuständigen Divisions und Units zugeordnet sind.
- b) Kompetenzen im Bereich Informations- und Telekommunikationsmanagement sind vorhanden. Diese Kompetenzen sind allerdings nicht sehr tiefgehend, da ein Teil der spezielleren IT-Kompetenzen der DMT in den einzelnen operativen Bereichen vorhanden ist. Die meisten Aufgaben zur Hardware-Versorgung und zur Netzwerkbetreuung werden von einem externen Dienstleister übernommen.
- c) Wichtige IT-Kompetenzen sind Programmiersprachen- und Betriebssystemkenntnisse sowie Kompetenzen in Office, SAP, MS-Project, Datenbanken und Hardware.

Anhand der Fragen c) bis e) sowie der bereits vorhandenen Konzepte der KOWIEN-Ontologie konnte folgende Begriffsliste erstellt werden:

Programmiersprachen: C/C++, Pascal/Delphi, Java, VisualBasic, HTML, ASP, PHP.

Betriebssysteme: Windows, Linux.

Anwendungsprogramme: SAP (Versionen: R/2, R/3, MySAP; Module: CO, MM, HR, FI, SD, AA), Grafikprogramme (AutoCAD, AutoSketch, CorelDesigner, Micro-

grafx_Designer), Büroanwendungen (Office: Word, Excel, PowerPoint, Outlook; weitere Büroanwendungen: Visio, Frontpage, MS-Project).

Entwicklungstools: VisualStudio, MagumoStudio.

Datenbanken: Access, Oracle.

Internet: Webdesign, Webprogrammierung.

Netzwerktechnologie: Netzwerkkomponenten, Netzwerkdienste, Netzwerkprotokolle.

Hardware und Peripherie: Peripheriegeräte, Computerhardware.

- d) Als Ausprägungsstufen wäre eine Einteilung in geringe, durchschnittliche und sehr gute Kompetenzausprägung wahrscheinlich ausreichend. Eventuell kann es sinnvoll sein, zusätzlich zwischen geringer und gar keiner Kompetenzausprägung zu unterscheiden.
- e) Beziehungen bestehen insbesondere zwischen den programmiersprachlichen Kompetenzen. Die Sprache Pascal ist beispielsweise schwach verwandt mit der Sprache Delphi, während zwischen C und C++ sogar eine starke Verwandtschaftsbeziehung besteht.
- f) Es sind keine Einschränkungen im Bereich IT-Kompetenzen bekannt.
- g) Regeln (Schlussfolgerungen) könnten z.B. aufbauend auf der Verwandtschaftsbeziehung zwischen IT-Kompetenzen formuliert werden. Ein Mitarbeiter, der Experte ist auf einem Gebiet, hat mindestens Grundkenntnisse in einem verwandten Gebiet und mindestens durchschnittliche Kompetenzen in einem stark verwandten Gebiet.

4.5.4 Ergebnisse der Textanalysen

- **Fragebögen Wissensmanager:** Im Jahr 2002 wurde in einer zweiten Erhebung eine erneute Befragung der DMT-Mitarbeiter zu ihren Kompetenzen und ihren Berufserfahrungen durchgeführt. Durch eine Analyse dieser neueren Version der Fragebögen konnten folgende für die Kompetenz-Ontologie wichtige Konzepte und Subkonzepte identifiziert werden: *Ausbildung* (Schulabschluss, Fachschule, Lehre, Studium), *Weiterbildung* (DMT-intern, extern) und *Erfahrung* (Auslandserfahrung, Berufserfahrung, Projekterfahrung). Neben diesen Lebenslaufkategorien konnten den Fragebögen auch Subkonzepte und entsprechende Instanzen für das zentrale Konzept *Kompetenz* entnommen werden. Dazu gehören die Konzepte *methodische Kompetenz* (mit Instanzen wie Zeitmanagement, systematische Problemlösungs- und Organisationsfähigkeit), *soziale Kompetenz* (unter anderem mit Kommunikationsfähigkeit und Zuverlässigkeit) und *psychische (oder Selbst-) Kompetenz* (wie etwa Flexibilität und Lernbereitschaft).

- **FIZ-Technik-Thesaurus⁶⁹⁾**: Dieser Thesaurus ist ein hierarchisch strukturiertes Fachwortverzeichnis für die Bereiche Technik und Management. Die hier verwendete Ausgabe (2003, 4. Auflage) enthält 51.400 deutsche und 50.900 englische Fachwörter, die in 34.900 Begriffsfamilien gegliedert sind. Zu jedem gespeicherten Begriff können deutsche und englische Synonyme sowie Ober- und Unterbegriffe angezeigt werden. Um nach einem Begriff zu suchen, kann der Benutzer entweder die alphabetische Wortliste oder auch die Wortstammsuche verwenden. Für die Entwicklung der Kompetenz-Ontologie kommt der Thesaurus als Hilfsmittel in Betracht, weil die darin enthaltenen Begriffe aus Branchen wie Maschinen- und Anlagenbau, Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik, Werkstoff- und Medizintechnik für fachfremde Personen schwierig zu verstehen und zu strukturieren sind.
- **PHYSYS**: PHYSYS ist eine Ingenieur-Ontologie für die Modellierung, Simulation und das Design physikalischer Systeme. Sie wurde von BORST an der Universität Twente (Enschede) entwickelt und bildet die Basis für das *Olmeco*-System, eine Modellkomponenten-Bibliothek für physikalische Systeme. In der PHYSYS-Ontologie werden drei verschiedene Sichten auf ein physikalisches System abgebildet:
 - a) den Systemaufbau;
 - b) das den physikalischen Prozessen zugrunde liegende Verhalten und
 - c) deskriptive mathematische Relationen⁷⁰⁾.

Diese drei Sichten auf das System werden durch drei (Sub-) Ontologien in PHYSYS repräsentiert (eine Komponenten-, eine Prozess- und die *EngMath*-Ontologie⁷¹⁾), die ihrerseits auch durch kleinere abstrakte Ontologien aufgebaut sind. Dies sind die *Mereological Ontology*, die die formale Darstellung der Teile und ihrer Relationen repräsentiert; die *Topological Ontology*, die Konzepte zur Beschreibung von Komponenten, ihrem Verhalten und ihren Interaktionen umfasst; und die *Systems Theory Ontology*, in der systemspezifische Konzepte wie Systemgrenzen und Systemumgebung definiert sind.

Um diese Ontologien für PHYSYS miteinander zu verknüpfen und zu vereinheitlichen, wurden ihre Interdependenzen formalisiert. Dabei wurde jeweils eine Ontolo-

69) Vgl. FIZ TECHNIK (2003).

70) Vgl. BORST (1997), S. 26.

71) Die *EngMath*-Ontologie wurde zur Darstellung mathematischer Grundlagen im Ingenieur-Bereich entwickelt und umfasst Konzepte wie *physical-quantity*, *physical-dimension* und *unit-of-measure*; für weitere Informationen siehe GRUBER (1993A), S. 6 ff.

gie importiert und entweder durch neue Konzepte und Relationen erweitert, durch konkretere Konzepte spezialisiert oder mit einer anderen Ontologie verbunden.⁷²⁾ Die PHYSSYS-Ontologie wird in diesem Projektbericht nicht weiter berücksichtigt, da der größte Teil der darin definierten Konzepte spezifisch für die adressierte Domäne der physikalischen Systeme ist. Für die hier zu entwickelnde Kompetenz-Ontologie wird kein Wissen über mathematische oder technische Details benötigt, sondern Wissen über Bezeichnungen für Kompetenzen und über die in einem techniknahen Unternehmen geltenden Zusammenhänge. Die in die PHYSSYS-Ontologie integrierten Regeln zu Transitivität und Asymmetrie sind auch für die Kompetenz-Ontologie relevant, wurden jedoch bereits in der KOWIEN-Ontologie spezifiziert und werden daher von dort mit übernommen.

72) Vgl. BORST (1997), S. 53 f.

5 Konzeptualisierung

5.1 Ziele

Im Rahmen der Konzeptualisierung wird ein konzeptuelles Modell⁷³⁾ erstellt, das den für das Kompetenzmanagement bei der DMT relevanten Realitätsausschnitt repräsentiert. Diese Abbildung umfasst die natürlichsprachliche (informale) und/oder semiformale Repräsentation eines Begriffssystems für die Domäne und der darin geltenden Zusammenhänge und Einschränkungen (also Inferenz- und Integritätsregeln). Das wichtigste Ziel dieser Phase ist die Erfüllung der zuvor spezifizierten Anforderungen, so dass alle erforderlichen Aspekte der Realität in der Konzeptualisierung abgedeckt sind. Daneben müssen auch die nicht-funktionalen Anforderungen wie Einfachheit, Klarheit und Erweiterbarkeit berücksichtigt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass konzeptuelle Modellierung eine abstrakte Beschreibung der Realität zum Ziel hat, wobei implementierungsspezifische Details vernachlässigt werden.⁷⁴⁾

5.2 Problemstellungen und Lösungsansätze

Bei der Konzeptualisierung ergeben sich mehrere Probleme, die sich nicht auf das allgemeine Vorgehen in dieser Phase beziehen (wie die in den Unterkapiteln 5.2.1 und 5.2.2 dargestellten Probleme), sondern auf konkrete Aspekte des Designs der Ontologie. Diese Probleme und die daraufhin getroffenen Entscheidungen werden hier nur beispielhaft aufgeführt (siehe Unterkapitel 5.2.3); eine ausführlichere Beschreibung findet sich im Anhang.

5.2.1 Werkzeugunterstützung

Eine sehr wichtige Frage bei der Ontologieentwicklung ist die der computerbasierten Werkzeugunterstützung. Im Rahmen dieser Phase soll der hier relevante Realitätsausschnitt konzeptuell modelliert, also unter Vernachlässigung implementierungsspezifischer Aspekte beschrieben werden. Dafür werden im folgenden Unterkapitel verschiedene Com-

73) Unter einem konzeptuellen Modell wird hier die Repräsentation eines Teils der Realität (hier: die Kompetenzen der DMT und ihrer Mitarbeiter) durch ontologische Konstrukte, also Konzepte, Attribute, Relationen und Regeln verstanden. Das konzeptuelle Modell ist jedoch als „Vorstufe“ der Ontologie zu sehen, da die Konstrukte informal oder semiformal repräsentiert werden.

74) Vgl. BRODIE/MYLOPOULOS/SCHMIDT (1984), S. V.

puterwerkzeuge untersucht, die für die Unterstützung der Konzeptualisierung eingesetzt werden könnten:

- **Rational Rose** als Beispiel für ein UML-basiertes Tool: Die graphische Modellierungssprache „Unified Modeling Language“ (UML) umfasst nicht nur die bereits in Kapitel Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. erwähnten Use Cases, sondern auch Diagramme zur Beschreibung von statischen Strukturen. Für diesen Zweck sieht UML die Anwendung von Klassen- und Objektdiagrammen vor, in denen statische Strukturen mittels Klassen, deren Attributen und Relationen sowie mittels Objekten (als Instanzen der Klassen) repräsentiert werden.⁷⁵⁾ Die Motivation einer Nutzung von UML für die Konzeptualisierung⁷⁶⁾ besteht darin, dass UML eine standardisierte graphische Repräsentation von Strukturen ermöglicht. Damit wird das Verstehen bestehender Konzepte, Attribute und Relationen sowie das Erarbeiten neuer ontologischer Konstrukte erleichtert, insbesondere für Personen ohne Vorkenntnisse im Bereich Ontologien. Darüber hinaus hat UML den Vorteil, dass es ein allgemein anerkannter und vielfach verwendeter Standard ist und zahlreiche Computerwerkzeuge die Modellierung mit UML unterstützen. Ein Beispiel dafür ist Rational Rose, eine Modellierungs- und Entwicklungsumgebung der IBM Rational.⁷⁷⁾ Mit Hilfe dieses Werkzeugs und den damit zu erstellenden Klassen- und Objektdiagrammen könnte die Konzeptualisierung, vor allem die Zusammenarbeit mit den „Experten“ bei der DMT, erleichtert werden.
- **Generic Modeling Environment (GME)**: Eine weitere Möglichkeit zur computerunterstützten konzeptuellen Modellierung ist das an der Vanderbilt Universität entwickelte Generic Modeling Environment (GME).⁷⁸⁾ Dieses Tool ist eine graphische Modellierungsumgebung und kann für verschiedenste Modellierungsziele konfiguriert werden.⁷⁹⁾ Dies wird erreicht, indem die Anwender selbst ein Metamodell erstellen, das die zu verwendenden Konstrukte und deren Repräsentation spezifiziert. Die Anwender können damit die durch das Tool zu unterstützende Modellierungssprache

75) Vgl. die UML-Spezifikation in OMG (2003), S. 3.34 ff.

76) Auch Ansätze aus der Literatur propagieren den Einsatz von UML-Diagrammen für die Modellierung bei der Entwicklung von Ontologien; vgl. CRANFIELD/PURVIS (1999), S. 2 ff.

77) Aktuelle Informationen zu Rational Rose und seinen Anwendungsmöglichkeiten sind unter der URL <http://www.ibm.com/software/rational/> zu finden (Zugriff am 15.09.2004).

78) Eine Übersicht über die Ziele und die Funktionen von GME sowie Links zu weiteren Dokumentationen werden auf der Seite <http://www.isis.vanderbilt.edu/Projects/gme/default.html> gegeben (Zugriff am 16.09.2004).

79) Vgl. LEDECZI et al. (2001), S. 1.

selbst bestimmen. Für die Konzeptualisierung der Kompetenz-Ontologie könnte mit Hilfe von GME ein Metamodell erstellt werden, das die bei der konzeptuellen Modellierung zu verwendenden Konstrukte spezifiziert. Damit könnten speziell auf die Ontologieentwicklung ausgerichtete Modelle konstruiert werden.

- **OntoEdit:** Das bereits erwähnte OntoEdit ist eine Ontologieentwicklungsumgebung, die das Erstellen, Bearbeiten, Formalisieren und Visualisieren von Ontologien unterstützt. OntoEdit ist der Kern der On-To-Knowledge-Werkzeugsammlung der Ontoprise GmbH.⁸⁰⁾ Es ermöglicht die Spezifikation von Konzepten, die sofort in einer Hierarchie geordnet sind, sowie ihrer Instanzen, Attribute, Relationen und Regeln.⁸¹⁾ Zunächst werden diese Konstrukte im Tool-spezifischen OXML-Format formalisiert und gespeichert; OntoEdit unterstützt jedoch auch die Ausgabesprachen XML, F-Logic, RDF(S) und DAML+OIL. Die im KOWIEN-Projekt verwendete Version von OntoEdit stellt neben der hierarchisch sortierten Auflistung der Konzepte auch eine graphische Ansicht bereit: Durch das Plugin „Visualizer“ kann der Anwender durch die Menge der Konzepte der Ontologie „navigieren“ und die Konzepte auch bearbeiten. Im Visualizer werden die Konzepte in Form von Knoten, die Relationen zwischen den Konzepten durch Kanten dargestellt, wobei kein Unterschied zwischen taxonomischen und nicht taxonomischen Relationen deutlich wird. Auch Attribute und Regeln können damit nicht visualisiert werden. Abbildung 3 zeigt ein Beispiel für einen im Visualizer dargestellten „Ontologie-Graph“ (mit dem Konzept Organisationseinheit im Mittelpunkt).

80) Aktuelle Informationen sind unter der URL <http://www.ontoprise.de/> zu finden (Zugriff am 20.09.2004).

81) Für eine ausführlichere Darstellung der Ontologiekonstruktion mit OntoEdit siehe ALAN (2003A), S. 6 ff.

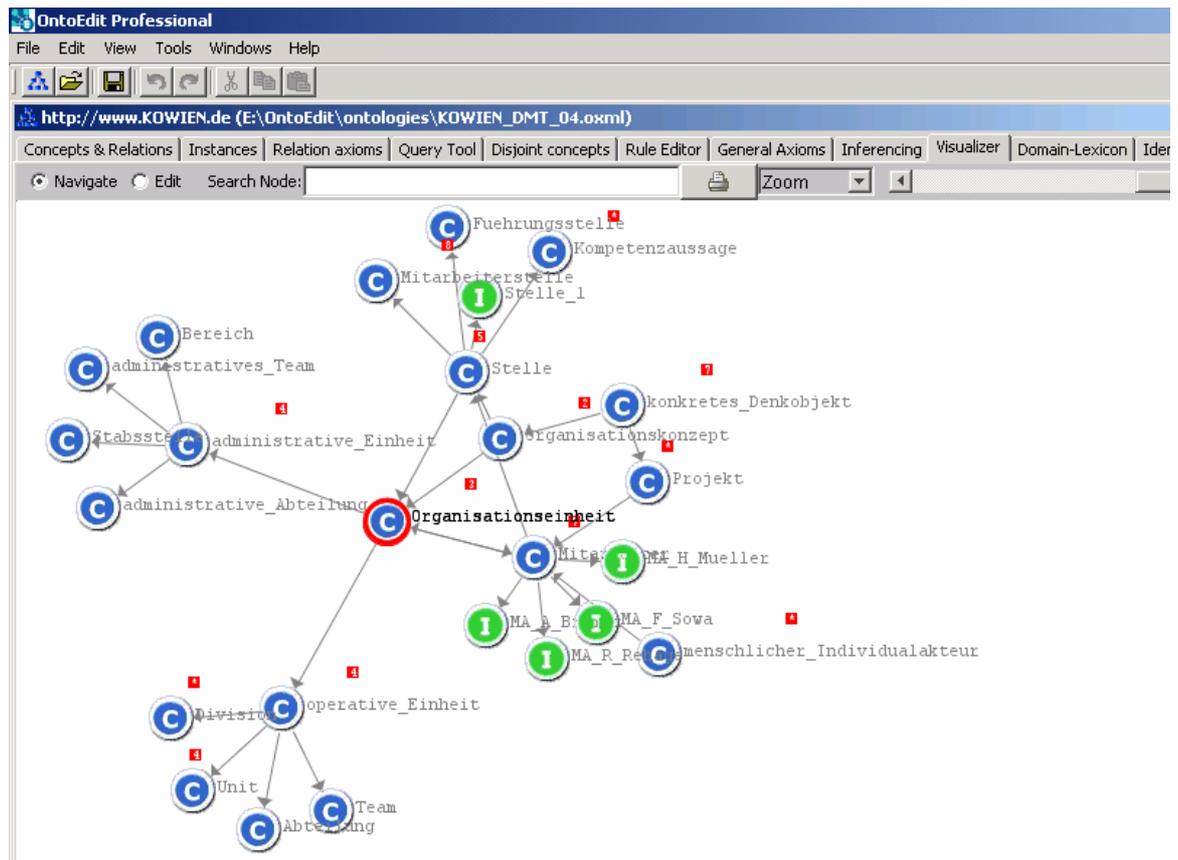


Abbildung 3: Darstellung durch den Visualizer (Screenshot OntoEdit)

Nach einer Analyse der Alternativen wurde die Entscheidung getroffen, OntoEdit für die Konzeptualisierung einzusetzen. Die beiden Werkzeuge OntoEdit und OntoBroker stehen im KOWIEN-Projekt zur Verfügung und wurden bereits für die Erstellung der KOWIEN-Ontologie benutzt (siehe Unterkapitel 1.2); sie sollen auch bei der Implementierung der DMT-Kompetenz-Ontologie eingesetzt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass OntoEdit eine Entwicklungsumgebung zur Erstellung von Ontologien und kein auf konzeptuelle Modellierung ausgerichtetes Werkzeug darstellt. Durch die Benutzung von OntoEdit in dieser Phase könnte schon früh eine Festlegung auf bestimmte Design-Entscheidungen erforderlich werden. Die Anwendung eines speziell auf Modellierung ausgerichteten Computerwerkzeugs kann daher Vorteile für die Erfassung und Abbildung des relevanten Wissens bei der DMT bringen, insbesondere im Hinblick auf die Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern des Unternehmens. Streng genommen widerspricht die Verwendung von OntoEdit der Forderung nach Implementierungsunabhängigkeit der Konzeptualisierung. Jedoch verursacht die Anschaffung und Nutzung eines weiteren Computerwerkzeugs, z.B. Rose oder GME, einen großen Zusatzaufwand. Dieser Aufwand bezieht sich nicht nur auf zusätzliche Anschaffungskosten und die erforderliche Zeit für Installation und Einarbeitung, sondern auch auf die Anbindung an OntoEdit. Es konnte nicht sichergestellt werden, dass die im Modellierungstool geschaffenen Modelle anschließend in ein für OntoEdit und OntoBroker lesbares Format exportiert werden können. Daher wird bereits bei der Konzeptualisierung

OntoEdit eingesetzt. Die Hauptgrundlage für die Gespräche mit den Experten und die Entwicklung eines konzeptuellen Modells bilden allerdings manuelle Zeichnungen, Begriffslisten und textuelle Beschreibungen, deren Inhalte dann durch die Ontologieentwicklerin in OntoEdit zu erfassen sind.

5.2.2 Identifizierung und Formulierung der Regeln

Zusammenhänge und Einschränkungen, die in einem bestimmten Realitätsausschnitt gelten, können in einer Ontologie als Integritäts- und Inferenzregeln formuliert werden und besitzen dadurch eine große Bedeutung für die Generierung neuen Wissens und für die Wahrung der Konsistenz der Ontologie. Für die Erfassung solcher Zusammenhänge und Einschränkungen sind allerdings Hintergrundwissen über die Domäne sowie eine intensive Zusammenarbeit mit den Experten erforderlich. Bereits bei den Befragungen der Wissensakquisition hat es sich als sehr schwierig herausgestellt, den befragten Mitarbeitern die Bedeutung und den Sinn dieser Regeln verständlich zu machen. Wissen über Zusammenhänge und Einschränkungen ist oft als Hintergrundwissen der länger in einem Bereich tätigen „erfahreneren“ Mitarbeiter vorhanden. Den Mitarbeitern fällt die Formulierung dieses Wissens meist schwer, weil sie es unbewusst anwenden.

Die Erfassung solcher Regeln kann erleichtert werden, indem im Gespräch mit den Experten jeweils Beispiele für Integritäts- und Inferenzregeln vorgestellt werden. Mit Hilfe dieser Beispiele können die Experten besser verstehen, worauf der Ontologieentwickler hinaus will, und bekommen Anregungen, wie sie selbst die Regeln formulieren können.

5.2.3 Konzepte versus Instanzen

Insbesondere im Bereich Kompetenzmanagement ist die Definition eines Begriffs als Konzept oder als Instanz eine schwierige Aufgabe. Bei Kompetenzen ist es meist nur eine Frage des Detaillierungsgrades, wo die letzte, „unterste“ Ebene der Begriffshierarchie liegt. Es ist schwierig, zwischen Kategorien (Konzepten) und realen Objekten (Instanzen) zu unterscheiden, weil auch die Begriffe der untersten Ebene meist Kategorien sind oder als solche interpretiert werden können. Generell gilt für die DMT, dass die Kompetenzen des Unternehmens und der Mitarbeiter auf verschiedenen Gebieten unterschiedlich stark ausgeprägt sind. Damit ist auch das Begriffssystem zur Abbildung dieser Kompetenzen (also der Begriffsbaum unter dem Konzept „Kompetenz“) uneinheitlich tief strukturiert; an einigen Stellen befinden sich die Instanzen schon auf der dritten Ebene, bei den naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen zum Teil erst auf der siebten Ebene.

Außerdem wird auch von den Wissensträgern und den zukünftigen Benutzern der Kompetenz-Ontologie häufig gewünscht, dass sowohl die allgemeinere Kategorie (z.B. „Microsoft

Office“) als auch die spezifischeren Begriffe („Excel“ oder sogar „Excel 2000“) als Kompetenz angegeben werden können. Um dies zu ermöglichen, könnte einer der folgenden Lösungsansätze verfolgt werden:

- Für das Konzept „Office-Kompetenz“ könnte „Office allgemein“ neben „Excel“, „Word“, „PowerPoint“, „Access“ und „Outlook“ als Instanz definiert werden.
- Unter dem Konzept „Office-Kompetenz“ könnte man die Subkonzepte „Generalistenkompetenz Office“ und „Spezialistenkompetenz Office“ mit den entsprechenden Instanzen „Office allgemein“ bzw. „Excel“, „Word“, „PowerPoint“, „Access“ und „Outlook“ definieren.
- Auf der ersten Ebene der KOWIEN-Ontologie wird zwischen objektsprachlicher und metasprachlicher Entität unterschieden. Metasprachliche Entitäten sind die Konzepte „Konzept“, „Relation“, „Regel“ und „Definition“. Darüber hinaus wird eine Regel definiert, nach der alle Konzepte der Ontologie Instanzen von „Konzept“ sind. Dadurch ist bereits ein Mechanismus geschaffen worden, durch den (bei entsprechender Unterstützung durch das KMS) die Benutzer der Kompetenz-Ontologie auch Kompetenz-Konzepte als Bestandteile ihrer Kompetenzaussagen (als „Instanzen“) heranziehen können.

Der erste Ansatz stellt keine „saubere“ Modellierungsmethode dar, weil beispielsweise die Instanzen „Office allgemein“ und „Excel“ in ihrer Bedeutung unterschiedliche Generizität besitzen und daher nicht als Instanzen desselben Konzepts definiert sein sollten. Nach dem zweiten Lösungsansatz sind sie zwar ebenfalls Instanzen derselben Ebene des Begriffssystems, aber nicht demselben Konzept zugeordnet. Da der letztgenannte Ansatz zu einer sehr unübersichtlichen Struktur der Konzeptualisierung führen kann und von einigen Ontologiesprachen (z.B. OWL, siehe Unterkapitel 6.3.3) nicht unterstützt wird, wird der zweite Lösungsansatz gewählt. Er stellt einen Kompromiss zwischen systematischer und „sauberer“ Modellierung und Benutzerfreundlichkeit des Begriffssystems dar.

5.3 Methoden

Im Rahmen der Wissensakquisition sind die für die Ontologieentwicklung relevanten Wissensträger identifiziert und erste Kompetenzbegriffe gesammelt worden. Das dadurch erhobene Wissen wird bei der Konzeptualisierung in Zusammenarbeit mit einigen der (menschlichen) Wissensträger erweitert und zu einem konzeptuellen Modell integriert. Um in diesen Gesprächen möglichst offen für die Vorschläge der Experten zu sein und gleichzeitig die bei der Konzeptualisierung intendierten Ergebnisse erzielen zu können, wurden die Resultate aus den Befragungen der Wissensakquisition als Ausgangsbasis benutzt und

mit Hilfe der Brainstorming-Methode (siehe Unterkapitel 5.3.1) erweitert. Dadurch entstanden Bäume von Kompetenzbegriffen (siehe Unterkapitel 5.3.2), mit deren Hilfe dann ein umfassendes konzeptuelles Modell erstellt wurde.

5.3.1 Brainstorming

Brainstorming ist eine Kreativitätstechnik, die der Ideenfindung zur Lösung bestimmter Probleme dient. Sie wurde 1941 von ALEX OSBORN entwickelt, um die teilweise wenig ergebnisreichen „konventionellen“ Konferenzen zu verbessern. Beim Brainstorming setzen sich mehrere Teilnehmer mit meist unterschiedlichem fachlichen Hintergrund zusammen und sammeln Ideen zu einer konkreten Fragestellung. Ein Moderator hält dabei die von den Teilnehmern geäußerten Gedanken schriftlich fest. Während des Brainstormings sollten nach OSBORN vier grundsätzliche Regeln berücksichtigt werden:⁸²⁾

1. (Negative) Kritik der Ideen findet erst im Nachhinein statt.
2. Ungewöhnliche Ideen sind willkommen.
3. Es sollen möglichst viele Ideen geäußert werden.
4. Es ist erwünscht, die Ideen der anderen Teilnehmer aufzugreifen und zu erweitern oder miteinander zu kombinieren.

Diese Regeln sollen einen möglichst hohen Anreiz für die Teilnehmer schaffen, zahlreiche Vorschläge bezüglich der Fragestellung vorzubringen, unabhängig von der Umsetzbarkeit dieser Vorschläge.

Im Rahmen der Konzeptualisierung wurde Brainstorming eingesetzt, um gemeinsam mit den Repräsentanten der verschiedenen Organisationseinheiten das Wissen über die Kompetenzen der DMT abzubilden. Eine der bei diesen Gesprächen diskutierten Fragestellungen lautete zum Beispiel: Wie lassen sich die Kompetenzen Ihrer Organisationseinheit und Ihrer Mitarbeiter am besten in einem hierarchischen Begriffssystem darstellen?⁸³⁾

5.3.2 Begriffsbäume

Das bisher erhobene Wissen über Kompetenzkonzepte und ihre hierarchischen Beziehungen soll in einer Form repräsentiert werden, die keine zeitaufwändige Einarbeitung der bei der Konzeptualisierung beteiligten Abteilungsvertreter erfordert. Aus diesem Grund werden textuelle und teilweise auch graphische, baumartige Darstellungen dieser Konzept-

82) Vgl. CLARK (1972), S. 54.

83) Nach CLARK (1972), S. 56, sind auf Aktionen ausgerichtete Fragen für Brainstorming vorteilhaft. Weitere Details zur Methode Brainstorming im Allgemeinen oder zu verschiedenen Ausprägungen des Brainstormings sind in CLARK (1972), S. 37 ff. bzw. in ALAN (2002), S. 51 ff. zu finden.

strukturen – im Folgenden als Begriffsbäume⁸⁴⁾ bezeichnet – verwendet, um das erhobene Wissen in eine einheitliche Struktur zu bringen und gemeinsam mit den Abteilungsvertretern zu erweitern. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass die dabei entstehenden Modelle leicht verständlich sind und für ihre Erstellung keine zusätzliche Software-Unterstützung außerhalb des Office-Umfeldes (inkl. MSVisio) nötig ist. Die Entwicklung einer Ontologie in der Praxis (wie hier in einem Unternehmen) wird dadurch deutlich erleichtert.

Die folgende Abbildung zeigt als Beispiel den textuell dargestellten Begriffsbaum der IT-Kompetenzen, der die in Unterkapitel 4.5.3 vorgestellte Begriffsliste erweitert und mit den entsprechenden Konzepten der KOWIEN-Ontologie abgeglichen ist. Dabei wird deutlich, dass nur einigen Konzepten Instanzen (im Begriffsbaum in der kleineren Schriftart abgebildet) zugeordnet sind.⁸⁵⁾ Dieser Begriffsbaum muss im Zuge der Konzeptualisierung durch weitere Gespräche mit Abteilungsvertretern überprüft und um zusätzliche Instanzen und Konzepte erweitert werden.

84) Die Konzepte werden dabei durch Begriffe aus dem jeweils relevanten Kompetenzbereich repräsentiert, ihre hierarchischen Beziehungen durch die Baumstruktur.

85) Es ist außerdem anzumerken, dass ab der zweiten Ebene des Begriffsbaums der Zusatz „-Kompetenz“ aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen wurde. Dennoch ist z.B. mit der Bezeichnung „Windows“ die Kompetenz und nicht das Produkt gemeint.

IT-Kompetenzen

- *Anwendungsprogramme Kompetenz*
 - SAP
 - Version -> R/2, R/3, MySAP
 - Modul -> CO, MM, HR, FI, SD, AA
 - Fachspezifische Anwendungsprogramme
 - Automatisierungssoftware
 - Bau-Software
 - Geowissenschaften-Software
 - Seismik-Software
 - Grafikprogramme -> AutoCAD, AutoSketch, CorelDesigner, MicrografxDesigner
 - Büroanwendungen
 - Office -> Word, Excel, PowerPoint, Outlook
 - andere Büroanwendungen -> Visio, Frontpage, MS-Project
- *Betriebssysteme Kompetenz* -> Windows, Linux
- *Computersprachen Kompetenz*
 - Auszeichnungssprachen -> HTML, XML
 - Modellierungssprachen -> UML, EPK, Petrinetze
 - Programmiersprachen -> C/C++, Pascal/Delphi, Java, VisualBasic, Assembler
- *Datenbanken Kompetenz* -> Access, Oracle
- *Entwicklungstools Kompetenz* -> VisualStudio, MagumoStudio
- *Hardware und Peripherie Kompetenz* -> Peripheriegeräte, Computerhardware
- *Internet Kompetenz*
 - Webdesign
 - Webprogrammierung -> HTML, ASP, PHP, JavaScript
- *Netzwerktechnologie Kompetenz* -> Netzwerkkomponenten, Netzwerkdienste, Netzwerkprotokolle, Netzwerktopologien, Netzwerkarchitekturen

Abbildung 4: Begriffsbaum für IT-Kompetenzen

5.4 Vorgehen

Nach dem generischen Vorgehensmodell KOWIEN verzweigt sich der Prozessablauf in der Phase Konzeptualisierung in Abhängigkeit von der Strukturiertheit des Wissens über Kompetenzen. Die folgenden Unterkapitel sind, wie auch die Vorgehensbeschreibungen der vorangegangenen Phasen, nach den einzelnen Funktionen des Vorgehensmodells gegliedert. Diese werden zur Übersicht für das weitere Vorgehen in der folgenden Abbildung

dargestellt; dabei ist zu beachten, dass nur der hier relevante Pfad der Prozesskette gezeigt wird. Es wird von Kompetenzwissen, das strukturiert vorliegt ausgegangen (s.u.).⁸⁶

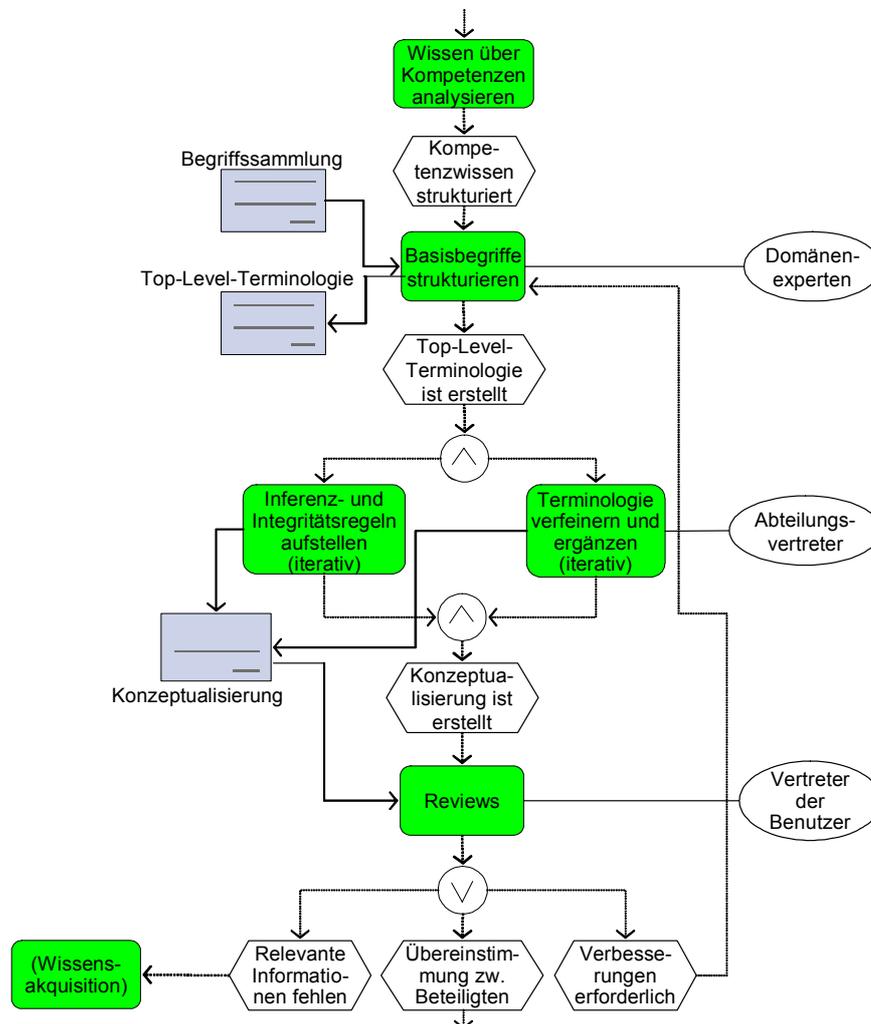


Abbildung 5: Vorgehen bei der Konzeptualisierung

5.4.1 Wissen über Kompetenzen analysieren

Zu Beginn wurde das bei der DMT und im KOWIEN-Projekt vorhandene Wissen über Kompetenzen analysiert. In der Personalabteilung der DMT ist bereits ein Wissensmanagementsystem mit Mitarbeiterprofilen im Einsatz, und aufgrund der Angaben der Mitarbeiter existierten zu diesen Profilen bereits Listen von Kompetenzbegriffen, so dass das Wis-

86) Dieser Ausschnitt des Vorgehensmodells findet sich auf S. 24 in APKE/DITTMANN (2003B). Dort finden sich auch weitere Informationen hierzu.

sen über Kompetenzen zum Teil in strukturierter Form vorlag.⁸⁷⁾ Außerdem war mit der KOWIEN-Ontologie schon eine Common-Sense-Ontologie entwickelt worden, die als Ausgangspunkt für eine Verfeinerung dienen konnte; somit lag die Anwendung eines „Top-Down-Ansatzes“ nahe. Beim Top-Down-Ansatz werden zunächst die grundlegenden Konzepte des Realitätsausschnitts identifiziert, um diese dann als Grundstruktur zu benutzen und durch speziellere Konzepte zu verfeinern.⁸⁸⁾

Da die KOWIEN-Ontologie und auch die bisherige Struktur der Mitarbeiterprofile im Wissensmanager für eine solche Grundstruktur herangezogen werden konnten, wurde bei den weiteren Aktivitäten der Konzeptualisierung der Pfad des Top-Down-Ansatzes verfolgt.

5.4.2 Basisbegriffe strukturieren

Aufgrund der Wahl des Top-Down-Ansatzes müssen für die Erstellung eines konzeptuellen Modells zunächst sehr abstrakte Konzepte identifiziert werden, die dann später die oberste Ebene der Ontologie bilden. Die KOWIEN-Ontologie stellt bereits eine Konzeptstruktur mit generischen und gleichzeitig auf Kompetenzmanagement ausgerichteten Konzepten bereit und wird hier als Basis für die weitere Konzeptualisierung verwendet. Aus diesem Grund ist es nicht erforderlich, die grundlegenden Konzepte zu identifizieren und zu strukturieren; stattdessen muss die Konzeptstruktur der KOWIEN-Ontologie untersucht und gegebenenfalls angepasst werden.

Die obersten vier Ebenen der KOWIEN-Ontologie, die in Unterkapitel 1.2 bereits vorgestellt wurden, sind für die Kompetenz-Ontologie der DMT vollständig übernommen worden. Besonders relevant für die Kompetenz-Ontologie war das Konzept **Denkobjekt**, weil dort alle weiteren Konzepte zur Beschreibung von Kompetenzen einzuordnen waren. Auch die Unterteilung in **abstrakte** und **konkrete_Denkobjekte** wurde übernommen, um zwischen konkreten Konzepten „des täglichen Lebens“ (im Unternehmen) und ihren abstrakten Beschreibungen zu unterscheiden. Innerhalb dieser Kategorien⁸⁹⁾ wurden die ersten

87) Neben der Existenz konkreter Kompetenzbegriffe und der Erfassung von Mitarbeiterprofilen ist auch die gezielte Weiterentwicklung der Mitarbeiterkompetenzen durch Weiterbildungsmaßnahmen ein Kriterium für die Strukturiertheit des Wissens über Kompetenzen. Bei der DMT wird dies einerseits durch interne und externe Schulungsangebote, andererseits auch durch das Online-Schulungsprogramm „FutureZone“, das über das DMT-Intranet zugänglich ist, realisiert.

88) Eine Alternative wäre der „Middle-Out-Ansatz“, bei dem zunächst die relevantesten (z.B. die bei der Wissensakquisition am häufigsten genannten) Konzepte identifiziert werden. Diese Konzepte werden verfeinert, so dass sich einzelne „Inseln“ von hierarchischen Begriffssystemen bilden, die dann später in einem konzeptuellen Gesamtmodell zu integrieren sind. Vgl. APKE/DITTMANN (2003B), S. 12 f.

89) Mit „Kategorien“ werden hier diejenigen Konzepte bezeichnet, die noch weitere Subkonzepte besitzen.

Modifikationen vorgenommen. So wurde etwa die Verfeinerung des Konzepts **Unternehmen** in verschiedene Branchen gelöscht und stattdessen ein neues Konzept **Branche**, mit den einzelnen Branchen⁹⁰⁾ als Subkonzepten, unter **objektives_Attribut** (das ein Subkonzept von **abstraktes_Denkobjekt** ist) eingefügt. Weitere Modifikationen an der Konzeptstruktur der KOWIEN-Ontologie werden in den folgenden Unterkapiteln beispielhaft dargestellt. Eine ausführlichere Beschreibung ist im Anhang „Design-Entscheidungen“ zu finden.

5.4.3 Terminologie verfeinern

Verfeinerung der KOWIEN-Ontologie

Ausgehend von den oberen Begriffsebenen der KOWIEN-Ontologie wurden anhand des bei der Wissensakquisition erhobenen Wissens weitere grundlegende Konzepte identifiziert und in das Begriffssystem eingeordnet. Wenn möglich, wurden diese neuen Konzepte und die dadurch hinzukommenden Begriffsbäume zusammen mit verschiedenen Mitarbeitern der DMT, insbesondere der Abteilungen IPM und PS/E, erarbeitet und überprüft.

Unter **konkretes_Denkobjekt** zum Beispiel wurden auf diese Weise **Organisationskonzept** und **Projekt** als neue Subkonzepte definiert, die die Begrifflichkeiten der Organisationsstrukturen und der Projektbearbeitung bei der DMT umfassen. Beim Konzept **Individualekteur** (das als Subkonzept von **Akteur** ein weiteres Konzept unter **konkretes_Denkobjekt** ist) wurde zusätzlich zwischen **Mitarbeiter** (der DMT) und **externer_Akteur** unterschieden, um die Sichtweise eines Unternehmens wie der DMT zu berücksichtigen.

Allgemeine Konstrukte zur Beschreibung von Kompetenzen

Für die weiteren im Kompetenzmanagement zentralen Konzepte wie **Kompetenz**, **Kompetenzausprägung** und **Kompetenzprofil** waren besonders die Analyseergebnisse der Fragebögen zum Wissensmanager sowie mehrere Gespräche mit Vertretern der Personalabteilung von Bedeutung. Bei den Kompetenzausprägungen beispielsweise wurden die be-

90) Die Branchenbezeichnungen und ihre hierarchische Struktur wurden an die Wirtschaftszweigklassifikation des Statistischen Bundesamtes angelehnt; vgl. STATISTISCHES BUNDESAMT (2003).

reits im Wissensmanager vorhandenen Abstufungsraster⁹¹⁾ in das Begriffssystem aufgenommen. An dieser Stelle ergab sich erneut das Problem der Abgrenzung zwischen Konzepten und Instanzen (siehe auch Unterkapitel 5.2.3). In der KOWIEN-Ontologie war ursprünglich vorgesehen, die verschiedenen Kompetenzausprägungen (z.B. Anfänger, Fortgeschrittener, Experte) als Subkonzepte von **Kompetenzausprägung** zu definieren. Diese Konzepte besaßen jeweils nur eine Instanz, die mit dem numerischen Wert der Ausprägung bezeichnet wurde. Für die Kompetenz-Ontologie der DMT wurde entschieden, auf Konzeptebene zwischen den verschiedenen Skalen zu unterscheiden (z.B. **Kompetenzausprägung_Sprache** versus **Kompetenzausprägung_allgemein**) und die Kompetenzausprägungen als Instanzen (und nicht als Subkonzepte) der jeweiligen Skala zu modellieren. Auf diese Weise wurden zwar die Begriffe für die Kompetenzausprägungen nicht mit in die Konzeptmenge aufgenommen; dafür konnten so aber mehrere Skalen modelliert werden, ohne dass die Gefahr bestand, dieselben Instanzen mit unterschiedlichen Bedeutungen zu verwenden. Nach der Systematik der KOWIEN-Ontologie müsste es beispielsweise für die sprachlichen Kompetenzen der DMT die Ausprägungskonzepte **Grundkenntnisse**, **weitergehende_Kenntnisse**, **verhandlungssicher** und **Muttersprache** mit den entsprechenden Instanzen 1, 2, 3 und 4 geben und für die IT-Kompetenzen entsprechend die Konzepte **geringe_Kenntnisse**, **durchschnittliche_Kenntnisse** und **gute_Kenntnisse** mit den Instanzen 1, 2 und 3. Diese Instanzen wären damit Instanzen mehrerer Konzepte, aber jeweils mit unterschiedlicher Bedeutung. Aus diesem Grund sprechen die Anforderungen der Klarheit und der Einfachheit, aber auch der Minimalität dafür, die Kompetenzausprägungen nicht mit in die Menge der Konzepte aufzunehmen. Die Realisierung dieser Entscheidung wird in Abbildung 6 veranschaulicht.

Um mit den Ausprägungen auf Instanzenebene numerische Berechnungen durchführen zu können (damit z.B. die Übereinstimmung eines Ist- mit einem Soll-Kompetenzprofil ermittelt werden kann), wurde ein Attribut **hat_numerischen_Wert** eingeführt. Dieses gibt mit einem Integer-Wert an, mit welcher Rangfolge auf einer Ordinalskala die Kompetenzausprägung zu verknüpfen ist (siehe auch Abbildung 6).

91) Die Abstufung von Kompetenzausprägungen ist im Wissensmanager zur Zeit nicht einheitlich: So basieren die Ausprägungsmöglichkeiten bei Sprachen auf einer Skala von 1 bis 4 (mit 4=Muttersprache) und bei IT-Kompetenzen auf einer Skala mit den Werten 1 (gering), 2 (durchschnittlich) und 3 (gut). Bei methodischen und sozialen Kompetenzen dagegen sind Ausprägungswerte von 0 (keine Angabe) bis 4 (sehr gut) vorgesehen. Für die Kompetenz-Ontologie wurden diese auf zwei verschiedene Skalen reduziert – eine Skala für Ausprägungen der sprachlichen Kompetenzen (die der Skala aus dem Wissensmanager entsprach) und eine weitere 5-stufige für allgemeine Kompetenzausprägungen („keine Angaben, -1“ bis „Experte, 3“).

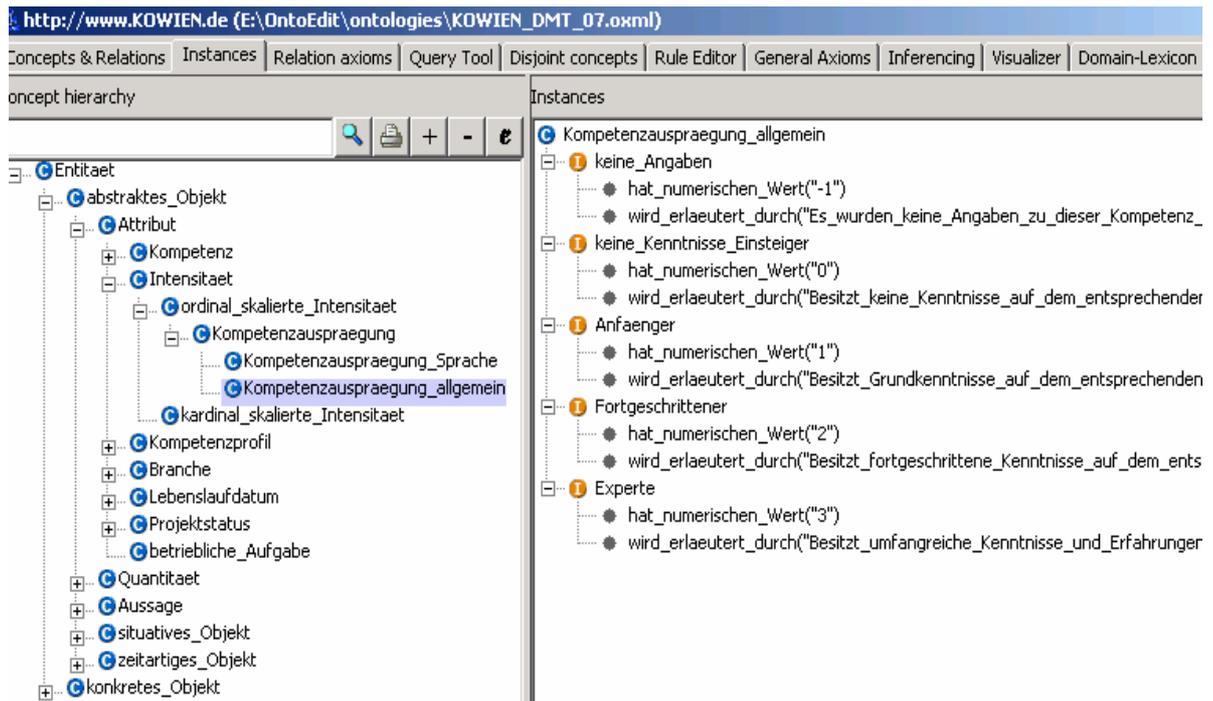


Abbildung 6: Konzepte und Instanzen für Kompetenzausprägungen (OntoEdit)

Als ein weiteres zentrales Konzept für das betriebliche Kompetenzmanagement wurde das Konzept **Kompetenzaussage** aus dem Begriffssystem der KOWIEN-Ontologie (siehe Unterkapitel 1.2) übernommen. Mit diesem Konzept wird eine dreistellige Aussage ermöglicht, durch die einem Akteur (oder auch einer Stelle) eine Kompetenz mit einer bestimmten Kompetenzausprägung zugeordnet werden kann. Diese Zuordnung wird mit Hilfe drei verschiedener Relationen, **beinhaltet_Kompetenz**, **beinhaltet_Kompetenzausprägung** und **betrifft_konkretes_Denkobjekt**, realisiert. Um alle Merkmale eines Akteurs, die sich auf seine Kompetenzen beziehen oder diese beeinflussen, in einem Profil ablegen und abrufen zu können, wurden die Instanzen des Konzepts **Kompetenzprofil** mittels der Relation **beinhaltet_Kompetenzaussage** mit den vorhandenen Kompetenzaussagen zu einem Akteur (oder einer Stelle) verknüpft. Ähnliche Relationen wurden eingefügt, damit in einem Kompetenzprofil für einen Akteur auch Ausbildungs- und Weiterbildungsaktivitäten sowie gemachte Erfahrungen (wie z.B. Berufs- und Auslandserfahrungen) abgelegt werden können.

Strukturierung der Begriffe für Fachkompetenzen

Neben diesen eher allgemeinen Aspekten des Kompetenzmanagements, die im Begriffssystem zu modellieren waren, musste die Menge der fachlichen Kompetenzbegriffe untersucht und strukturiert werden. Dafür wurden, aufbauend auf den Ergebnissen der Wissensakquisition, mehrere Begriffsbäume für die verschiedenen Gebiete von Fachkompetenz erstellt. Zunächst wurde unterschieden zwischen Branchenkompetenz, fremdsprachli-

cher_Kompetenz, IT-Kompetenz, juristischer, betriebswirtschaftlicher, naturwissenschaftlich-technischer und kommunikationswissenschaftlicher_Kompetenz. Diese Konzepte wurden dann in Zusammenarbeit mit den Abteilungsrepräsentanten bis auf Instanzenebene verfeinert. Da die DMT als Technologiedienstleister über zum Teil sehr spezielle Kompetenzen auf vielen verschiedenen technischen und naturwissenschaftlichen Gebieten verfügt, existierte aus der Wissensakquisition bereits eine große Menge von Begriffen in diesen Bereichen. Um eine Strukturierung dieser Begriffe zu erleichtern, wurden nach Recherchen im Internet⁹²⁾ und weiteren Analysen der Wissensträgerdokumente eine grobe Kategorisierung für die naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen erstellt. Die ersten Subkonzepte von naturwissenschaftlich-technischer Kompetenz waren daher – in Anlehnung an die Benennung der Studiengänge und Fachbereiche an Hochschulen – Bauingenieurwesen, Bergbau, Biologie, Chemie, Elektrotechnik, Energietechnik, Geowissenschaft, Maschinenbau, Physik, Sicherheitstechnik, Umweltschutz und Verfahrenstechnik. Diese Konzepte wurden weiter verfeinert, bis das Begriffssystem aus Sicht der Abteilungsrepräsentanten dazu ausreichte, die Kompetenzen der Mitarbeiter und der Abteilungen zu beschreiben. Auf die gleiche Weise wurden Begriffsbäume für IT-Kompetenz, juristische und betriebswirtschaftliche Kompetenz entwickelt und in die Konzeptualisierung⁹³⁾ eingefügt.

Für Konzepte stellt OntoEdit Möglichkeiten zur Angabe von Synonymen und Erläuterungen bereit. Damit die Benutzer auch auf Instanzenebene Synonyme suchen und eingeben können, wurde für alle Instanzen des Konzepts Kompetenz ein Attribut `hat_Synonym` eingefügt. Dieses Attribut wurde jedoch nur beispielhaft anhand der Ergebnisse der Wissensakquisition für einige Instanzen genutzt. Im laufenden Betrieb des Kompetenzmanagementsystems sollte die Ontologie in dieser Hinsicht weiter „gefüllt“ werden, z.B. durch Vorschläge der Benutzer. Zu einem ähnlichen Zweck wurde für das Konzept `Kompetenzausprägung` ein Attribut `wird_erläutert_durch` definiert, um textuelle Erläuterungen zu den Instanzen der Kompetenzausprägungen hinterlegen zu können.⁹⁴⁾

92) Wichtige Quellen für den Aufbau eines solchen Schemas waren die online zugänglichen Bibliothekssystematiken der Technischen Universität München, der Universität Duisburg-Essen (Campus Duisburg) und der Fern-Universität Hagen. Diese sind unter den URLs http://www.ub.tum.de/bib/html_sys/syst_tit.html, <http://www.ub.uni-duisburg.de/ghb/index.html> sowie <http://ub-doc2.fernuni-hagen.de/systematik/index.htm> (Zugriff am 14.09.2004) zu finden.

93) Als Konzeptualisierung wird an dieser Stelle das Begriffssystem (mit den Konzepten und ihrer hierarchischen Struktur) und die bisher erarbeiteten (nicht-hierarchischen) Relationen bezeichnet.

94) Siehe hierzu auch den Screenshot (Abbildung 6).

5.4.4 Inferenz- und Integritätsregeln aufstellen

Wie bereits in Unterkapitel 5.2.2 beschrieben, stellte die Identifizierung und Formulierung von Inferenz- und Integritätsregeln für die Kompetenz-Ontologie eine schwierige Aufgabe dar. Einige Regeln wurden daher zunächst ohne die Mitwirkung der Mitarbeiter erarbeitet und spezifizierten die Eigenschaften der schon formulierten Relationen zwischen Konzepten. Dabei wurden die dazu schon in der KOWIEN-Ontologie enthaltenen Regeln aufgegriffen⁹⁵⁾ und durch neue Inferenzregeln für die zusätzlichen Relationen ergänzt. Die Relationen wurden zunächst daraufhin untersucht, ob sie transitiv oder symmetrisch sind oder sich invers zu einer anderen Relation verhalten.

- Bei **transitiven** Relationen, wie etwa bei der Relation `hat_Vorgesetzten` zwischen zwei Mitarbeitern, kann im Falle zweier spezifizierter Relationen auf die Existenz einer dritten Relation geschlossen werden (falls die „Ziel“-Instanz (in OntoEdit: *domain*) der einen Relation identisch ist mit der „Ausgangs“-Instanz (*range*) der anderen). Wenn beispielsweise Mitarbeiter X Vorgesetzter von Mitarbeiter Y ist und dieser wiederum Vorgesetzter von Mitarbeiter Z ist, dann ist X auch Vorgesetzter von Z.
- **Symmetrie** einer Relation bedeutet, dass auch die Umkehrung gilt. Ein Beispiel dafür ist die Relation `verwandt_mit` zwischen zwei Fachkompetenzen. Wenn für die Kompetenz in der Geowissenschaft `Hydrogeologie` spezifiziert ist, dass sie verwandt ist mit dem Kompetenzbereich `Grundwassermanagement`, kann daraus (automatisch) darauf geschlossen werden, dass `Grundwassermanagement-Kompetenz` mit `Hydrogeologie-Kompetenz` verwandt ist.
- Zueinander **inverse** Relationen haben die Eigenschaft, dass sie sich „gegensätzlich“ zueinander verhalten. Die zuvor bereits erwähnte Relation `beinhaltet_Kompetenz` zwischen den Konzepten `Kompetenzaussage` und `Kompetenz` beispielsweise ist invers zur Relation `enthalten_in_Kompetenzaussage` (zwischen `Kompetenz` und `Kompetenzaussage`). Wenn also eine `Kompetenzaussage KA_1` spezifiziert ist mit der Relation `beinhaltet_Kompetenz Englisch`, dann ist auch die Relation `Englisch ist_enthalten_in_Kompetenzaussage KA_1` gültig.

Im Unterschied zu den gerade genannten Inferenzregeln, die für Schlussfolgerungen nur die inhaltsunabhängige (syntaktische) Struktur des spezifizierten Wissens benutzen, berücksichtigen nicht-deduktive Inferenzregeln auch die enthaltene Semantik.⁹⁶⁾ Mit Hilfe dieser Regeln kann das oft domänen- oder sogar unternehmensspezifische Wissen über all-

95) Vgl. ALAN (2003B), S. 21 ff.

96) Vgl. ALPARSLAN et al. (2002), S. 47.

tägliche Zusammenhänge expliziert werden. So wurde bei Gesprächen mit Vertretern der IT-Abteilung deutlich, dass einige fachliche Kompetenzen, insbesondere auf dem Gebiet der Computersprachen, miteinander verwandt oder sogar stark verwandt sind und daher bestimmte Kompetenzen eines Mitarbeiters auf weitere bei ihm vorhandene Kompetenzen hinweisen. Es konnte also eine Inferenzregel für folgende Schlussfolgerung formuliert werden:

Wenn ein Mitarbeiter eine Kompetenz X in der Ausprägung **sehr_gut**⁹⁷⁾ besitzt und diese Kompetenz verwandt ist mit Kompetenz Y, dann besitzt der Mitarbeiter auch Kompetenz Y mindestens mit der Ausprägung **gering**.

Eine Eigenschaft nicht-deduktiver Inferenzregeln ist, dass durch ihre Anwendung kein sicheres Wissen generiert wird. So ist es auch im Falle der oben erläuterten Zusammenhänge keine gesicherte Tatsache, dass der Mitarbeiter auch Kompetenz Y besitzt. Aus diesem Grund wurde dem Konzept **Kompetenzaussage** ein Attribut **hat_Wahrscheinlichkeit** (in OntoEdit: eine zusätzliche Relation zwischen **Kompetenzaussage** und dem Datentyp **Double**) zugeordnet, wie es auch schon in ALAN (2003B, S. 11) vorgeschlagen wurde. Diese Relation war hier weniger dafür gedacht, Unsicherheiten bei der Beurteilung von Mitarbeiterkompetenzen durch andere Personen zu berücksichtigen, sondern in erster Linie für die Spezifizierung von Unsicherheit bei der automatischen Wissensgenerierung.⁹⁸⁾

Neben den Inferenzregeln wurden Integritätsregeln formuliert, die später die Konsistenz der Ontologie und der (mit Hilfe der Inferenzregeln ableitbaren) Fakten sichern sollen. So darf es zum Beispiel nicht möglich sein, dass ein Mitarbeiter als sein eigener Vorgesetzter angegeben wird. Um diesen Fall auszuschließen, wurde eine Integritätsregel aufgestellt, nach der die Ziel-Instanz der Relation **hat_Vorgesetzten** nicht identisch sein darf mit der Ausgangs-Instanz.

97) Dabei wurde von einer Abstufung in geringe (1), durchschnittliche (2), gute (3) und sehr gute (4) Kenntnisse ausgegangen.

98) Bei der DMT ist es nach Meinung der Personalabteilung nicht denkbar, dass die Kompetenzen eines Mitarbeiters durch eine andere Person beschrieben werden. Aus jetziger Sicht ist damit die Zuweisung einer Wahrscheinlichkeit zu einer Kompetenzaussage nur für den Fall der automatischen Schlussfolgerungen einzusetzen. Im KMS könnte das so realisiert werden, dass der Mitarbeiter durch das System über einen „Änderungsvorschlag“ bezüglich der ihn betreffenden Kompetenzaussagen informiert wird und dann selbst über die Korrektheit dieser Änderung entscheidet. Für andere Unternehmen (oder auch langfristig für die DMT) könnte das Attribut der Wahrscheinlichkeit natürlich auch für Kompetenzaussagen, die durch andere Personen getätigt wurden, von Bedeutung sein.

5.4.5 Reviews

Die textuelle und teilweise auch graphische Darstellung der erarbeiteten Konzepte, Attribute, Relationen und Regeln wurde zusammen mit einigen Abteilungsvertretern bei der DMT überprüft. Dabei wurde untersucht, ob die Konzeptualisierung aus Sicht der Mitarbeiter umfangreich genug war und gleichzeitig auch tatsächlich die Realität (bezüglich der Kompetenzen der DMT) repräsentierte, also ob die Konzeptualisierung als funktional vollständig betrachtet werden konnte. Auch weitere im Rahmen der Anforderungsspezifizierung festgelegte Anforderungen an die Ontologie – Klarheit, Einfachheit, Erweiterbarkeit, Wiederverwendbarkeit, Minimalität und Konsistenz – wurden bereits bei der Konzeptualisierung überprüft. Damit war es möglich, eventuelle Fehler früh zu bemerken und zu korrigieren. Einige „Lücken“ im Begriffsbaum der naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen beispielsweise, die von den Review-Teilnehmern zwar entdeckt, aber nicht gefüllt werden konnten, wurden durch Nachfragen bei den entsprechenden (menschlichen) Wissensträgern bei der DMT und durch weitere Internet-Recherchen beseitigt.

Die Spracheignung sowie die Richtigkeit der Sprachanwendung konnten an dieser Stelle im Ontologieentwicklungsprozess noch nicht überprüft werden; diese Anforderungen sind bei der Implementierung und bei der Evaluation zu berücksichtigen.

Die Reviews und damit die Phase der Konzeptualisierung wurden als abgeschlossen betrachtet, nachdem zwischen den beteiligten Personen Übereinstimmung hinsichtlich des Inhalts und des Designs der erarbeiteten Konzeptualisierung bestand.

5.5 Ergebnisse

Da bereits für die Konzeptualisierung das Werkzeug OntoEdit genutzt wurde, das die eingegebenen Konzepte, Attribute, Relationen und Regeln in einer Werkzeug-spezifischen formalen Sprache (OXML) ablegt, existiert kein graphisches konzeptuelles Gesamtmodell zu den Ergebnissen der Konzeptualisierung. Stattdessen werden an dieser Stelle Beispiele für die erarbeiteten Begriffsbäume sowie einige Attribute, Relationen und Regeln in textueller Form vorgestellt.

5.5.1 Begriffsbäume

5.5.1.1 Begriffsbaum für Kompetenzarten

Ein zentrales Konzept der Konzeptualisierung ist **Kompetenz**. Die Unterteilung in Subkonzepte von **Kompetenz** entspricht der Unterteilung der KOWIEN-Ontologie; bei der Bedeutung der Subkonzepte und den ihnen zugeordneten Instanzen wurde die Sichtweise der Mitarbeiter berücksichtigt. Im Folgenden wird diese Unterteilung in einer graphischen Übersicht dargestellt (siehe Abbildung 7) sowie eine genauere Erläuterung der Bedeutung der Konzepte aus Sicht der Personalentwickler der DMT gegeben.⁹⁹⁾

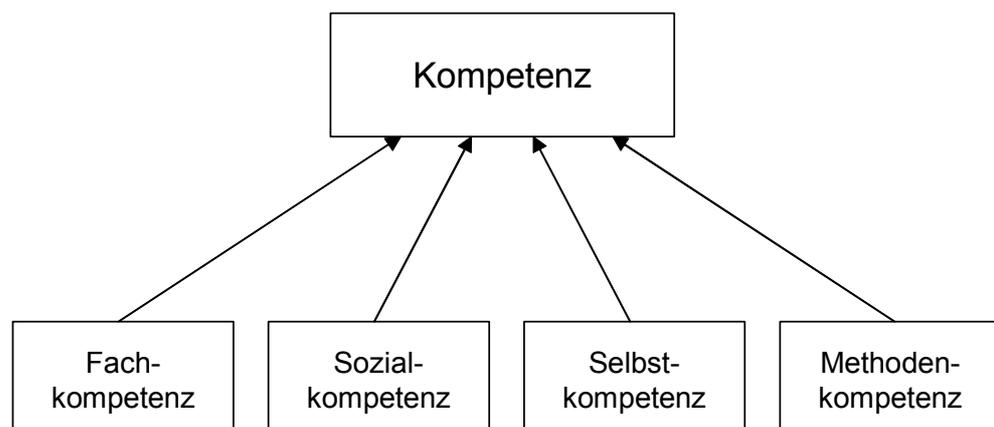


Abbildung 7: Subkonzepte von „Kompetenz“

- **Fachkompetenz:** Fachkompetenz beschreibt die Kenntnisse und Fähigkeiten einer Person im Hinblick auf einen Tätigkeitsbereich. Hierzu gehört die Kenntnis über Zu-

99) Ähnliche Gliederungen der obersten Stufe finden sich auch in der einschlägigen Literatur (z.B. ERPENBECK/HEYSE (1999), S. 155 ff. oder LEHMANN/NIEKE (2000), S. 2).

sammenhänge und Hintergründe in diesem Bereich sowie die Fähigkeit, dieses Wissen zu verknüpfen und zu sachbezogenen Urteilen heranzuziehen.

- **Sozialkompetenz:** Sozialkompetenz umfasst Kenntnisse und Fähigkeiten, die das Verhalten der Person gegenüber anderen Personen, z.B. Kollegen, Vorgesetzten oder Kunden, charakterisieren. Unter anderem sind neben Kommunikations- und Kontaktverhalten, Einfühlungsvermögen und Kooperationsbereitschaft dafür auch die Fähigkeit, produktiv Kritik zu üben oder darauf zu reagieren, von Bedeutung und Kenntnisse über sozial „angemessene“ Verhaltensweisen.
- **Selbstkompetenz:** Diese Kompetenzart entspricht den reflexiven Persönlichkeitsmerkmalen einer Person, also den Merkmalen, die das Bewusstsein über die eigene Person und den Umgang hiermit betreffen.¹⁰⁰⁾ Dazu gehören die Kenntnisse und Fähigkeiten, die dazu beitragen sich selbst motivieren und produktive Kritik auf eigenes Verhalten übertragen zu können, aber auch Merkmale wie Selbstständigkeit, Hilfsbereitschaft und Zielstrebigkeit.¹⁰¹⁾
- **Methodenkompetenz:** Unter Methodenkompetenz werden die Kenntnisse und Fähigkeiten verstanden, Instrumente und Vorgehensweisen anwenden zu können, die in einem Tätigkeitsbereich erforderlich sind. Methodenkompetenzen sind zum Beispiel Informationsbeschaffung und -strukturierung, Präsentationstechniken und das Erkennen, Analysieren und Lösen von Problemen.

5.5.1.2 Begriffsbaum für Projekte

Der folgende Begriffsbaum in Abbildung 8 zeigt ein weiteres Beispiel für die Bestandteile der Konzeptionshierarchie, die die Ontologie umfassen wird. Um noch mehr Informationen darstellen zu können, wird dieser Begriffsbaum nicht, wie der Begriffsbaum für Kompetenzarten, graphisch veranschaulicht, sondern in einer strukturierten textuellen Form. In der Abbildung werden neben dem hierarchischen Zusammenhang und der Bedeutung der Konzepte auch einige diesen Konzepten zugeordnete Projekte (als Instanzen) aufgeführt. Generell gilt für die Konstruktion der DMT-Kompetenz-Ontologie, dass die in der Wissensbasis abzulegenden Instanzen nur beispielhaft erhoben wurden. Insbesondere außerhalb des Bereichs der fachlichen Kompetenzen, der hier auch auf Instanzenebene bereits sehr umfangreich gestaltet wurde, ist die Wissensbasis vor einem Einsatz der Ontologie

100) Vgl. ALAN (2003A), S. 42.

101) Vgl. LEHMANN/NIEKE (2000), S. 6.

noch durch weitere Erhebungen oder Import aus anderen IT-Systemen (zum Beispiel dem Wissensmanager) zu vervollständigen.

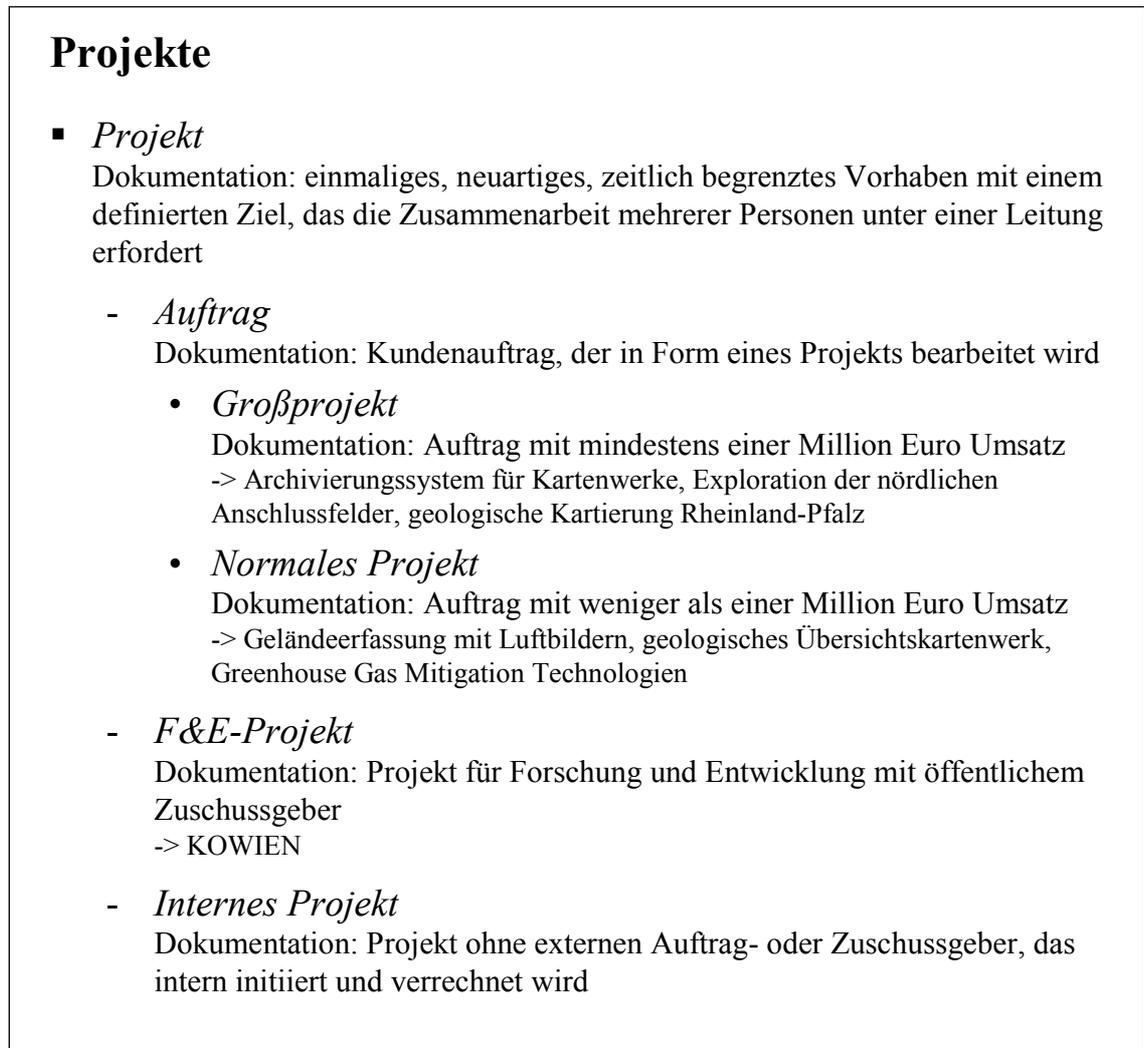


Abbildung 8: Begriffsbaum für Projekte

5.5.2 Attribute und Relationen

Das in Unterkapitel 5.5.1 erläuterte Konzept **Projekt** dient hier weiterhin als Beispiel, um einige der den Konzepten zugeordneten Attribute zu nennen. Die folgende Auflistung umfasst die Attribute und Relationen von **Projekt**:

Projekt

- hat_Projekttitle (STRING)
- hat_Kurzbeschreibung (STRING)
- hat_Budget_in_Euro (INTEGER)
- hat_Auftraggeber (Organisation)

- wird_bearbeitet_mit_Projektpartner (Organisation)
- hat_Starttermin (Datum)
- hat_Endtermin (Datum)
- wird_bearbeitet_von_Mitarbeiter (Mitarbeiter)
- wird_geleitet_von_Projektleiter (Mitarbeiter)
- wird_bearbeitet_von_DMT-Einheit (Organisationsteil)
- betrifft_Branche (Branche)
- erfordert_Kompetenz (Kompetenz)
- hat_hauptverantwortliche_Organisation (Akteur)
- wird_bearbeitet_in_Ort (Ort)
- wird_bearbeitet_in_Land (Staat)

Für die Konzeptualisierung der Kompetenz-Ontologie wird das von den OntoEdit-Entwicklern verwendete Verständnis von Relationen und Attributen aufgegriffen, wonach Relationen Konzepte miteinander verknüpfen. Attribute werden ebenfalls als Verknüpfungen gesehen, die jedoch nicht unter den Konzepten der Ontologie, sondern zwischen den Konzepten und vordefinierten Datentypen (z.B. String, Integer, Boolean) bestehen.¹⁰²⁾ Demnach stellen `hat_Projekttitle`, `hat_Kurzbeschreibung` und `hat_Budget_in_Euro` die Attribute von `Projekt` und die restlichen aufgeführten Verknüpfungen die von dem Konzept ausgehenden Relationen dar.

5.5.3 Regeln

Integritätsregeln

Bei der Relation `Mitarbeiter X ist_Vorgesetzter_von Mitarbeiter Y` kann `X` nicht identisch sein mit `Y`. Obwohl bei dieser Relation Ausgangs- und Ziel-Instanz demselben Konzept angehören, dürfen die Instanzen nicht identisch sein. Gleiches gilt für die inverse Relation `hat_Vorgesetzten`.

Inferenzregeln

Insbesondere bei naturwissenschaftlich-technischen und bei IT-Kompetenzen gibt es zahlreiche Kompetenzkonzepte, die sich inhaltlich überschneiden. Aus diesem Grund wurden Inferenzregeln formuliert, die einem (menschlichen) Akteur mit einer bestimmten fachlichen Kompetenz auch die mit dieser Kompetenz verwandten Fachkompetenzen zuweisen: Wenn Akteur `X` Kompetenz `A` in einer bestimmten Ausprägung (z.B. `Experte`) besitzt und

102) Vgl. ONTOPRISE (2003), S. 4.

A stark verwandt ist mit B, dann besitzt X auch Kompetenz B, allerdings in einer geringeren Ausprägung (z.B. Anfänger). Zuvor muss jedoch sichergestellt werden, dass es noch keine Kompetenzaussage des Akteurs X bezüglich der Kompetenz B gibt (Einsatz einer Integritätsregel, s.o.).

Aufgrund von Anregungen mehrerer Interviewpartner sollte ein Mechanismus bereitgestellt werden, der die zeitliche Variabilität von Kompetenzaussagen, besonders bei fachlichen Kompetenzen, berücksichtigt: Wenn eine Kompetenzaussage, die einen menschlichen Akteur betrifft, zwei Jahre oder länger nicht verändert worden ist, dann wird die Wahrscheinlichkeit der Kompetenzaussage auf höchstens 40 Prozent herabgesetzt.

Um die Aktualität der Kompetenzprofile nicht nur durch manuelle Eingaben der Akteure, sondern auch durch automatisch generiertes Wissen fördern zu können, werden Regeln formuliert, die aufgrund bestimmter Fakten neue Kompetenzaussagen generieren. Ein Beispiel ist das Schließen auf Mitarbeiterkompetenzen durch Weiterbildungsaktivitäten: Wenn Akteur X teilgenommen hat an Weiterbildung Y und Y Kompetenz A vermittelt, dann besitzt er mindestens Anfängerkenntnisse in A. Diese neuen Kompetenzaussagen werden zunächst mit einer vergleichsweise geringen Wahrscheinlichkeit belegt, damit die Unsicherheit dieser Aussagen abgebildet wird. Der KOWIEN-Prototyp könnte diese Unsicherheit berücksichtigen, indem das System die Mitarbeiter über eventuell generierte Kompetenzaussagen informiert und nachfragt, ob die Aussagen zutreffen.

6 Implementierung

6.1 Ziele

Die Ziele der Implementierung sind die formalsprachliche Repräsentation des konzeptuellen Modells und die Integration dieser Repräsentation in ein Computersystem.¹⁰³⁾ Dafür ist es wichtig, eine geeignete Sprache auszuwählen, damit bei der Formalisierung des konzeptuellen Modells möglichst geringe Informationsverluste oder andere Abweichungen entstehen. Für die hier angestrebte Ontologieentwicklung werden mehrere Sprachen ausgewählt, um die damit implementierten Ontologien miteinander vergleichen und bewerten zu können.

6.2 Problemstellungen und Lösungsansätze

Die im Folgenden dargestellten Problemstellungen sind während unterschiedlicher Aktivitäten bei der Implementierung aufgetreten. Um die einzelnen Hintergründe der getroffenen Entscheidungen verdeutlichen zu können, werden diese Problemstellungen (wie auch in den vorangegangenen Kapiteln) bereits vor der Beschreibung des Vorgehens erläutert.

6.2.1 Auswahl der Sprachen

Die Auswahl von Ontologiesprachen gestaltet sich insofern als schwierig, als in der Literatur eine große Anzahl formaler Sprachen zur Spezifikation von Ontologien vorgeschlagen wurden.¹⁰⁴⁾ Diese Sprachen weisen jedoch zum Teil große Ähnlichkeit untereinander auf, weil sie z.B. die gleichen Wurzeln besitzen oder sogar aufeinander aufbauen. Beispiele dafür sind die Beziehungen zwischen RDF(S) und DAML+OIL sowie zwischen KIF und Ontolingua. Für DAML+OIL und Ontolingua wurden jeweils RDF(S) bzw. KIF als Ausgangsbasis zur Entwicklung einer ausdrucksmächtigeren Sprache genutzt, indem diese Sprachen um neue Konstrukte erweitert wurden.¹⁰⁵⁾ Bei einer Auswahl von stark verwandten Ontologiesprachen wäre der Gewinn von Informationen, die die Vorteile und Nachteile

103) Vgl. APKE/DITTMANN (2003B), S. 15.

104) Für eine umfassende Übersicht über verschiedene Ontologiesprachen und ihre Herkunft siehe GÓMEZ-PÉREZ/FERNÁNDEZ-LÓPEZ/CORCHO (2002), S. 73 ff.; FENSEL ET AL. (2003), S. 28 ff.; GÓMEZ-PÉREZ/FERNÁNDEZ-LÓPEZ/CORCHO (2004), S. 199 ff. Ein Vergleich und eine Bewertung mehrerer Sprachen werden sowohl in CORCHO/FERNÁNDEZ-LÓPEZ/GÓMEZ-PÉREZ (2003), S. 54 ff. als auch in RIBIÈRE/CHARLTON (2000), S. 3 ff. gegeben.

105) Vgl. zu DAML+OIL und seine Herkunft <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference> (Zugriff am 05.09.2004) bzw. zu Ontolingua GRUBER (1993B), S. 204 ff.

der Sprachen im Hinblick auf die Kompetenz-Ontologie der DMT betreffen, begrenzt. Aus diesem Grund sollen Sprachen aus eher unterschiedlichen Forschungsansätzen verwendet werden. Die folgende Aufzählung enthält Sprachen, die für die Implementierung der Kompetenz-Ontologie in Frage kommen:

- **F-Logic:** Da die KOWIEN-Ontologie (siehe auch Unterkapitel 1.2) bereits in F-Logic spezifiziert ist und darüber hinaus die im KOWIEN-Projekt genutzten Tools OntoEdit und OntoBroker F-Logic verwenden, war diese Frame- und Prädikatenlogik-basierte Sprache „vorgegeben“ (für eine ausführlichere Darstellung siehe Unterkapitel 6.3.1).
- **RDF:** Neben F-Logic lag die Auswahl einer Sprache aus dem „*Semantic Web*“-Umfeld nahe. Die Zielsetzung des Semantic-Web-Ansatzes liegt vor allem in der Anreicherung von Web-Seiten mit formaler Semantik, damit ihre Inhalte auch computergestützt ausgewertet werden können.¹⁰⁶⁾ Da zu diesem Zweck Spezifikationsmittel für die formale Darstellung und die Vergleichbarkeit allgemeiner Zusammenhänge benötigt werden, ist das Semantic Web ein sehr wichtiges Anwendungsfeld für Ontologien. Aus diesem Grund ist es für eine möglichst breite Nutzbarkeit und Tool-Unterstützung der Kompetenz-Ontologie von Vorteil, wenn sie in einer Sprache vorliegt, die auch im Semantic Web-Umfeld eingesetzt wird. Eine bekannte Sprache, die in diesem Kontext entstanden ist, stellt das *Resource Description Framework* (RDF) dar.¹⁰⁷⁾ RDF baut auf der XML-Syntax auf¹⁰⁸⁾ und ist entwickelt worden, um das Hinzufügen von Metadaten zu Web-Seiten zu ermöglichen. Diese Metadaten beschreiben die Inhalte von Web-Seiten und können von verschiedenen Software-Anwendungen verstanden und verarbeitet werden. Eine semantische Erweiterung zu RDF ist *RDF Schema* (RDFS)¹⁰⁹⁾, das gleichzeitig das von RDF verwendete Vokabular definiert. Mit Hilfe von RDFS können die Elemente von RDF und ihre Zusammenhänge genauer beschrieben werden, z.B. durch eine Klassenhierarchie. Die

106) Für eine Einführung in die Idee des Semantic Web siehe BERNERS-LEE/HENDLER/LASSILA (2001) und FENSEL ET AL. (2003).

107) RDF wird seit 1997 vom World Wide Web Consortium (W3C) entwickelt und besitzt den Status einer W3C „Recommendation“. Aktuelle Informationen zu RDF werden unter <http://www.w3.org/RDF/>, die detaillierte Spezifikation unter der URL <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/> (Zugriff am 16.09.2004) bereitgestellt.

108) Die Extensible Markup Language (XML) ist ein Datenaustauschformat und eine Möglichkeit zur Strukturierung der Inhalte von Internet-Seiten; weitere Informationen sind unter <http://www.w3.org/XML> (Zugriff am 17.09.2004) zu finden.

109) Die aktuelle Spezifikation von RDFS ist unter der URL <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/> (Zugriff am 14.09.2004) zu finden.

Kombination von RDF und RDFS (RDF(S)) bildet eine wichtige Grundlage für die Formulierung, den Austausch und die computergestützte Nutzung strukturierter Metadaten und für die Spezifikation von Ontologien.

- **DAML+OIL:** Eine aktuellere Entwicklung, die ebenfalls aus dem Forschungsansatz des Semantic Web hervorgegangen ist, stellt *DAML+OIL* dar. Diese Spezifikationsprache erweitert RDF(S) um einige Modellierungskonzepte, um zusätzliche Möglichkeiten zur formalsprachlichen Beschreibung von Metainformationen (z.B. Kardinalitätseinschränkungen) bereitzustellen.
- **OWL:** Die letzte Entwicklung aus dem Semantic-Web-Umfeld für eine Ontologiesprache ist die *Web Ontology Language* (OWL). OWL stellt eine Weiterentwicklung von DAML+OIL dar und besitzt seit Februar 2004 den Status einer „Recommendation“ des W3C.¹¹⁰⁾
- **OXML:** Das hier verwendete Ontologieentwicklungswerkzeug OntoEdit benutzt ein eigenes Ontologie-Repräsentationsformat, OXML (XML basierte Ontologiesprache). Diese Sprache baut ebenfalls auf XML auf und wurde von den Mitarbeitern der Ontoprise GmbH speziell dafür entwickelt, die Komponenten (Konzepte, Attribute, Relationen und Regeln) und Metadaten einer Ontologie darzustellen.¹¹¹⁾
- **Ontolingua:** Die Repräsentationssprache Ontolingua, die auf dem Knowledge Interchange Format (KIF) basiert, stellt Mittel für die Definition von Klassen, Relationen, Funktionen, Objekten und Regeln bereit.¹¹²⁾ Die Zielsetzung ihrer Entwicklung lag vor allem darin, eine Ausgangsbasis für die Übersetzung von Ontologien in zahlreiche andere Sprachen zu schaffen. Aufgrund seiner Herkunft – KIF besitzt ebenso wie F-Logic „Wurzeln“ im Prädikatenkalkül – weist Ontolingua Ähnlichkeiten mit F-Logic auf.

Für die Implementierung der Kompetenz-Ontologie werden F-Logic und DAML+OIL ausgewählt. F-Logic wird bereits im KOWIEN-Projekt verwendet und ist hier als Repräsentant der prädikatenlogischen Sprachen zu sehen. DAML+OIL stellt ein Beispiel für die Sprachen aus dem Semantic Web-Umfeld dar und ist aufgrund seiner Ausdrucksfähigkeit besser für die Spezifikation von Ontologien geeignet als RDF(S). F-Logic und DAML+OIL stammen aus unterschiedlichen Forschungsrichtungen und bilden daher einen

110) Vgl. die aktuelle Spezifikation zu OWL unter <http://www.w3.org/TR/owl-ref/> (Zugriff am 16.09.2004).

111) Ausführlichere Informationen zu OXML (in der aktuellen Version 2.0) werden in einem von der Ontoprise GmbH im Internet veröffentlichten Tutorial (URL: <http://www.ontoprise.de/customercenter/support/tutorials>; Zugriff am 14.09.2004) gegeben.

112) Vgl. GRUBER (1993B), S. 204.

interessanten Gegensatz für die Evaluation (für eine detaillierte Beschreibung der Sprachen siehe Unterkapitel 6.3.1 und 6.3.2).

Die Sprache Ontolingua wird wegen der fehlenden Werkzeugunterstützung durch OntoEdit und OntoBroker bei der Implementierung nicht berücksichtigt. Auch OXML wird nicht weiter betrachtet, weil es außerhalb der Anwendungen der Ontoprise GmbH (noch) keine Bedeutung besitzt. OWL ist noch nicht weit verbreitet und wird aufgrund seiner Neuheit von vielen Werkzeugen noch nicht unterstützt, insbesondere nicht von OntoEdit und OntoBroker (zum Zeitpunkt der DMT-Ontologieentwicklung). Aus diesem Grund wird OWL bei der Implementierung und Evaluation der Kompetenz-Ontologie ebenfalls nicht berücksichtigt. Um jedoch eventuelle (theoretische) Vorteile gegenüber dem „Vorgänger“ DAML+OIL zu untersuchen, wird in Unterkapitel 6.3.3 ein kurzer Ausblick auf OWL gegeben.

6.2.2 Implementierung der Integritätsregeln

Bei der Implementierung der Regeln wird das Problem deutlich, dass einige Integritätsregeln sich zwar sinngetreu in der von OntoEdit und OntoBroker für Regeln genutzten Sprache F-Logic darstellen, sich aber beispielsweise von dem Werkzeug OntoBroker nicht verarbeiten lassen. Ein Beispiel dafür ist die in Unterkapitel 5.5.3 beschriebene Integritätsregel für die Relation `ist_Vorgesetzter_von`, nach der Ausgangs- und Ziel-Instanz dieser Relation nicht identisch sein dürfen. Eine Formalisierung dieser Integritätsregel ist nur mittels einer Negation im Kopf der Regel möglich, beispielsweise in der Form:

FORALL MA1,MA2 (NOT equal(MA1,MA2)) <-

MA1:Mitarbeiter[ist_Vorgesetzter_von->>MA2].

Eine solche Regel, die den Ausschluss eines unzulässigen Faktums spezifiziert, kann zwar als Hornformel formuliert werden¹¹³⁾, ist aber dennoch nicht in OntoBroker verarbeitbar. Eine ähnliche Problemstellung, die Spezifizierung von Antisymmetrie, wird in ALAN (2003A)¹¹⁴⁾ beschrieben. In Anlehnung an die dort genannten Lösungsmöglichkeiten kommen hier folgende Vorgehensweisen in Frage:

113) Eine Hornformel enthält nur Hornklauseln, also Klauseln mit jeweils höchstens einem positiven Literal (vgl. EHRIG ET AL. (1999), S. 297). Die oben genannte Regel entspricht aus abstrakter Sicht der folgenden Aussage: $A \rightarrow \neg B$ (wenn A dann nicht B). In disjunktiver Normalform lautet sie: $\neg A \vee \neg B$, somit enthält diese Formel kein positives Literal und stellt eine Hornklausel dar. Viele Inferenzmaschinen sind auf die Verarbeitung von Hornformeln beschränkt, weil das so genannte Resolutionsverfahren, durch das die Unerfüllbarkeit einer Formel nachgewiesen werden kann, bei Hornformeln eine deutliche geringere Laufzeit in Anspruch nimmt. Vgl. EHRIG ET AL. (1999), S. 299 ff.

114) Vgl. ALAN (2003A), S. 31 ff.

- Durch die Einführung aussagenlogischer Konstrukte könnte eine Regel formuliert werden, die eine Inkonsistenz in der Wissensbasis feststellt, falls die beiden an der Relation beteiligten Instanzen identisch sind:
FORALL MA1,MA2 (inkonsistent) <-
MA1:Mitarbeiter[ist_Vorgesetzter_von->>MA2] AND equal(MA1,MA2).
Wenn dieser Fall eintritt, kann zwar die Aussage getroffen werden, dass die Wissensbasis eine Inkonsistenz enthält, diese kann jedoch nicht „zurückverfolgt“ und daher nur schwer behoben werden.
- Eine zweite Möglichkeit ist, eine solche Inkonsistenz im Vorhinein zu vermeiden und die eventuellen Ursachen für die Inkonsistenz zu finden. Eine Fehlerquelle für die falsche Zuordnung einer Zielinstanz (*range*) zu der Relation einer anderen Instanz (*domain*) ist die falsche Eingabe durch den Benutzer der Ontologie. Dies lässt sich kaum verhindern; möglicherweise könnte aber der KOWIEN-Prototyp den Benutzer an dieser Stelle entsprechend unterstützen.
- Eine andere Fehlerquelle ist das nicht manuell eingegebene Wissen, das beispielsweise durch die Anwendung der Transitivitätsregel für die Relation *ist_Vorgesetzter_von* generiert wird. Eine falsche Verarbeitung der Transitivitätsregel kann verhindert werden, indem zusätzlich eine Ausnahme definiert wird:
FORALL MA1,MA2,MA3 MA1[hat_Vorgesetzten->>MA3] <-
MA1[hat_Vorgesetzten->>MA2] AND MA2[hat_Vorgesetzten->>MA3]
AND NOT equal(MA1,MA3).

Da die erste Möglichkeit das Problem der Inkonsistenz nicht löst, sondern nur explizit macht, und die „Inkonsistenz-Aussage“ bei mehr als einer Integritätsregel nicht mehr dem auslösenden Faktum zugeordnet werden kann, wird diese Vorgehensweise hier nicht umgesetzt. Die zweite Möglichkeit bezieht sich nicht direkt auf die Ontologieentwicklung und wird deshalb hier nicht weiter betrachtet. Stattdessen wird die dritte Möglichkeit gewählt, um die Konsistenz der Ontologie hinsichtlich des automatisch generierten Wissens zu sichern.

6.3 Ontologiesprachen

Die folgenden beiden Unterkapitel geben eine Einführung in die verwendeten Sprachen F-Logic und DAML+OIL, um den Ausgangspunkt für die Implementierung und die Evaluation zu verdeutlichen.¹¹⁵⁾

115) Detaillierte Erläuterungen zu diesen Sprachen sind in KIFER/LAUSEN/WU (1995) und in HORROCKS (2002) zu finden.

6.3.1 F-Logic

F-Logic, eine Abkürzung für *Frame Logic*, wurde erstmals 1995 von den Autoren KIFER, LAUSEN und WU vorgestellt. Wie die Bezeichnung andeutet, stellt diese Sprache eine Integration frame-basierter Sprachen¹¹⁶⁾ mit dem Prädikatenkalkül erster Ordnung dar. F-Logic berücksichtigt die strukturellen Aspekte objektorientierter und frame-basierter Sprachen und setzt Konzepte um wie Objektidentität, Vererbung, polymorphe Typen, Kapselung und Abfragemechanismen.¹¹⁷⁾ Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass die Repräsentation der Realität aus Objekten besteht, die eine Identität besitzen. Diese Objekte sind Instanzen von Klassen (die hier den Konzepten einer Ontologie entsprechen) und können an Relationen zu anderen Objekten teilnehmen. Diese Relationen werden durch Methoden spezifiziert und sind entweder funktional (einwertig, wie z.B. die Methode `hat_Vater`) oder mengenwertig (mehrwertig, wenn es mehrere Ziel-Objekte geben kann, etwa bei der Methode `hat_Sohn`).

Einen großen Vorteil für die Strukturierung von Konzeptmengen einer Ontologie bietet die in F-Logic vorgesehene Einordnung von Klassen in eine *Generalisierungshierarchie*. Dabei werden Klassen durch „Is-a“-Relationen, in der F-Logic-Syntax durch „::“ dargestellt (z.B.: `Fachkompetenz::Kompetenz`), als Subklassen anderer Klassen definiert und erben die Eigenschaften dieser Superklassen.

Die Attribute und Methoden einer Klasse, die Ergebnisse der Methoden (d.h. die Instanzen aus den Ziel-Klassen) und eventuelle Parameter (flache Datentypen, wie z.B. `STRING` oder `INTEGER`) werden durch die *Signatur* einer Klasse definiert.¹¹⁸⁾ Die Klasse `Akteur` der Kompetenz-Ontologie zum Beispiel besitzt die folgende Signatur:

```
Akteur[hat_Name=>STRING;
      ist_betroffen_von_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage;
      hat_Kompetenzprofil=>Akteurs_Profil;
      hat_Adresse=>>Ort].
```

Durch diese Signatur wird festgelegt, dass allen Objekten vom Typ `Akteur` ein Attribut `hat_Name` vom Typ `STRING` zugewiesen wird. Darüber hinaus definiert sie für alle Instanzen von `Akteur` die Methoden `ist_betroffen_von_Kompetenzaussage`,

116) Für detaillierte Informationen zum Frame-Konzept vgl. MINSKY (1975). Obwohl der Name F-Logic angelehnt ist an dieses Konzept aus dem Bereich der KI, wurde die Terminologie für F-Logic eher aus dem Ansatz der objektorientierten Programmierung übernommen. Der objektorientierte Ansatz besitzt große Ähnlichkeit mit dem Frame-Konzept.

117) Vgl. KIFER/LAUSEN/WU (1995), S. 741.

118) Vgl. KIFER/LAUSEN/WU (1995), S. 748.

hat_Kompetenzprofil und hat_Adresse, wobei die Ergebnisse auf die Klassen Kompetenzaussage, Akteurs_Profil bzw. Ort eingeschränkt werden.

Die Signatur einer Klasse wird in F-Logic dafür benutzt, um Informationen über Instanzen dieser Klasse in so genannten *F-Molekülen*¹¹⁹⁾ zu spezifizieren. Einer Instanz der Klasse Akteur könnten anhand der oben genannten Signatur folgende Eigenschaften zugewiesen werden:

```
MA_H_Mueller:Akteur
MA_H_Mueller[hat_Name->"Hans_Mueller";
               ist_betroffen_von_Kompetenzaussage->>KA_1_H_Mueller;
               hat_Kompetenzprofil->Profil_H_Mueller;
               hat_Adresse->>Schützenbahn_70_in_45141_Essen].
```

Dieses F-Molekül beinhaltet mehrere Fakten über das Objekt Mitarbeiter Hans Müller. Eine Sammlung solcher Fakten bildet in F-Logic einen Teil der *Object Base*, die zusammen mit der Deklaration der Generalisierungshierarchie und der Signaturendeklaration ein F-Logic-Programm (und damit die Ontologie) bildet. Zur Object Base gehören neben den Fakten auch Regeln für zusätzliche Informationen (Inferenz- und Integritätsregeln).¹²⁰⁾ Diese Regeln beschreiben Wissen über allgemeine Merkmale der Klassen oder der Methoden und sind durch einen Regelkopf (die Konklusion) und einen Regelkörper (die Bedingung) aufgebaut. Das auf Seite 61 erwähnte Beispiel der inversen Relationen *enthalten_in_Kompetenzaussage* und *beinhaltet_Kompetenz* wird in F-Logic folgendermaßen formuliert:

```
FORALL X,Y X[beinhaltet_Kompetenz->Y] <->
           Y[enthalten_in_Kompetenzaussage->X].
```

Die Object Base kann durch *Queries* nach bestimmten Informationen durchsucht werden. Die Form einer Query ist der einer Regel sehr ähnlich; sie enthält jedoch keinen Kopf, also keine Konklusion. In der unten genannten Query beispielsweise wird an die Faktenbasis die Anfrage gestellt, welcher Mitarbeiter an einer Weiterbildungsaktivität zum Konfliktmanagement teilgenommen hat (siehe auch Competency Question 11, S. 27).

```
FORALL MA,Nam <-
MA:Mitarbeiter[hat_Name->Nam;
               hat_teilgenommen_an_Weiterbildung->>Konfliktmanagement].
```

119) F-Molekül ist eine Kurzform für molekulare F(rame)-Formel; vgl. KIFER/LAUSEN/WU (1995), S. 754.

120) Damit können durch F-Logic sowohl extensionale Fakten (alle einem Begriff zugeordneten Objekte der realen Welt) als auch intensionale Informationen (alle Attribute, die den diesem Begriff zugeordneten Objekten gemeinsam sind) spezifiziert werden.

Aufgrund der genannten Fähigkeiten bezüglich der Repräsentation von Wissen, die durch die Kombination objektorientierter Paradigmen mit dem deduktiven Ansatz ermöglicht werden, bildet F-Logic eine ausdrucksmächtige formale Sprache, insbesondere auch zur Spezifikation von Ontologien. Relationseigenschaften wie Transitivität und Inverse können jedoch nicht „direkt“ spezifiziert werden, sondern sind, wie in dem oben genannten Beispiel, als (deduktive) Inferenzregeln zu formulieren.

6.3.2 DAML+OIL

Die Ontologiesprache DAML+OIL ist aus einer Zusammenführung der beiden Projekte DAML und OIL entstanden. Das US-amerikanische Programm DAML (DARPA Agent Markup Language) wurde im Jahr 2000 mit der Zielsetzung initiiert, eine Sprache und Werkzeuge zur Förderung des Semantic-Web-Konzepts zu schaffen.¹²¹⁾ Etwa zur gleichen Zeit begann eine Gruppe von Forschern in Europa mit der Erarbeitung eines (ebenfalls Web-basierten) Standards zur Spezifikation und zum Austausch von Ontologien, den sie OIL (Ontology Inference Layer) nannten.¹²²⁾ Die an den beiden Projekten beteiligten Forscher waren der Meinung, dass eine Zusammenarbeit Erfolg versprechender wäre, so dass die bereits entwickelten Sprachen DAML-ONT und OIL zu DAML+OIL zusammengeführt wurden.

DAML+OIL ist, wie auch die beiden Ausgangsentwicklungen, eine RDF(S)-basierte Sprache, die um ausdrucksfähige Modellierungskonzepte erweitert wurde. So wird der objektorientierte Ansatz aufgegriffen, um die Struktur einer Domäne in Form von Klassen und deren Eigenschaften zu beschreiben. Gleichzeitig ist DAML+OIL aus formaler Sicht verwandt mit Beschreibungslogiken, da z.B. Klassen nicht nur durch eindeutige Namen (URIs - Unified Resource Identifiers) definiert werden können, sondern auch durch Klassen-Ausdrücke wie Aufzählungen oder Eigenschaftsrestriktionen.¹²³⁾ Obwohl die Syntax der Beschreibungslogiken kompakter als die RDF-Syntax ist, wurde DAML+OIL in dieser Hinsicht an RDF angelehnt, um Kompatibilität zu den Sprachen im Semantic-Web-Umfeld zu erreichen. Daher übernimmt DAML+OIL die sprachlichen Konstrukte aus RDF, wie etwa `resource`, `property`, `type`, `subClassOf`, `range` und `domain`. Einige Konstrukte werden jedoch durch DAML+OIL anders als in RDF (z.B. `Class`) oder ganz neu definiert, beispielsweise `cardinality`, `TransitiveProperty` und `inverseOf`.

121) Vgl. <http://www.daml.org> (Zugriff am 16.09.2004).

122) Für weitere Informationen zum Projekt OIL vgl. FENSEL ET AL. (2000), S. 1 ff.

123) Vgl. HORROCKS (2002), S. 5.

Besondere Bedeutung hat das Konstrukt **Datatype**, weil die zu repräsentierende Realität bei DAML+OIL in zwei Gruppen unterteilt wird: Ein Teil, der die zu den XML-Schema-Datentypen gehörenden Werte umfasst (die **Datatype**-Domäne), und ein Teil mit allen Objekten, die als Mitglieder der DAML+OIL-Klassen betrachtet werden.¹²⁴⁾

Die DAML+OIL-Spezifikation einer Ontologie besteht aus null oder mehr *Köpfen*, in denen Informationen zur aktuellen Version und zu importierten Ontologien abgelegt werden können, sowie aus null oder mehr *Klassenelementen*, *Eigenschaftselementen* und *Instanzen*:

- Ein **Klassenelement** (`daml:Class`) enthält den Namen und die Definition einer Klasse und kann z.B. `subClassOf`-Elemente (die die Superklasse der Klasse benennen) und `disjointWith`-Elemente (deren Klassen keine gemeinsamen Instanzen mit der zu definierenden Klasse haben dürfen) umfassen. Gegebenenfalls können in einem **Klassenelement** auch boolesche Kombinationen von **Klassenausdrücken** (wie `intersectionOf`) sowie **Aufzählungselemente** (`oneOf`) angegeben werden.
- Bei **Eigenschaftselementen** (`rdf:Property`) wird unterschieden zwischen **ObjectProperty** und **DatatypeProperty**; erstere beschreibt die Relation zwischen Objekten (Instanzen von Klassen), während **DatatypeProperty** Objekte mit Datentypen verknüpft (in Form von Attributen). Neben dem Namen der Eigenschaft beinhaltet ein **Eigenschaftselement** u. a. `domain`-Elemente, die die Klasse(n) spezifizieren, für deren Instanzen die Eigenschaft gilt; `range`-Elemente, die die Klasse(n) der Ziel-Instanzen spezifizieren; und `inverseOf`-Elemente für die Spezifikation der zu dieser Eigenschaft inversen Eigenschaft.
- Instanzen der Klassen und der Eigenschaften werden nach der RDF(S)-Syntax formuliert; die genaue Notation kann dabei unterschiedlich aussehen. Der Name der Instanz wird entweder mittels ID oder durch `about` spezifiziert. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, identische (`sameIndividualAs`) und unterschiedliche Objekte (`differentIndividualFrom`) zu definieren.

Das folgende Beispiel zeigt die DAML+OIL-Spezifikation einer Klasse **Fremdsprachliche_Kompetenz**, die Subklasse von **Fachkompetenz** ist und eine Relation **verwandt_mit** besitzt. Zielobjekte der Relation sind wiederum Instanzen der Klasse **Fremdsprachliche_Kompetenz**. Anschließend wird die Instanz **Schwedisch** spezifiziert, die verwandt ist mit der fremdsprachlichen Kompetenz **Norwegisch**.

124) Vgl. HORROCKS (2002), S. 8 ff. Die klare Trennung zwischen Instanzen von (Objekt-)Klassen und Instanzen von Datentypen wird u.a. damit motiviert, dass dadurch das System der Datentypen ohne Auswirkungen auf die Ontologiesprache erweitert werden kann und umgekehrt.

```

<daml:Class rdf:about="Fremdsprachliche_Kompetenz">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Fachkompetenz"/>
  <daml:subClassOf>
    <daml:Restriction daml:minCardinality="0">
      <daml:onProperty rdf:resource="#verwandt_mit" />
      <daml:toClass rdf:resource="#Fremdsprachliche_Kompetenz" />
    </daml:Restriction>
  </daml:subClassOf>
</daml:Class>

```

```

<a:Fremdsprachliche_Kompetenz rdf:about="#Schwedisch">
  <rdfs:label xml:lang="de">#Schwedisch</rdfs:label>
  <a:verwandt_mit rdf:resource="#Norwegisch" />
</a:Fremdsprachliche_Kompetenz>

```

Aufgrund der Möglichkeiten zur Festlegung von Restriktionen (bezüglich Klassen und Eigenschaften, z.B. Kardinalitäten) und allgemeiner Zusammenhänge (wie etwa Transitivität und inverse Relationen)¹²⁵⁾ stellt DAML+OIL eine ausdrucks mächtige Weiterentwicklung der Verbindung von RDF(S) mit Beschreibungslogiken dar. Im Gegensatz zu F-Logic ist jedoch in der aktuellen Version von DAML+OIL (März 2001¹²⁶⁾) keine Spezifikation und Verarbeitung von nicht-deduktiven Inferenzregeln möglich. Es gibt allerdings seit Ende 2000 eine Initiative zur Definition einer einheitlichen *Rule Markup Language* (RuleML)¹²⁷⁾ und ihrer Einbindung in Web-basierte Ontologiesprachen. Dabei sollen auf der Basis von XML Regeln (z.B. Transformations- und Inferenzregeln) ermöglicht und ein entsprechender Standard entwickelt werden.

125) Die Möglichkeit zur Explizierung von Relationseigenschaften wird hier mit der Spezifizierung deduktiver Inferenzregeln gleichgesetzt, so dass DAML+OIL in dieser Hinsicht keinen Nachteil gegenüber F-Logic aufweist. Allerdings stellt DAML+OIL keine Konstrukte zur Spezifizierung von Symmetrie bereit.

126) Die aktuelle Referenzbeschreibung zu DAML+OIL, die dem World Wide Web Konsortium vorgelegt wurde, ist unter der URL <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference> (Zugriff am 15.09.2004) zu finden. Dort werden auch weitere ausführliche Informationen zu den Sprachkonstrukten von DAML+OIL zur Verfügung gestellt.

127) Aktuelle Informationen zu RuleML sind unter der URL <http://www.dfki.uni-kl.de/ruleml/> (Zugriff am 16.09.2004) zu finden. Die Sprache wird in ihren derzeitigen Entwicklungsbestrebungen (Stand Version 0.87, September 2004) auch die besonderen Modellierungsprimitive von F-Logic berücksichtigen, so dass ein zufrieden stellender Austausch zwischen den beiden hier vorgestellten Sprachen möglich sein wird. Darüber hinaus finden sich zur Zeit Entwicklungsbestrebungen die eine Einbettung der RuleML in OWL vorsehen, siehe hierzu unter der URL <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-SWRL-20040521/> (Zugriff am 16.9.2004), so dass in Zukunft mit einer mächtigen Sprache für die Ontologiekonstruktion im Semantic-Web-Umfeld zu rechnen ist.

6.3.3 OWL

OWL, die *Web Ontology Language*, wird vom World-Wide-Web-Konsortium als möglicher Standard zur Definition von Web-Ontologien für das Semantic Web entwickelt. Diese Web-Ontologien sollen dazu dienen, ein Vokabular zur Beschreibung von Web-Seiten bereitzustellen und die Bedeutung und die Zusammenhänge der dafür relevanten Begriffe zu spezifizieren. OWL basiert auf RDF(S) und wird als Weiterentwicklung von DAML+OIL gesehen. Es umfasst drei „Subsprachen“, die auf unterschiedliche Zielgruppen und Anwendungssituationen zugeschnitten sind: *OWL-Lite* unterstützt in erster Linie die Spezifikation einer Klassenhierarchie und einfache Einschränkungsmechanismen wie Kardinalitäten. Dabei wird auf die Reduzierung von Komplexität geachtet, indem nur eine Teilmenge der OWL-Sprachkonstrukte zur Verfügung gestellt wird. *OWL-DL* (in Anlehnung an Description Logics) dagegen beinhaltet das vollständige OWL-Vokabular, dieses kann jedoch nur unter bestimmten Restriktionen verwendet werden. So wird beispielsweise eine strikte Trennung zwischen Klassen, Instanzen und Eigenschaften vorgeschrieben. *OWL-DL* richtet sich damit vor allem an Benutzer, die eine ausdrucksmächtige Sprache wünschen, aber gleichzeitig Wert legen auf operationale Vollständigkeit. *OWL-Full* umfasst dasselbe Vokabular wie *OWL-DL*, die Konstrukte können dabei jedoch ohne Einschränkungen verwendet werden. Damit stellt *OWL-Full* eine Erweiterung von RDF dar, bei der die größtmögliche Ausdrucksmächtigkeit im Vordergrund steht.

Die aktuelle Version von OWL (vom 10.02.2004) besitzt den Status einer „Recommendation“¹²⁸. Zurzeit werden erste Erfahrungen mit Implementierungen in der Praxis geprüft. OWL ist somit eine sehr neue, wenig erprobte Sprache und wird aufgrund der fehlenden Tool-Unterstützung (zum Zeitpunkt der Ontologieentwicklung für die DMT) nicht weiter betrachtet.

6.4 Vorgehen

Bei der Implementierung sollte berücksichtigt werden, dass in dieser Phase nicht ein, sondern zwei Ontologien erstellt wurden. Dies ist im Vorgehensmodell KOWIEN nicht explizit vorgesehen. Dennoch können die darin enthaltenen Aktivitäten gemäß ihrer Spezifikation durchgeführt werden, weil jede der beiden Ontologien auf die gleiche Art und Weise wie im Vorgehensmodell beschrieben implementiert wird.

128) Die vollständige Spezifikation von OWL ist unter <http://www.w3.org/TR/owl-ref/> zu finden; ein Überblick über die Eigenschaften der Sprache wird im OWL Language Guide unter <http://www.w3.org/TR/owl-features/> gegeben (Zugriff am 15.09.2004).

6.4.1 Formale Sprachen auswählen

Das Problem der Auswahl mehrerer formaler Sprachen wurde bereits in Unterkapitel 6.2.1 dargestellt. Die Entscheidung, F-Logic und DAML+OIL zu verwenden, wurde insbesondere durch die gegebene Werkzeugunterstützung (OntoEdit und OntoBroker) beeinflusst. Des Weiteren war es aus Gründen der Wiederverwendbarkeit der Ontologie(n) wichtig, Sprachen zu wählen, die dokumentiert und auch allgemein bekannt sind. Für die Wiederverwendbarkeit spielt auch die Tool-Unterstützung außerhalb des KOWIEN-Projekts eine Rolle. Für F-Logic wurden nicht nur in OntoEdit und OntoBroker, sondern auch in den Werkzeugen Protégé-2000 und in WebODE¹²⁹⁾ Schnittstellen implementiert. DAML+OIL wird zum Beispiel von OilEd¹³⁰⁾, WebODE und Protégé-2000 unterstützt. Damit können die Ontologien später auch mit Hilfe anderer Tools bearbeitet und leicht in einem anderen Kontext wieder verwendet werden.

6.4.2 Ontologien in formale Darstellungen transformieren

Da für die Entwicklung der Kompetenz-Ontologie das Werkzeug OntoEdit genutzt wurde, konnten die im Rahmen der Konzeptualisierung identifizierten Konzepte, Attribute, Relationen und Instanzen in OntoEdit eingegeben werden (sofern sie nicht schon vorher darin erfasst worden waren). Auch diejenigen Inferenzregeln, die die Eigenschaften bestimmter Relationen spezifizieren (beispielsweise Transitivität), konnten mit Hilfe von OntoEdit leicht formuliert werden. Für alle weiteren Inferenz- und Integritätsregeln war es jedoch notwendig, sie bereits in formaler Schreibweise (in F-Logic-Format) in das Werkzeug einzugeben.

Dabei ergaben sich, zusätzlich zu den bereits erwähnten Schwierigkeiten bei der Formulierung einiger Integritätsregeln, Probleme mit der Abfrage von Variablen aus der Systemumgebung. Beispielsweise wird für die Inferenzregel, nach der die Wahrscheinlichkeit einer mindestens 2 Jahre alten Kompetenzaussage auf 40 Prozent herabgesetzt wird (siehe Unterkapitel 5.5.3), die aktuelle Zeit benötigt. Da diese zurzeit nicht über OntoEdit oder OntoBroker ermittelt werden kann, wird die Regel zunächst „statisch“ formuliert. Alle Kompetenzaussagen, die zuletzt im Jahr 2001 oder früher geändert wurden, werden als

129) Aktuelle Informationen zu Protégé-2000 sind unter der URL <http://protege.stanford.edu/index.html> (Zugriff am 8.09.2004) zu finden. Eine ausführlichere Darstellung zu WebODE wird in ARPÍREZ ET AL. (2001), S. 6 ff. gegeben. Problematisch bei WebODE ist, dass auf der Homepage nicht von einer Unterstützung, im Gegensatz zur vorgenannten Quelle, von F-Logic berichtet wird (vgl. <http://delicias.dia.fi.upm.es/webODE/>, Zugriff am 16.9.2004).

130) Weitere Informationen zum Ontologie-Editor OilEd werden unter der URL <http://oiled.man.ac.uk/> (Zugriff am 8.09.2004) zur Verfügung gestellt.

nicht aktuell eingestuft, damit das System ihre Wahrscheinlichkeit auf 40 Prozent setzt, falls diese nicht vorher schon 40 Prozent oder weniger betrug. Es ist wünschenswert, dass durch den KOWIEN-Prototyp eine entsprechende Variable mit dem jeweils aktuellen Datum gesetzt werden kann, um diese Inferenzregel „dynamisch“ formulieren zu können.

Bei der Formalisierung wurden einige syntaktische Fehler entdeckt, die bei der Formulierung der Regeln entstanden. Gemäß dem Vorgehensmodell KOWIEN wurde daraufhin die Ontologie überprüft und entsprechend verbessert.

6.4.3 Ontologien implementieren

Sobald die Konzeptualisierung vollständig in OntoEdit übertragen war und auch die Integritäts- und Inferenzregeln in OntoEdit formal spezifiziert waren, konnte die dadurch entstandene (OXML-) Ontologie in die beiden Formate F-Logic und DAML+OIL exportiert werden. Die daraufhin durch OntoEdit generierten Ontologien wurden jedoch noch manuell nachbearbeitet, weil das Werkzeug beispielsweise die Eigenschaften der Relationen (wie etwa Transitivität, siehe auch Unterkapitel 5.4.4) in der DAML+OIL-Ontologie nicht spezifiziert hatte. Diese Eigenschaften wurden nachträglich in die Ontologie eingefügt, ebenso wie einige Kommentare und Erläuterungen, die nach dem Export durch OntoEdit in der mittels F-Logic repräsentierten Ontologie fehlten.

Die Implementierung der Kompetenz-Ontologien konnte anschließend als beendet angesehen werden, weil der KOWIEN-Prototyp, in dessen Rahmen die (noch auszuwählende) Ontologie als Subsystem zu implementieren ist, noch nicht fertig gestellt war.

6.5 Ergebnisse

Um einen Eindruck von den Ergebnissen der Implementierung zu vermitteln, werden in den folgenden beiden Unterkapiteln Ausschnitte aus den zwei resultierenden Ontologien dargestellt. Für jede der Ontologien werden als Beispiele die Spezifikationen des gleichen abzubildenden Realitätsausschnitts gezeigt, damit diese Spezifikationen direkt miteinander verglichen werden können. Die unten aufgeführten Ontologie-Ausschnitte umfassen die formalen Spezifikationen derjenigen Konzepte, Attribute, Relationen und Regeln, die während der Konzeptualisierung für den Realitätsausschnitt **Projekte** erarbeitet wurden. Ein Teil dieser Konstrukte ist bereits bei den Ergebnissen der Konzeptualisierung in informaler und semiformaler Form vorgestellt worden (siehe Unterkapitel 5.5).

Auffallende Unterschiede, die in den folgenden Ausschnitten deutlich werden, liegen beispielsweise im Umfang der Repräsentation. Während der Ausschnitt der F-Logic-Ontologie nur wenige Zeilen umfasst, ist der inhaltlich vergleichbare Teil der

DAML+OIL-Ontologie aufgrund der zahlreichen erforderlichen Tags hier knapp zwei Seiten lang. Ein weiterer Nachteil von DAML+OIL, der an dieser Stelle jedoch nicht sichtbar wird, ist die fehlende Möglichkeit zur Spezifikation von Regeln. Bis auf wenige Ausnahmen, wie etwa Kardinalitäten und Transitivität, können in DAML+OIL keine Integritäts- oder Inferenzregeln formuliert werden. Andererseits stellt DAML+OIL im Gegensatz zu F-Logic Konstrukte zur Spezifikation von Synonymen und disjunkten Konzepten sowie zur Angabe zusätzlicher Erläuterungen (comment) bereit.

6.5.1 F-Logic-Ontologie (Ausschnitt)

Projekt::konkretes_Denkobjekt.

// Einmaliges, neuartiges, zeitlich begrenztes Vorhaben mit einem definierten Ziel, das die Zusammenarbeit mehrerer Personen unter einer Leitung erfordert.

Auftrag::Projekt.

// Externer Kundenauftrag

F_und_E_Projekt::Projekt.

// Projekt fuer Forschung und Entwicklung mit oeffentlichem Zuschussgeber

Internes_Projekt::Projekt.

Grossprojekt::Auftrag.

// Auftrag mit mindestens einer Million Euro Umsatz

Normales_Projekt::Auftrag.

// Auftrag mit weniger als einer Million Euro Umsatz

Projekt[hat_Projekttitel=>xsdSTRING;

hat_Kurzbeschreibung=>>xsdSTRING;

wird_bearbeitet_von_DMT_Einheit=>>Organisationsteil;

wird_geleitet_von_Projektleiter=>Mitarbeiter;

wird_bearbeitet_von_MA=>>Mitarbeiter;

hat_Auftraggeber=>>Organisation;

wird_bearbeitet_mit_Projektpartner=>>Organisation;

hat_Budget_in_Euro=>xsdINTEGER;

hat_Starttermin=>>Datum;

hat_Endtermin=>>Datum;

erfordert_Kompetenz=>>Kompetenz].

KOWIEN:F_und_E_Projekt.

KOWIEN[hat_Projekttitel->>"Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-Netzwerken";

wird_bearbeitet_von_DMT_Einheit->>IPM;

wird_geleitet_von_Projektleiter->>MA_F_Sowa;

wird_bearbeitet_von_MA->>MA_A_Bremer;

wird_bearbeitet_von_MA->>MA_F_Sowa;

wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>Universitaet_Duisburg_Essen;

wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>CommaSoft;

wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>KSM_Koeln;

wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>Roland_Berger;
 hat_Starttermin->>"01_10_2001";
 hat_Endtermin->>"31_08_2004";
 erfordert_Kompetenz->>Einsatzbereitschaft;
 erfordert_Kompetenz->>Kooperationsfaehigkeit;
 erfordert_Kompetenz->>Wissensmanagement_Organisationales_Lernen;
 hat_F_und_E_Projektstatus->>in_Bearbeitung].

6.5.2 DAML+OIL-Ontologie (Ausschnitt)

```
<daml:Class rdf:about="#Projekt">
  <rdfs:comment xml:lang="de">Einmaliges, neuartiges, zeitlich begrenztes Vorhaben
  mit einem definierten Ziel, das die Zusammenarbeit mehrerer Personen unter einer Lei-
  tung erfordert</rdfs:comment>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#konkretes_Denkobjekt"/>
  <daml:subClassOf>
    <daml:Restriction daml:minCardinality="1" daml:Cardinality="1">
      <daml:onProperty rdf:resource="#hat_Projekttitel"/>
      <daml:toClass rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING"/>
    </daml:Restriction></daml:subClassOf>
    <daml:subClassOf><daml:Restriction daml:minCardinality="1">
      <daml:onProperty rdf:resource="#hat_Auftraggeber"/>
      <daml:toClass rdf:resource="#Organisation"/>
    </daml:Restriction></daml:subClassOf>
    <daml:subClassOf>
      <daml:Restriction daml:minCardinality="1" daml:maxCardinality="1">
        <daml:onProperty rdf:resource="#wird_geleitet_von_Projektleiter"/>
        <daml:toClass rdf:resource="#Mitarbeiter"/>
      </daml:Restriction></daml:subClassOf>
    <daml:subClassOf><daml:Restriction daml:minCardinality="1">
      <daml:onProperty rdf:resource="#wird_bearbeitet_von_DMT_Einheit"/>
      <daml:toClass rdf:resource="#Organisationsteil"/>
    </daml:Restriction></daml:subClassOf>
  </daml:Class>
  <daml:Class rdf:about="#Auftrag">
    <rdfs:comment xml:lang="de">Externer Kundenauftrag</rdfs:comment>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Projekt"/>
  </daml:Class>
  <daml:Class rdf:about="#F_und_E_Projekt">
    <rdfs:comment xml:lang="de">Projekt fuer Forschung und Entwicklung mit
    oeffentlichem Zuschussgeber</rdfs:comment>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Projekt"/>
  </daml:Class>
  <daml:Class rdf:about="#Internes_Projekt">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Projekt"/>
  </daml:Class><daml:Class rdf:about="#Grossprojekt">
    <rdfs:comment xml:lang="de">Auftrag mit mindestens einer Million Euro
    Umsatz</rdfs:comment>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Auftrag"/>
    <daml:disjointWithrdf:resource="#Normales_Projekt"/>
  </daml:Class>
  <daml:Class rdf:about="#Normales_Projekt">
    <rdfs:comment xml:lang="de">Auftrag mit weniger als einer Million Euro
    Umsatz</rdfs:comment>
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Auftrag"/>
  </daml:Class>
```

```

<daml:DatatypeProperty rdf:about="#hat_Projekttitel">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:DatatypeProperty>
<daml:DatatypeProperty rdf:about="#hat_Kurzbeschreibung">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:DatatypeProperty>
<daml:ObjectProperty rdf:about="#hat_Auftraggeber">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:ObjectProperty>
<daml:ObjectProperty rdf:about="#wird_bearbeitet_mit_Projektpartner">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:ObjectProperty>
<daml:DatatypeProperty rdf:about="#hat_Budget_in_Euro">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:DatatypeProperty>
<daml:ObjectProperty rdf:about="#hat_Starttermin">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:ObjectProperty>
<daml:ObjectProperty rdf:about="#hat_Endtermin">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:ObjectProperty>
<daml:ObjectProperty rdf:about="#wird_bearbeitet_von_MA">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:ObjectProperty>
<daml:ObjectProperty rdf:about="#wird_geleitet_von_Projektleiter">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:ObjectProperty>
<daml:ObjectProperty rdf:about="#wird_bearbeitet_von_DMT_Einheit">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:ObjectProperty>
<daml:ObjectProperty rdf:about="#erfordert_Kompetenz">
  <rdfs:comment xml:lang="de">Projekte erfordern v.a. Fachkompetenz, es koennen
aber auch andere Kompetenzarten gebraucht werden</rdfs:comment>
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
</daml:ObjectProperty>

<a:F_und_E_Projekt rdf:about="#KOWIEN">
  <a:hat_Projekttitel>Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-
Netzwerken</a:hat_Projekttitel>
  <a:wird_bearbeitet_von_DMT_Einheit rdf:resource="#IPM"/>
  <a:wird_geleitet_von_Projektleiter rdf:resource="#MA_F_Sowa"/>
  <a:wird_bearbeitet_von_MA rdf:resource="#MA_A_Bremer"/>
  <a:wird_bearbeitet_von_MA rdf:resource="#MA_F_Sowa"/>
  <a:wird_bearbeitet_mit_Projektpartner rdf:resource=
"#Universitaet_Duisburg_Essen"/>
  <a:wird_bearbeitet_mit_Projektpartner rdf:resource="# CommaSoft"/>
  <a:wird_bearbeitet_mit_Projektpartner rdf:resource="# KSM_Koeln"/>
  <a:wird_bearbeitet_mit_Projektpartner rdf:resource="# Roland_Berger"/>
  <a:hat_Starttermin rdf:resource="#01_10_2001"/>
  <a:hat_Endtermin rdf:resource="#31_08_2004"/>
  <a:erfordert_Kompetenz rdf:resource="#Einsatzbereitschaft"/>
  <a:erfordert_Kompetenz rdf:resource="#Kooperationsfaehigkeit"/>
  <a:erfordert_Kompetenz rdf:resource=
"#Wissensmanagement_Organisationales_Lernen"/>
  <a:hat_F_und_E_Projektstatus rdf:resource="#in_Bearbeitung"/>
</a:F_und_E_Projekt>

```

7 Evaluation

7.1 Ziele

Die Evaluation dient dazu, die Ontologie (hier: die beiden Ontologien) hinsichtlich eines Referenzrahmens zu beurteilen¹³¹⁾, der durch die Anforderungsspezifikation konstituiert wird. Mit diesem muss die Ontologie verglichen werden, um anschließend eine Bewertung und gegebenenfalls Verbesserung der Ontologie vorzunehmen. Dieses Vorgehen soll sicherstellen, dass die Ontologie die Anforderungen erfüllt und später von den Anwendern akzeptiert wird. Bei der Ontologieentwicklung werden zwei Ontologien implementiert und evaluiert (damit werden die beiden Sprachen auch miteinander verglichen). Das Ziel dieser Vorgehensweise ist die möglichst genaue Evaluation verschiedener Sprachen nicht nur vor ihrer Anwendung bei der Implementierung, sondern auch darüber hinaus. Dadurch können zwei fertig gestellte Ontologien bewertet und daraus die im Sinne der Anforderungen „beste“ ausgewählt werden.

7.2 Problemstellungen und Lösungsansätze

7.2.1 Auswahl der „Evaluatoren“

Für die Durchführung der Evaluation in einer Ontologieentwicklung ist es einerseits erforderlich, Experten aus dem Bereich Ontologien und Wissensrepräsentation hinzuzuziehen, andererseits ist aber auch die Befragung der zukünftigen Anwender notwendig, um die Funktionalität der Ontologie zu beurteilen. Die Auswahl von Personen für die Evaluation der beiden Kompetenz-Ontologien gestaltet sich schwierig, weil die Mitarbeiter der DMT keine Erfahrung in der Entwicklung oder der Beurteilung von Ontologien besitzen. Es ist jedoch von großer Bedeutung, dass bei der Evaluation besonders die beiden zur Repräsentation verwendeten Sprachen berücksichtigt werden, damit anschließend die hinsichtlich der Anforderungen am besten geeignete Ontologie bestimmt werden kann. Aus diesem Grund werden im Rahmen der Evaluation nicht nur Mitarbeiter der DMT, sondern darüber hinaus auch Mitarbeiter des Instituts für PIM und des Software-Partners CommaSoft AG befragt. Bei dieser Befragung, die in den Unterkapiteln 7.3.1 und 7.3.2 erläutert wird, werden unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt: Bei der Befragung von Vertretern der DMT steht die Beurteilung der Funktionalität und des grundsätzlichen Aufbaus der Ontologien im Mittelpunkt. Bei den weiteren Befragungen ist es ebenso wichtig, die auf die unter-

131) Vgl. GÓMEZ-PÉREZ (2001), S. 393.

schiedlichen Sprachen zurückzuführenden Qualitätsunterschiede zu identifizieren, um diese dann für die Auswahl der „besseren“ Ontologie heranzuziehen.

7.2.2 Messung und Auswertung der Ergebnisse

In der Anforderungsspezifikation wurden bereits erste Überlegungen zur Operationalisierung der Gütekriterien dargestellt, diese reichen jedoch nicht aus, um die Erfüllung der Anforderungen durch die Ontologien messen und bewerten zu können, weil sie noch nicht vollständig operationalisiert worden sind. Daher werden anhand der schon identifizierten Indikatoren (siehe dazu auch Unterkapitel 3.2.5) und aufbauend auf weiteren Ergebnissen des KOWIEN-Projekts¹³²⁾ Messgrößen für die Berechnung von Kennzahlen festgelegt. Für das Kriterium der Klarheit ist beispielsweise der Indikator *Anzahl der intersubjektiv nicht nachvollziehbaren Konstrukte* (NniN) bestimmt worden, der in der Messgröße $\alpha_{\text{NniN}} = \text{NniN} / \text{NK}$ (mit NK = Anzahl aller Konstrukte in der Ontologie) zur Berechnung einer Kennzahl für die Klarheit benutzt wird. Zur einfacheren und intersubjektiv nachvollziehbaren Bewertung werden Schwellenwerte festgelegt, anhand derer sich eine Kennzahl immer genau einem Wert auf der Ordinalskala zuordnen lässt. So wird zum Beispiel die Klarheit einer Ontologie mit $0,01 \leq \alpha_{\text{NniN}} \leq 0$ als sehr gut bewertet. Die Festlegung dieser Schwellenwerte orientiert sich an den Sollwerten, die die Mitarbeiter der DMT durch das Ausfüllen des Fragebogens „Erhebung des Soll-Ontologie-Profiles“ bestimmt haben. Die Kennzahl wird anschließend auf einer Ordinalskala eingeordnet, indem man sie mit einem der Werte 0 bis 4 (hier: *keine, geringe, durchschnittliche, gute* oder *sehr gute* Klarheit) bewertet.

Diese Art der Bewertung soll dazu beitragen, das Ausfüllen des Fragebogens für die „Evaluatoren“ zu vereinfachen und die Ergebnisse vergleichbarer zu machen. Dabei ist zu beachten, dass zur Beurteilung der Ontologien nicht mit einer Kardinalskala gearbeitet wird, um anschließend etwa einen Nutzwert für jede Ontologie berechnen zu können. Die für die Erfüllung der Anforderungen vergebenen „Punkte“ sind stattdessen als ordinale Bewertung zu sehen, die später für die Visualisierung der Ergebnisse und für die Auswahl der „besten“ Ontologie verwendet wird.

132) Vgl. ALAN/ALPARSLAN/DITTMANN (2003), S. 57 f.

7.3 Methoden

7.3.1 Strukturiertes Interview

Ähnlich wie bereits in der Phase der Wissensakquisition (siehe Unterkapitel 4.3.1) wird für die Evaluation eine Befragung vorgenommen, um Informationen über die (subjektiv wahrgenommene) Qualität der Ontologien zu erheben. Im Unterschied zur Wissensakquisition wird hier jedoch nicht nur eine Agenda für den groben Ablauf erstellt, sondern ein detaillierter Fragebogen, in dem die einzelnen bei der Anforderungsspezifizierung festgelegten Kriterien noch einmal erläutert und operationalisiert werden. Dafür wird ein bereits am Institut für PIM erarbeiteter Fragebogen („Erhebung des Ist-Ontologie-Profiles“)¹³³⁾ als Ausgangsbasis verwendet, und die darin enthaltenen Kriterien werden an die Kriterien der Anforderungsspezifikation angepasst. Durch strukturierte Interviews, die bereits früher schon ausführlich dargestellt worden sind (siehe ebenfalls Unterkapitel 4.3.1), wird der Fragebogen anschließend mit verschiedenen Repräsentanten der DMT ausgefüllt. Die Befragung der Mitarbeiter der DMT wird persönlich durchgeführt, besonders um auch eventuelle Fragen bezüglich der „Handhabung“ der Ontologien beantworten zu können.

7.3.2 Schriftliche Befragung

Wie bereits erwähnt, werden neben den Mitarbeitern der DMT weitere am Projekt KOWIEN beteiligte Personen für die Evaluation der Kompetenz-Ontologien befragt. Um zusätzliche Bewertungen der Ontologien, insbesondere der verwendeten Sprachen, zu erheben, haben einige Mitarbeiter des Instituts für PIM und der CommaSoft AG ebenfalls den Evaluationsfragebogen erhalten. Diese Personen wurden auf schriftlichem Wege befragt, indem die Zusendung des Fragebogens und der Ontologien sowie das Zurückschicken des ausgefüllten Fragebogens via Email durchgeführt wurden.¹³⁴⁾ Vorteile dieser „postalischen“ Befragung liegen neben dem reduzierten (zeitlichen und organisatorischen) Aufwand für den Interviewer vor allem darin, dass die Befragten sich mehr Zeit zum Ausfüllen des Fragebogens nehmen können und möglicherweise ehrlicher und konzentrierter antworten als in Anwesenheit des Interviewers.

Einige Ausschnitte aus dem Fragebogen, der sowohl bei den Interviews als auch bei der schriftlichen Befragung verwendet wird, werden in Unterkapitel 7.5.1 dargestellt; der vollständige Fragebogen ist im Anhang zu finden.

133) Vgl. ALAN/ALPARSLAN/DITTMANN (2003), S. 159 ff.

134) Für weitere Informationen zur Methode der schriftlichen Befragung siehe SCHNELL/HILL/ESSER (1995), S. 333.

7.4 Vorgehen

Auch für den Ablauf der Evaluation ist zu beachten, dass die im Vorgehensmodell spezifizierten Aktivitäten für zwei Ontologien durchgeführt werden mussten. Darüber hinaus ist es wichtig, dass die Ontologieentwicklung mit der Evaluation oft nicht abgeschlossen ist. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Evaluation kann es notwendig sein, noch einmal zur Implementierung „zurückzugehen“ oder sogar das konzeptuelle Modell neu zu überarbeiten.¹³⁵⁾ Die Evaluation einer Ontologie umfasst einerseits ihre Validation und andererseits ihre Verifikation, eine formal exakte Methode, die die Korrektheit der Ontologie garantiert.¹³⁶⁾

7.4.1 Ontologien verifizieren

Im Gegensatz zur Validation wird die Ontologie bei der Verifikation nicht geprüft und bewertet, sondern ihre Korrektheit *nachgewiesen*. Da für die Kompetenz-Ontologien der DMT keine formalsprachliche Spezifikation existierte, wie sie das Wissen über Kompetenzen zu repräsentieren hatten, war ein Beweis ihrer *semantischen Korrektheit* nicht möglich. Der zweite Bestandteil der Verifikation ist der Beweis der *syntaktischen Korrektheit*, wobei die Definitionen aller Konzepte, Attribute, Relationen und Regeln der Ontologien zu untersuchen sind. Aufgrund der Nutzung des Werkzeugs OntoEdit wurde die Codierung der Ontologien mit Ausnahme einiger Regeln und Kommentare hier nicht manuell, sondern durch den Computer vorgenommen. Aus diesem Grund konnte man, für die hier geltenden Ansprüche, von einer korrekten Definition dieser Konstrukte ausgehen.¹³⁷⁾

Eine weitere Verifikation der Ontologien wurde wegen des fehlenden formalen Referenzrahmens nicht durchgeführt; stattdessen wurde die syntaktische und semantische Korrektheit der Ontologien durch Tests (in Form von Abfragen) mit OntoEdit und OntoBroker überprüft.

7.4.2 Fehler aus der Verifikation korrigieren

Ähnlich wie bereits bei der Implementierung (siehe Unterkapitel 6.4.2) wurden im Zuge der Verifikation einige syntaktische Fehler in den manuell formulierten Inferenzregeln der

135) Diese inkrementelle Verbesserung wird auch im Vorgehensmodell KOWIEN dargestellt.

136) Ähnliche Definitionen für den Begriff *Verifikation* werden in GÓMEZ-PÉREZ (2001), S. 393 (für Ontologien) und in BALZERT (1998), S. 446 (für Softwareprogramme allgemein) gegeben.

137) Diese Annahme setzt ein „blindes“ Vertrauen in die Korrektheit von Computern voraus, auf das an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden kann. Einstweilen soll der Verweis auf die Fokussierung auf die Praktikabilität des Vorgehens als Begründung für diese Annahme reichen.

F-Logic-Ontologie festgestellt und daraufhin behoben. Da in der DAML+OIL-Ontologie diese Regeln nicht spezifiziert werden konnten und sie daher nur aus den aus OntoEdit exportierten Daten bestand, mussten darin keine syntaktischen Fehler korrigiert werden. Nachdem auch die Verarbeitung der F-Logic-Ontologie durch OntoEdit und OntoBroker fehlerfrei war, wurde diese ebenfalls als syntaktisch korrekt angesehen.

7.4.3 Ontologien validieren

7.4.3.1 Befragung der Projektbeteiligten

Bei der Validation einer Ontologie wird überprüft und bewertet, inwieweit die Ontologie dem Realitätsausschnitt entspricht, den sie abbilden soll.¹³⁸⁾ Als Referenzrahmen für die Validation wurde hier die Anforderungsspezifikation verwendet, insbesondere die darin festgelegten Gütekriterien und Competency Questions. Anhand dieses Referenzrahmens mussten die „Evaluatoren“, also die Mitarbeiter der DMT, der CommaSoft AG und des Instituts für PIM, einschätzen, welche der beiden Kompetenz-Ontologien am besten die gestellten Anforderungen erfüllt. Der zu diesem Zweck erstellte Fragebogen¹³⁹⁾ umfasste für jedes Kriterium aus der Anforderungsspezifikation Orientierungsfragen und/oder Algorithmen zur Berechnung von Kennzahlen, die die Bewertung der Ontologien erleichtern sollten. Da die Evaluatoren den Fragebogen für beide Ontologien ausfüllten, wurde jede der Ontologien nicht nur mit dem Referenzrahmen, der Anforderungsspezifikation, sondern auch mit der anderen Ontologie verglichen. Auf diese Weise war es schließlich möglich, die für eine Anwendung bei der DMT und im KOWIEN-Projekt am besten geeignete Ontologie auszuwählen.

7.4.3.2 Auswertung der Befragungsergebnisse

Anhand der Antworten der Befragten und der berechneten Kennzahlen wurde für jede der beiden Ontologien zu jedem Kriterium ein Durchschnittswert gebildet, der sich aus der Gesamtheit der ausgefüllten Fragebögen ergab. Diese Durchschnittswerte wurden mit Hilfe von Excel (aus dem Hause der Microsoft AG) in ein Netzdiagramm übertragen und damit graphisch visualisiert. Neben den „Profilen“ der beiden Ontologien enthält das Netzdiagramm auch eine Darstellung der jeweils höchstmöglichen Werte für alle Kriterien, die damit das „Idealprofil“ repräsentiert. Diese Ontologieprofile ermöglichen einen qualitati-

138) Vgl. GÓMEZ-PÉREZ (2001), S. 393.

139) Vgl. hierzu ALAN/ALPARSLAN/DITTMANN (2003), S. 142 ff.

ven Vergleich der F-Logic- mit der DAML+OIL-Ontologie (siehe auch Unterkapitel 7.5.2).

Unterschiede in der Bewertung der beiden Ontologien ergaben sich in erster Linie nur beim Kriterium der Spracheignung. Für die Wiederverwendbarkeit wurden den Ontologien von einigen Evaluatoren ebenfalls unterschiedliche Bewertungen vergeben, alle weiteren Kriterien wurden nach Ansicht der Befragten von beiden Ontologien gleich gut erfüllt.

Anhand der Ergebnisse zu diesen letzten Kriterien konnte daher eine allgemeine Überprüfung der nicht durch die Sprache beeinflussten, „inhaltlichen Qualität“ der beiden Ontologien vorgenommen werden. Wie aus den Netzdiagrammen der Ontologien deutlich wird, erhielten beide Ontologien hohe Bewertungen für die Kriterien **Klarheit**, **funktionale Vollständigkeit**, **Konsistenz** und **Richtigkeit der Sprachanwendung**. Besonders bei der Klarheit und der funktionalen Vollständigkeit war dieses Ergebnis überaus wichtig, da für diese Kriterien im Rahmen der Anforderungsspezifizierung eine sehr hohe Priorität festgelegt worden war. Die Einfachheit der Ontologien sowie ihre Erweiterbarkeit und auch ihre Minimalität bewerteten die Evaluatoren etwas schlechter, aber immer noch deutlich überdurchschnittlich. Die einzelnen Kritikpunkte der Evaluatoren waren sehr ähnlich und bezogen sich meist auf die oberen Ebenen der Ontologien, die von der KOWIEN-Ontologie übernommen worden waren. Hier wünschten sich die befragten Personen eine weiter gehende Vereinfachung der Konzeptionshierarchie und eine stärkere Fokussierung auf die für die DMT relevanten und verständlichen Konzepte. Diese Anregungen wurden dann durch weitere Überarbeitungen und Verbesserungen umgesetzt (siehe dazu das folgende Unterkapitel 7.4.4).

Bezüglich der **Wiederverwendbarkeit** sahen einige der Evaluatoren Vorteile in der Wahl der DAML+OIL-Ontologie. Aufgrund ihrer großen Bedeutung für den Forschungsansatz des Semantic Web ist es wahrscheinlich, dass die Sprache DAML+OIL auch später noch zahlreichen Personen bekannt ist und sie von vielen Werkzeugen unterstützt wird. F-Logic ist ebenfalls weit verbreitet, daher wurde die Wiederverwendbarkeit der F-Logic-Ontologie nur geringfügig schlechter beurteilt.

Beim Kriterium der **Spracheignung** bewerteten die Evaluatoren die F-Logic-Ontologie dagegen deutlich besser als die DAML+OIL-Ontologie, was auch aus der Übersicht der Netzdiagramme ersichtlich ist (siehe Unterkapitel 7.5.2). Hauptursache für diese Bewertung war die größere Ausdrucksfähigkeit von F-Logic. In der aktuellen Version von DAML+OIL ist zwar die Spezifikation und Verarbeitung von Relationseigenschaften wie Transitivität möglich, die Formulierung von Integritätsregeln und nicht-deduktiven Inferenzregeln jedoch nicht. Die im Rahmen der Konzeptualisierung identifizierten Regeln

(siehe Unterkapitel 5.5.3) konnten daher nicht in die DAML+OIL-Ontologie mit aufgenommen werden.

Aus diesem Grund stellt die F-Logic-Ontologie die hinsichtlich der aufgestellten Anforderungen besser geeignete Ontologie dar. Sie wird für die weitere Verwendung im Kontext des KOWIEN-Projekts ausgewählt und zu diesem Zweck noch geringfügig überarbeitet. Ebenfalls aus diesem Grund findet sich im Anhang die Ontologie lediglich in F-Logic.

7.4.4 Fehler aus der Validation korrigieren

Nachdem anhand der unterschiedlichen Bewertungen der beiden Ontologien durch die Evaluatoren die in diesem Zusammenhang „beste“ Ontologie bestimmt worden war, wurden die bei der Validation angeregten Verbesserungsvorschläge überprüft und umgesetzt. Bei dieser weiteren Überarbeitung wurde jedoch nur noch die F-Logic-Ontologie berücksichtigt, da sie die bei der DMT und im KOWIEN-Projekt einzusetzende Ontologie darstellt.

Ein großer Teil der von den Evaluatoren angesprochenen Kritikpunkte bezog sich auf die oberen Ebenen der Kompetenz-Ontologien. Diese waren aus der KOWIEN-Ontologie übernommen worden, stellten sich jedoch im Nachhinein als nicht notwendig für die Kompetenz-Ontologien heraus. Daher wurden einige Konzepte der oberen Ebenen entfernt, um die Konzepttiefe der Ontologie zu verringern und ihre Einfachheit und Minimalität zu verbessern. Das Konzept `metasprachliche_Entitaet` beispielsweise wurde zusammen mit seinen Subkonzepten gelöscht, da es für die Beschreibung der Kompetenzen der DMT nicht benötigt wurde. Um weiterhin textuelle Erläuterungen zu Instanzen hinterlegen zu können, wie es vorher durch Instanzen des Konzepts `Definition` realisiert wurde, wurde ein zusätzliches Attribut `wird_erläutert_durch` vom Typ `STRING` spezifiziert. Darüber hinaus wurden einige der Konzeptbezeichnungen vereinfacht (`konkretes_Denkobjekt` wurde z.B. ersetzt durch `konkretes_Objekt`) oder verallgemeinert (von `DMT-interne_Weiterbildung` zu `interne_Weiterbildung`), damit die Einfachheit und die Wiederverwendbarkeit der Ontologie verbessert wurden. Diese und weitere Überarbeitungen wurden (da sie einen „Rücksprung“ zur Phase der Konzeptualisierung darstellten) zur Erhöhung der Nachvollziehbarkeit in das Dokument der Design-Entscheidungen eingefügt.¹⁴⁰ Sie hatten zur Folge, dass die (F-Logic-)Kompetenz-Ontologie nur noch eine maximale Konzepttiefe von 9 und eine durchschnittliche Konzepttiefe von 6,48 besitzt. Nach der Implementierung lagen diese Werte noch bei 12 und bei 9,02, so dass die Ontologie stark vereinfacht und ihr Um-

140) Vgl. Anhang B-3.

fang reduziert wurde. Diese Überarbeitungen trugen dazu bei, die Qualität der Ontologie zu verbessern und dadurch ihre Akzeptanz bei den zukünftigen Benutzern zu erhöhen.

Die beiden im Vorgehensmodell KOWIEN enthaltenen Aktivitäten, die das Testen der Ontologie in ihren zukünftigen Anwendungsbereichen und die Korrektur der dabei entdeckten Fehler beschreiben, wurden bei der DMT-Ontologieentwicklung nicht berücksichtigt. Die Umsetzung dieser Funktionen war nicht möglich, weil zum Zeitpunkt der Entwicklung noch kein Anwendungssystem zur Verfügung stand, in dessen Rahmen die gewählte Ontologie eingesetzt werden konnte. Der von der CommaSoft AG entwickelte Prototyp stellt ein solches Anwendungssystem bereit, das einen benutzerfreundlichen Zugriff auf die Konstrukte der Ontologie und auf die Wissensbasis ermöglicht.

7.5 Ergebnisse

Zu den Ergebnissen dieser Phase zählt zum einen der Fragebogen, der für die Erhebung der Ist-Profile der beiden Ontologien verwendet wurde. Er ist aufbauend auf einem bereits am Institut für PIM erarbeiteten Artefakt („Erhebung des Ist-Ontologie-Profils“) erstellt worden und erweitert die in der Anforderungsspezifizierung vorgeschlagenen Ansätze zur Messung und Bewertung der Qualität der Ontologien hinsichtlich der Gütekriterien.¹⁴¹⁾

Die durch die Auswertung der ausgefüllten Fragebögen gewonnenen Profile stellen ein weiteres bedeutendes Ergebnis dar, weil sie die Grundlage für eine Entscheidung für eine der beiden Ontologien bilden. Diese Profile werden in Unterkapitel 7.5.2 in graphischer Form als Netzdiagramm zusammengefasst aufgeführt.

141) Das Artefakt findet sich in ALAN/ALPARSLAN/DITTMANN (2003), S. 142 ff.

7.5.1 Evaluationsfragebogen

Der Fragebogen umfasste für jedes in der Anforderungsspezifikation festgelegte Kriterium Fragen an die Evaluatoren, die eine Orientierung für die Bewertung der Ontologien darstellten. Im Vordergrund der Evaluation stand die Anwendbarkeit in der Praxis (im Sinne des Forschungsvorhabens), deshalb wurde bei der Entwicklung des Fragebogens darauf geachtet, dass möglichst plausibel und „einfach“ ein Kriterium erfasst werden kann. Dieses Vorgehen wird bewusst einem wissenschaftlichen Ansprüchen genügenden Ansatz vorgezogen, um eine Anwendbarkeit in der Praxis zu ermöglichen.¹⁴²⁾ Die folgende Abbildung zeigt noch einmal eine Übersicht über die Kriterien.

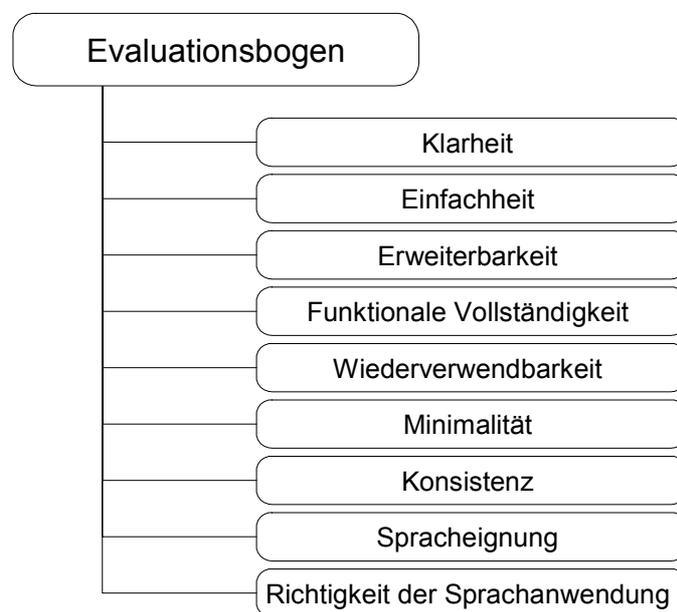


Abbildung 9: Kriterien für die Evaluation

Klarheit

Frage: Ist die Bedeutung der Konstrukte der Ontologie (so, wie sie durch Dokumentation beschrieben ist oder wie sie durch Verbindungen zu anderen Konstrukten deutlich wird) anders als die Bedeutung in Ihrem Arbeitsbereich? Falls nein, welchen Konstrukten werden von Ihnen oder Ihrer Abteilung andere Bedeutungen zugeschrieben?

Berechnung: Anteil der Konstrukte in der Ontologie, die intersubjektiv nicht nachvollziehbar sind: $\alpha_{NniN} = \frac{NniN}{NK}$ mit $NK \neq 0$ und $1 \geq \alpha_{NniN} \geq 0$; mit α_{NniN} = Anteil der Konstrukte in der Ontologie, die intersubjektiv nicht nachvollziehbar sind, NK = Anzahl aller Konstrukte, $NniN$ = Anzahl der nicht intersubjektiv nachvollziehbaren Konstrukte.

142) Es gilt hierbei die Regel: so viel Wissenschaft wie möglich und so viel Praxis wie nötig.

Bewertung: Keine Klarheit (0): $1 \geq \alpha_{\text{NniN}} > 0,1$; geringe Klarheit (1): $0,1 \geq \alpha_{\text{NniN}} > 0,06$; durchschnittliche Klarheit (2): $0,06 \geq \alpha_{\text{NniN}} > 0,03$; gute Klarheit (3): $0,03 \geq \alpha_{\text{NniN}} > 0,01$; sehr gute Klarheit (4): $0,01 \geq \alpha_{\text{NniN}} \geq 0$

Einfachheit

Frage: Wie würden Sie die Einfachheit der Kompetenz-Ontologie hinsichtlich der Tiefe der Begriffshierarchie bewerten?

Berechnung: Messgröße zur Bestimmung der Komplexität einer Ontologie hinsichtlich ihrer Konstrukte:

$$\text{NSI} = \frac{\text{NC}}{\text{NC} + \text{NR} + \text{NA}}$$

mit NC = Anzahl der Konzepte in der Ontologie, NR = Anzahl der nicht-taxonomischen Relationen in der Ontologie, NA = Anzahl der Regeln (Axiome) in der Ontologie; zusätzlich subjektive Einschätzung der Komplexität der Konzepttiefe durch die Evaluatoren (Bewertung von 0, große Komplexität, bis 4, hohe Simplizität).

g, NR = Anzahl der nicht-taxonomischen Relationen in der Ontologie, NA = Anzahl der Regeln (Axiome) in der Ontologie; zusätzlich subjektive Einschätzung der Komplexität der Konzepttiefe durch die Evaluatoren (Bewertung von 0, große Komplexität, bis 4, hohe Simplizität).

Bewertung: Zunächst Bewertung der Komplexität der Ontologie hinsichtlich ihrer Konstrukte: sehr geringe Konstruktkomplexität (4): $0,8 \leq \text{NSI} \leq 1$; geringe Konstruktkomplexität (3): $0,6 \leq \text{NSI} < 0,8$; durchschnittliche Konstruktkomplexität (2): $0,3 \leq \text{NSI} < 0,6$; hohe Konstruktkomplexität (1): $0,15 \leq \text{NSI} < 0,3$; sehr hohe Konstruktkomplexität (0): $0 \leq \text{NSI} < 0,15$. Anschließend erfolgt die Kombination der Komplexität der Konzepttiefe und der Konstruktkomplexität zu einem „Durchschnittswert“ zwischen 0 (keine Einfachheit) und 4 (sehr gute Einfachheit) durch die Evaluatoren.

Erweiterbarkeit

Frage: Wie würden Sie den Aufwand für Erweiterungen der DMT-Ontologie (hinsichtlich der dafür benötigten Zeit und der zusätzlich erforderlichen Änderungen an bestehenden Konstrukten) einschätzen?

Berechnung: Es erfolgt eine subjektive Einschätzung der Erweiterbarkeit durch die Evaluatoren.

Bewertung: Bewertung der Erweiterbarkeit der Ontologie von 0, keine Erweiterbarkeit, bis 4, sehr gute Erweiterbarkeit.

Funktionale Vollständigkeit

Frage: Werden alle Competency Questions der Anforderungsspezifikation von der Kompetenz-Ontologie beantwortet? Falls nein, welche Fragen werden nicht beantwortet? Bitte ordnen Sie unter „Gruppe“ die jeweiligen Fragen entsprechend ihrer Relevanz in die Gruppen A (sehr wichtig), B (wichtig) oder C (weniger wichtig) ein, sofern Ihre Einschätzung nicht mit der Priorisierung aus der Anforderungsspezifikation übereinstimmt. Es ist äußerst

wichtig, dass alle Fragen subsumiert werden, da sonst nicht das Kriterium bei der Bewertung korrekt genutzt wird.

Berechnung: Messgröße zur Bestimmung der funktionalen Vollständigkeit: $MNF = (3 \cdot NbA + 2 \cdot NbB + NbC) / (3 \cdot A + 2 \cdot B + C)$ mit NbA = Anzahl der nicht beantworteten Fragen der Kategorie A, NbB der Kategorie B und NbC der Kategorie C.

Bewertung:¹⁴³⁾ Keine funktionale Vollständigkeit (0): $1 \geq MNF > 0,4$; geringe funktionale Vollständigkeit (1): $0,4 \geq MNF > 0,2$; durchschnittliche funktionale Vollständigkeit (2): $0,2 \geq MNF > 0,08$; gute funktionale Vollständigkeit (3): $0,08 \geq MNF > 0,04$; sehr gute funktionale Vollständigkeit (4): $0,04 \geq MNF \geq 0$.

Wiederverwendbarkeit

Frage: Wie würden Sie die Wiederverwendbarkeit der Kompetenz-Ontologie in Bezug auf den zu erwartenden Aufwand für Änderungen und die Verbreitung der verwendeten Sprache einschätzen?

Berechnung: Subjektive Einschätzung der Wiederverwendbarkeit durch die Evaluatoren.

Bewertung: Bewertung der Wiederverwendbarkeit der Ontologie in vier Stufen von 0, keine Erweiterbarkeit, bis 4, sehr gute Wiederverwendbarkeit.

Minimalität

Frage: Enthält die Kompetenz-Ontologie „überflüssige“ Konstrukte, die ohne den Verlust von Informationen entfernt werden können (redundante Konstrukte) oder die keine Relevanz für den intendierten Anwendungsbereich besitzen? Falls ja, welche sind das?

Berechnung: Messgröße zur Bestimmung der Minimalität der Ontologie: $\alpha_{NRF} = 1 - \frac{NrK}{NK}$

mit NrK = Anzahl nicht relevanter Konstrukte, NK = Anzahl aller Konstrukte.

Bewertung: Keine Minimalität (0): $0 \leq \alpha_{NRF} < 0,6$; geringe Minimalität (1): $0,6 \leq \alpha_{NRF} < 0,8$; durchschnittliche Minimalität (2): $0,8 \leq \alpha_{NRF} < 0,95$; gute Minimalität (3): $0,95 \leq \alpha_{NRF} < 0,98$; sehr gute Minimalität (4): $0,98 \leq \alpha_{NRF} \leq 1$.

Konsistenz

Fragen: Wurden in der Ontologie Widersprüche zwischen den vorhandenen Konstrukten gefunden? Wurde durch die Anwendung von Inferenzregeln neues Wissen erschlossen, das im Widerspruch zu dem expliziten Wissen in der Wissensbasis steht? Bitte beschreiben Sie die festgestellten Inkonsistenzen. Wie würden Sie die Anzahl und Qualität der Inkonsistenzen einschätzen?

143) Um eine größere Aussagefähigkeit zu erhalten wäre bei Bedarf auch eine logarithmische Aufteilung der Bewertungsskala möglich (z. B. in 0; 2; 4; 8; 16).

Berechnung: Subjektive Einschätzung der Konsistenz durch die Evaluatoren.

Bewertung: Bewertung der Konsistenz der Ontologie von 0, sehr geringe Konsistenz, bis 4, sehr gute Konsistenz.

Spracheignung

Frage: Wie würden Sie die Eignung der ausgewählten Sprache (F-Logic oder DAML+OIL) hinsichtlich der Verständlichkeit der Sprache für die Projektbeteiligten, der vorhandenen Tool-Unterstützung und der erforderlichen Ausdrucksfähigkeit für diese Ontologieentwicklung bewerten?

Berechnung: Subjektive Einschätzung der Spracheignung durch die Evaluatoren.

Bewertung: Bewertung der Eignung der Ontologiesprache von 0, sehr geringe Spracheignung, bis 4, sehr gute Spracheignung.

Richtigkeit der Sprachanwendung

Fragen: Wird für die Spezifikation der Konstrukte der Kompetenz-Ontologie nur diejenige Notation benutzt, die in dem Metamodell der gewählten Repräsentationssprache definiert ist? Falls nein, welche sind die im Vergleich zum Metamodell der Sprache fehlenden oder falschen Konstrukte? Wie würden Sie die Anzahl und Qualität der Inkonsistenzen zum Metamodell einschätzen?

Berechnung: Subjektive Einschätzung der Richtigkeit der Sprachanwendung durch die Evaluatoren.

Bewertung: Bewertung der Richtigkeit der Sprachanwendung von 0, kaum richtige Sprachanwendung, bis 4, sehr hohe Richtigkeit der Sprachanwendung.

7.5.2 Befragungsergebnis

Die einzelnen Werte, die sich aus den Antworten der Evaluatoren und aus den berechneten Kennzahlen ergaben, werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Die sechs befragten Personen, die durch die Buchstaben A bis F repräsentiert werden, gaben jeweils zwei verschiedene Bewertungen ab. Eine Bewertung bezog sich auf die F-Logic-Ontologie (in der Tabelle durch FL gekennzeichnet), die andere auf die DAML+OIL-Ontologie (DO). Wie bereits erwähnt, war die schlechtest mögliche Bewertung eine „0“ (sehr geringe Ausprägung) und die bestmögliche Bewertung eine „4“ (für eine sehr gute Ausprägung des Kriteriums).

Kriterium	A		B		C		D		E		F	
	FL	DO										
Klarheit	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4
Einfachheit	3	3	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3
Erweiterbarkeit	2	2	3	3	4	4	2	2	3	3	3	3
Funktionale Vollständigkeit	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4
Wiederverwendbarkeit	3	3	4	4	2	3	3	3	3	3	4	4
Minimalität	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	3
Konsistenz	4	4	4	4	3	3	4	4	2	2	4	4
Spracheignung	-	-	4	2	3	2	3	2	3	2	2	3
Richtigkeit der Sprachanwendung	-	-	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4

Tabelle 2: Bewertung der Ontologien durch die Evaluatoren

Aus den von den Evaluatoren vergebenen Werten wurde für jedes Kriterium und für jede der beiden Ontologien ein Durchschnittswert berechnet, der demnach auch zwischen 0 (sehr geringe Ausprägung des Kriteriums) und 4 (sehr gute Ausprägung des Kriteriums) liegt. Diese Durchschnittswerte wurden dann mit Hilfe von Excel in einem Netzdiagramm graphisch dargestellt. Das Netzdiagramm umfasst die Polarprofile der zwei Ontologien und stellt zusätzlich mit den jeweils höchstmöglichen Werten zu allen Kriterien ein „Ideal-Profil“ dar (siehe Abbildung 10).

Diese Profile ermöglichen einen qualitativen Vergleich der Bewertungsergebnisse zu den beiden Ontologien und darüber hinaus auch eine Validation der Ontologien hinsichtlich der festgelegten Anforderungen. An den Stellen, bei denen die Linien der Ontologieprofile dem Idealprofil „nahe kommen“, erfüllen die Ontologien das jeweilige Kriterium in hohem Maße. Je weiter die Profillinie in Richtung des Mittelpunkts kommt, desto weniger wird das Kriterium durch die betreffende Ontologie erfüllt. Die Abbildung macht deutlich, dass die Profile der beiden Ontologien sehr ähnlich sind. Bei der Spracheignung jedoch wird ein starker Unterschied ersichtlich; die F-Logic-Ontologie wurde von den Evaluatoren hinsichtlich dieses Kriteriums offensichtlich besser bewertet.

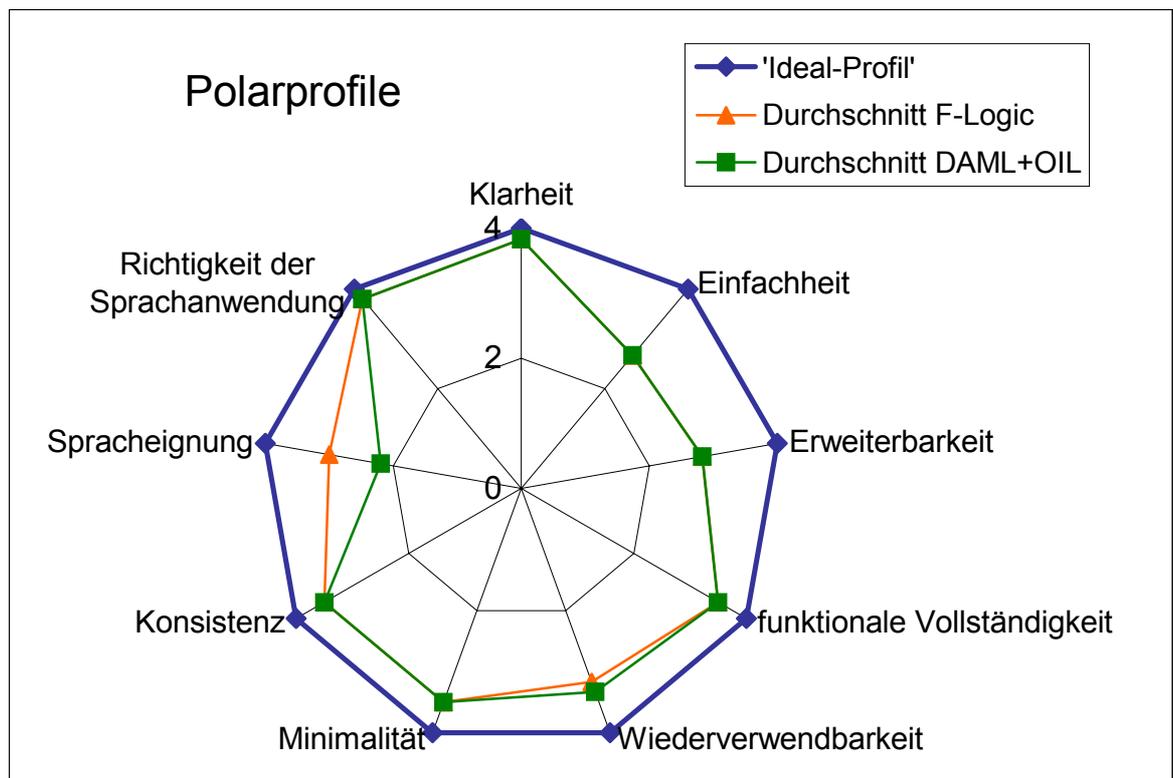


Abbildung 10: Polarprofile (durchschnittliche Bewertung)

8 Fazit

Die vorliegende Arbeit umfasst die detaillierte Darstellung der Konstruktion einer Kompetenz-Ontologie für die DMT im prozeduralen Sinne. Neben einem Überblick über bereits entstandene Ontologien und über die Ausgangssituation der Ontologieentwicklung bei der DMT liefert dieser Projektbericht eine Dokumentation des gesamten Entwicklungsprozesses. Dafür wurden in den vorangegangenen Unterkapiteln die Aktivitäten, die Problemstellungen und die getroffenen Entscheidungen zu jeder Phase beschrieben und die einzelnen Ergebnisse beispielhaft aufgeführt.

Zu diesen Ergebnissen gehören:

- ein Katalog von Gütekriterien als Richtlinien bei der Entwicklung der Kompetenz-Ontologie sowie als Referenzrahmen bei ihrer Überprüfung,
- eine Auflistung und Beschreibung aller identifizierten Wissensträger bei der DMT,
- die Abbildung des relevanten Realitätsausschnitts auf konzeptueller Ebene unter Nutzung von OntoEdit und von Begriffsbäumen,
- die Auswahl zweier formaler Sprachen zur Repräsentation (F-Logic und DAML+OIL) und ihre Beschreibung,
- die Transformation der Konzeptualisierung in zwei formale Repräsentationen mittels Exports aus OntoEdit und manueller Nachbearbeitung,
- eine Evaluation der beiden Repräsentationen anhand der zuvor festgelegten Gütekriterien mit Hilfe der Mitarbeiter der DMT und des Projekts KOWIEN,
- die Auswahl der F-Logic-Ontologie als „DMT-Kompetenz-Ontologie“ aufgrund der besseren Bewertung im Rahmen der Evaluation und
- eine weitere Verbesserung der F-Logic-Ontologie anhand der Antworten und Anmerkungen der Evaluatoren.

Die ausführliche Dokumentation der Erarbeitung dieser Ergebnisse ermöglicht nicht nur eine leichtere Nachvollziehbarkeit der entstandenen Artefakte, insbesondere der DMT-Kompetenz-Ontologie, sondern auch die Überprüfung und Bewertung des angewendeten Vorgehensmodells KOWIEN. Aus der Umsetzung des Vorgehensmodells im Rahmen der Ontologieentwicklung und der Dokumentation dieser Entwicklung konnten Rückschlüsse für eine Verbesserung des Vorgehensmodells gezogen werden. So wurde beispielsweise

deutlich, dass einige der im Vorgehensmodell enthaltenen Aktivitäten ausführlicher beschrieben werden könnten, um seine Anwendungsbezogenheit zu erhöhen.¹⁴⁴⁾

Die entstandene DMT-Kompetenz-Ontologie bildet das Wissen über die Kompetenzen der DMT in Form von Konzepten, Attributen, Relationen und Regeln ab. Damit stellt sie nicht nur den Mitarbeitern des Unternehmens ein gemeinsames Vokabular zur Beschreibung ihrer Kompetenzen bereit, sondern ermöglicht auch die computerverarbeitbare Explikation vorhandener Zusammenhänge und Einschränkungen, die zum Teil zuvor nur implizit vorhanden waren.

Von einem Einsatz der Ontologie im Rahmen eines Kompetenzmanagementsystems, wie etwa des KOWIEN-Prototyps, kann die DMT insofern profitieren, als zum Beispiel Mitarbeitern im Vertrieb und in der Personalabteilung eine detaillierte und aktuelle Übersicht über die Kompetenzen des Unternehmens und der Mitarbeiter bereitgestellt wird. Aufgrund der Wiederverwendbarkeit und Erweiterbarkeit der Ontologie kann sie auch in anderen Unternehmen, beispielsweise bei den anderen Praxispartnern des KOWIEN-Projekts, genutzt werden. Zu diesem Zweck müssen in einem nächsten Schritt die in der Wissensbasis abzulegenden Fakten, die während der Ontologieentwicklung beispielhaft als Instanzen in die Ontologie eingefügt wurden, neu erhoben oder aus anderen IT-Systemen wie dem Wissensmanager übernommen werden.

Für einen Einsatz in der Praxis ist zu berücksichtigen, dass eine Domänen-Ontologie grundsätzlich nicht als endgültig fertig gestellt betrachtet werden kann, da sich auch die betreffende Domäne stetig verändert. Die Kompetenzen eines Unternehmens entwickeln sich weiter oder werden neu ausgerichtet (siehe dazu auch Kapitel 4.2.3), so dass auch die Mittel zur Beschreibung der Kompetenzen nicht gleich bleiben dürfen. Aus diesem Grund ist eine stetige Anpassung der DMT-Kompetenz-Ontologie erforderlich, um ihren Nutzen zu erhalten und fördern zu können.

144) Hierbei ist allerdings darauf zu achten, dass die Inhalte des Vorgehensmodells nicht zu spezifisch sind, um die Generalisierbarkeit (des „Generischen Vorgehensmodells KOWIEN“!) nicht zu verringern.

Literaturverzeichnis

ALAN (2002)

Alan, Y.: Methoden zur Akquisition von Wissen über Kompetenzen. Projektbericht 2/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.

ALAN (2003A)

Alan, Y.: Konstruktion der KOWIEN-Ontologie. Projektbericht 2/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.

ALAN (2003B)

Alan, Y.: Modifikation der KOWIEN-Ontologie. Projektbericht 5/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.

ALAN/ALPARSLAN/DITTMANN (2003)

Alan, Y.; Alparslan, A.; Dittmann, L.: Werkzeuge zur Sicherstellung der Adaptibilität des KOWIEN-Vorgehensmodells. Projektbericht 6/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.

ALAN/BÄUMGEN (2002)

Alan, Y.; Bäumgen, C.: Anforderungen an den KOWIEN-Prototypen. Projektbericht 5/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.

ALPARSLAN (2002)

Alparslan, A.: Wissensanalyse und Wissensstrukturierung. Projektbericht 6/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.

ALPARSLAN et al. (2002)

Alparslan, A.; Dittmann, L.; Zelewski, S.; Ilgen, A.: Wissensmanagement im Anlagenbau – Computergestütztes Management von Wissen über Mitarbeiterkompetenzen. In: Industrie Management, 18 (2002) 6, S. 45-48.

ALPARSLAN/DITTMANN (2002)

Alparslan, A.; Dittmann, L.: Gütekriterien für ontologiegestützte Kompetenzmanagementsysteme. In: Hofmann, G.R.; Alm, W. (Hrsg.): Management der Mitarbeiter-Expertise in IT-Beratungsbetrieben – Grundlagen, Methoden und Werkzeuge, Tagungsband zur Multi-Konferenz Wirtschaftsinformatik 2002, 09.-11.09.2002, Nürnberg 2002, S. 66-79.

APKE et al. (2004)

Apke, S.; Bäumgen, C.; Bremer, A.; Dittmann, L.: Anforderungsspezifikation für die Entwicklung einer Kompetenz-Ontologie für die Deutsche Montan Technologie GmbH. Projektbericht 2/2004, Projekt KOWIEN, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.

APKE/DITTMANN (2003A)

Apke, S.; Dittmann, L.: Analyse von Vorgehensmodellen aus dem Software, Knowledge und Ontologies Engineering. Projektbericht 1/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.

APKE/DITTMANN (2003B)

Apke, S.; Dittmann, L.: Generisches Vorgehensmodell KOWIEN Version 1.0. Projektbericht 4/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen, Essen 2003.

ARPÍREZ et al. (1998)

Arpírez, J.; Gómez-Pérez, A.; Lozano, A.; Pinto, S.: (ONTO)2Agent: An ontology-based WWW broker to select ontologies. In: Proceedings of the Workshop on Applications of Ontologies and Problem-Solving Methods, Brighton 1998, S. 16-24.

ARPÍREZ et al. (2001)

Arpírez, J.; Corcho, O.; Fernández López, M.; Gómez-Pérez, A.: WebODE: a Scalable Workbench for Ontological Engineering. In: Gil, Y.; Musen, M.; Shavlik, J. (Hrsg.): Proceedings of the International Conference on Knowledge Capture – KCAP-01, Victoria 2001, S. 6-13.

BALZERT (1998)

Balzert, H.: Lehrbuch der Software-Technik. Band 2, Heidelberg 1998.

BENJAMINS/FENSEL (1998)

Benjamins, R.; Fensel, D.: The Ontological Engineering Initiative (KA)2. In: Guarino, N. (Hrsg.): Proceedings of the 1st International Conference on Formal Ontologies in Information Systems, Trento 1998, S. 287-301.

BERNERS-LEE/HENDLER/LASSILA (2001)

Berners-Lee, T.; Hendler, J.; Lassila, O.: The Semantic Web. In: Scientific American, Jg. 284 (2001) Nr. 5, S. 34-43.

BIBEL/HÖLLDOBLER/SCHAUB (1993)

Bibel, W.; Hölldobler, S.; Schaub, T.: Wissensrepräsentation und Inferenz – Eine grundlegende Einführung. Wiesbaden 1993.

BORST (1997)

Borst, W.: Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse. Dissertation Universität Twente, Enschede 1997.

BRODIE/MYLOPOULOS/SCHMIDT (1984)

Brodie, M.; Mylopoulos, J.; Schmidt, J.: Preface. In: Brodie, M.; Mylopoulos, J.; Schmidt, J. (Hrsg.): On Conceptual Modelling – Perspectives from Artificial Intelligence, Databases, and Programming Languages. New York 1984, S. v-viii.

BUCHANAN/SHORTCLIFFE (1984)

Buchanan, B.; Shortcliffe, E. (Hrsg.): Rule-Based Expert Systems – The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project. Reading, Massachusetts 1984. URL: <http://www.aai.org/Resources/Classics/Mycin/mycin.html> (Zugriff am 13.09.2004)

CLARK (1972)

Clark, C.: Brainstorming. 4. Auflage, München 1972.

CORCHO/FERNÁNDEZ-LÓPEZ/GÓMEZ-PÉREZ (2003)

Corcho, O.; Fernández-López, M.; Gómez-Pérez, A.: Methodologies, tools and languages for building ontologies – Where is their meeting point? In: *Data and Knowledge Engineering*, 46 (2003) 1, S. 41-64.

CORDINGLEY (1989)

Cordingley, E.: Knowledge elicitation techniques for knowledge based systems. In: Diaper, D. (Hrsg.): *Knowledge elicitation – Principles, Techniques and Applications*, Chichester 1989, S. 89-172.

CRANEFIELD/PURVIS (1999)

Cranefield, S.; Purvis, M.: UML as an ontology modelling language. In: Fensel, D.; Knoblock, C.; Kushmerick, N.; Roussett, M. (Hrsg.): *Proceedings of the Workshop on Intelligent Information Integration, 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Stockholm 1999.

URL: <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-23/cranefield-ijcai99-iii.pdf> (Zugriff am 14.09.2004)

EHRIG ET AL. (1999)

Ehrig, H.; Mahr, B.; Cornelius, F.; Große-Rohde, M.; Zeitz, P.: *Mathematisch-strukturelle Grundlagen der Informatik*, Berlin 1999.

ERPENBECK/HEYSE (1999)

Erpenbeck, J.; Heyse, V.: *Die Kompetenzbiographie - Strategien der Kompetenzentwicklung durch selbstorganisiertes Lernen und multimediale Kommunikation*, Münster 1999.

FENSEL ET AL. (2000)

Fensel, D.; Horrocks, I.; van Harmelen, F.; Decker, S.; Erdmann, M.; Klein, M.: OIL in a nutshell. In: Dieng, R. (Hrsg.): *Proceedings of the 12th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management (EKAW'00)*, Juan-les-Pins 2000, S. 1-16.

FENSEL ET AL. (2003)

Fensel, D.; Hendler, J.; Lieberman, H.; Wahlster, W. (Hrsg.): *Spinning the Semantic Web – Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*, London 2003.

FIZ TECHNIK (2002)

FACHINFORMATIONSZENTRUM TECHNIK e.V.: *Thesaurus Technik und Management 2002*, 3. Aufl., Frankfurt am Main 2002.

FOX/GRÜNINGER (1997)

Fox, M.; Grüninger, M.: On Ontologies and Enterprise Modelling. In: Kosanke, K.; Nell, J. (Hrsg.): *Proceedings of the International Conference on Enterprise Integration Modelling Technology*, Berlin et al. 1997.

URL: <http://www.eil.utoronto.ca/enterprise-modelling/papers/fox-eimt97.pdf> (Zugriff am 15.06.2004, S. 1-10)

FRICK (1998)

Frick, D.: *Die Akquisition betriebswirtschaftlichen Wissens zum Aufbau von wissensbasierten Entscheidungsunterstützungssystemen*. Europäische Hochschulschriften, Band 2273, Frankfurt am Main (1998).

GÓMEZ-PÉREZ (2001)

Gómez-Pérez, A.: Evaluation of Ontologies. In: *International Journal of Intelligent Systems*, 16. Jg. (2001), Nr. 3, S. 391-409.

GÓMEZ-PÉREZ/FERNÁNDEZ-LÓPEZ/CORCHO (2002)

Gómez-Pérez, A.; Fernández-López, M.; Corcho, O.: Ontoweb – Technical Roadmap. Ontoweb Deliverable 1.1.2, Universidad Politécnica de Madrid, 2002.

URL: http://ontoweb.aifb.uni-karlsruhe.de/About/Deliverables/D1.1.2_v1_0.zip (Zugriff am 16.09.2003)

GÓMEZ-PÉREZ/FERNÁNDEZ-LÓPEZ/CORCHO (2004)

Gómez-Pérez, A.; Fernández-López, M.; Corcho, O.: Ontological Engineering with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web, London 2004.

GREENWELL (1988)

Greenwell, M.: Knowledge Engineering for Expert Systems. Chichester 1988.

GRUBER (1993A)

Gruber, T.: Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. Technical Report 93-04, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Stanford 1993.

GRUBER (1993B)

Gruber, T.: A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. In: Knowledge Acquisition, Jg. 5 (1993) Nr. 2, S. 199-220.

GRÜNINGER/FOX (1994)

Grüninger, M.; Fox, M.: The Role of Competency Questions in Enterprise Engineering. In: Rolstadas, A. (Hrsg.): Proceedings of the Workshop on Benchmarking - Theory and Practice (International Federation for Information Processing, Working Group 5.7), Trondheim 1994, S. 2-31.

HORROCKS (2002)

Horrocks, I.: DAML+OIL – A Reasonable Web Ontology Language. In: Jensen, C.; Jefferey, K.; Pokorny, J.; Saltenis, S.; Bertino, E.; Böhm, K.; Jarke, M. (Hrsg.): Proceedings of the 8th Conference on Extending Database Technology, Prag 2002, S. 2-13.

IEEE 833 (1998)

IEEE Standards Association: IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications – IEEE 830-1998. The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.), New York 1998.

JACOBSON/BOOCH/RUMBAUGH (1999)

Jacobson, I.; Booch, G.; Rumbaugh, J.: The Unified Software Development Process. Reading 1999.

KIFER/LAUSEN/WU (1995)

Kifer, M.; Lausen, G.; Wu, J.: Logical Foundations of Object-Oriented and Frame-Based Languages. In: Journal of the ACM, 42 (1995) 4, S. 741-843.

LEDECZI et al. (2001)

Ledeczi, A.; Maroti, M.; Bakay, A.; Karsai, G.; Garrett, J.; Thomason, C.; Nordstrom, G.; Sprinkle, J.; Volgyesi, P.: The Generic Modelling Environment. In: IEEE (Hrsg.): Proceedings of the International Workshop on Intelligent Signal Processing, Budapest 2001.

URL: <http://www.isis.vanderbilt.edu/Projects/gme/GME2000Overview.pdf> (Zugriff am 16.09.2004)

LEHMANN/NIEKE (2000)

Lehmann, G.; Nieke, W.: Zum Kompetenzmodell. Schwerin 2000.

Im Internet veröffentlicht über den Bildungsserver Mecklenburg-Vorpommern,

URL: <http://www.bildung-mv.de/download/fortbildungsmaterial/text-lehmann-nieke.pdf>
(Zugriff am 02.9.2004)

MINSKY (1975)

Minsky, A.: Framework for Representing Knowledge. In: Winston, P. (Hrsg.): The Psychology of Computer Vision, New York 1975, S. 211-277.

URL: <http://web.media.mit.edu/~minsky/papers/Frames/frames.html> (Zugriff am 2.9.2004)

NEUWEG (2001)

Neuweg, G.: Könnerschaft und implizites Wissen zur – lehr-lerntheoretischen Bedeutung der Erkenntnis- und Wissenstheorie Michael Polanyis. Münster 2001.

OMG (2003)

Object Management Group: Unified Modeling Language Specification. Version 1.5, o. O. 2003. URL: <http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm> (Zugriff am 6.07.2004)

ONTOPRISE (2003)

Ontoprise GmbH: How to work with OntoEdit – User's Guide for OntoEdit Version 2.6, Karlsruhe 2003.

URL: <http://www.ontoprise.de/customercenter/support/tutorials> (Zugriff am 16.09.2004)

RIBIÈRE/CHARLTON (2000)

Rivière, M.; Charlton, P.: Ontology Overview, Paris 2000.

URL: <http://www.fipa.org/docs/input/f-in-00045/f-in-00045.pdf> (Zugriff am 16.9.2004)

RUPP (2001)

Rupp, C.: Requirements-Engineering und -Management. München 2001.

SCHIENMANN (2002)

Schienmann, B.: Kontinuierliches Anforderungsmanagement – Prozesse, Techniken, Werkzeuge. München et al. 2002.

SCHMIDT (1995)

Schmidt, G.: Modellbasierte, interaktive Wissensakquisition und Dokumentation von Domänenwissen. Dissertation Universität Kaiserslautern, Sank Augustin 1995.

SCHNELL/HILL/ESSER (1995)

Schnell, R.; Hill, P.; Esser, E.: Methoden der empirischen Sozialforschung, 5. Auflage, München 1995.

SCHÜTTE (1998)

Schütte, R.: Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung – Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle. Dissertation Universität Münster, Wiesbaden 1998.

SOMMERVILLE (2001)

Sommerville, I.: Software Engineering. 6. Aufl., Harlow 2001.

STATISTISCHES BUNDESAMT (2003)

Statistisches Bundesamt: Klassifikation der Wirtschaftszweige – Ausgabe 2003 (WZ 2003), Wiesbaden 2003. URL: <http://www.destatis.de/allg/d/klassif/wz2003.htm> (Zugriff am 14.09.2004)

SURE/STUDER (2002)

Sure, Y.; Studer, R.: On-To-Knowledge Methodology – final version. On-To-Knowledge deliverable D-18, Institut AIFB, Universität Karlsruhe, Karlsruhe 2002. URL: <http://www.ontoknowledge.org/down/del18.pdf> (Zugriff am 9.7.2004)

Anhang

Anhang A: Wissensträger – Details

A-1: Personen – Interviews

A-2: Dokumente

A-3: IT-Systeme

A-1 Personen - Interviews:

- **Herr Rehage (PS/E)**

(07.08.2003; Offenes, eher unstrukturiertes Interview, da Thematik und Ziele dem Experten schon bekannt) Durchgehen der KOWIEN-Ontologie; Diskussion insbesondere der Kategorien Kompetenz, Kompetenzausprägung, Stelle, Organisationseinheit:

Kompetenzausprägungen momentan uneinheitlich (teilweise keine Ausprägungen, bei Sprachen 1-4 mit 4=Muttersprache, bei EDV 1-3, bei Sozial-/Selbstkompetenzen 0-4 mit 0=keine Angabe) -> noch Gesprächsbedarf

Stelle ist zu unterscheiden in Mitarbeiterstelle und Führungskraftstelle; bei Mitarbeiterstellen gibt es tarifliche und außertarifliche Stellen, während Führungskraftstellen entweder F2- oder F3-Stellen sind; in allen 4 Kategorien wird zusätzlich zwischen Vollzeit- und Teilzeitstelle unterschieden

Organisationseinheit ist entweder eine Division, eine Unit, eine Abteilung oder...?

Kompetenz umfasst die Konzepte Selbst-, Sozial-, Methoden- und Fachkompetenz (siehe KOWIEN-Ontologie), zusätzlich Führungskompetenz; Fachkompetenz kann aufgeteilt werden in technisch-naturwissenschaftliche, IT-, betriebswirtschaftliche, juristische, Sprach-, Vertriebs- und Projektmanagement-Kompetenz; alle weiteren Subkonzepte sind später noch festzulegen (insbesondere technisch-naturwissenschaftliche Kompetenz: Befragung der operativen Bereiche!)

- **Frau Bremer / Herr Sowa (IPM)**

(11.08.2003; Offenes, eher unstrukturiertes Interview, da Thematik und Ziele den Experten schon bekannt) Durchgehen der KOWIEN-Ontologie; Diskussion insbesondere der Kategorien Stelle, Organisationseinheit, Unternehmen, Handlung, Projektmanagement-Kompetenz:

Stelle ist zusätzlich zur bereits vorgenommenen Einteilung zu unterscheiden in F1-Vollzeitstelle (und F2-Vollzeit-/Teilzeitstelle, F3- Vollzeit-/Teilzeitstelle)

Organisationseinheit können aufgeteilt werden in operative und administrative Einheiten, erstere umfassen Divisions, Units, Abteilungen und Teams; letztere sind Stabsstellen, Bereiche, Abteilungen und Teams

Nicht-kommerzielle Organisation kann nicht nur eine Universität sein, sondern auch ein Forschungszentrum, eine Stiftung, eine Behörde oder ein Ministerium (vorhandene und potenzielle Partner der DMT, besonders im Projektgeschäft)

Handlung ist bislang nur für die (Groß-)Projektdurchführung explizit festgehalten, in „Feinversion“ momentan nur für Seismikprojekte -> Abgleich der KOWIEN-Kategorisierung mit den entsprechenden PowerPoint-Präsentationen

Projektmanagement-Kompetenz ist ebenso wie Vertriebskompetenz meist eine Schnittmenge aus den Inhalten (Instanzen) anderer Konzepte, besonders Selbst-, Sozial- und Führungskompetenz, und ist deshalb vermutlich überflüssig

- **Dr. Beyer (Marketing)**

(20.08.2003; semi-strukturiertes Interview) Durchgehen der KOWIEN-Ontologie; Frage 1 (betriebliche Dokumente, Systeme): Kundenunterlagen im Internet, Broschüren / Prospekte im Archiv jeder Vertriebsabteilung der Einheiten; Erläuterungen zu den grundsätzlichen Kernkompetenzen der DMT: 1) Messen, Messdaten interpretieren 2) Prüfen, finanzielle Begutachtung 3) Beraten 4) Planung und Engineering 5) Schulung und Ausbildung; Diskussion insbesondere der Kategorien:

Kommunikationskompetenz ist eine neue Kategorie unter Kompetenz und beinhaltet für Marketing vor allem die Öffentlichkeitsarbeit (PR) mit Pressemitteilungen und Pressekontakten ((Krisen-)Reaktion), aber auch Redaktionskompetenz (Themenfindung, textl./ Bildkompetenz, Layout) und Kommunikationsstrategie

Marketing-Kompetenz ist ein Teil der betriebswirtschaftlichen Kompetenz und umfasst z.B. Datenrecherche, Marktanalyse, Marktbewertung und Zielpositionierung

Vertriebssteuerungskompetenz ist ebenfalls eine betriebswirtschaftliche Kompetenz.

- **Dr. Schmid (Modern Fuels)**

(21.08.2003; semi-strukturiertes Interview) Erklärung der Situation anhand der KOWIEN-Ontologie; Frage 1 (betriebliche Dokumente, Systeme): nicht bekannt; Frage 2: Modern Fuels -> Kokserzeugung und Brennstofftechnik; Diskussion der MF-Begriffe der Excel-Tabellen anhand der Kategorien (Problem: ab September Umstrukturierungen und Einschränkung der Spanne der Kompetenzen!!!!):

Kokereiengineering – Gewinnung von Teer oder Gas durch Verfahrenstechniken und Projekte

Biomassevergasung – regenerative Energien, energetische Nutzung von Biomasse

Kokereitechnische Beratung / Gutachten – Beratung im Kokereiprozess selbst

Emmission / Immission – Messung staub- und gasförmiger Stoffe (Konzentrationsmessung)

Altlasten – Altlasten durch Anwesenheit der Laborhallen (Genehmigungen, Brennstoffuntersuchung, Halbtechnische Laboreinrichtungen)

Computersimulation – Simulation mit Schwerpunkt Strömungsberechnung, chemische Prozesssimulation

- **Frau Flöte (Engine Logic)**

(21.08.2003; semi-strukturiertes Interview) Durchgehen der KOWIEN-Ontologie; Frage 1 (betriebliche Dokumente, Systeme): für Internet-Auftritt von EL angefertigte Stichwortliste, SAP-Artikelnummern und -Bezeichnungen, Stellengesuche für PS; Frage 2: Engine Logic, besonders Drive Technologies (neben Maintenance und Quality Technologies); Vorschlag zur grundsätzlichen Unterteilung nach Hochschul-Fächern (Elektrotechnik, Maschinenbau, Bergbau, Physik, Verfahrenstechnik, Bauingenieurwesen, Geologie, Mechatronik, Informatik, ...); Verfeinerung anhand der EL-Abteilungen:

(DT) *Antriebstechnik* setzt sich zusammen aus Prüfstandsbaue (Maschinenbau), Gutachten, Simulation, antriebstechnische Komponentenuntersuchung und Untertage-technik (antriebstechnische Steuerungssysteme, Untertage-Messtechnik)

Hydraulik umfasst hydraulische Prüfstände, Steuerungen, Flüssigkeiten und Filter

(MT) *Exelektronik*

Maschinenüberwachung (Condition Monitoring) mit Körperschallüberwachung und Sonstiger Überwachung

(QT) *Optische Messtechnik* -> Lasermesstechnik -> Abstandsmessung, topometrische und topographische Scanner

Automatisierungstechnik -> Prüfstandsbaue (Automatisierungstechnik), Steuerungsbau, Überwachungssysteme, Schaltschrankbau, Automatisierungssoftware (Labview, WinCC, Diadem)

Konstruktion -> Konstruktionssoftware (Autocad, Autosketch)

- **Herr Rochel (Controlling)**

(25.08.2003; strukturiertes Interview) Durchgehen der KOWIEN-Ontologie; Frage 1: Co-Handbuch (wird nachgereicht?); Frage 2: Controlling allgemein; Frage 3: relevant besonders nicht-fachliche Kompetenzen (z.B. analytisches Denkvermögen), aus BWL-Sicht: einerseits LuL, andererseits F&E => Kategorisierung (unter BWL-Komp.-> CO):

Kostenrechnung -> Vollkostenrechnung, Teilkostenrechnung, Tarifikalkulation, Bestandsermittlung

Betriebswirtschaftliches F_und_E_Management -> (F_und_E) Tarifikalkulation, Abrechnungsmodalitäten, Leistungspreise (oeffentliche_Auftraege), (F_und_E) Bestandsermittlung

Berichte_und_Planung -> Abschlusserstellung, Budgetplanung

Anwendungsprogramme -> SAP (CO, SD), Excel, Monarch (Überführung unstrukturierter Berichte z.B. in Tabellenform), PowerPoint

- **Frau Koch / Herr Bott (IT)**

(25.08.2003; strukturiertes Interview) Durchgehen der KOWIEN-Ontologie; Frage 1: nicht bekannt; Frage 2: Kompetenzen IT allgemein (sehr oberflächlich, da viel in den einzelnen operativen Bereichen oder durch den Dienstleister Cubis); Frage 3: anhand der Vorschläge der KOWIEN-Ontologie => Kategorisierung:

Programmiersprachen -> C/C++, Pascal/Delphi, Java, VB, VBA, SQL, HTML, ASP, PHP, ...

Betriebssysteme -> Windows, Linux

Anwendungsprogramme -> Office (Word, Excel, PowerPoint, Outlook), SAP (allgemein: R/2, R/3, mysapcom; Module: CO, MM, HR, FI, SD, AA), Zeichnungsprogramme (AutoCAD, AutoSketch, CorelDesigner), Visio, Frontpage, MS_Project,

Entwicklungstools -> VisualStudio, DotNet, MagumoStudio,

Datenbanken -> Access, Oracle, SQL

Netzwerktechnologie und Architektur -> Netzwerkkomponenten (oberflächlich, eher Cubis' Verantwortungsbereich)

Konfigurationsmanagementtools

Middleware

Hardware und Peripherie -> Peripheriegeräte, Computerhardware

- **Prof. Dr. Apel (Gas & Fire)**

(25.08.2003; semi-strukturiertes Interview) Durchgehen der KOWIEN-Ontologie; Frage 1: eher nicht, eventuell Internet-Informationen; Frage 2: Kompetenzen Gas & Fire; Frage 3: wichtige Kompetenzbereiche:

Brandschutz -> aus Sicherheitstechnik (Brand- und Explosionsschutz) / Physik / Verfahrenstechnik; Einteilung in ingenieurtechnische DL (Beratung für Kunden) und Prüfleistung (von Hardware)

Technische Gebäudesicherheit -> (Maschinenbau / Elektrotechnik / Bauingenieurwesen) brandschutztechnisch / Lüftungstechnisch

Lufthygiene -> (Biologie / Messtechnik) Probennahme / Probenauswertung (auch SG!)

Belüftung/Bewetterung -> (Bergbau: Grubenbewetterung) Belüftung Untertage-Bergbau /
Belüftung Tunnelbau

Ausgasung -> (Grubenbewetterung) Ausgasung Untertage-Bergbau /
Oberflächenausgasung

Kältetechnik -> (angewandte Physik / Maschinenbau->Thermodynamik / thermische
Verfahrenstechnik) ??

Luftqualität -> (physikalische Messtechnik) Prüfstandsbau (Produkt: EL, CS; Eigenbedarf:
GF) / Versuchsplanung, -durchführung, -bewertung

Fördertechnik/Druckbehälter -> (Masch.: Steuerungstechnik o. Anlagentechnik o.
Antriebstechnik o. Hebe- und Fördertechnik o. Instandhaltung / Bautechnik: Statik)
Drucktechnik, Druckbehälter

Frage 6 (Kompetenzausprägungen): 4er-Abstufung ausreichend (0: keine Kompetenz, 1:
geringe, 2: durchschnittliche, 3: gute Kompetenz)

- **Dr. von den Driesch (Smart Drilling)**

(26.08.2003; semi-strukturiertes Interview) Durchgehen der KOWIEN-Ontologie; Frage 1:
eher nicht, eventuell Broschüren / Faltblätter für Kunden; Frage 2: Kompetenzen Smart
Drilling; Frage 3: wichtige Kompetenzbereiche: können schon dem Schema
naturwissenschaftlich-technische Bereiche zugeordnet werden:

Tiefbohrtechnik -> gehört zu Bergbau

Energieerzeugung -> gehört zu Elektrotechnik-Energietechnik

Fertigungstechnik -> abtragende Fertigung (Schleifen, Fräsen, Bohren) / Umformen
(Walzen, Schmieden, Pressen) / Fügetechnik, Schweißen / Oberflächenbehandlung

Maschinenelemente -> Dichtungen / Federn / Getriebe / Kupplungen, Bremsen / Lager /
Rohre, Rohr- und Schlauchleitungen / Verbindungselemente

Thermodynamik -> Kälte-, Klimatechnik / Technische Thermodynamik / Thermodynamik
der Gase / Thermodynamik der Dämpfe / Wärmetechnik, Stoffübertragung

Tribologie -> Reibung / Schmierung / Verschleiß

Werkstofftechnik -> Korrosion, Korrosionsschutz / Elektrochemie / Metallkunde / Plasma-
und Oberflächentechnik / Werkstoffprüfung

Sicherheitstechnik -> Arbeitssicherheit (bei der Entwicklung / beim Einsatz von
Produkten) / Qualitätsmanagement

- **Herr Strukelj (Einkauf & Materialwirtschaft)**

(02.09.2003; semi-strukturiertes Interview) Erklärung der Situation anhand der KOWIEN-
Ontologie; Frage 1: Informationen im Intranet, außerdem Lehrplan für Facheinkäufer; Fra-

ge 2: Kompetenzen Einkauf und Materialwirtschaft; Frage 3: relevant besonders nicht-bwl-fachliche Kompetenzen (z.B. Menschenkenntnisse, Fremdsprachen, Eigeninitiative, Branchenkenntnisse, Marktforschung), aus BWL-Sicht:

Einkauf -> Verhandlung, Vertragsgestaltung,

Lager-/Materialwirtschaft -> Inventur, ...

Projektmanagement

Anwendungsprogramme -> SAP (MM, FR)

- **Frau Brütt (Buchhaltung)**

(02.09.2003; semi-strukturiertes Interview) Erklärung der Situation anhand der KOWIEN-Ontologie; Frage 1: Informationen im Intranet, außerdem QM-Handbuch; Frage 2: Kompetenzen Buchhaltung, auch Finanzen/Kasse, Steuern; Frage 3: relevant sind in erster Linie sehr allgemeine Buchhaltungskenntnisse, die z.B. in einer Ausbildung zum Anlagenbuchhalter vermittelt werden, daher nur sehr oberflächliche Unterteilung:

Finanzen und Kasse

Steuern/Anlagenbuchhaltung -> HGB, BGB, allgemeine Buchhaltungskenntnisse

Buchhaltung -> allgemeine Buchhaltungskenntnisse, Mahnwesen, Abschlusserstellung

Anwendungsprogramme -> SAP (FI)

- **Dr. Schmid (Mines & More)**

(04.09.2003; semi-strukturiertes Interview) Erklärung der Situation anhand der KOWIEN-Ontologie; Frage 1: nicht bekannt; Frage 2: Kompetenzen Mines & More; Frage 3: Kompetenzen vor allem im Bergbau => Unterteilung:

Abbauverfahren -> Abbauverfahren Tagebau, Abbauverfahren Tiefbau

Aufbereitung -> Aufbereitungsverfahren (Kohleaufbereitung, Erzaufbereitung), Aufbereitungstechnik (Zerkleinerung, Flotation)

Bergbauplanung -> Erkundung, Infrastruktur, Abbauplanung, Betriebsmittel/Material

Gebirgsmechanik -> Gebirgsmechanik Tagebau, Gebirgsmechanik Tiefbau, Ausbautechnik

Gewinnungstechnik -> Sprengtechnik, maschinelle Gewinnung, Tiefbohrtechnik

Markscheidewesen -> Bergschadenskunde, Kartierung, Vermessung

Veredlung -> Hüttenwesen, Kokereiwesen

Ver-/Entsorgung -> Grubenbewetterung, Entwässerung

Versatz -> pneumatischer, hydraulischer, Sturzversatz

BWL-Methoden -> Entscheidungstheorie (Entsch. unter Unsicherheit), Wahrscheinlichkeits-/Risikoberechnung, Netzplantechnik, Wirtschaftlichkeits-,

Investitionskompetenzen -> Bergbaugesetze, Umweltgesetze

Frage 9: Kompetenzen bei MM sind oft sehr kurzlebig => es könnte sinnvoll sein, bei der Erstellung der Kompetenzprofile ein „Verfallsdatum“ anzugeben!

- **Dr. Clostermann (Safe Ground)**

(04.09.2003; semi-strukturiertes Interview) Erklärung der Situation anhand der KOWIEN-Ontologie; Frage 1: Präsentationsunterlagen für Safe Ground (Aufgaben, Projektpreferenzen); Frage 2: Kompetenzen Safe Ground; Frage 3: Kompetenzen SG vor allem im Bauingenieurwesen (Baustatik, Baustoffkunde, Grundbau, Bodenmechanik, Tiefbau (Tunnelbau, Verkehrswegebau)), in der Geowissenschaft (Geochemie, Geologie (Hydrogeologie), Geoökologie) und im Umweltschutz (Abfallwirtschaft/Altlasten, Bodenschutz, Emission/Immission, Wasserschutz) => Unterteilung:

Grundbau -> Baugrundbeurteilung, Standsicherheit, Grundbaustatik, Gebäudeschäden

Bodenmanagement -> Bauwerksplanung, Haldenbau, Oberflächenabdichtung, Flotationsteiche, Hohlraumerkundung

Tiefbau -> Baugrubenumschließung / Gründungstechnik, Baugrundstabilisierung / Abdichtung, Tunnelbau, Verkehrswegebau

Geologie -> Hydrogeologie, Petrographie, Numerik (Simulation), Hydrochemie, Grundwassermanagement

Geotechnik -> geotechnische Messtechnik, Standsicherheitsberechnung, Gründungsberatung, Geohydraulik

Umweltschutz -> Abwassertechnik (Siedlungswasserwirtschaft), Bodenschutz / -sanierung, Luftschutz / -hygiene, Raumluftechnik, Schadstoffverhalten, Umweltverträglichkeitsprüfung, Wasserschutz / -hygiene / -sanierung

Frage 6: Schulnotensystem wäre für alle leicht verständlich (evtl. andere Bezeichnungen für die „Noten“, z.B. keine Kenntnisse, Anfänger, ..., Experte), ansonsten 3er-Abstufung nach geringe / durchschnittliche / gute Kenntnisse; Frage 9: Regeln schwierig festzulegen, meist von individuellen Eigenschaften oder Situationen abhängig – evtl. könnte eine Regel, nach der z.B. Absolventen eines Studienganges Grundkenntnisse in den entsprechenden Gebieten zugewiesen werden, sinnvoll sein

- **Dr. Scharmann (Recht)**

(11.09.2003; strukturiertes Interview) Erklärung der Situation anhand der KOWIEN-Ontologie; Frage 1: Informationen im Intranet; Frage 2: juristische Kompetenzen der DMT; Frage 3: wichtige Kompetenzbegriffe: Vertragsausgestaltung, internationales Recht, Risikoeinschätzung, Forderungsbeitreibung, Zwangsvollstreckung, Abwehr von Ansprü-

chen, Gesellschaftsrecht (Bereich Recht); Arbeitsrecht (Bereich Personal); Mieten, Grundstücksrecht (Bereich Interne Dienstleistungen); Frage 4: wichtige Oberbegriffe: Zivilrecht (= bürgerliches Recht), öffentliches Recht und Strafrecht; Frage 5: wichtige Unterbegriffe: Werkvertragsrecht / Kaufvertragsrecht / Forderungssicherung / allgemeine Geschäftsbedingungen / Risikoeinschätzung (zu Zivilrecht -> Vertragsrecht); gesellschaftliche Verträge / Unterschriftenrichtlinien (zu Zivilrecht -> Gesellschaftsrecht); Handelsregisterrecht / Handelsmaklervertragsrecht (zu Zivilrecht -> Handelsrecht); Patentrecht / Vergaberecht, Ausschreibungen / öffentliche Genehmigungen (zu öffentlichem Recht); Frage 6: bei Kompetenzausprägungen 3er oder 4er-Abstufung ausreichend (1: geringe, 2: durchschnittliche, 3: gute Kompetenz; eventuell 0: keine Kompetenz); Frage 7: nicht bekannt

Herr Bolz (Car Synergies)

(19.09.2003; Review) Erklärung der Situation anhand der KOWIEN-Ontologie; danach Durchgehen der bereits erarbeiteten Begriffsbäume für naturwissenschaftlich-technische Kompetenzen; Ergänzungen für den Bereich Car Synergies besonders innerhalb der Kategorie Maschinenbau-> Verkehrstechnik-> Kraftfahrzeugtechnik =>

Hinzufügen der folgenden Begriffe (auf Instanzenebene): Antischall in Fahrzeugen, Fahrwerkskomponenten, Fahrzeugakustik, Fahrzeughydraulik, Fahrzeugelektronik, Fahrzeuglebensdauer, Kfz-Berechnungen / numerische Simulation, Kfz-Erprobungstests, Kfz-Konstruktion, Kfz-Schwingungen / Vibrationen, Kfz-Umweltsimulationen

A-2 Dokumente

- **Kompetenzbegriffe**

2859 Begriffe von §§ 26, 28 *BimSchG* bis *Zylinder*; davon 1391 aus CS (Car Synergies), 643 aus GF (Gas & Fire), 75 aus MF (Modern Fuels), 651 aus MM (Mines & More), 99 aus SG (Safe Ground)

- **Fragebögen Wissensmanager**

Umfassen 13 Kategorien:

1. Schulausbildung (Schulabschluss, Fachschule, Studium mit jeweiligen Fachrichtungen)
2. Berufsausbildung / Lehre (mit / ohne Abschluss)
3. Zusatzqualifikationen / Fortbildungen / Seminare
4. Anerkennungen als Sachverständiger
5. Bisherige Tätigkeiten außerhalb / innerhalb der DMT
6. Sprachkenntnisse (Skala 1-4 mit 4=Muttersprache)
7. Arbeits- und Tätigkeitsschwerpunkte (z.B. Planung, Messung, Prüfung...)
8. Berufliches Fachwissen -> **wichtig!** (bisher jedoch ohne Ausprägungsskala!)
9. Auslandserfahrung (Land, Dauer)
10. Mitgliedschaften
11. Projekterfahrung (keine weitere Unterteilung!)
12. Kompetenzen / sonstige Qualifikationen: Selbsteinschätzung, Skala 0-4 mit 0= keine Angabe (methodische, soziale und psychische Kompetenzen)
13. Ergänzungsmöglichkeiten für 1-12.

- **Wirtschaftszweigklassifikation**

Die WZ 2003 dient dazu, die wirtschaftlichen Tätigkeiten von Unternehmen, Betrieben und anderen statistischen Einheiten in allen amtlichen Statistiken einheitlich zu erfassen. Sie baut auf der durch EG-Verordnungen verbindlich eingeführten statistischen Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE Rev. 1.1) auf. An der Erarbeitung dieser Klassifikationen waren zahlreiche Wirtschaftsverbände, die fachlich zuständigen Behörden und andere Institutionen maßgeblich beteiligt. Als Ergebnis ist eine hierarchisch gegliederte Wirtschaftszweigklassifikation mit 17 Abschnitten, 31 Unterabschnitten, 60 Abteilungen, 222 Gruppen, 513 Klassen und 1041 Unterklassen entstanden,

die eine statistische Zuordnung aller wirtschaftlichen Tätigkeiten ermöglicht. Als Hilfsmittel für die Anwendung der WZ 2003 liegen eine Fassung mit Erläuterungen sowie ein alphabetisches Stichwortverzeichnis mit mehr als 33000 Begriffen als Download vor.

- **Bibliothekssystematiken**

Für eine erste Strukturierung der fachlichen Kompetenz, besonders der naturwissenschaftlich-technischen und der betriebswirtschaftlichen Kompetenzen, wurden verschiedene Bibliothekssystematiken aus dem Internet als Orientierung benutzt. Insbesondere die Bibliothek der TU München stellt eine für diesen Zweck sehr nützliche Systematik im Internet zur Verfügung (URL: http://www.ub.tum.de/bib/html_sys/syst_tit.html). Für die Entwicklung der Kompetenz-Ontologie wurden in erster Linie diese „Hauptgruppen“ verwendet: Bauingenieur- und Vermessungswesen, Bergbau, Biowissenschaften, Elektrotechnik und Informationstechnik, Energietechnik / Energiewirtschaft, Fertigungstechnik, Geowissenschaften, Hüttenwesen, Maschinenbau, Messtechnik, Umweltschutz und Gesundheitsingenieurwesen sowie Rechtswissenschaft und Wirtschaftswissenschaften. Weitere Quellen waren die Systematiken der Universitäten Duisburg (URL: <http://www.ub.uni-duisburg.de/ghb/index.html>) und Hagen (URL: <http://ub-doc2.fernuni-hagen.de/systematik/index.htm>).

A-3 Systeme

- **Wissensmanager**

Der Wissensmanager ist eine Datenbank zur Erfassung und Darstellung der aktuellen Mitarbeiterkompetenzen. Darin sind für jeden Mitarbeiter der DMT bestimmte aus SAP übernommene Daten (z.B. Name, Geburtstag und Kostenstelle) sowie Ausbildung, Zusatzqualifikationen, Berufserfahrungen und soziale, methodische und Selbstkompetenzen abgespeichert. Diese Informationen können beispielsweise bei der Zusammenstellung von Projektteams genutzt werden. Allerdings können ausschließlich die Mitarbeitern von PS/E auf die Datenbank zugreifen und die Daten pflegen, wodurch für diese Mitarbeiter erheblicher Aufwand entsteht und die Aktualität der Daten nicht gesichert ist. Darüber hinaus ist die Aussagekraft der gespeicherten Profile begrenzt, da beispielsweise fachliche Kompetenzen in den Fragebögen nur in Form von Erfahrungen durch den beruflichen Werdegang erfragt wurden und daher die jeweiligen Ausprägungen nicht vorliegen. Auch die Suche nach Mitarbeitern mit bestimmten Kompetenzen gestaltet sich häufig schwierig, da kein einheitliches Vokabular zur Beschreibung der Kompetenzen verwendet wurde. Aus diesen Gründen wird der Wissensmanager weniger oft und weniger intensiv genutzt, als es bei seiner Einführung gewünscht wurde.

Der Wissensmanager soll durch das ontologiebasierte Kompetenzmanagementsystem (vorläufig) nicht abgelöst, aber erweitert und verbessert werden. Die vorhandenen Kompetenzprofile können wiederum für die erste „Füllung“ des KMS mit Daten der DMT in den KOWIEN-Prototypen importiert werden. Außerdem bilden die im Wissensmanager vorhandenen Informationen über die Kompetenzprofile der Mitarbeiter der DMT eine wichtige Ausgangsbasis für die Erstellung der Kompetenz-Ontologie. Die von den Mitarbeitern angegebenen Bezeichnungen für ihre Kompetenzen können für die Konstruktion eines Begriffsystems und die Identifizierung von Synonymen und Zusammenhängen für eine erste Taxonomie herangezogen werden. (Format: Oracle; zuständige Abteilung: PS/E bzw. RAG Bildung und Lehrsysteme, Dortmund.)

- **FIZ-Technik-Thesaurus**

34.900 Begriffsfamilien, 51.400 deutsche Fachwörter und 50.900 englische Fachwörter - hierarchisch strukturiertes Fachwortverzeichnis für die Bereiche Technik und Management. Die hier verwendete Ausgabe (2003, 4. Auflage) enthält 51.400 deutsche und 50.900 englische Fachwörter, die in 34.900 Begriffsfamilien gegliedert sind. Zu jedem gespeicherten Begriff können deutsche und englische Synonyme sowie Ober- und Unterbegriffe an-

gezeigt werden. Um nach einem Begriff zu suchen, kann der Benutzer entweder die alphabetische Wortliste oder auch die Wortstammsuche verwenden. Für die Entwicklung der Kompetenz-Ontologie kommt der Thesaurus als Hilfsmittel in Betracht, weil die darin enthaltenen Begriffe aus Branchen wie Maschinen- und Anlagenbau, Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik, Werkstoff und Medizintechnik für fachfremde Personen schwierig zu verstehen und zu strukturieren sind.

- **Referenzdatenbank**

In der Referenzdatenbank werden Name, Beschreibung, DMT-Aufgaben, Partner, Kunden und Auftragswert von bereits durchgeführten Projekten abgelegt, um etwa bei einer Angebotsabgabe entsprechende Referenzen bereitstellen zu können. (Format: Access; zuständige Abteilung: IPM.)

- **Projektpartnerdatenbank**

Die Projektpartnerdatenbank umfasst Informationen zu Namen, Schlüsselwörtern, Budgets und beteiligten Firmen von abgeschlossenen Projekten und kann z.B. nach Projekten mit bestimmten Firmenpartnern durchsucht werden. (Format: Access; zuständige Abteilung: IPM.)

- **PhysSys**

PHYSYS ist eine Ingenieur-Ontologie für die Modellierung, Simulation und das Design physikalischer Systeme. Sie wurde von BORST an der Universität Twente (Enschede) entwickelt und bildet die Basis für das *Olmeco*-System, eine Modellkomponenten-Bibliothek für physikalische Systeme. In der PHYSYS-Ontologie werden drei verschiedene Sichten auf ein physikalisches System abgebildet: a) den Systemaufbau; b) das den physikalischen Prozessen zugrundeliegende Verhalten und c) deskriptive mathematische Relationen. Diese drei Sichten auf das System werden durch drei (Sub-) Ontologien in PHYSYS repräsentiert (eine Komponenten-, eine Prozess- und die *EngMath*-Ontologie), die ihrerseits auch durch kleinere abstrakte Ontologien aufgebaut sind. Dies sind die *Mereological Ontology*, die die formale Theorie der Teile und ihrer Relationen repräsentiert; die *Topological Ontology*, die Konzepte zur Beschreibung von Komponenten, ihrem Verhalten und ihren Interaktionen umfasst; und die *Systems Theory Ontology*, in der systemtheoretische Konzepte wie Systemgrenzen und Systemumgebung definiert sind. Um diese Ontologien für PHYSYS miteinander zu verknüpfen und zu vereinheitlichen, wurden ihre Interdependenzen durch ontologische Projektionen formalisiert. Dabei wurde jeweils eine Ontologie impor-

tiert und entweder durch neue Konzepte und Relationen erweitert, durch konkretere Konzepte spezialisiert, oder mit einer anderen Ontologie verbunden. Die PHYSSYS-Ontologie wird in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt werden, da der größte Teil der darin definierten Konzepte spezifisch für die adressierte Domäne der physikalischen Systeme ist. Für die hier zu entwickelnde Kompetenz-Ontologie wird kein Wissen über mathematische oder technische Details benötigt, sondern Wissen über Bezeichnungen für Kompetenzen und über die in einem technikhnen Unternehmen geltenden Zusammenhänge. Die in die PHYSSYS-Ontologie integrierten Regeln zu Transitivität und Asymmetrie sind auch für die Kompetenz-Ontologie relevant, wurden jedoch bereits in der KOWIEN-Ontologie spezifiziert und werden übernommen.

Anhang B: Design-Entscheidungen

- B-1: Modifikationen der KOWIEN-Ontologie
- B-2: Problemstellungen bei der Konzeptualisierung
- B-3: Änderungen nach der Evaluation

B-1 Modifikationen der KOWIEN-Ontologie

Änderungen

menschliches_Kollektiv: Unterscheidung zwischen *Organisation* und *Organisationsteil* (F2- / F3-Einheit), bei *Organisation*: Kommerzielle (Unternehmensnetzwerk / Unternehmen) und nicht-kommerzielle Organisation (Bildungseinrichtung / Behörde / Stiftung)

~~*Unternehmen*~~: keine Subkonzepte durch Unterscheidung nach Branchen (keine saubere is-a-Hierarchie); statt dessen: neues Konzept *Branche* unter *objektives Attribut*, wo anhand der Wirtschaftszweigklassifikation 2003 weitere Subkonzepte (als Branchen) eingefügt wurden; die nach der Wirtschaftszweigklassifikation mit dreistelligen Nummern bezeichneten Wirtschaftszweige wurden als Instanzen modelliert

Charaktereigenschaft: Ist dieses Konzept notwendig für die Kompetenz-Ontologie? => Für das betriebliche Kompetenzmanagement bei der DMT spielen Charaktereigenschaften keine Rolle, daher wird dieses Konzept nicht mit übernommen (**Minimalität**)

Kompetenzausprägung: Abstufungen wie Anfänger, Fortgeschrittener, Experte nicht als Konzepte, sondern als Instanzen! Uneinheitliche Abstufung bei der DMT, daher Abstufungsraster als Konzepte (unter *Kompetenzausprägung*), z.B. *Kompetenzausprägung_Sprache*, mit den „Werten“ (Anfänger, Fortgeschrittener usw.) als

~~*jeweilige Instanz*~~ *Handlung*: Sind die Konzepte notwendig? => werden für die Kompetenz-Ontologie der DMT nicht wirklich gebraucht, daher besser: *Prozess* -> *Projektprozess* (**Minimalität**)

Prozessablauf in Projekten: In der KOWIEN-Ontologie sind die Phasen und deren Aktivitäten als Subkonzepte von *Handlung* definiert; dann ist es aber nicht möglich, für einzelne Phasen oder Aktivitäten deren verantwortliche Personen anzugeben (nur auf Instanzenebene möglich) => Unterscheidung zwischen *Projektphase* und *-aktivität* auf Konzeptebene; tatsächliche Phasen und Aktivitäten (z.B. Projektinitiierung, Angebotserstellung) als deren Instanzen (**Funktionale Vollständigkeit**)

Relation *Kompetenzaussage betrifft Entität*: Änderung von („Range“) *Entität* in konkretes *Denkobjekt*, da dadurch die Menge der auswählbaren Instanzen geringer ist und weniger Fehler gemacht werden können

Erweiterungen

Konkretes_Denkobjekt: Einfügen der Konzepte *Organisationskonzept* und *Projekt* mit weiteren Verzweigungen; Verschiebung der Konzepte *Stelle* und *Team* unter *Organisationskonzept*

Menschlicher Individualakteur: Unterscheidung zwischen Mitarbeiter (der DMT) und externem Akteur, damit die Sichtweise der Unternehmen deutlich wird

Einfügen der Konzepte *Branche*, *Lebenslaufdatum* und *Projektstatus* als Subkonzepte von *objektives Attribut*; weitere Verzweigung von *Lebenslaufdatum* in Erfahrung, Ausbildung, Weiterbildung, Religionszugehörigkeit, Staatszugehörigkeit, Familienstand (zum Teil in Anlehnung an die Kategorien des Wissensmanagers) (**Funktionale Vollständigkeit**)

Erfahrung hat die Subkonzepte Auslands-, Projekt- und Berufserfahrung

Ausbildung hat die Subkonzepte Schulabschluss, Fachschule, Lehre, Studium (Fachhochschul- vs. Universitätsstudium)

Weiterbildung wird nach Sicht der DMT unterschieden in DMT-interne und externe Weiterbildung (möglicherweise könnte das später durch das KMS so geregelt werden, dass Eingaben bei externer Weiterbildung „Freitext-Eingaben“ sind, bei interner nicht)

Inferenz für Kompetenzen; insbesondere bei naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen: Relation a *stark_verwandt_mit* b erlaubt Schlussfolgerung: falls a mit Kompetenzausprägung sehr gut, dann b Ausprägung mind. durchschnittlich; falls a gut, dann b mind. gering; Relation c *verwandt_mit* d erlaubt Schlussfolgerung: falls c mit Kompetenzausprägung sehr gut, dann d Ausprägung mind. gering

Projektmitarbeit als neues Konzept unter *dreistellige Aussage*, damit die genaue Funktion, mit der ein Mitarbeiter an einem Projekt mitgewirkt hat, gespeichert und abgefragt werden kann (allerdings: momentan werden bei der DMT keine Informationen über Projektmitarbeit vorgehalten, mit Ausnahme der Zuordnung zu Projektleiter oder Projektmitarbeit)

Integritätsregel: Bei der Relation Mitarbeiter X *ist Vorgesetzter von* Mitarbeiter Y kann MA X nicht identisch sein mit MA Y; Gleiches gilt für die Relation *hat Vorgesetzten* (**Konsistenz**)

Inferenzregel für Kompetenzaussagen (auf Anregung von Dr. Schmid): Zuordnung einer Relation *zuletzt_veraendert_am* (Datum der letzten Änderung oder der Erstellung der Kompetenzaussage); dann Erstellung einer Inferenzregel, die die Wahrscheinlichkeit einer Kompetenzaussage nach 2 Jahren auf höchstens 40 % (?) herabsetzt (Voraussetzung: das betroffene Denkobjekt ist ein Akteur, keine Stelle!)

Integritätsregel: Bei Projekten, Erfahrungen und Ausbildungsaussagen darf das Datum des Beginns nicht zeitlich hinter dem Datum des Endes (falls vorhanden) liegen! (zunächst nur grobe Überprüfung der Jahreszahlen)

Publikation als neues Konzept unter handlungsunfähiges Denkobjekt mit den Attributen Titel, Untertitel und den Relationen *hat_Autor* (menschlicher_Individualakteur), *beinhaltet_Thema* (Fachkompetenz), *ist_entstanden_in_Projekt* (Projekt) und *hat_Erscheinungs-datum* (Zeitpunkt, da entweder Angabe eines genauen Datums oder nur einer Jahreszahl möglich)

Inferenzregel für Autorenkompetenzen: Wenn der Autor einer Publikation zu einem Fachgebiet nach der Wissensbasis bisher nur geringe Kompetenzen auf diesem Gebiet hat, dann soll diese Kompetenzausprägung auf Fortgeschrittener gesetzt werden (Wahrscheinlichkeit dieser geänderten Kompetenzaussage ist noch zu bestimmen!); falls das möglich ist, sollte auch das Ableiten einer ganz neuen Kompetenzaussage als ähnliche Regel formuliert werden, inzwischen ist jedoch das Problem der Erstellung neuer Instanzen durch Anwendung einer Regel bekannt

Inferenzregel für Projektthemen: Wenn in einem Projekt eine Publikation zu einem bestimmten Fachgebiet entstanden ist, dann waren für dieses Projekt auch Kompetenzen auf diesem Gebiet erforderlich => leichtere Vervollständigung der Informationen zu bereits abgeschlossenen Projekten (=> Referenzen)

B-2 Problemstellungen bei der Konzeptualisierung

Stelle und *Organisationseinheit*: Diese Konzepte repräsentieren keine Akteure, sind aber dennoch unter *konkretes Denkobjekt* einzuordnen => neues Konzept Organisationskonzept; die eigentlichen Einheiten der DMT (z.B. IPM, Car Synergies, Smart Drilling, ...) werden jedoch als Instanzen, also als Teil der Wissensbasis modelliert, da die konkrete Struktur und die Benennungen der Einheiten uneinheitlich und oft nicht dauerhaft sind (**Erweiterbarkeit**)

Kompetenzen: Sind Projektmanagementkenntnisse explizit in die Begriffsstruktur mit aufzunehmen (als *Fachkompetenz*)? => Nach Rücksprache mit DMT-Mitarbeitern wurden diese Kompetenzen nicht aufgenommen (**Minimalität**), da sie in erster Linie aus Selbst- und Sozialkompetenzen sowie aus *Erfahrungen* zusammengesetzt sind; Projektmanagement allgemein wurde jedoch unter *Organisations- und Innovationskompetenz* als Instanz eingefügt

Projekt: Wo ist Projekt als Konzept einzuordnen? => Aus Sicht der DMT-Mitarbeiter ist es ein *konkretes Denkobjekt*, aber ist es auch ein *handlungsunfähiges Denkobjekt*?

Projektstatus: Definition als Attribut (String), oder als Relation zu einem weiteren Konzept *Projektstatus*? => Letzteres (neues Konzept), damit die Begrifflichkeiten in die Ontologie aufgenommen werden können und die Eingabemöglichkeiten nicht zu offen sind (bei einem Attribut könnte dann jeder String angegeben werden)

Erfahrungen als direktes Subkonzept von *objektives Attribut* oder erst unter *Lebenslaufdatum*?

Unterscheidung in subjektive und objektive Attribute notwendig? Wenn ja: was ist dann ein *Kompetenzprofil* (falls es nicht nur Kompetenzaussagen umfasst)?

Wie werden Kompetenzaussagen an Kollektivakteure zugewiesen? Also wie kann zwischen Soll- und Ist-Kompetenzprofile von Organisationseinheiten (OE) unterschieden werden? (Eigentlich *Organisationseinheit* und *Stelle* nicht unter *Akteur*, sondern unter *Organisationskonzept*) => „Zweiteilung“ der OE in offizielle (mit Sollprofil) und tatsächliche Einheiten (mit „Ist-Profil“)

Betriebliche Aufgabe (Kompetenzfrage 12) als eigenes Konzept? Oder Angabe nur als Attribut (String) für *Organisationseinheit*? Und wenn als Konzept, wo ist es dann einzuordnen – unter abstraktes Denkobjekt -> *objektives Attribut*? => *Betriebliche Aufgabe* wird als Konzept unter *objektives Attribut* in das Begriffssystem aufgenommen; es werden jedoch nur beispielhaft Instanzen zugewiesen, da bei der DMT **keine einheitliche** Zusammenstel-

lung (oder Zuordnung) von betrieblichen Aufgaben existiert und zur Zeit besonders in dieser Hinsicht umfangreiche Umstrukturierungen vorgenommen werden. Bei einem Einsatz der Ontologie bei der DMT sollte überprüft werden, ob dieses Konzept tatsächlich benötigt wird, oder ob nicht möglicherweise die Begriffe zur Beschreibung der Kompetenzen ausreichen, um detaillierte Soll- und Istprofile für OE's zu erstellen. Ein eigenes Konzept *Betriebliche Aufgabe* müsste entweder so knapp formuliert werden, dass jeder OE nur wenige Stichworte zugeordnet würden, oder so ausführlich, dass ein großer neuer Begriffsbaum entstünde, der viele Redundanzen zu den fachlichen Kompetenzen ausweisen würde.

Konzepte versus Instanzen: Insbesondere im Bereich Kompetenzmanagement ist die Definition eines Begriffs als Konzept oder als Instanz keine triviale Aufgabe. Bei Kompetenzen ist es nur eine Frage der Detaillierung, wo die letzte („unterste“) Ebene der Begriffshierarchie liegt. Es ist schwierig, zwischen Kategorien und realen Objekten zu unterscheiden (wie etwa in der objektorientierten Programmierung), weil auch die Begriffe der untersten Ebene meist Kategorien sind oder als solche interpretiert werden können. Außerdem wird auch von den Wissensträgern und den zukünftigen Benutzern häufig gewünscht, dass sowohl die allgemeinere Kategorie (z.B. „Microsoft Office“) als auch die spezifischeren Begriffe („MS Excel“ oder sogar „MS Excel 2000“) als Kompetenz angegeben werden kann. (**Funktionale Vollständigkeit**)

B-3 Änderungen im Anschluss an die Evaluation

(vorgeschlagen durch Mitarbeiter der DMT, des Instituts für PIM und der CommaSoft)

Entfernung der obersten Ebene, als keine Unterscheidung mehr zwischen objektsprachlicher und metasprachlicher Entität; Löschen der Konzepte und Instanzen der metasprachlichen Entität (statt der wenigen Instanzen unter „Definition“ wird ein neues Attribut „Erläuterung“ für Kompetenzausprägungen eingeführt)

Entfernung des Konzeptbaums „raumartiges Erfahrungsobjekt“ (da für die Kompetenz-Ontologie offensichtlich überflüssig; Städte, Länder etc. können auch unter „Gebiet“ eingeordnet werden)

Verschiebung des Konzeptbaums „zeitartiges Erfahrungsobjekt“ unter das Konzept „abstraktes Denkobjekt“

Löschen des Konzepts „Erfahrungsobjekt“, Umbenennen der Konzepte im Konzeptbaum „Denkobjekt“ in „...objekt“

Umbenennen der Subkonzepte unter „Entität“ in „abstraktes Objekt“ und „konkretes Objekt“ (einfachere Begriffe)

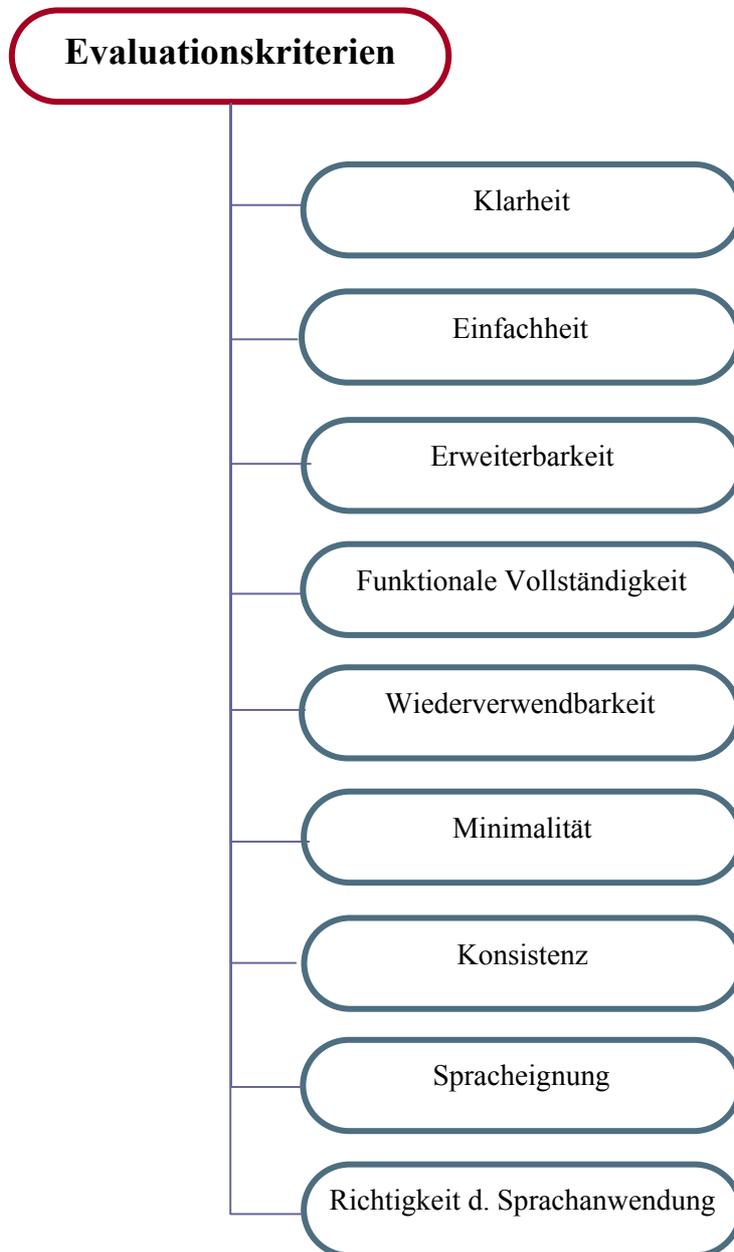
Entfernung der Unterscheidung zwischen subjektivem und objektivem Attribut (diese Überlegung bestand bereits vorher, wurde durch die Evaluatoren bestätigt)

Aufgrund des Löschens der Top-Level mussten auch zwei der Inferenzregeln gelöscht werden, durch die vorher alle Konzepte der Ontologie als Instanzen des Konzepts „Konzept“ bzw. alle Relationen als Instanzen des Konzepts „Relation“ definiert worden

~~Umbenennung~~ Umbenennung einiger Konzepte mit allgemeineren Bezeichnungen, um die Erweiterbarkeit zu erhöhen (z.B.: DMT-interne Weiterbildung -> interne Weiterbildung)

Einfügen einer Relation „beinhaltet fachlichen Schwerpunkt“ bei Ausbildungsaussagen (wichtig besonders für Aussagen zu einem Studium)

Ergebnis: Reduzierung auf 408 Konzepte, 118 Relationen, 857 Instanzen, 30 Axiome; höchste Konzepttiefe: 9, durchschnittliche Konzepttiefe: 6,476

Anhang C: Fragebogen zur Evaluation der Kompetenz-Ontologien

$$\alpha_{NniN} = \frac{NniN}{NK} \text{ mit } NK \neq 0 \text{ und } 1 \geq \alpha_{NniN} \geq 0;$$

$$\text{mit } NK = \sum_{i=1}^n K_i \text{ (Anzahl aller Konstrukte)}$$

$$\text{und } NniN = \sum_{i=1}^n niN_i \text{ (Anzahl der nicht intersubjektiv nachvollziehbaren Konstrukte).}$$

Eine Ontologie mit $\alpha_{NniN} = 1$ enthält kein Konstrukt, das intersubjektiv nachvollziehbar ist; hingegen lassen sich die Konstrukte in einer Ontologie mit $\alpha_{NniN} = 0$ von allen Beteiligten nachvollziehen.

Bewertung:

Keine Klarheit (0): $1 \geq \alpha_{NniN} > 0,1$

Geringe Klarheit (1): $0,1 \geq \alpha_{NniN} > 0,06$

Durchschnittliche Klarheit (2): $0,06 \geq \alpha_{NniN} > 0,03$

Gute Klarheit (3): $0,03 \geq \alpha_{NniN} < 0,01$

Sehr gute Klarheit (4): $0,01 \geq \alpha_{NniN} \geq 0$

C-2 Einfachheit

Die Einfachheit (Simplizität) einer Ontologie bezieht sich auf ihre Komplexität. Für die Kompetenz-Ontologie bedeutet die Erfüllung dieser Anforderung, dass ihr Umfang nicht größer als tatsächlich erforderlich sein soll und ihr Aufbau für alle beteiligten Personen im KOWIEN-Projekt und bei der DMT übersichtlich und nachvollziehbar sein muss.

Für die Berechnung der Komplexität müssen die Anzahl der Konzepte, der Relationen und der Regeln berücksichtigt werden (siehe nächste Seite). Darüber hinaus spielt die Anzahl der Hierarchieebenen der Ontologie eine Rolle. Durch eine große „Tiefe“ kann es für den Anwender schwieriger werden, die Ontologie zu überblicken und beispielsweise einen bestimmten Begriff zu finden.

Priorität der Einfachheit: sehr hoch

(Zur Übersicht: Die DMT-Kompetenz-Ontologie besitzt eine maximale Tiefe von 12, eine minimale Tiefe von 3 und eine durchschnittliche Tiefe von 9,02.)

Wie würden Sie die Einfachheit der Kompetenz-Ontologie hinsichtlich der Tiefe der Begriffshierarchie bewerten?

- 0 (sehr hohe Konzepttiefe, große Komplexität)
- 1 (hohe Konzepttiefe)
- 2 (durchschnittliche Konzepttiefe)
- 3 (geringe Konzepttiefe)
- 4 (sehr geringe Konzepttiefe, hohe Simplizität)

Berechnung:

Messgröße zur Bestimmung der Komplexität einer Ontologie hinsichtlich ihrer Konstrukte:

$$NSI = \frac{NC}{NC + NR + NA}$$

mit $NC = \sum_{i=1}^n C_i$ (Anzahl der Konzepte in der Ontologie)

und $NR = \sum_{i=1}^n R_i$ (Anzahl der nicht-taxonomischen Relationen in der Ontologie)

und $NA = \sum_{i=1}^n A_i$ (Anzahl der Axiome in der Ontologie).

Eine Ontologie, die weder Relationen noch Axiome enthält, besitzt einen Simplitätswert NSI (hinsichtlich des Umfangs der Konstrukte) von 1. Hingegen ist der Simplitätswert nahe 0, wenn die Ontologie im Vergleich zu der Anzahl der Klassen (NC) viele Relationen und Axiome (NA) enthält.

Sehr hohe Konstruktkomplexität, keine Einfachheit (0): $0 \leq NSI < 0,15$

Hohe Konstruktkomplexität (1): $0,15 \leq NSI < 0,3$

Durchschnittliche Konstruktkomplexität (2): $0,3 \leq NSI < 0,6$

Geringe Konstruktkomplexität (3): $0,6 \leq NSI < 0,8$

Sehr geringe Konstruktkomplexität (4): $0,8 \leq NSI \leq 1$

KOWIEN-Ontologie: 255 Konzepte, 75 Relationen, 15 Axiome => NSI=0,739

DMT-Kompetenz-Ontologie: 434 Konzepte, 119 Relationen, 32 Axiome¹⁴⁶ => NSI=0,741

Eine Ontologie ist dann als besser (einfacher) einzustufen, wenn sie im Vergleich zu einer anderen Ontologie eine niedrigere Komplexität (also eine höhere Bewertung der Konstruktkomplexität, KK, und eine höhere Bewertung der Konzepttiefe, KT) aufweist.

Bewertung:

Keine Einfachheit (0): $0 \leq (KK+KT):2 < 0,5$

Geringe Einfachheit (1): $0,5 \leq (KK+KT):2 < 1,5$

Durchschnittliche Einfachheit (2): $1,5 \leq (KK+KT):2 < 2,5$

Gute Einfachheit (3): $2,5 \leq (KK+KT):2 < 3,5$

Sehr gute Einfachheit (4): $3,5 \leq (KK+KT):2 \leq 4$

146) Eigentlich nur 30 Axiome, da 2 der Inferenzregeln (in der oxml-Datei: flogic_axiom2 und flogic_axiom3) zur Zeit nicht verarbeitet werden können.

C-3 Erweiterbarkeit

Es ist wichtig für die Kompetenz-Ontologie, dass sie hinsichtlich ihres Umfangs und ihrer Struktur mit möglichst geringem Aufwand verändert werden kann. Beispielsweise soll das Hinzufügen neuer Konzepte, Attribute oder Relationen keine oder möglichst geringfügige Veränderungen der bestehenden Strukturen erfordern.

Eine hohe Erweiterbarkeit kann dadurch erreicht werden, dass eine starke Kohärenz der Konstrukte innerhalb der Begriffsbäume (Module) bestehen kann, aber nur eine möglichst geringe Vernetzung zwischen den Modulen (=> modularer Aufbau). Eine starke Vernetzung zwischen Modulen entsteht etwa dadurch, dass viele Relationen zwischen Konzepten aus sehr unterschiedlichen Begriffsbäumen (deren erstes gemeinsames Konzept auf einer sehr hohen Hierarchieebene liegt) erstellt werden.

Auch die Granularität einer Ontologie, also die Fähigkeit, Konzepte auf verschiedenen Abstraktionsebenen darzustellen, hat grundsätzlich einen positiven Einfluss auf die Erweiterbarkeit, da das Hinzufügen neuer Konstrukte auf den unteren Hierarchieebenen meist mit relativ geringem Aufwand möglich ist.

Priorität der Erweiterbarkeit: sehr hoch

Wie würden Sie den Aufwand für Erweiterungen der Kompetenz-Ontologie (hinsichtlich der dafür benötigten Zeit und den zusätzlich erforderlichen Änderungen an bestehenden Konstrukten) einschätzen?

- 0 (keine Erweiterbarkeit)
- 1 (geringe Erweiterbarkeit)
- 2 (durchschnittliche Erweiterbarkeit)
- 3 (gute Erweiterbarkeit)
- 4 (sehr gute Erweiterbarkeit)

C-4 Funktionale Vollständigkeit

Die funktionale Vollständigkeit der Ontologie wird hier durch den Grad der Abdeckung der Kompetenzfragen gemessen, da diese die funktionalen Anforderungen im Rahmen der Konstruktion der Kompetenz-Ontologie darstellen.

Priorität der funktionalen Vollständigkeit: sehr hoch

Werden alle nachfolgenden Fragen von der Kompetenz-Ontologie beantwortet?

Bitte ordnen Sie unter „Gruppe“ die jeweiligen Fragen entsprechend ihrer Relevanz in die Gruppen A (sehr wichtig), B (wichtig) oder C (weniger wichtig) ein, sofern Ihre Einschätzung nicht mit der vorgeschlagenen Priorisierung (graue Markierung) übereinstimmt.

Kompetenzfrage	Gruppe	Gruppe	Gruppe	+	-
	A	B	C		
Wie sieht mein eigenes aktuell gespeichertes Kompetenzprofil aus?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welche Begriffe bezeichnen die Kompetenzen in einem bestimmten Themengebiet? Welche Ausprägungen gibt es für diese Kompetenzen?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wer hat erforderliches Expertenwissen auf einem bestimmten Level?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welcher Mitarbeiter hat das geforderte Kompetenzprofil?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie sieht der Lebenslauf des Mitarbeiters aus?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wo sind im Hinblick auf ein bestimmtes Projekt Skill-Gaps bei Mitarbeitern? Wie groß sind diese?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welche Referenzen hat die DMT oder eine Division / Unit / Abteilung des Unternehmens zu einem bestimmten oder ähnlichen Themengebiet?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welche Referenzen hat die DMT oder eine Division / Unit / Abteilung des Unternehmens zu einem bestimmten Kunden oder Projektpartner?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welche Kompetenzen hat die DMT oder eine Division / Unit / Abteilung des Unternehmens?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Welcher Mitarbeiter hat in einem ähnlichen Projekt früher in welcher Funktion mitgearbeitet?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welcher MA hat an welchen Weiterbildungsaktivitäten mit welchem Ergebnis teilgenommen?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welche Organisationseinheit ist für eine bestimmte betriebliche Aufgabe (z.B. Service-Leistungen für Akquisition / Abrechnung etc.) zuständig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welche Projekte sind ausgeschrieben worden? Welche Projekte werden gerade akquiriert, welche sind schon in Auftrag gegeben worden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welcher externe Partner kommt für eine bestimmte Projektbearbeitung in Frage, weil er in ähnlichen Projekten bereits Erfahrungen hat?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Welcher Mitarbeiter hat Kontakt zu einer bestimmten Firma?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C
Anzahl nicht beantworteter competency questions	NbA	NbB	NbC
	$\varpi_A * NbA$	$\varpi_B * NbB$	$\varpi_C * NbC$

Die funktionale Vollständigkeit einer Ontologie wird mittels der Messgröße MNF bestimmt: $MNF = (\varpi_A * NbA + \varpi_B * NbB + \varpi_C * NbC) : (\varpi_A * A + \varpi_B * B + \varpi_C * C)$.

Die einzelnen Gewichte ϖ_A , ϖ_B und ϖ_C werden in diesem Fall mit den Werten 3, 2 und 1 belegt. Je näher MNF dem Wert 1 ist, desto schlechter erfüllt die Ontologie die Anforderung der funktionalen Vollständigkeit. Im Optimalfall liegt $MNF = 0$ vor.

Bewertung:

Keine funktionale Vollständigkeit (0): $1 \geq MNF > 0,4$

Geringe funktionale Vollständigkeit (1): $0,4 \geq MNF > 0,2$

Durchschnittliche funktionale Vollständigkeit (2): $0,2 \geq MNF > 0,08$

Gute funktionale Vollständigkeit (3): $0,08 \geq MNF < 0,04$

Sehr gute funktionale Vollständigkeit (4): $0,04 \geq MNF \geq 0$

C-5 Wiederverwendbarkeit

Die Wiederverwendbarkeit einer Ontologie soll gewährleisten, dass sie auch in anderen Kontexten als dem ursprünglich erwarteten eingesetzt und genutzt werden kann. Dadurch wird die Wiederverwendung von vorhandenem Wissen und gemachten Erfahrungen ermöglicht und der Aufwand für die Entwicklung weiterer ontologiebasierter Anwendungssysteme verringert. Beispiele dafür sind Anwendungen in derselben Organisation im Rahmen eines anderen Anwendungssystems sowie Anwendungen in einer anderen Organisation in einem ähnlichen Anwendungssystem.

Eine Ontologie mit einer hohen Wiederverwendbarkeit zeichnet sich dadurch aus, dass sie mit sehr geringem Aufwand (hinsichtlich der für Modifikationen benötigten Zeit und der Anzahl der zu ändernden Konstrukte) in einem anderen Kontext eingesetzt werden kann. Auch die zu erwartende Werkzeugunterstützung sowie die Erlernbarkeit der gewählten Repräsentationssprache – in diesem Fall F-Logic und DAML+OIL – spielen dabei eine große Rolle.

Priorität der Wiederverwendbarkeit: hoch

Wie würden Sie die Wiederverwendbarkeit der Kompetenz-Ontologie in Bezug auf den zu erwartenden Aufwand für Änderungen und die Verbreitung der verwendeten Sprache einschätzen?

- 0 (keine Wiederverwendbarkeit)
- 1 (geringe Wiederverwendbarkeit)
- 2 (durchschnittliche Wiederverwendbarkeit)
- 3 (gute Wiederverwendbarkeit)
- 4 (sehr gute Wiederverwendbarkeit)

Berechnung:

Redundanz- und Abundanzfreiheit:

$$\alpha_{\text{NRF}} = 1 - \frac{\text{NrK}}{\text{NK}} \text{ mit } \text{NK} \neq 0 \text{ und } 1 \geq \alpha_{\text{NRF}} \geq 0 \text{ sowie}$$

mit $\text{NrK} = \sum_{i=1}^n rK_i$ (Anzahl nicht relevanter Konstrukte)

und $\text{NK} = \sum_{i=1}^n K_i$ (Anzahl der Konstrukte in der Ontologie)

$\alpha_{\text{NRF}} = 1$ und $\alpha_{\text{NRF}} = 0$ stellen Grenzfälle dar: Während bei $\alpha_{\text{NRF}} = 1$ eine Ontologie nur relevante Konstrukte enthält (und damit minimal ist), besteht die Ontologie bei $\alpha_{\text{NRF}} = 0$ ausschließlich aus redundanten und (weiteren) irrelevanten Konstrukten.

Bewertung:

Keine Minimalität (0): $0 \leq \alpha_{\text{NRF}} < 0,6$

Geringe Minimalität (1): $0,6 \leq \alpha_{\text{NRF}} < 0,8$

Durchschnittliche Minimalität (2): $0,8 \leq \alpha_{\text{NRF}} < 0,95$

Gute Minimalität (3): $0,95 \leq \alpha_{\text{NRF}} < 0,98$

Sehr gute Minimalität (4): $0,98 \leq \alpha_{\text{NRF}} \leq 1$

C-7 Konsistenz

Konsistenz ist gleichzusetzen mit der Widerspruchsfreiheit einer Ontologie. Eine konsistente Ontologie beinhaltet keine Widersprüche zwischen den einzelnen Konstrukten, und auch durch mögliche Schlussfolgerungen können keine widersprüchlichen Aussagen entstehen.

Priorität der Konsistenz: hoch

Wurden in der Ontologie Widersprüche zwischen den vorhandenen Konstrukten gefunden?
Wurde durch die Anwendung von Inferenzregeln neues Wissen erschlossen, das im Widerspruch zu dem explizitem Wissen in der Wissensbasis steht?

ja nein

(Beispiel: Durch eine entsprechende Inferenzregel wurde aufgrund einer Weiterbildungsmaßnahme auf eine spezielle Kompetenz eines Mitarbeiters geschlossen, obwohl dieser Mitarbeiter zuvor *explizit* als *nicht-kompetent* in diesem Bereich spezifiziert wurde)

Bitte beschreiben Sie die festgestellten Inkonsistenzen:

Wie würden Sie die Anzahl und Qualität der Inkonsistenzen einschätzen (bitte bei Bedarf erläutern)?

- 0 (sehr relevante Inkonsistenzen, sehr geringe Konsistenz)
 1 (relevante Inkonsistenzen, geringe Konsistenz)
 2 (weniger relevante Inkonsistenzen, durchschnittliche Konsistenz)
 3 (kaum relevante Inkonsistenzen, gute Konsistenz)
 4 (es wurden keine Inkonsistenzen festgestellt, sehr gute Konsistenz)

C-8 Spracheignung

Das Kriterium der Spracheignung betrachtet die Angemessenheit einer Ontologie-Repräsentationssprache im Hinblick auf eine bestimmte Anwendungssituation. Dabei müssen die semantische Mächtigkeit, also die Ausdrucksfähigkeit, sowie der erforderliche Grad an Formalität der Sprache berücksichtigt werden. In Abhängigkeit von der Ausdrucksfähigkeit der Ontologiesprache kann es bei der Formalisierung zu Kodierungsverzerrung kommen (wenn Design-Entscheidungen nur aufgrund von Vorteilen für die Notation oder Implementierung getroffen wurden), die möglichst gering gehalten werden sollen.

Grundsätzlich ist eine Sprache nur dann für eine bestimmte Ontologiekonstruktion geeignet, wenn sie für die Entwickler und die späteren Benutzer verständlich ist und eine entsprechende Werkzeugunterstützung vorhanden ist. Diese beiden letztgenannten Eigenschaften einer Sprache werden entscheidend beeinflusst durch die Erfahrungen und Kenntnisse der Beteiligten und die vorhandene informationstechnische Unterstützung.

Priorität der Spracheignung: hoch

Wie würden Sie die Eignung der ausgewählten Sprache (F-Logic oder DAML+OIL) hinsichtlich der Verständlichkeit der Sprache für die Projektbeteiligten, der vorhandenen Tool-Unterstützung und der erforderlichen Ausdrucksfähigkeit für diese Ontologieentwicklung bewerten?

- 0 (keine Spracheignung)
- 1 (geringe Spracheignung)
- 2 (durchschnittliche Spracheignung)
- 3 (gute Spracheignung)
- 4 (sehr gute Spracheignung)

C-9 Richtigkeit der Sprachanwendung

Bei korrekter Sprachanwendung muss die Ontologie den Vorgaben des Metamodells (der Sprache) entsprechen. Dazu gehört, dass die Ontologie alle im Metamodell vorgeschriebenen Konstrukte und Informationen umfasst. Darüber hinaus darf sie nur die im Metamodell spezifizierten Konstrukte enthalten, also keine neuen Konstrukte ~~Periwände~~ ~~Periwände~~

Periwände der Richtigkeit der Sprachanwendung: mittel

Wird für die Spezifikation der Konstrukte der Kompetenz-Ontologie nur diejenige Notation benutzt, die in dem Metamodell der gewählten Repräsentationssprache definiert ist? ja nein

Falls nein, welche sind die im Vergleich zum Metamodell der Sprache fehlenden oder falschen Konstrukte?

Wie würden Sie die Anzahl und Qualität der Inkonsistenzen zum Metamodell einschätzen (bitte bei Bedarf erläutern)?

- 0 (sehr relevante Inkonsistenzen, kaum richtige Sprachanwendung)
- 1 (relevante Inkonsistenzen, geringe Richtigkeit der Sprachanwendung)
- 2 (weniger relevante Inkonsistenzen, durchschnittl. Richtigkeit der Sprachanwendung)
- 3 (kaum relevante Inkonsistenzen, gute Richtigkeit der Sprachanwendung)
- 4 (es wurden keine Inkonsistenzen festgestellt, sehr gute Richtigkeit der Sprachanw.)

Anhang D: Kompetenz-Ontologie F-Logic (Version 1.0)

// CONCEPTS -----

Selbstkompetenz::Kompetenz.
 Kompetenz::Attribut.
 Attribut::abstraktes_Objekt.
 Fachkompetenz::Kompetenz.
 Methodenkompetenz::Kompetenz.
 Sozialkompetenz::Kompetenz.
 Branchenkompetenz::Fachkompetenz.
 Fremdsprachliche_Kompetenz::Fachkompetenz.
 IT_Kompetenz::Fachkompetenz.
 Juristische_Kompetenz::Fachkompetenz.
 Analysemethoden_Kompetenz::BWL_Methoden_Kompetenz.
 Unternehmensbewertungsmethoden_Kompetenz::BWL_Methoden_Kompetenz.
 Wirtschaftspruefungsmethoden_Kompetenz::BWL_Methoden_Kompetenz.
 Kreativitaetsmethoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.
 Planungsmethoden_Kompetenz::BWL_Methoden_Kompetenz.
 Investitionsmethoden_Kompetenz::BWL_Methoden_Kompetenz.
 Programmiersprachen::Computersprachen_Kompetenz.
 Betriebssysteme_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 Anwendungsprogramme_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 Analytisch_systematische_Methoden_Kompetenz::Kreativitaetsmethoden_Kompetenz.
 Intuitiv_kreative_Methoden_Kompetenz::Kreativitaetsmethoden_Kompetenz.
 Gesamtbewertungsverfahren_Kompetenz::Unternehmensbewertungsmethoden_Kompetenz.
 Einzelbewertungsverfahren_Kompetenz::Unternehmensbewertungsmethoden_Kompetenz.
 abstraktes_Objekt::Entitaet.
 konkretes_Objekt::Entitaet.
 Quantitaet::abstraktes_Objekt.
 Aussage::abstraktes_Objekt.
 Zustand::situatives_Objekt.
 situatives_Objekt::abstraktes_Objekt.
 zeitartiges_Objekt::abstraktes_Objekt.
 handlungsunfaehiges_Objekt::konkretes_Objekt.
 Akteur::konkretes_Objekt.
 Gebiet::handlungsunfaehiges_Objekt.
 Gegenstand::handlungsunfaehiges_Objekt.
 Intensitaet::Attribut.
 ordinal_skalierte_Intensitaet::Intensitaet.
 kardinal_skalierte_Intensitaet::Intensitaet.
 Kompetenzauspraegung::ordinal_skalierte_Intensitaet.
 Datenbanken::Informationsmanagementsysteme_Kompetenz.
 Entwicklungstool_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 Netzwerktechnologie_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 IT_Architektur_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 Auszeichnungssprachen::Computersprachen_Kompetenz.
 MS_Office_Kompetenz::Bueroanwendungsprogramme_Kompetenz.
 SAP_Kompetenz::Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Individualakteur::Akteur.
 Kollektivakteur::Akteur.
 Organisation::Kollektivakteur.
 Unternehmensnetzwerk::Kommerzielle_Organisation.
 virtuelles_Unternehmen::Unternehmensnetzwerk.
 strategisches_Unternehmensnetzwerk::Unternehmensnetzwerk.
 regionales_Unternehmensnetzwerk::Unternehmensnetzwerk.
 Unternehmen::Kommerzielle_Organisation.
 Fischerei_und_Fischzucht::Branche.
 Energie_und_Wasserversorgung::Branche.
 Baugewerbe::Branche.
 Land_und_Forstwirtschaft::Branche.
 Landwirtschaft_und_Jagd::Land_und_Forstwirtschaft.
 Forstwirtschaft::Land_und_Forstwirtschaft.

Energieversorgung::Energie_und_Wasserversorgung.
 Wasserversorgung::Energie_und_Wasserversorgung.
 Vorbereitende_Baustellenarbeiten::Baugewerbe.
 Hoch_und_Tiefbau::Baugewerbe.
 Bauinstallation::Baugewerbe.
 Sonstiges_Ausbaugewerbe::Baugewerbe.
 Vermietung_von_Baumaschinen_und_geraeten::Baugewerbe.
 Zeitpunkt::zeitartiges_Objekt.
 Zeitspanne::zeitartiges_Objekt.
 Ereignis::situatives_Objekt.
 Prozess::situatives_Objekt.
 Vor_Angebotsphase::KOWIEN_Projektprozess.
 Angebotsphase::KOWIEN_Projektprozess.
 Auftrag_durchfuehren::KOWIEN_Projektprozess.
 Projekt_nachbearbeiten::KOWIEN_Projektprozess.
 Projekte_unterstuetzen::KOWIEN_Projektprozess.
 Markt_beobachten::Vor_Angebotsphase.
 Projekt_identifizieren::Vor_Angebotsphase.
 Machbarkeit_pruefen::Vor_Angebotsphase.
 Interessenbekundung::Vor_Angebotsphase.
 Follow_up_des_PQ_LOI::Vor_Angebotsphase.
 Kundenproblem_analysieren::Angebotsphase.
 Loesungsansaetze_finden::Angebotsphase.
 Angebot_kalkulieren::Angebotsphase.
 Risiken_abschaetzen::Angebotsphase.
 Verhandlung_und_Angebotsabschluss::Angebotsphase.
 Start_und_Inception_Phasee::Auftrag_durchfuehren.
 Einzelauftrag_bearbeiten::Auftrag_durchfuehren.
 Projekt_managen_und_controllen::Auftrag_durchfuehren.
 Auftrag_abschliessen::Auftrag_durchfuehren.
 Projektbeurteilung_durchfuehren::Projekt_nachbearbeiten.
 Projekt_abschliessen::Projekt_nachbearbeiten.
 Kontaktpflege_zum_Kunden_einleiten::Projekt_nachbearbeiten.
 Wartung_und_Service_durchfuehren::Projekt_nachbearbeiten.
 Strategie_entwickeln_ausrichten::Projekte_unterstuetzen.
 Marketingprogramm_entwickeln::Projekte_unterstuetzen.
 Vertrieb::Projekte_unterstuetzen.
 Vertrieb::Marketing_und_Vertrieb_Kompetenz.
 Rechtsberatung::Projekte_unterstuetzen.
 Personal_managen::Projekte_unterstuetzen.
 Infrastruktur_bereitstellen::Projekte_unterstuetzen.
 Rechnungswesen::Projekte_unterstuetzen.
 Staat::Gebiet.
 Bundesland::Gebiet.
 Strasse::Gebiet.
 Ort::Gebiet.
 Kompetenzaussage::dreistellige_Aussage.
 dreistellige_Aussage::Aussage.
 vierstellige_Aussage::Aussage.
 Kompetenzprofil::Attribut.
 reelle_Zahl::Quantitaet.
 imaginaere_Zahl::Quantitaet.
 rationale_Zahl::reelle_Zahl.
 irrationale_Zahl::reelle_Zahl.
 einstellige_Aussage::Aussage.
 zweistellige_Aussage::Aussage.
 Akteurs_Profil::Kompetenzprofil.
 Stellen_Profil::Kompetenzprofil.
 Stelle::Organisationskonzept.
 Kompetenzauspraegung_Sprache::Kompetenzauspraegung.
 Kompetenzauspraegung_allgemein::Kompetenzauspraegung.

Erfahrung::Lebenslaufdatum.
 Projekterfahrung::Erfahrung.
 Berufserfahrung::Erfahrung.
 Auslandserfahrung::Erfahrung.
 Betriebswirtschaftliche_Kompetenz::Fachkompetenz.
 Mitarbeiter::Individualakteur.
 Externer_Akteur::Individualakteur.
 Organisationskonzept::konkretes_Objekt.
 Organisationseinheit::Organisationskonzept.
 Mitarbeiterstelle::Stelle.
 Fuehrungsstelle::Stelle.
 Division::operative_Einheit.
 Unit::operative_Einheit.
 Abteilung::operative_Einheit.
 Tarifliche_Vollzeitstelle::Mitarbeiterstelle.
 Tarifliche_Teilzeitstelle::Mitarbeiterstelle.
 Aussertarifliche_Vollzeitstelle::Mitarbeiterstelle.
 Aussertarifliche_Teilzeitstelle::Mitarbeiterstelle.
 F2_Vollzeitstelle::Fuehrungsstelle.
 F2_Teilzeitstelle::Fuehrungsstelle.
 F3_Vollzeitstelle::Fuehrungsstelle.
 F3_Teilzeitstelle::Fuehrungsstelle.
 Team::operative_Einheit.
 Kommerzielle_Organisation::Organisation.
 Nicht_kommerzielle_Organisation::Organisation.
 Universitaet_Hochschule::Bildungseinrichtung.
 Behoerde::Nicht_kommerzielle_Organisation.
 Forschungszentrum::Nicht_kommerzielle_Organisation.
 Stiftung::Nicht_kommerzielle_Organisation.
 Ministerium::Nicht_kommerzielle_Organisation.
 F1_Vollzeitstelle::Fuehrungsstelle.
 operative_Einheit::Organisationseinheit.
 administrative_Einheit::Organisationseinheit.
 Stabsstelle::administrative_Einheit.
 Bereich::administrative_Einheit.
 administratives_Team::administrative_Einheit.
 administrative_Abteilung::administrative_Einheit.
 Grossprojektprozess::Prozess.
 KOWIEN_Projektprozess::Prozess.
 Projektphase::Grossprojektprozess.
 Projektaktivitaet::Grossprojektprozess.
 Projekt::konkretes_Objekt.
 // Einmaliges, neuartiges, zeitlich begrenztes Vorhaben mit einem definierten Ziel, das die
 Zusammenarbeit mehrerer Personen unter einer Leitung erfordert.

Branche::Attribut.
 Bergbau_und_Gewinnung_von_Steinen_und_Erden::Branche.
 Kohlenbergbau_und_Torfgewinnung::Bergbau_und_Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
 Gewinnung_von_Erdoel_und_Erdgas_oder_Dienstleistungen::
 Bergbau_und_Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
 Bergbau_auf_Uran_Thorium_Erze::Bergbau_und_Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
 Erzbergbau::Bergbau_und_Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
 Gewinnung_von_Steinen_und_Erden::
 Bergbau_und_Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
 Verarbeitendes_Gewerbe::Branche.
 Ernaerungsgewerbe::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Tabakverarbeitung::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Textilgewerbe::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Bekleidungsgewerbe::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Ledergewerbe::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Holzgewerbe_ohne_Moebel::Verarbeitendes_Gewerbe.

Papiergewerbe::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Verlags_und_Druckgewerbe::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Kokerei_Mineraloelverarbeitung_Spalt_und_Bruststofferstellung::
 Verarbeitendes_Gewerbe.
 Herstellung_von_chemischen_Erzeugnissen::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Herstellung_von_Gummi_und_Kunststoffwaren::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Glasgewerbe_Keramik_Verarbeitung_von_Steinen_und_Erden::
 Verarbeitendes_Gewerbe.
 Metallerzeugung_und_bearbeitung::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Herstellung_von_Metallerzeugnissen::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Maschinenbaugewerbe::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Herstellung_von_Bueromaschinen_Datenverarbeitungsgeraeten::
 Verarbeitendes_Gewerbe.
 Herstellung_von_Geraeten_der_Elektrizitaetserzeugung_und_verteilung::
 Verarbeitendes_Gewerbe.
 Rundfunk_und_Nachrichtentechnik::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Medizin_Mess_Steuerungs_und_Regelungstechnik_Optik_und_Uhren::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Herstellung_von_Kraftwagen_und_Kraftwagenteilen::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Sonstiger_Fahrzeugbau::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Herstellung_von_Moebeln_Schmuck_Musikinstrumenten_Sportgeraeten_Spielwaren::
 Verarbeitendes_Gewerbe.
 Recycling::Verarbeitendes_Gewerbe.
 Kraftfahrzeughandel_Instandhaltung_und_Reparatur_Tankstellen::
 Handel_Instandhaltung_Reparatur_von_Kraftfahrzeugen_und_Gebrauchsguetern.
 Handel_Instandhaltung_Reparatur_von_Kraftfahrzeugen_und_Gebrauchsguetern::
 Branche.
 Handelsvermittlung_und_Grosshandel::
 Handel_Instandhaltung_Reparatur_von_Kraftfahrzeugen_und_Gebrauchsguetern.
 Einzelreparatur_und_Reparatur_von_Gebrauchsguetern::
 Handel_Instandhaltung_Reparatur_von_Kraftfahrzeugen_und_Gebrauchsguetern.
 Gastgewerbe::Branche.
 Verkehr_und_Nachrichtenuebermittlung::Branche.
 Landverkehr_Transport_in_Rohrfernleitungen::Verkehr_und_Nachrichtenuebermittlung.
 Schifffahrt::Verkehr_und_Nachrichtenuebermittlung.
 Luftfahrt::Verkehr_und_Nachrichtenuebermittlung.
 Hilfs_und_Nebentaetigkeiten_fuer_den_Verkehr::Verkehr_und_Nachrichtenuebermittlung.
 Nachrichtenuebermittlung::Verkehr_und_Nachrichtenuebermittlung.
 Kredit_und_Versicherungsgewerbe::Branche.
 Kreditgewerbe::Kredit_und_Versicherungsgewerbe.
 Versicherungsgewerbe::Kredit_und_Versicherungsgewerbe.
 Mit_Kredit_und_Versicherungsgewerbe_verbundene_Taetigkeiten::
 Kredit_und_Versicherungsgewerbe.
 Grundstueckswesen_Vermietung_beweglicher_Sachen_Dienstleistungen::Branche.
 Grundstuecks_und_Wohnungswesen::
 Grundstueckswesen_Vermietung_beweglicher_Sachen_Dienstleistungen.
 Vermietung_beweglicher_Sachen::
 Grundstueckswesen_Vermietung_beweglicher_Sachen_Dienstleistungen.
 Datenverarbeitung_und_Datenbanken::
 Grundstueckswesen_Vermietung_beweglicher_Sachen_Dienstleistungen.
 Forschung_und_Entwicklung::
 Grundstueckswesen_Vermietung_beweglicher_Sachen_Dienstleistungen.
 Erbringung_von_wirtschaftlichen_Dienstleistungen::
 Grundstueckswesen_Vermietung_beweglicher_Sachen_Dienstleistungen.
 Oeffentliche_Verwaltung_Verteidigung_Sozialversicherung::Branche.
 Erziehung_und_Unterricht::Branche.
 Gesundheits_Veterinaer_und_Sozialwesen::Branche.
 Sonstige_oeffentliche_und_persoенliche_Dienstleistungen::Branche.
 Abwasser_und_Abfallversorgung::
 Sonstige_oeffentliche_und_persoенliche_Dienstleistungen.
 Interessenvertretungen_kirchliche_und_sonstige_Vereinigungen::
 Sonstige_oeffentliche_und_persoенliche_Dienstleistungen.

Kultur_Sport_und_Unterhaltung::
 Sonstige_oeffentliche_und_persoenliche_Dienstleistungen.
 Erbringung_von_sonstigen_Dienstleistungen::
 Sonstige_oeffentliche_und_persoenliche_Dienstleistungen.
 Private_Haushalte::Branche.
 Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz::Fachkompetenz.
 Auftrag::Projekt. // Externer Kundenauftrag
 F_und_E_Projekt::Projekt.
 // Projekt fuer Forschung und Entwicklung mit oeffentlichem Zuschussgeber
 Internes_Projekt::Projekt.
 Grossprojekt::Auftrag. // Auftrag mit mindestens einer Million Euro Umsatz
 Normales_Projekt::Auftrag. // Auftrag mit weniger als einer Million Euro Umsatz
 Lebenslaufdatum::Attribut.
 Familienstand::Lebenslaufdatum.
 Staatszugehoerigkeit::Lebenslaufdatum.
 Religionszugehoerigkeit::Lebenslaufdatum.
 Ausbildung::Lebenslaufdatum.
 Schulabschluss::Ausbildung.
 Fachschule::Ausbildung.
 Lehre::Ausbildung. // Berufsausbildung
 Studium::Ausbildung.
 Fachhochschulstudium::Studium.
 Universitaets_Hochschulstudium::Studium.
 Organisationsteil::Kollektivakteur.
 BWL_Methoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.
 Kommunikationswissenschaftliche_Kompetenz::Fachkompetenz.
 Oeffentlichkeitsarbeit_Kompetenz::Kommunikationswissenschaftliche_Kompetenz.
 // Zielgruppe: Medien
 Marketing::Marketing_und_Vertrieb_Kompetenz.
 SAP_Modul::SAP_Kompetenz.
 SAP_allgemein::SAP_Kompetenz.
 Hardware_Peripherie_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 Controlling_Kompetenz::Betriebswirtschaftliche_Kompetenz.
 Kostenrechnung::Controlling_Kompetenz.
 betriebswirtschaftliches_F_und_E_Management::Controlling_Kompetenz.
 Berichte_und_Planung::Controlling_Kompetenz.
 Bergbau::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Bauingenieurwesen::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Chemie::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Elektrotechnik::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Geowissenschaft::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Maschinenbau::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Physik::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Verfahrenstechnik::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Automatisierungstechnik::Elektrotechnik.
 Elektronik::Elektrotechnik.
 Energietechnik::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Informations_und_Kommunikationstechnik::Elektrotechnik.
 Messtechnik::Elektrotechnik.
 Hochfrequenztechnik::Elektrotechnik.
 Anlagentechnik::Maschinenbau.
 Antriebstechnik::Maschinenbau.
 Hebe_und_Foerdertechnik::Maschinenbau.
 Instandhaltung::Maschinenbau.
 Fertigungstechnik::Maschinenbau.
 Maschinenelemente::Maschinenbau.
 Stroemungslehre::Maschinenbau.
 Konstruktion_Technisches_Zeichnen::Maschinenbau.
 Thermodynamik::Maschinenbau.
 Tribologie::Maschinenbau.
 Verkehrstechnik::Maschinenbau.

Werkstofftechnik::Maschinenbau.
 Biologie::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 Sicherheitstechnik::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
 F2_Einheit::Organisationsteil.
 F3_Einheit::Organisationsteil.
 Projektmitarbeit::dreistellige_Aussage.
 fachspezifische_Anwendungsprogramme_Kompetenz::
 Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Grafikprogramme_Kompetenz::Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Automatisierungssoftware::fachspezifische_Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Automatisierungssoftware::Elektrotechnik.
 Informationsmanagementsysteme_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 Data_Warehouse::Informationsmanagementsysteme_Kompetenz.
 Expertensysteme::Informationsmanagementsysteme_Kompetenz.
 Geowissenschaften_Software::fachspezifische_Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Computersprachen_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 Modellierungssprachen::Computersprachen_Kompetenz.
 Seismik_Software::fachspezifische_Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Simulationssoftware::fachspezifische_Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Vermessungssoftware::fachspezifische_Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Internet_Kompetenz::IT_Kompetenz.
 Web_Design::Internet_Kompetenz.
 Web_Programmierung::Internet_Kompetenz.
 Bau_Software::fachspezifische_Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Content_Management_Systeme::Informationsmanagementsysteme_Kompetenz.
 Buerooanwendungsprogramme_Kompetenz::Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 Arbeits_und_Sozialrecht::Juristische_Kompetenz.
 Internationales_Recht::Juristische_Kompetenz.
 Weiterbildung::Lebenslaufdatum.
 interne_Weiterbildung::Weiterbildung.
 externe_Weiterbildung::Weiterbildung.
 Projekt_Prozessmanagement::interne_Weiterbildung.
 // Zielgruppe: Projektleiter / -verantwortliche
 Vertriebsqualifizierung::interne_Weiterbildung. // Zielgruppe: VV, VID, TV
 Fuehrungskraefteentwicklung::interne_Weiterbildung.
 Fremdsprachen::interne_Weiterbildung.
 Mitarbeitergespraeche::interne_Weiterbildung.
 // Zielgruppe: Vorgesetzte, die Mitarbeitergespraeche zu fuehren haben
 Medientraining::interne_Weiterbildung.
 // Zielgruppe: F1/F2/F3-Ebene sowie Mitarbeiter,
 // die das Unternehmen bei Interviews repraesentieren
 Qualitaetsmanagement::interne_Weiterbildung.
 // Zielgruppe: Leiter und QM-Beauftragte
 Oeffentliches_Recht::Juristische_Kompetenz.
 Steuerrecht::Juristische_Kompetenz.
 Strafrecht::Juristische_Kompetenz.
 Verfahrens_und_Prozessrecht::Juristische_Kompetenz.
 Wirtschaftsrecht::Juristische_Kompetenz.
 Zivilrecht::Juristische_Kompetenz.
 Internationales_Wirtschaftsrecht::Internationales_Recht.
 Allgemeines_internationales_Recht::Internationales_Recht.
 Staats_und_Verfassungsrecht::Oeffentliches_Recht.
 Verwaltungsrecht::Oeffentliches_Recht.
 Allgemeines_Verwaltungsrecht::Verwaltungsrecht.
 Besonderes_Verwaltungsrecht::Verwaltungsrecht.
 Allgemeines_Wirtschaftsrecht::Wirtschaftsrecht.
 Gesellschaftsrecht::Wirtschaftsrecht.
 Gewerblicher_Rechtsschutz_Urheberrecht::Wirtschaftsrecht.
 Allgemeines_Zivilrecht_BGB::Zivilrecht.
 Sachenrecht::Zivilrecht.
 Schuldrecht::Zivilrecht.

Vertragsrecht::Zivilrecht.
 Einkauf_und_Materialwirtschaft_Kompetenz::Betriebswirtschaftliche_Kompetenz.
 Einkauf::Einkauf_und_Materialwirtschaft_Kompetenz.
 Lager_Materialwirtschaft::Einkauf_und_Materialwirtschaft_Kompetenz.
 Finanz_und_Rechnungswesen_Kompetenz::Betriebswirtschaftliche_Kompetenz.
 Buchhaltung::Finanz_und_Rechnungswesen_Kompetenz.
 Finanzen_und_Konzernbilanz::Finanz_und_Rechnungswesen_Kompetenz.
 Steuern::Finanz_und_Rechnungswesen_Kompetenz.
 Marketing_und_Vertrieb_Kompetenz::Betriebswirtschaftliche_Kompetenz.
 Organisations_und_Innovationskompetenz::Betriebswirtschaftliche_Kompetenz.
 Innovationskompetenz::Organisations_und_Innovationskompetenz.
 Personalwirtschaft_Kompetenz::Betriebswirtschaftliche_Kompetenz.
 Organisationskompetenz::Organisations_und_Innovationskompetenz.
 Ausbildungsaussage::vierstellige_Aussage.
 Bildungseinrichtung::Nicht_kommerzielle_Organisation.
 Grundschule::Bildungseinrichtung.
 Gymnasium::Bildungseinrichtung.
 Fachhochschule::Bildungseinrichtung.
 Fachschule::Bildungseinrichtung.
 Gesamtschule::Bildungseinrichtung.
 Realschule::Bildungseinrichtung.
 Hauptschule::Bildungseinrichtung.
 Projektstatus::Attribut.
 F_und_E_Projektstatus::Projektstatus.
 L_und_L_Projektstatus::Projektstatus.
 Status_internes_Projekt::Projektstatus.
 betriebliche_Aufgabe::Attribut.
 Datum::Zeitpunkt.
 Uhrzeit::Zeitpunkt.
 Jahr::Zeitpunkt.
 Bauingenieurwesen_allgemein::Bauingenieurwesen.
 Bauingenieurwesen_nach_Materialien::Bauingenieurwesen.
 Bodenmanagement::Bauingenieurwesen.
 Grundbau::Bauingenieurwesen.
 Hochbau_Leitungsbau::Bauingenieurwesen.
 Tiefbau::Bauingenieurwesen.
 Wasserbau::Bauingenieurwesen.
 Abbauverfahren::Bergbau.
 Aufbereitung::Bergbau.
 Bergbauplanung::Bergbau.
 Gebirgsmechanik::Bergbau.
 Gewinnungstechnik::Bergbau.
 Markscheidewesen::Bergbau.
 Veredlung::Bergbau.
 Ver_Entsorgung::Bergbau.
 Versatz::Bergbau.
 Huettenwesen::Veredlung.
 Veredlung_allgemein::Veredlung.
 Grubenbewetterung::Ver_Entsorgung.
 Entsorgung::Ver_Entsorgung.
 Analytische_Chemie::Chemie.
 Chemie_allgemein::Chemie.
 Alternative_Energieerzeugung::Energietechnik.
 Energietechnik_allgemein::Energietechnik.
 Fossile_Energieerzeugung::Energietechnik.
 Geodaesie_Vermessungswesen::Geowissenschaft.
 Geologie::Geowissenschaft.
 Geophysik::Geowissenschaft.
 Geotechnik::Geowissenschaft.
 Allgemeine_Geowissenschaften::Geowissenschaft.
 Maschinenbau_nach_Materialien::Maschinenbau.

```

Maschinenueberwachung::Instandhaltung.
allgemeine_Qualitaetsicherung::Instandhaltung.
Kraftfahrzeugtechnik::Verkehrstechnik.
Verkehrstechnik_ausser_Kfz_Technik::Verkehrstechnik.
Arbeits_und_Geraetesicherheit::Sicherheitstechnik.
Brand_und_Explosionsschutz::Sicherheitstechnik.
Gebaeudesicherheit::Sicherheitstechnik.
allgemeine_Verkehrssicherheit::Sicherheitstechnik.
Umweltschutz::Naturwissenschaftlich_technische_Kompetenz.
Allgemeine_Verfahrenstechnik::Verfahrenstechnik.
Umweltverfahrenstechnik::Verfahrenstechnik.
Aufbereitungstechnik::Aufbereitung.
Aufbereitungsverfahren::Aufbereitung.
Staatenverbund::Gebiet.
Allgemeine_Methodenkompetenz::Methodenkompetenz.
Publikation::handlungsunfaehiges_Objekt.

// LOCAL RELATIONS -----
Kompetenz[enthalten_in_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage;
    hat_Synonym=>>xsdSTRING].
    // ermoeeglicht Definition von Synonymen auch auf Instanzenebene
Fachkompetenz[verwandt_mit=>>Fachkompetenz;
    stark_verwandt_mit=>>Fachkompetenz].
Branchenkompetenz[bezieht_sich_auf_Branche=>>Branche].
Akteur[hat_Name=>>xsdSTRING;
    ist_betroffen_von_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage;
    hat_Kompetenzprofil=>Akteurs_Profil;
    hat_Adresse=>>Ort;
    ist_Autor_von=>>Publikation].
Kompetenzauspraegung[hat_numerischen_Wert=>>xsdINTEGER;
    wird_erlaeutert_durch=>>xsdSTRING].
Individualakteur[arbeitet_fuer=>>Organisation;
    hat_Geburtstag=>Zeitpunkt;
    hat_Familienstand=>Familienstand;
    hat_Staatszugehoerigkeit=>>Staatszugehoerigkeit].
Kollektivakteur[hat_Referenz=>>Projekt].
Unternehmensnetzwerk[hat_Mitgliedsunternehmen=>>Unternehmen].
Unternehmen[ist_betroffen_von_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage;
    hat_Mitarbeiter=>>Individualakteur;
    ist_Mitglied_von_Unternehmensnetzwerk=>>Unternehmensnetzwerk].
Zeitpunkt[liegt_in_Zeitspanne=>>Zeitspanne].
Zeitspanne[hat_Beginn=>>Zeitpunkt;
    hat_Ende=>>Zeitpunkt;
    beinhaltet_Zeitspanne=>>Zeitspanne;
    vor_Zeitspanne=>>Zeitspanne;
    endet_am_Beginn_von_Zeitspanne=>>Zeitspanne;
    nach_Zeitspanne=>>Zeitspanne;
    waehrend_Zeitspanne=>>Zeitspanne;
    beginnt_am_Ende_von_Zeitspanne=>>Zeitspanne;
    ueberlappt_Zeitspanne=>>Zeitspanne;
    gleiche_Zeitspanne_wie=>>Zeitspanne;
    endet_mit_Ende_von_Zeitspanne=>>Zeitspanne;
    beginnt_am_Anfang_von_Zeitspanne=>>Zeitspanne].
Kompetenzaussage[betrifft_konkretes_Objekt=>>konkretes_Objekt;
    beinhaltet_Kompetenz=>Kompetenz;
    beinhaltet_Kompetenzauspraegung=>Kompetenzauspraegung;
    enthalten_in_Kompetenzprofil=>>Kompetenzprofil;
    hat_Wahrscheinlichkeit=>xsdDOUBLE;
    zuletzt_veraendert_am=>Datum].
Kompetenzprofil[beinhaltet_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage].

```

```

Akteurs_Profil[beinhaltet_Erfahrung=>>Erfahrung;
               beinhaltet_Ausbildungsaussage=>>Ausbildungsaussage;
               betrifft_Akteur=>Akteur;
               beinhaltet_Weiterbildung=>>Weiterbildung].
Stellen_Profil[betrifft_Organisationskonzept=>>Organisationskonzept].
// repraesentiert ein Soll-Profil einer Stelle oder einer Organisationseinheit
Stelle[hat_Stellenbeschreibung=>>xsdSTRING;
       ist_Einheit_zugeordnet=>>Organisationseinheit].
Erfahrung[hat_Erfahrungsbeginn=>Zeitpunkt;
          hat_Erfahrungsende=>>Zeitpunkt;
          wurde_gemacht_durch_Akteur=>>Individualakteur].
Projekterfahrung[bei_Organisation=>>Organisation].
Berufserfahrung[betrifft_Organisation=>>Organisation].
Auslandserfahrung[betrifft_Staat=>>Staat].
Mitarbeiter[hat_Geburtstag=>Zeitpunkt;
            hat_Stelle=>>Stelle;
            gehoert_zu_Einheit=>>Organisationseinheit;
            traegt_Verantwortung_fuer_Prozessphase=>>Grossprojektprozess;
            hat_Vorgesetzten=>>Mitarbeiter;
            ist_Vorgesetzter_von=>>Mitarbeiter;
            leitet_Org_Einheit=>>Organisationseinheit;
            hat_teilgenommen_an_Weiterbildung=>>Weiterbildung;
            hat_Kontakt_zu_Organisation=>>Organisation;
            // kommt als Ansprechpartner fuer diese Firma in Frage
            hat_Familienstand=>Familienstand;
            hat_Staatszugehoerigkeit=>>Staatszugehoerigkeit;
            hat_Religion=>>Religionszugehoerigkeit;
            ist_betroffen_von_Projektmitarbeit=>>Projektmitarbeit].
Organisationskonzept[hat_Aufgabenbereich=>>betriebliche_Aufgabe;
                    hat_Sollprofil=>Stellen_Profil;
                    ist_betroffen_von_Soll_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage;
                    gehoert_zu_Organisation=>>Organisation].
Organisationseinheit[hat_Leiter=>Mitarbeiter;
                    hat_stellvertretenden_Leiter=>Mitarbeiter].
administrative_Abteilung[gehoert_zu_Bereich=>Bereich].
Grossprojektprozess[wird_verantwortet_von=>>Stelle].
Projektphase[hat_Vorgaenger_Phase=>>Projektphase;
             hat_Nachfolger_Phase=>>Projektphase;
             umfasst_Aktivitaet=>>Projektaktivitaet].
Projektaktivitaet[ist_Teil_von_Phase=>>Projektphase;
                 hat_Vorgaenger_Aktivitaet=>>Projektaktivitaet;
                 hat_Nachfolger_Aktivitaet=>>Projektaktivitaet].
Projekt[hat_Projekttitel=>xsdSTRING;
        hat_Kurzbeschreibung=>>xsdSTRING;
        hat_Auftraggeber=>>Organisation;
        wird_bearbeitet_mit_Projektpartner=>>Organisation;
        hat_Budget_in_Euro=>xsdINTEGER;
        wird_bearbeitet_in_Ort=>>Ort;
        hat_Starttermin=>>Datum;
        hat_Endtermin=>>Datum;
        wird_bearbeitet_von_MA=>>Mitarbeiter;
        wird_geleitet_von_Projektleiter=>Mitarbeiter;
        wird_bearbeitet_von_Einheit=>>Organisationsteil;
        betrifft_Branche=>>Branche;
        erfordert_Kompetenz=>>Kompetenz;
        // Projekte erfordern v.a. Fachkompetenz, es koennen aber
        // auch andere Kompetenzarten gebraucht werden
        hat_Hauptverantwortlichen=>>Akteur;
        wird_bearbeitet_in_Land=>>Staat].
Branche[hat_Nummer=>xsdINTEGER].
Auftrag[hat_Auftragsstatus=>L_und_L_Projektstatus].

```

```

F_und_E_Projekt[hat_F_und_E_Projektstatus=>F_und_E_Projektstatus].
Internes_Projekt[hat_Projektstatus_intern=>Status_internes_Projekt].
SAP_Modul[hat_Bedeutung=>xsdSTRING;
  hat_englische_Bezeichnung=>xsdSTRING].
Projektmitarbeit[betrifft_Mitarbeiter=>Mitarbeiter;
  betrifft_Projekt=>Projekt;
  beinhaltet_Funktion=>>xsdSTRING].
Weiterbildung[vermittelt_Kompetenz=>>Kompetenz].
Ausbildungsaussage[beinhaltet_Ausbildung=>Ausbildung;
  beinhaltet_Abschlussnote=>xsdDOUBLE;
  beinhaltet_Institution=>>Organisation;
  hat_Ausbildungsbeginn=>Zeitpunkt;
  betrifft_Person=>Individualakteur;
  beinhaltet_fachlichen_Schwerpunkt=>>Fachkompetenz;
  // insbesondere wichtig fuer Aussagen zum Studium
  hat_Ausbildungsende=>Zeitpunkt].
Datum[beinhaltet_Jahr=>Jahr].
Jahr[hat_Jahreszahl=>xsdINTEGER].
Publikation[hat_Titel=>xsdSTRING;
  hat_Untertitel=>>xsdSTRING;
  hat_Autor=>>Akteur; // Range nur Akteur, da auch Kollektivakteure als Autoren
  beinhaltet_Thema=>>Fachkompetenz;
  ist_entstanden_in_Projekt=>>Projekt;
  hat_Erscheinungsdatum=>Zeitpunkt].
// Range: Zeitpunkt, weil es entweder ein Datum oder nur eine Jahresangabe sein kann.

```

// INSTANCES -----

```

Eigenstaendigkeit:Selbstkompetenz.
Strukturierungsfahigkeit:Selbstkompetenz.
Lernbereitschaft:Selbstkompetenz.
Einsatzbereitschaft:Selbstkompetenz.
Verantwortungsbereitschaft:Selbstkompetenz.
Reflexionsfahigkeit:Selbstkompetenz.
Flexibilitaet:Selbstkompetenz.
Zuverlaessigkeit:Selbstkompetenz.
Risikobereitschaft:Selbstkompetenz.
Belastbarkeit:Selbstkompetenz.
Entscheidungsfahigkeit:Selbstkompetenz.
Systemisches_Denken:Selbstkompetenz.
Kreativitaet:Selbstkompetenz.
Kreativitaet:Allgemeine_Methodenkompetenz.
Kommunikationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Kontaktfreudigkeit:Sozialkompetenz.
Durchsetzungsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Didaktische_Fahigkeit:Sozialkompetenz.
Delegationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Motivationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Kritikfahigkeit:Sozialkompetenz.
Kooperationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Konfliktloesungsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Koordinationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Maschinen_und_Anlagenbau_Kompetenz:Branchenkompetenz.
Automobilindustrie_Kompetenz:Branchenkompetenz.
Morphologischer_Matrix_Kompetenz:Analytisch_systematische_Methoden_Kompetenz.
Problemloesungsbaum_Kompetenz:Analytisch_systematische_Methoden_Kompetenz.
Brainstorming_Kompetenz:Intuitiv_kreative_Methoden_Kompetenz.
Methode_635_Kompetenz:Intuitiv_kreative_Methoden_Kompetenz.
Synektik_Kompetenz:Intuitiv_kreative_Methoden_Kompetenz.
Ertragswertverfahren_Kompetenz:Gesamtbewertungsverfahren_Kompetenz.
DCF_Verfahren_Kompetenz:Gesamtbewertungsverfahren_Kompetenz.

```

Vergleichswertverfahren_Kompetenz:Gesamtbewertungsverfahren_Kompetenz.
Substanzwertverfahren_Kompetenz:Einzelbewertungsverfahren_Kompetenz.
Liquidationswertverfahren_Kompetenz:Einzelbewertungsverfahren_Kompetenz.
EVA_Verfahren_Kompetenz:Gesamtbewertungsverfahren_Kompetenz.
IA_1:Externer_Akteur.
Java:Programmiersprachen.
Stelle_1:Stelle.
KA_1_Stelle_1:Kompetenzaussage.
KA_1_IA_1:Kompetenzaussage.
Albanisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Arabisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Bosnisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Chinesisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Chinesisch:Staatszugehoerigkeit.
Daenisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Daenisch:Staatszugehoerigkeit.
Englisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Englisch:Staatszugehoerigkeit.
Franzoesisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Franzoesisch:Staatszugehoerigkeit.
Griechisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Griechisch:Staatszugehoerigkeit.
Hebraeisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Indisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Indisch:Staatszugehoerigkeit.
Italienisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Italienisch:Staatszugehoerigkeit.
Japanisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Japanisch:Staatszugehoerigkeit.
Jugoslawisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Koreanisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Koreanisch:Staatszugehoerigkeit.
Lateinisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Niederlaendisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Niederlaendisch:Staatszugehoerigkeit.
Norwegisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Norwegisch:Staatszugehoerigkeit.
Polnisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Polnisch:Staatszugehoerigkeit.
Portugiesisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Portugiesisch:Staatszugehoerigkeit.
Rumaenisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Rumaenisch:Staatszugehoerigkeit.
Russisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Russisch:Staatszugehoerigkeit.
Schwedisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Schwedisch:Staatszugehoerigkeit.
Spanisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Spanisch:Staatszugehoerigkeit.
Thailaendisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Tschechisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Tschechisch:Staatszugehoerigkeit.
Tuerkisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Tuerkisch:Staatszugehoerigkeit.
Ungarisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Ungarisch:Staatszugehoerigkeit.
HTML:Auszeichnungssprachen.
HTML:Web_Programmierung.
XML:Auszeichnungssprachen.
XHMTL:Auszeichnungssprachen.
Anleiten_und_Anlernen_von_Mitarbeitern:Allgemeine_Methodenkompetenz.

Zeitmanagement:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 Systemisches_vernetztes_Denken:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 Organisationsfaehigkeit:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 Zielorientiertes_Fuehren:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 Systematische_Problemloesung:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 Ergebnisorientierung:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 Verkaeufertische_Faehigkeiten:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 Praesentation_und_Vortragstechniken:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 MA_A_Bremer:Mitarbeiter.
 MA_A_Bremer[hat_Name->>"Anna_Bremer";
 arbeitet_fuer->>DMT_Essen;
 hat_Stelle->>stellvertretende_r_Abschleifungsleiter_in;
 hat_Vorgesetzten->>MA_F_Sowa;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>Universitaet_Duisburg_Essen;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>KSM_Koeln;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>Roland_Berger;
 hat_Familienstand->>Ledig].
 DMT_Essen:Unternehmen.
 DMT_Essen[hat_Name->>"Deutsche_Montan_Technologie_GmbH"].
 KSM_Koeln:Unternehmen.
 KSM_Koeln[hat_Name->>"Kurt_Schumacher_GmbH"].
 S_Apke:Externer_Akteur.
 S_Apke[hat_Name->>"Susanne_Apke";
 ist_betroffen_von_Kompetenzaussage->>KA_1_S_Apke;
 ist_betroffen_von_Kompetenzaussage->>KA_2_S_Apke;
 hat_Geburtstag->>"29_11_1980";
 hat_Adresse->>Velbert;
 hat_Familienstand->>Ledig;
 hat_Religion->>Katholisch;
 hat_Staatszugehoerigkeit->>Deutsch;
 arbeitet_fuer->>Universitaet_Duisburg_Essen].
 "29_11_1980":Datum.
 "29_11_1980"[beinhaltet_Jahr->>"1980"].
 CommaSoft:Unternehmen.
 CommaSoft[hat_Name->>"CommaSoft"].
 Roland_Berger:Unternehmen.
 Roland_Berger[hat_Name->>"Roland_Berger"].
 MA_F_Sowa:Mitarbeiter.
 MA_F_Sowa[hat_Name->>"Frank_Sowa";
 arbeitet_fuer->>DMT_Essen;
 hat_Staatszugehoerigkeit->>Deutsch;
 hat_Stelle->>Abteilungsleiter_in;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>Universitaet_Duisburg_Essen;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>Roland_Berger;
 hat_Familienstand->>Verheiratet].
 KA_1_S_Apke:Kompetenzaussage.
 KA_1_S_Apke[beinhaltet_Kompetenz->>Schwedisch;
 betrifft_konkretes_Objekt->>S_Apke;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Grundkenntnisse;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_S_Apke;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>1.0].
 KA_2_S_Apke:Kompetenzaussage.
 KA_2_S_Apke[beinhaltet_Kompetenz->>Englisch;
 betrifft_konkretes_Objekt->>S_Apke;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>verhandlungssicher;
 zuletzt_veraendert_am->>"05_03_2000"].
 Profil_S_Apke:Akteurs_Profil.
 Profil_S_Apke[beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_1_S_Apke;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_2_S_Apke;
 beinhaltet_Ausbildungsaussage->>Gymnasium_S_Apke;
 beinhaltet_Ausbildungsaussage->>Studium_S_Apke;

betrifft_Akteur->>S_Apke;
 beinhaltet_Erfahrung->>Auslandssemester_S_Apke].
 Car_Synergies:Division.
 Car_Synergies:Organisationsteil.
 Mines_and_More:Division.
 Mines_and_More:Organisationsteil.
 Engine_Logic:Division.
 Engine_Logic:Organisationsteil.
 Gas_and_Fire:Division.
 Gas_and_Fire:Organisationsteil.
 Safe_Ground:Division.
 Safe_Ground:Organisationsteil.
 Modern_Fuels:Unit.
 Modern_Fuels:Organisationsteil.
 Smart_Drilling:Unit.
 Smart_Drilling:Organisationsteil.
 Projektinitiierung:Projektphase.
 Projektinitiierung[hat_Nachfolger_Phase->>Angebotserstellung;
 umfasst_Aktivitaet->>Projektidentifikation;
 umfasst_Aktivitaet->>Machbarkeitspruefung;
 umfasst_Aktivitaet->>Interessenbekundung;
 umfasst_Aktivitaet->>Follow_Up_des_LOI_PQ].
 Angebotserstellung:Projektphase.
 Angebotserstellung[hat_Vorgaenger_Phase->>Projektinitiierung;
 hat_Nachfolger_Phase->>Auftragsdurchfuehrung;
 umfasst_Aktivitaet->>Aufforderung_zur_Abgabe_eines_Angebots;
 umfasst_Aktivitaet->>Angebotserarbeitung;
 umfasst_Aktivitaet->>Angebotsabgabe;
 umfasst_Aktivitaet->>Verhandlung_und_Angebotsabschluss;
 umfasst_Aktivitaet->>Auftragseingang].
 Auftragsdurchfuehrung:Projektphase.
 Auftragsdurchfuehrung[hat_Vorgaenger_Phase->>Angebotserstellung;
 hat_Nachfolger_Phase->>Nachbearbeitung;
 umfasst_Aktivitaet->>Start_und_Inception_Phase;
 umfasst_Aktivitaet->>Bearbeitung;
 umfasst_Aktivitaet->>Abschluss;
 umfasst_Aktivitaet->>Rechnungsstellung_und_Inkassoprozess].
 Nachbearbeitung:Projektphase.
 Nachbearbeitung[hat_Vorgaenger_Phase->>Auftragsdurchfuehrung;
 umfasst_Aktivitaet->>Inhaltliche_Nachbearbeitung;
 umfasst_Aktivitaet->>Kundenpflege].
 Interessenbekundung:Projektaktivitaet.
 Interessenbekundung[ist_Teil_von_Phase->>Projektinitiierung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Machbarkeitspruefung;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Follow_Up_des_LOI_PQ].
 Projektidentifikation:Projektaktivitaet.
 Projektidentifikation[ist_Teil_von_Phase->>Projektinitiierung;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Machbarkeitspruefung].
 Machbarkeitspruefung:Projektaktivitaet.
 Machbarkeitspruefung[ist_Teil_von_Phase->>Projektinitiierung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Projektidentifikation;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Interessenbekundung].
 Follow_Up_des_LOI_PQ:Projektaktivitaet.
 Follow_Up_des_LOI_PQ[ist_Teil_von_Phase->>Projektinitiierung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Interessenbekundung].
 Verhandlung_und_Angebotsabschluss:Projektaktivitaet.
 Verhandlung_und_Angebotsabschluss[ist_Teil_von_Phase->>Angebotserstellung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Angebotsabgabe;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Auftragseingang].
 Aufforderung_zur_Abgabe_eines_Angebots:Projektaktivitaet.
 Aufforderung_zur_Abgabe_eines_Angebots[ist_Teil_von_Phase->>Angebotserstellung;

hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Angebotserarbeitung].
 Angebotserarbeitung:Projektaktivitaet.
 Angebotserarbeitung[ist_Teil_von_Phase->>Angebotserstellung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Aufforderung_zur_Abgabe_eines_Angebots;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Angebotsabgabe].
 Angebotsabgabe:Projektaktivitaet.
 Angebotsabgabe[ist_Teil_von_Phase->>Angebotserstellung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Angebotserarbeitung;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Verhandlung_und_Angebotsabschluss].
 Auftragseingang:Projektaktivitaet.
 Auftragseingang[ist_Teil_von_Phase->>Angebotserstellung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Verhandlung_und_Angebotsabschluss].
 Start_und_Inception_Phase:Projektaktivitaet.
 Start_und_Inception_Phase[ist_Teil_von_Phase->>Auftragsdurchfuehrung;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Bearbeitung].
 Bearbeitung:Projektaktivitaet.
 Bearbeitung[ist_Teil_von_Phase->>Auftragsdurchfuehrung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Start_und_Inception_Phase;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Abschluss].
 Abschluss:Projektaktivitaet.
 Abschluss[ist_Teil_von_Phase->>Auftragsdurchfuehrung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Bearbeitung;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Rechnungsstellung_und_Inkassoprozess].
 Rechnungsstellung_und_Inkassoprozess:Projektaktivitaet.
 Rechnungsstellung_und_Inkassoprozess[ist_Teil_von_Phase->>Auftragsdurchfuehrung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Abschluss].
 Inhaltliche_Nachbearbeitung:Projektaktivitaet.
 Inhaltliche_Nachbearbeitung[ist_Teil_von_Phase->>Nachbearbeitung;
 hat_Nachfolger_Aktivitaet->>Kundenpflege].
 Kundenpflege:Projektaktivitaet.
 Kundenpflege[ist_Teil_von_Phase->>Nachbearbeitung;
 hat_Vorgaenger_Aktivitaet->>Inhaltliche_Nachbearbeitung].
 KA_1_A_Bremer:Kompetenzaussage.
 KA_1_A_Bremer[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_A_Bremer;
 beinhaltet_Kompetenz->>Durchsetzungsfahigkeit;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.7;
 zuletzt_veraendert_am->>"07_09_1999"].
 MA_R_Rehage:Mitarbeiter.
 MA_R_Rehage[hat_Name->>"Roland_Rehage";
 arbeitet_fuer->>DMT_Essen].
 KA_1_F_Sowa:Kompetenzaussage.
 KA_1_F_Sowa[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenz->>Englisch;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>verhandlungssicher;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.8].
 KA_1_R_Rehage:Kompetenzaussage.
 KA_1_R_Rehage[beinhaltet_Kompetenz->>Englisch;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>weitergehende_Kenntnisse;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.6].
 Profil_Projektmanager:Stellen_Profil.
 Profil_Projektmanager[beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_1_Stelle_Projektmanager;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_2_Stelle_Projektmanager;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_3_Stelle_Projektmanager].
 Projektmanager:F2_Vollzeitstelle.
 KA_1_Stelle_Projektmanager:Kompetenzaussage.
 KA_1_Stelle_Projektmanager[betrifft_konkretes_Objekt->>Projektmanager;
 beinhaltet_Kompetenz->>Delegationsfahigkeit;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_Projektmanager;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>1.0].

KA_2_Stelle_Projektmanager:Kompetenzaussage.
 KA_2_Stelle_Projektmanager[betrifft_konkretes_Objekt->>Projektmanager;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_Projektmanager;
 beinhaltet_Kompetenz->>Entscheidungsfahigkeit;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>1.0].

KA_3_Stelle_Projektmanager:Kompetenzaussage.
 KA_3_Stelle_Projektmanager[betrifft_konkretes_Objekt->>Projektmanager;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_Projektmanager;
 beinhaltet_Kompetenz->>Organisationsfaehigkeit;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>1.0].

KA_2_F_Sowa:Kompetenzaussage.
 KA_2_F_Sowa[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenz->>Organisationsfaehigkeit;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_F_Sowa;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.9].

KA_3_F_Sowa:Kompetenzaussage.
 KA_3_F_Sowa[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_F_Sowa;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenz->>Delegationsfaehigkeit;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.8].

Profil_F_Sowa:Akteurs_Profil.
 Profil_F_Sowa[beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_1_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_2_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_3_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_4_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_5_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_6_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_7_Sowa].

KA_4_F_Sowa:Kompetenzaussage.
 KA_4_F_Sowa[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_F_Sowa;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenz->>Entscheidungsfahigkeit;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.8].

MA_H_Mueller:Mitarbeiter.
 MA_H_Mueller[hat_Name->>"Hans_Mueller";
 arbeitet_fuer->>DMT_Essen;
 hat_teilgenommen_an>Weiterbildung->>Konfliktmanagement;
 hat_teilgenommen_an>Weiterbildung->>Einfuehrung_in_das_Arbeitsschutzrecht;
 hat_Stelle->>Projektleiter;
 hat_Staatszugehoerigkeit->>Deutsch;
 hat_Religion->>Evangelisch;
 hat_Familienstand->>Ledig;
 gehoert_zu_Einheit->>Mines_and_More;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>KSM_Koeln;
 ist_Vorgesetzter_von->>MA_R_Rehage;
 traegt_Verantwortung_fuer_Prozessphase->>Auftragsdurchfuehrung;
 hat_Geburtstag->>"01_01_1963"].

KA_1_H_Mueller:Kompetenzaussage.
 KA_1_H_Mueller[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_H_Mueller;
 beinhaltet_Kompetenz->>Organisationsfaehigkeit;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_H_Mueller;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.9;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener;
 zuletzt_veraendert_am->>"01_01_1998"].

Profil_H_Mueller:Akteurs_Profil.
 Profil_H_Mueller[beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_1_H_Mueller;

beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_2_H_Mueller;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_3_H_Mueller;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_4_H_Mueller;
 beinhaltet_Erfahrung->>Aufenthalt_Polen_H_Mueller;
 beinhaltet_Erfahrung->>Auslandssemester_H_Mueller;
 beinhaltet_Erfahrung->>Projekteinsatz_Russland_H_Mueller;
 beinhaltet>Weiterbildung->>Einfuehrung_in_das_Arbeitsschutzrecht;
 beinhaltet>Weiterbildung->>Konfliktmanagement].
 KA_2_H_Mueller:Kompetenzaussage.
 KA_2_H_Mueller[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_H_Mueller;
 beinhaltet_Kompetenz->>Entscheidungsfahigkeit;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_H_Mueller;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.85;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;
 zuletzt_veraendert_am->>"01_01_2002"].
 KA_3_H_Mueller:Kompetenzaussage.
 KA_3_H_Mueller[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_H_Mueller;
 beinhaltet_Kompetenz->>Delegationsfahigkeit;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_H_Mueller;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.5;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>keine_Kenntnisse_Einsteiger;
 zuletzt_veraendert_am->>"07_09_1999"].
 KA_4_H_Mueller:Kompetenzaussage.
 KA_4_H_Mueller[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_H_Mueller;
 beinhaltet_Kompetenz->>Franzoesisch;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_H_Mueller;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.7;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>verhandlungssicher].
 Ledig:Familienstand.
 Geschieden:Familienstand.
 Verheiratet:Familienstand.
 Deutsch:Staatszugehoerigkeit.
 Belgisch:Staatszugehoerigkeit.
 Oesterreichisch:Staatszugehoerigkeit.
 Schweizerisch:Staatszugehoerigkeit.
 Finnisch:Staatszugehoerigkeit.
 Katholisch:Religionszugehoerigkeit.
 Evangelisch:Religionszugehoerigkeit.
 Juedisch:Religionszugehoerigkeit.
 Muslimisch:Religionszugehoerigkeit.
 kein_Abschluss:Schulabschluss.
 Hauptschule_Volksschule:Schulabschluss.
 Fachoberschulreife_mittlereReife:Schulabschluss.
 Fachhochschulreife_Fachabitur:Schulabschluss.
 Hochschulreife_Abitur:Schulabschluss.
 Pressekontakte:Oeffentlichkeitsarbeit_Kompetenz.
 Pressemitteilungen:Oeffentlichkeitsarbeit_Kompetenz.
 Bergbau_Kompetenz:Branchenkompetenz.
 Energiewirtschaft_Kompetenz:Branchenkompetenz.
 "C++":Programmiersprachen.
 "C++"[stark_verwandt_mit->>C].
 C:Programmiersprachen.
 Pascal:Programmiersprachen.
 Pascal[stark_verwandt_mit->>Delphi].
 Delphi:Programmiersprachen.
 VB:Programmiersprachen.
 VB[stark_verwandt_mit->>VBA].
 VBA:Programmiersprachen.
 Windows:Betriebssysteme_Kompetenz.
 Linux:Betriebssysteme_Kompetenz.
 MS_Excel:MS_Office_Kompetenz.

MS_Word:MS_Office_Kompetenz.
 MS_PowerPoint:MS_Office_Kompetenz.
 MS_Outlook:MS_Office_Kompetenz.
 MS_Access:MS_Office_Kompetenz.
 MS_Access:Datenbanken.
 MS_Office_allgemein:MS_Office_Kompetenz.
 CO:SAP_Modul.
 CO[hat_englische_Bezeichnung->>"Controlling";
 hat_Bedeutung->>"Kostenrechnung"].
 MM:SAP_Modul.
 MM[hat_englische_Bezeichnung->>"Materials Management";
 hat_Bedeutung->>"Materialwirtschaft"].
 HR:SAP_Modul.
 HR[hat_englische_Bezeichnung->>"Human Resources";
 hat_Bedeutung->>"Personalmanagement"].
 FI:SAP_Modul.
 FI[hat_englische_Bezeichnung->>"Financing";
 hat_Bedeutung->>"Finanzbuchhaltung"].
 SD:SAP_Modul.
 SD[hat_englische_Bezeichnung->>"Sales and Distribution";
 hat_Bedeutung->>"Vertrieb"].
 AA:SAP_Modul.
 AA[hat_englische_Bezeichnung->>"Asset Accounting";
 hat_Bedeutung->>"Anlagenbuchhaltung"].
 SAP_R2:SAP_allgemein.
 SAP_R3:SAP_allgemein.
 MySAPCom:SAP_allgemein.
 MS_Project:Bueroanwendungsprogramme_Kompetenz.
 MS_Visio:Bueroanwendungsprogramme_Kompetenz.
 MS_Frontpage:Bueroanwendungsprogramme_Kompetenz.
 Oracle:Datenbanken.
 MySQL:Datenbanken.
 Netzwerkprotokolle:Netzwerktechnologie_Kompetenz.
 Netztopologien:Netzwerktechnologie_Kompetenz.
 Netzwerkarchitekturen:Netzwerktechnologie_Kompetenz.
 Netzwerkdienste:Netzwerktechnologie_Kompetenz.
 Netzwerkkomponenten:Netzwerktechnologie_Kompetenz.
 Peripheriegeraete:Hardware_Peripherie_Kompetenz.
 Computerhardware:Hardware_Peripherie_Kompetenz.
 Abschlusserstellung:Berichte_und_Planung.
 Abschlusserstellung:Buchhaltung.
 Budgetplanung:Berichte_und_Planung.
 Tarifikalkulation_F_und_E:betriebswirtschaftliches_F_und_E_Management.
 Abrechnungsmodalitaeten:betriebswirtschaftliches_F_und_E_Management.
 Leistungspreise_oeffentlicher_Auftraege:betriebswirtschaftliches_F_und_E_Management.
 Bestandsermittlung_F_und_E:betriebswirtschaftliches_F_und_E_Management.
 Vollkostenrechnung:Kostenrechnung.
 Teilkostenrechnung:Kostenrechnung.
 Tarifikalkulation_LuL:Kostenrechnung.
 Bestandsermittlung_LuL:Kostenrechnung.
 Grundkenntnisse:Kompetenzauspraegung_Sprache.
 Grundkenntnisse[hat_numerischen_Wert->>1.0].
 weitergehende_Kenntnisse:Kompetenzauspraegung_Sprache.
 weitergehende_Kenntnisse[hat_numerischen_Wert->>2.0].
 verhandlungssicher:Kompetenzauspraegung_Sprache.
 verhandlungssicher[hat_numerischen_Wert->>3.0].
 Muttersprache:Kompetenzauspraegung_Sprache.
 Muttersprache[hat_numerischen_Wert->>4.0].
 keine_Angaben:Kompetenzauspraegung_allgemein.
 keine_Angaben[hat_numerischen_Wert->>-1.0;
 wird_erlaeutert_durch->>

"Es_wurden_keine_Angaben_zu_dieser_Kompetenz_gemacht."].
keine_Kenntnisse_Einsteiger:Kompetenzauspraegung_allgemein.
keine_Kenntnisse_Einsteiger[hat_numerischen_Wert->>0.0;
wird_erlaeutert_durch->>
"Besitzt_keine_Kenntnisse_auf_dem_entsprechenden_Gebiet."].
Anfaenger:Kompetenzauspraegung_allgemein.
Anfaenger[hat_numerischen_Wert->>1.0;
wird_erlaeutert_durch->>
"Besitzt_Grundkenntnisse_auf_dem_entsprechenden_Gebiet."].
Fortgeschrittener:Kompetenzauspraegung_allgemein.
Fortgeschrittener[hat_numerischen_Wert->>2.0;
wird_erlaeutert_durch->>
"Besitzt_fortgeschrittene_Kenntnisse_auf_dem_entsprechenden_Gebiet."].
Experte:Kompetenzauspraegung_allgemein.
Experte[hat_numerischen_Wert->>3.0;
wird_erlaeutert_durch->>"Besitzt_umfangreiche_Kenntnisse_und_Erfahrungen_auf_dem_entsprechenden_Gebiet."].
Pflanzenbau:Landwirtschaft_und_Jagd.
Pflanzenbau[hat_Nummer->>11.0].
Tierhaltung:Landwirtschaft_und_Jagd.
Tierhaltung[hat_Nummer->>12.0].
Gemischte_Landwirtschaft:Landwirtschaft_und_Jagd.
Gemischte_Landwirtschaft[hat_Nummer->>13.0].
Erbringung_von_landwirtschaftlichen_Dienstleistungen:Landwirtschaft_und_Jagd.
Erbringung_von_landwirtschaftlichen_Dienstleistungen[hat_Nummer->>14.0].
Jagd:Landwirtschaft_und_Jagd.
Jagd[hat_Nummer->>15.0].
Forstwirtschaft:Forstwirtschaft.
Forstwirtschaft[hat_Nummer->>20.0].
Fischerei:Fischerei_und_Fischzucht.
Fischerei[hat_Nummer->>501.0].
Fischzucht:Fischerei_und_Fischzucht.
Fischzucht[hat_Nummer->>502.0].
Steinkohlenbergbau:Kohlenbergbau_und_Torfgewinnung.
Steinkohlenbergbau[hat_Nummer->>101.0].
Braunkohlenbergbau:Kohlenbergbau_und_Torfgewinnung.
Braunkohlenbergbau[hat_Nummer->>102.0].
Torfgewinnung:Kohlenbergbau_und_Torfgewinnung.
Torfgewinnung[hat_Nummer->>103.0].
Gewinnung_von_Erdoel_und_Erdgas:
Gewinnung_von_Erdoel_und_Erdgas_oder_Dienstleistungen.
Gewinnung_von_Erdoel_und_Erdgas[hat_Nummer->>111.0].
Erbrinung_von_Dienstleistungen_bei_Gewinnung_von_Erdoel_und_Erdgas:
Gewinnung_von_Erdoel_und_Erdgas_oder_Dienstleistungen.
Erbrinung_von_Dienstleistungen_bei_Gewinnung_von_Erdoel_und_Erdgas
[hat_Nummer->>112.0].
Bergbau_auf_Uran_und_Thorium_Erze:Bergbau_auf_Uran_Thorium_Erze.
Bergbau_auf_Uran_und_Thorium_Erze[hat_Nummer->>120.0].
Eisenerzbergbau:Erzbergbau.
Eisenerzbergbau[hat_Nummer->>131.0].
NE_Metallerzbergbau:Erzbergbau.
NE_Metallerzbergbau[hat_Nummer->>132.0].
Gewinnung_von_Natursteinen:Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
Gewinnung_von_Natursteinen[hat_Nummer->>141.0].
Gewinnung_von_Kies_Sand_Ton:Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
Gewinnung_von_Kies_Sand_Ton[hat_Nummer->>142.0].
Gewinnung_von_Mineralien:Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
Gewinnung_von_Mineralien[hat_Nummer->>143.0].
Gewinnung_von_Salz:Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.
Gewinnung_von_Salz[hat_Nummer->>144.0].
Gewinnung_sonstiger_Steine_und_Erden:Gewinnung_von_Steinen_und_Erden.

Gewinnung_sonstiger_Steine_und_Erden[hat_Nummer->>145.0].
Saege_Hobel_Holzimpraegnierwerke:Holzgewerbe_ohne_Moebel.
Saege_Hobel_Holzimpraegnierwerke[hat_Nummer->>201.0].
Herstellung_von_Furnier_Sperrholz_Holzfaser_Holzspanplatten:
Holzgewerbe_ohne_Moebel.
Herstellung_von_Furnier_Sperrholz_Holzfaser_Holzspanplatten[hat_Nummer->>202.0].
Herstellung_von_Konstruktions_und_Bauteilen_aus_Holz:Holzgewerbe_ohne_Moebel.
Herstellung_von_Konstruktions_und_Bauteilen_aus_Holz[hat_Nummer->>203.0].
Herstellung_von_Verpackungsmitteln_aus_Holz:Holzgewerbe_ohne_Moebel.
Herstellung_von_sonstigen_Holzwaren:Holzgewerbe_ohne_Moebel.
Kokerei:Kokerei_Mineraloelverarbeitung_Spalt_und_Brutstoffherstellung.
Mineraloelverarbeitung:Kokerei_Mineraloelverarbeitung_Spalt_und_Brutstoffherstellung.
Herstellung_von_Spalt_und_Brutstoffen:
Kokerei_Mineraloelverarbeitung_Spalt_und_Brutstoffherstellung.
Diadem:Automatisierungssoftware.
SQL:Programmiersprachen.
GIS:Geowissenschaften_Software.
UML:Modellierungssprachen.
Petrietze:Modellierungssprachen.
Entity_Relationship_Diagramme:Modellierungssprachen.
Focus:Seismik_Software.
GeoTool:Seismik_Software.
Reflexw:Seismik_Software.
ASP:Web_Programmierung.
PHP:Web_Programmierung.
ColdFusion:Web_Programmierung.
CGI:Web_Programmierung.
JavaScript:Web_Programmierung.
JavaScript[verwandt_mit->>Java].
VBScript:Web_Programmierung.
VBScript[verwandt_mit->>VB].
RIB:Bau_Software.
ARIBA:Bau_Software.
CorelDraw:Grafikprogramme_Kompetenz.
CorelDesigner:Grafikprogramme_Kompetenz.
LabView:Automatisierungssoftware.
WinCC:Automatisierungssoftware.
AutoCAD:Konstruktion_Technisches_Zeichnen.
AutoCAD:Grafikprogramme_Kompetenz.
AutoSketch:Konstruktion_Technisches_Zeichnen.
AutoSketch:Grafikprogramme_Kompetenz.
Harvard_Graphic:Grafikprogramme_Kompetenz.
Assembler:Programmiersprachen.
Fortran:Programmiersprachen.
Smalltalk:Programmiersprachen.
Basic:Programmiersprachen.
Prolog:Programmiersprachen.
Visual_Studio:Entwicklungstool_Kompetenz.
Magumo_Studio:Entwicklungstool_Kompetenz.
Informix:Informationsmanagementsysteme_Kompetenz.
SML:Programmiersprachen.
MS_DotNet:Entwicklungstool_Kompetenz.
MS_DOS:Betriebssysteme_Kompetenz.
Micrografx_Designer:Grafikprogramme_Kompetenz.
PaintShop_Pro:Grafikprogramme_Kompetenz.
FFT:Automatisierungssoftware.
Geschaeftsprozessmanagement:Organisationskompetenz.
Projektmanagement_Basics_und_Instrumente:Projekt_Prozessmanagement.
Persoenliche_Arbeitstechniken:Projekt_Prozessmanagement.
Kostenmanagement_von_Projekten_und_Prozessen:Projekt_Prozessmanagement.
Juristische_Aspekte_des_Projektmanagements:Projekt_Prozessmanagement.

Projektbesprechungen_planen_leiten_moderieren:Projekt_Prozessmanagement.
 Wirkungsvoll_praesentieren:Projekt_Prozessmanagement.
 Fuehrung_und_Konfliktmanagement_im_Projekt:Projekt_Prozessmanagement.
 Fuehrung_und_Konfliktmanagement_im_Projekt
 [vermittelt_Kompetenz->>Projektmanagement].
 Einfuehrung_in_das_Arbeitsschutzrecht:Projekt_Prozessmanagement.
 Einfuehrung_in_das_Arbeitsschutzrecht
 [vermittelt_Kompetenz->>Arbeitsschutz_allgemein;
 vermittelt_Kompetenz->>Arbeitsschutzrecht;
 vermittelt_Kompetenz->>Allgemeines_Arbeitsrecht].
 Grundlagen_der_Kommunikation:Vertriebsqualifizierung.
 Die_erfolgreiche_Kommunikation_mit_Kunden:Vertriebsqualifizierung.
 Das_strukturierte_Verkaufsgespraech:Vertriebsqualifizierung.
 Richtig_verhandeln_und_sicher_abschliessen:Vertriebsqualifizierung.
 Messetraining:Vertriebsqualifizierung.
 Telefontraining:Vertriebsqualifizierung.
 Ziel_und_Zeitmanagement:Vertriebsqualifizierung.
 Ziel_und_Zeitmanagement[vermittelt_Kompetenz->>Zeitmanagement].
 Reklamations_Beschwerdemanagement:Vertriebsqualifizierung.
 Konfliktmanagement:Vertriebsqualifizierung.
 Verkaufsrhetorik_Verkaufspsychologie:Vertriebsqualifizierung.
 Mastertraining_Verkauf:Vertriebsqualifizierung.
 Claimmanagement:Vertriebsqualifizierung.
 Angebots_Vertragsrecht:Vertriebsqualifizierung.
 Wahrnehmung_schaerfen_persoenerlicher_Fuehrungsstil:Fuehrungskraefteentwicklung.
 Fuehren_als_Prozess_Fuehrungsaufgabe_und_Rolle:Fuehrungskraefteentwicklung.
 Zielorientiert_fuehren_Mitarbeitergespraeche:Fuehrungskraefteentwicklung.
 Seminar_Mitarbeitergespraech:Mitarbeitergespraech.
 Seminar_Medientraining:Medientraining.
 IS_IEC_17025_Schulung:Qualitaetsmanagement.
 Prozessanalyse:Qualitaetsmanagement.
 KOWIEN:F_und_E_Projekt.
 KOWIEN[betrifft_Branche->>F_und_E_im_Bereich_Rechts_Wirtschafts_
 _Sozial_Sprach_Kultur_und_Kunstwissenschaften;
 hat_Endtermin->>"31_10_2004";
 hat_Projekttitel->>"Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-Netzwerken";
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>IPM;
 wird_bearbeitet_von_MA->>MA_A_Bremer;
 wird_bearbeitet_von_MA->>MA_F_Sowa;
 wird_geleitet_von_Projektleiter->>MA_F_Sowa;
 wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>CommaSoft;
 wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>KSM_Koeln;
 wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>Roland_Berger;
 wird_bearbeitet_in_Ort->>Essen;
 erfordert_Kompetenz->>Einsatzbereitschaft;
 erfordert_Kompetenz->>Kooperationsfaehigkeit;
 erfordert_Kompetenz->>Systemisches_vernetztes_Denken;
 hat_F_und_E_Projektstatus->>in_Bearbeitung].
 F_und_E_im_Bereich_Natur_Ingenieur_Agrarwissenschaften_und_Medizin:
 Forschung_und_Entwicklung.
 F_und_E_im_Bereich_Rechts_Wirtschafts_Sozial_Sprach_Kultur_und_
 _Kunstwissenschaften:Forschung_und_Entwicklung.
 "31_10_2004":Datum.
 "31_10_2004"[beinhaltet_Jahr->>"2004"].
 IPM:Organisationsteil.
 IPM[hat_Name->>"Innovations- und Projektmanagement"].
 Essen:Ort.
 Allgemeines_Arbeitsrecht:Arbeits_und_Sozialrecht.
 Arbeitsschutzrecht:Arbeits_und_Sozialrecht.
 Arbeitsvertragsrecht:Arbeits_und_Sozialrecht.
 Berufsbildungsrecht:Arbeits_und_Sozialrecht.

Betriebsverfassung_Mitbestimmung:Arbeits_und_Sozialrecht.
Sozialrecht:Arbeits_und_Sozialrecht.
Allgemeines_Internationales_Wirtschaftsrecht:Internationales_Wirtschaftsrecht.
Europaeisches_Wirtschaftsrecht:Internationales_Wirtschaftsrecht.
Europarecht:Allgemeines_internationales_Recht.
Internationales_Recht_Voelkerrecht:Allgemeines_internationales_Recht.
Rechtsenglisch:Allgemeines_internationales_Recht.
Rechtsenglisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
Parteien:Staats_und_Verfassungsrecht.
Staatsrecht:Staats_und_Verfassungsrecht.
Verfassungsrecht:Staats_und_Verfassungsrecht.
Wahlen:Staats_und_Verfassungsrecht.
Verwaltungsrecht_zwang_kosten:Allgemeines_Verwaltungsrecht.
Baurecht:Besonderes_Verwaltungsrecht.
Gewerbe_und_Handwerksrecht:Besonderes_Verwaltungsrecht.
Polizei_und_Ordnungsrecht:Besonderes_Verwaltungsrecht.
oeffentliche_Genehmigungen:Besonderes_Verwaltungsrecht.
oeffentliches_Vergaberecht_Ausschreibungen:Besonderes_Verwaltungsrecht.
Umweltrecht:Besonderes_Verwaltungsrecht.
Umweltrecht:Umweltschutz.
Verkehrsrecht:Besonderes_Verwaltungsrecht.
Wirtschaftsverwaltungsrecht:Besonderes_Verwaltungsrecht.
Abgabenordnung:Steuerrecht.
Allgemeines_Steuerrecht:Steuerrecht.
Einkommens_Koerperschafts_Vermoegens_Erbschafts_Schenkungssteuer:Steuerrecht.
Gewerbsteuer:Steuerrecht.
Umsatz_Mehrwertsteuer:Steuerrecht.
Allgemeines_Strafrecht:Strafrecht.
Strafvollzug:Strafrecht.
Wehrstrafrecht:Strafrecht.
Ordnungswidrigkeitenrecht:Strafrecht.
Wirtschaftsstrafrecht:Strafrecht.
Steuerstrafrecht:Strafrecht.
Forderungs_Inkasso:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Freiwillige_Gerichtsbarkeit:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Gerichtsverfassung:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Insolvenz:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Rechtshilfe_Anwaelte_Notariat:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Schadensersatzabwehr:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Strafverfahrensrecht_und_Kriminologie:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Verwaltungsprozessrecht:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Zivilverfahrensrecht:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Zwangsvollstreckung:Verfahrens_und_Prozessrecht.
Finanzdienstleistungsrecht:Allgemeines_Wirtschaftsrecht.
Handelsrecht:Allgemeines_Wirtschaftsrecht.
Handelsrecht:Steuern.
Medienrecht:Allgemeines_Wirtschaftsrecht.
Wertpapierrecht:Allgemeines_Wirtschaftsrecht.
Gesellschaftliches_Vertragsrecht:Gesellschaftsrecht.
Unterschriftenrichtlinien:Gesellschaftsrecht.
Kartellrecht:Gewerblicher_Rechtsschutz_Urheberrecht.
Patentrecht_Warenzeichenrecht_Kennzeichenrecht:
Gewerblicher_Rechtsschutz_Urheberrecht.
Verlags_und_Urheberrecht:Gewerblicher_Rechtsschutz_Urheberrecht.
Wettbewerbsrecht:Gewerblicher_Rechtsschutz_Urheberrecht.
BGB:Allgemeines_Zivilrecht_BGB.
Erbrecht:Allgemeines_Zivilrecht_BGB.
Familienrecht:Allgemeines_Zivilrecht_BGB.
Vereins_Stiftungsrecht:Allgemeines_Zivilrecht_BGB.
Immobilienrecht:Sachenrecht.
Mobilienrecht:Sachenrecht.

Allgemeines_Schuldrecht:Schuldrecht.
Kaufrecht:Schuldrecht.
Mietrecht:Schuldrecht.
Schadensrecht:Schuldrecht.
Allgemeine_Geschaeftsbedingungen:Vertragsrecht.
Forderungssicherung:Vertragsrecht.
Kaufvertragsrecht:Vertragsrecht.
Werkvertragsrecht:Vertragsrecht.
Risikoeinschaetzung:Vertragsrecht.
Verhandlung_Vertragsgestaltung:Einkauf.
Beschaffungsmarktforschung:Einkauf.
Mahnwesen:Einkauf.
Mahnwesen:Buchhaltung.
Inventur:Lager_Materialwirtschaft.
Bestandspflege:Lager_Materialwirtschaft.
Anlagenbuchhaltung:Buchhaltung.
Geld_und_Kapitalverkehr:Finanzen_und_Konzernbilanz.
Kapitalbedarf_Finanzplanung:Finanzen_und_Konzernbilanz.
Kapitalbeschaffung_Kreditwuerdigkeit:Finanzen_und_Konzernbilanz.
Steuerrecht:Steuern.
Absatzmethoden:Marketing.
Betriebliche_Preispolitik:Marketing.
Marktforschung_Marktanalyse:Marketing.
Messeplanung:Marketing.
Strategiesetzung_Zielpositionierung:Marketing.
Produkt_und_Sortimentsgestaltung:Marketing.
Werbung_Public_Relations:Marketing.
Vertriebsorganisation:Vertrieb.
Vertriebswege:Vertrieb.
Forschungs_und_Entwicklungsmanagement:Innovationskompetenz.
Patente_Lizenzen:Innovationskompetenz.
Rationalisierung_Automation:Innovationskompetenz.
Wissensmanagement_Organisatorisches_Lernen:Innovationskompetenz.
Aufbauorganisation:Organisationskompetenz.
Projektmanagement:Organisationskompetenz.
Deutschland:Staat.
Frankreich:Staat.
Grossbritannien:Staat.
Polen:Staat.
Russland:Staat.
USA:Staat.
China:Staat.
Australien:Staat.
Schweden:Staat.
Daenemark:Staat.
Norwegen:Staat.
Finnland:Staat.
Spanien:Staat.
Italien:Staat.
Tschechien:Staat.
Rumaenien:Staat.
Libyen:Staat.
Kenia:Staat.
Aethiopien:Staat.
Uganda:Staat.
Peru:Staat.
Belgien:Staat.
Niederlande:Staat.
Projektleiter:Fuehrungsstelle.
Projektleiter[gehoeert_zu_Organisation->>DMT_Essen].
Profil_Projektleiter_DMT:Stellen_Profil.

Steiger:Mitarbeiterstelle.
 Steiger[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen].
 Sekretär_in:Mitarbeiterstelle.
 Abteilungsleiter_in:Führungsstelle.
 Abteilungsleiter_in[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen].
 stellvertretende_r_Abteilungsleiter_in:Führungsstelle.
 stellvertretende_r_Abteilungsleiter_in[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen].
 kaufmännische_r_Angestellte_r:Mitarbeiterstelle.
 kaufmännische_r_Angestellte_r[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen].
 Universität_Duisburg_Essen:Universität_Hochschule.
 Sachbearbeiter_in:Mitarbeiterstelle.
 Sachbearbeiter_in[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen].
 Handelsschule:Fachschule.
 Fachschule_Informatik:Fachschule.
 Fachschule_Verfahrenstechnik:Fachschule.
 Fachschule_Betriebswirtschaft:Fachschule.
 Fachschule_Maschinenbau:Fachschule.
 Fachschule_Nachrichtentechnik:Fachschule.
 Architektur_FH:Fachhochschulstudium.
 Bauingenieurwesen_FH:Fachhochschulstudium.
 Bautechnik_FH:Fachhochschulstudium.
 Bergbau_FH:Fachhochschulstudium.
 Betriebswirtschaft_FH:Fachhochschulstudium.
 Chemie_FH:Fachhochschulstudium.
 Elektrotechnik_FH:Fachhochschulstudium.
 Maschinenbau_FH:Fachhochschulstudium.
 Anglistik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Bauingenieurwesen_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Bergbau_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Bergtechnik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Betriebswirtschaft_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Biologie_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Chemie_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Elektrotechnik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Energietechnik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Energiewirtschaft_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Geographie_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Geologie_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Geophysik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Informatik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Maschinenbau_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Mathematik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Medizin:Universitäts_Hochschulstudium.
 Messtechnik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Physik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Rechtswissenschaften_Jura:Universitäts_Hochschulstudium.
 Sicherheitstechnik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Umweltwissenschaften_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Verfahrenstechnik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Volkswirtschaft_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Wirtschaftsinformatik_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Wirtschaftsingenieurwesen_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Wirtschaftswissenschaften_Uni:Universitäts_Hochschulstudium.
 Auslandssemester_S_Apke:Auslandserfahrung.
 Auslandssemester_S_Apke[betrifft_Staat->>Schweden;
 hat_Erfahrungsbeginn->>"01_01_2002";
 hat_Erfahrungsende->>"01_06_2002";
 wurde_gemacht_durch_Akteur->>S_Apke].
 "01_01_2002":Datum.
 "01_01_2002"[beinhaltet_Jahr->>"2002"].
 "01_06_2002":Datum.

"01_06_2002"[beinhaltet_Jahr->>"2002"].
 "01_10_1999":Datum.
 "01_10_1999"[beinhaltet_Jahr->>"1999"].
 "01_11_2003":Datum.
 "01_11_2003"[beinhaltet_Jahr->>"2003"].
 Studium_S_Apke:Ausbildungsaussage.
 Studium_S_Apke[betrifft_Person->>S_Apke;
 beinhaltet_Ausbildung->>Wirtschaftsinformatik_Uni;
 beinhaltet_Institution->>Universitaet_Duisburg_Essen;
 hat_Ausbildungsbeginn->>"01_10_1999";
 hat_Ausbildungsende->>"01_11_2003"].
 Gymnasium_S_Apke:Ausbildungsaussage.
 Gymnasium_S_Apke[betrifft_Person->>S_Apke;
 beinhaltet_Ausbildung->>Hochschulreife_Abitur;
 beinhaltet_Abschlussnote->>1.7;
 beinhaltet_Institution->>Gymnasium_Essen_Werden].
 Gymnasium_Essen_Werden:Gymnasium.
 Gymnasium_Essen_Werden[hat_Name->>"Gymnasium Essen Werden"].
 ausgeschrieben:F_und_E_Projektstatus.
 ausgeschrieben:L_und_L_Projektstatus.
 Antrag_gestellt:F_und_E_Projektstatus.
 Antrag_bewilligt:F_und_E_Projektstatus.
 in_Bearbeitung:F_und_E_Projektstatus.
 in_Bearbeitung:L_und_L_Projektstatus.
 in_Bearbeitung:Status_internes_Projekt.
 beendet:F_und_E_Projektstatus.
 beendet:L_und_L_Projektstatus.
 beendet:Status_internes_Projekt.
 Angebot_abgegeben:L_und_L_Projektstatus.
 Auftrag_erteilt:L_und_L_Projektstatus.
 Aufgabe_erteilt:Status_internes_Projekt.
 KA_1_IPM:Kompetenzaussage.
 KA_1_IPM[beinhaltet_Kompetenz->>Wissensmanagement_Organisatorisches_Lernen;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener;
 betrifft_konkretes_Objekt->>IPM].
 KA_2_IPM:Kompetenzaussage.
 KA_2_IPM[beinhaltet_Kompetenz->>Projektmanagement;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener;
 betrifft_konkretes_Objekt->>IPM].
 Testprojekt:Grossprojekt.
 Testprojekt[betrifft_Branche->>Eisenerzbergbau;
 hat_Auftragsstatus->>beendet;
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>Mines_and_More;
 wird_geleitet_von_Projektleiter->>MA_H_Mueller;
 hat_Starttermin->>"01_06_2002";
 wird_bearbeitet_in_Ort->>Essen].
 Testprojekt_Mueller:Projektmitarbeit.
 Testprojekt_Mueller[betrifft_Mitarbeiter->>MA_H_Mueller;
 betrifft_Projekt->>Testprojekt;
 beinhaltet_Funktion->>"Projektleitung, Koordination, Teambildung"].
 KOWIEN_Bremer:Projektmitarbeit.
 KOWIEN_Bremer[betrifft_Projekt->>KOWIEN;
 betrifft_Mitarbeiter->>MA_A_Bremer;
 beinhaltet_Funktion->>"Koordination, Korrespondenz, Repräsentation"].
 KOWIEN_Sowa:Projektmitarbeit.
 KOWIEN_Sowa[betrifft_Projekt->>KOWIEN;
 betrifft_Mitarbeiter->>MA_F_Sowa;
 beinhaltet_Funktion->>"Projektleitung, Repräsentation"].
 "2002":Jahr.
 "2002"[hat_Jahreszahl->>2002.0].
 "2003":Jahr.

"2003"[hat_Jahreszahl->>2003.0].
 "2000":Jahr.
 "2000"[hat_Jahreszahl->>2000.0].
 "2001":Jahr.
 "2001"[hat_Jahreszahl->>2001.0].
 "05_03_2000":Datum.
 "05_03_2000"[beinhaltet_Jahr->>"2000"].
 "1999":Jahr.
 "1999"[hat_Jahreszahl->>1999.0].
 "2004":Jahr.
 "2004"[hat_Jahreszahl->>2004.0].
 "1998":Jahr.
 "1998"[hat_Jahreszahl->>1998.0].
 "07_09_1999":Datum.
 "07_09_1999"[beinhaltet_Jahr->>"1999"].
 "01_01_1998":Datum.
 "01_01_1998"[beinhaltet_Jahr->>"1998"].
 Botanik:Biologie.
 Genetik:Biologie.
 Hydrobiologie:Biologie.
 Mikrobiologie:Biologie.
 Zellbiologie:Biologie.
 Zoologie:Biologie.
 Chromatographie:Analytische_Chemie.
 Wasserchemie:Analytische_Chemie.
 Anorganische_Chemie:Chemie_allgemein.
 Organische_Chemie:Chemie_allgemein.
 Physikalische_Chemie:Chemie_allgemein.
 Technische_Chemie:Chemie_allgemein.
 Theoretische_Chemie:Chemie_allgemein.
 Anlagentechnik_allgemein:Anlagentechnik.
 Dampfmaschinen:Antriebstechnik.
 Pumpen:Antriebstechnik.
 Stroemungsmaschinen:Antriebstechnik.
 Verbrennungsmotoren:Antriebstechnik.
 Pruefstandsbau:Antriebstechnik.
 Druckbehaelter:Hebe_und_Foerdertechnik.
 Hebezeuge:Hebe_und_Foerdertechnik.
 Materialfluss_und_Lagerhaltungstechnik:Hebe_und_Foerdertechnik.
 Stetigfoerderer:Hebe_und_Foerdertechnik.
 Stetigfoerderer[hat_Synonym->>"Schuett_und_Stueckgutfoerderer"].
 Stroemungsfoerdertechnik:Hebe_und_Foerdertechnik.
 Stroemungsfoerdertechnik[hat_Synonym->>"Rohrfernleitung"].
 Unstetigfoerderer:Hebe_und_Foerdertechnik.
 Unstetigfoerderer[hat_Synonym->>"Flurfoerderzeuge";
 hat_Synonym->>"Krane"].
 Koerperschallueberwachung:Maschinenueberwachung.
 sonstige_Maschinenueberwachung:Maschinenueberwachung.
 praeventive_Qualitaetssicherung:allgemeine_Qualitaetssicherung.
 Qualitaetssicherung:allgemeine_Qualitaetssicherung.
 reaktive_Qualitaetssicherungsmaßnahmen:allgemeine_Qualitaetssicherung.
 abtragende_Fertigung:Fertigungstechnik.
 Fuegetechnik_Schweissen:Fertigungstechnik.
 Lasertechnik:Fertigungstechnik.
 Oberflaechenbehandlung:Fertigungstechnik.
 Umformen:Fertigungstechnik.
 Kautschuktechnik:Maschinenbau_nach_Materialien.
 Kunststofftechnik:Maschinenbau_nach_Materialien.
 Textiltechnik:Maschinenbau_nach_Materialien.
 Dichtungen:Maschinenelemente.
 Federn:Maschinenelemente.

Getriebe:Maschinenelemente.
Kupplungen_Bremsen:Maschinenelemente.
Lager:Maschinenelemente.
Rohre_Schlauchleitungen:Maschinenelemente.
Verbindungselemente:Maschinenelemente.
Dynamik_Kinetik:Stroemungslehre.
Hydraulik:Stroemungslehre.
Pneumatik:Stroemungslehre.
Stroemungsmechanik:Stroemungslehre.
Konstruktion_im_Maschinenbau:Konstruktion_Technisches_Zeichnen.
Kaeltetechnik_Klimatechnik:Thermodynamik.
Technische_Thermodynamik:Thermodynamik.
Thermodynamik_der_Gase:Thermodynamik.
Thermodynamik_der_Daempfe:Thermodynamik.
Waermetechnik_Stoffuebertragung:Thermodynamik.
Reibung:Tribologie.
Schmierung:Tribologie.
Verschleiss:Tribologie.
Antischall_in_Fahrzeugen:Kraftfahrzeugtechnik.
Fahrwerkskomponenten:Kraftfahrzeugtechnik.
Fahrzeugakustik:Kraftfahrzeugtechnik.
Fahrzeughydraulik:Kraftfahrzeugtechnik.
Fahrzeugelektronik:Kraftfahrzeugtechnik.
Fahrzeuglebensdauer:Kraftfahrzeugtechnik.
Kfz_Berechnungen_numerische_Simulation:Kraftfahrzeugtechnik.
Kfz_Erprobungstests:Kraftfahrzeugtechnik.
Kfz_Konstruktion:Kraftfahrzeugtechnik.
Kfz_Schwingungen_Vibrationen:Kraftfahrzeugtechnik.
Kfz_Umweltsimulation:Kraftfahrzeugtechnik.
Flugtechnik_Lufffahrt:Verkehrstechnik_ausser_Kfz_Technik.
Raketentechnik_Raumfahrt:Verkehrstechnik_ausser_Kfz_Technik.
Schiffstechnik:Verkehrstechnik_ausser_Kfz_Technik.
Spurgebundener_Verkehr:Verkehrstechnik_ausser_Kfz_Technik.
Korrosionsschutz:Werkstofftechnik.
Korrosionsschutz[hat_Synonym->>"Korrosion"].
Elektrochemie:Werkstofftechnik.
Metallkunde:Werkstofftechnik.
Plasma_und_Oberflaechentechnik:Werkstofftechnik.
Werkstoffpruefung:Werkstofftechnik.
Akustik:Physik.
Angewandte_Physik:Physik.
Atomphysik:Physik.
Astrophysik:Physik.
Elektrostatik:Physik.
Elementarteilchenphysik:Physik.
Festkoerper_und_Fluessigkeitenphysik:Physik.
Gas_und_Plasmaphysik:Physik.
Halbleiterphysik:Physik.
Kernphysik:Physik.
Magnetismus:Physik.
Mechanik:Physik.
Oberflaechenphysik:Physik.
Optik:Physik.
Quantenphysik:Physik.
Theoretische_Physik:Physik.
Arbeitsschutz_allgemein:Arbeits_und_Geraetesicherheit.
Geraetesicherheit:Arbeits_und_Geraetesicherheit.
Materialkunde:Arbeits_und_Geraetesicherheit.
Brand_und_Explosionsschutz_Ingenieurtechnische_Dienstleistung:
 Brand_und_Explosionsschutz.
Brand_und_Explosionsschutz_Pruefleistung:Brand_und_Explosionsschutz.

brandschutztechnische_Gebaeudesicherheit:Gebaeudesicherheit.
 lueftungstechnische_Gebaeudesicherheit:Gebaeudesicherheit.
 Gefahrguttransport:allgemeine_Verkehrssicherheit.
 Verkehrssicherheit:allgemeine_Verkehrssicherheit.
 Abfallwirtschaft:Umweltschutz.
 Abfallwirtschaft:Umweltverfahrenstechnik.
 Abfallwirtschaft[hat_Synonym->>"Altlasten"].
 Abwassertechnik:Umweltschutz.
 Abwassertechnik[hat_Synonym->>"Siedlungswasserwirtschaft"].
 Bodenschutz_Bodensanierung:Umweltschutz.
 Emission_Immission:Umweltschutz.
 Emission_Immission:Umweltverfahrenstechnik.
 Filter_Abscheidetechnik:Umweltschutz.
 Gebaeuderueckbau:Umweltschutz.
 Laerm_Erschuetterungen:Umweltschutz.
 Luftschutz_Lufthygiene:Umweltschutz.
 Raumlufttechnik:Umweltschutz.
 Schadstoffverhalten_abbau:Umweltschutz.
 Toxikologie:Umweltschutz.
 Umweltvertraeglichkeitspruefung:Umweltschutz.
 Wasserschutz_Wassersanierung_Wasserhygiene:Umweltschutz.
 Biomassevergasung:Umweltverfahrenstechnik.
 Chemische_Verfahrenstechnik:Allgemeine_Verfahrenstechnik.
 Mechanische_Verfahrenstechnik:Allgemeine_Verfahrenstechnik.
 Prozesstechnik:Allgemeine_Verfahrenstechnik.
 Thermische_Verfahrenstechnik:Allgemeine_Verfahrenstechnik.
 Thermische_Verfahrenstechnik[hat_Synonym->>"Kaeltetechnik"].
 Biomasse:Alternative_Energieerzeugung.
 geothermische_Energie:Alternative_Energieerzeugung.
 Sonnenenergie:Alternative_Energieerzeugung.
 Wasserkraft:Alternative_Energieerzeugung.
 Wasserstoff:Alternative_Energieerzeugung.
 Windenergie:Alternative_Energieerzeugung.
 Energiespeicherung:Energietechnik_allgemein.
 Energietransport:Energietechnik_allgemein.
 Energiewandlungstechnik:Energietechnik_allgemein.
 Hochspannungstechnik:Energietechnik_allgemein.
 Kernkrafttechnik:Energietechnik_allgemein.
 Lichttechnik:Energietechnik_allgemein.
 Niederspannungstechnik:Energietechnik_allgemein.
 Waermetechnik:Energietechnik_allgemein.
 Energieerzeugung_durch_Kohle:Fossile_Energieerzeugung.
 Energieerzeugung_durch_Erdoel:Fossile_Energieerzeugung.
 Energieerzeugung_durch_Erdgas:Fossile_Energieerzeugung.
 Geoinformationssysteme:Geodaesie_Vermessungswesen.
 Kartographie:Geodaesie_Vermessungswesen.
 Photogrammetrie:Geodaesie_Vermessungswesen.
 Vermessungstechnik:Geodaesie_Vermessungswesen.
 Grundwassermanagement:Geologie.
 Hydrochemie:Geologie.
 Hydrogeologie:Geologie.
 Hydrogeologie[verwandt_mit->>Grundwassermanagement;
 hat_Synonym->>"Grundwasserwissenschaft"].
 Geologische_Numerik:Geologie.
 Geologische_Numerik[hat_Synonym->>"Simulation"].
 Petrographie:Geologie.
 Explorationsseismik:Geophysik.
 Hydrologie:Geophysik.
 Meteorologie:Geophysik.
 Ozeanographie:Geophysik.
 Geotechnische_Messtechnik:Geotechnik.

Geohydraulik:Geotechnik.
 Gruendungsberatung:Geotechnik.
 Standsicherheitsberechnung:Geotechnik.
 Geochemie:Allgemeine_Geowissenschaften.
 Geographie:Allgemeine_Geowissenschaften.
 Geostatistik:Allgemeine_Geowissenschaften.
 Klimatologie:Allgemeine_Geowissenschaften.
 Mineralogie:Allgemeine_Geowissenschaften.
 Tektonik:Allgemeine_Geowissenschaften.
 Prozessleittechnik:Automatisierungstechnik.
 Pruefstandsbautechnik:Automatisierungstechnik.
 Steuerungs_und_Regelungstechnik:Automatisierungstechnik.
 Schaltschrankbautechnik:Automatisierungstechnik.
 Systemtheorie_Kybernetik:Automatisierungstechnik.
 Ueberwachungssysteme:Automatisierungstechnik.
 Leistungselektronik:Elektronik.
 Leistungselektronik[hat_Synonym->>"Betreiben"].
 Mikroelektronik:Elektronik.
 Mikroelektronik[hat_Synonym->>"Halbleitertechnik";
 hat_Synonym->>"Steuerungselektronik"].
 Elektrische_Netzwerke_und_Schaltungen:Elektronik.
 Ex_Elektronik:Elektronik.
 Ex_Elektronik[hat_Synonym->>"Explosionsschutz_Messtechnik"].
 Kommunikationsdienste_netze:Informations_und_Kommunikationstechnik.
 Nachrichtentechnik:Informations_und_Kommunikationstechnik.
 Nachrichtentechnik[hat_Synonym->>"Codierung";
 hat_Synonym->>"Sprach_Bildererkennung";
 hat_Synonym->>"Stoerungen"].
 Realzeit_Computersysteme:Informations_und_Kommunikationstechnik.
 Signaltheorie:Informations_und_Kommunikationstechnik.
 Uebertragungstechnik:Informations_und_Kommunikationstechnik.
 Akustische_Messtechnik:Messtechnik.
 Elektrische_Messtechnik:Messtechnik.
 Ex_Messtechnik:Messtechnik.
 Optische_Messtechnik_Lasermesstechnik:Messtechnik.
 Sensortechnik:Messtechnik.
 Funktechnik:Hochfrequenztechnik.
 Mikrowellentechnik:Hochfrequenztechnik.
 Signalverarbeitung:Hochfrequenztechnik.
 System_und_Schaltungstechnik:Hochfrequenztechnik.
 Abbauverfahren_Tagebau:Abbauverfahren.
 Abbauverfahren_Tiefbau:Abbauverfahren.
 Zerkleinerung:Aufbereitungstechnik.
 Flotation:Aufbereitungstechnik.
 Kohleaufbereitung:Aufbereitungsverfahren.
 Erzaufbereitung:Aufbereitungsverfahren.
 Abbauplanung:Bergbauplanung.
 Betriebsmittel_Material:Bergbauplanung.
 Erkundung:Bergbauplanung.
 Infrastruktur:Bergbauplanung.
 Schachtbau:Bergbauplanung.
 Simulation:Bergbauplanung.
 Ausbautechnik:Gebirgsmechanik.
 Gebirgsmechanik_Tagebau:Gebirgsmechanik.
 Gebirgsmechanik_Tiefbau:Gebirgsmechanik.
 maschinelle_Gewinnung:Gewinnungstechnik.
 Sprengtechnik:Gewinnungstechnik.
 Tiefbohrtechnik:Gewinnungstechnik.
 Tiefbohrtechnik[hat_Synonym->>"Erdoel_Erdgasgewinnung"].
 Bergschadenskunde:Markscheidewesen.
 Kartierung:Markscheidewesen.

Vermessung:Markscheidewesen.
 Giessereitechnik:Huettenwesen.
 Hochoefen:Huettenwesen.
 Metallgewinnung:Huettenwesen.
 Metallgewinnung[hat_Synonym->>"metallurgische_Verfahren"].
 Metallwaermebehandlung:Huettenwesen.
 Metallwaermebehandlung[hat_Synonym->>"Stahlveredlung"].
 Roheisenerzeugung:Huettenwesen.
 Stahlerzeugung:Huettenwesen.
 Stahlerzeugung[hat_Synonym->>"Stahlmetallurgie"].
 Kokereiwesen:Veredlung_allgemein.
 Ausgasung_Untertagebergbau:Grubenbewetterung.
 Belueftung_Bewetterung_im_Tunnelbau:Grubenbewetterung.
 Belueftung_Bewetterung_im_Untertagebergbau:Grubenbewetterung.
 Filtertechnik:Grubenbewetterung.
 Oberflaechenausgasung:Grubenbewetterung.
 Entwaesserung:Entsorgung.
 Hydraulischer_Versatz:Versatz.
 Pneumatischer_Versatz:Versatz.
 Sturzversatz:Versatz.
 Baustatik:Bauingenieurwesen_allgemein.
 Baustoffkunde:Bauingenieurwesen_allgemein.
 Bauwirtschaft:Bauingenieurwesen_allgemein.
 Betonbau:Bauingenieurwesen_nach_Materialien.
 Holzbau:Bauingenieurwesen_nach_Materialien.
 Massivbau:Bauingenieurwesen_nach_Materialien.
 Metallbau:Bauingenieurwesen_nach_Materialien.
 Stahlbau:Bauingenieurwesen_nach_Materialien.
 Stahlbetonbau:Bauingenieurwesen_nach_Materialien.
 Bauwerksplanung:Bodenmanagement.
 Haldenbau:Bodenmanagement.
 Oberflaechenabdichtung:Bodenmanagement.
 Flotationsteiche:Bodenmanagement.
 Hohlraumerkundung:Bodenmanagement.
 Baugrundbeurteilung:Grundbau.
 Standsicherheit:Grundbau.
 Grundbaustatik:Grundbau.
 Gebaeudeschaeden:Grundbau.
 Eisenbahnbau:Hochbau_Leitungsbau.
 Rohrleitungsbau:Hochbau_Leitungsbau.
 Staedtebau:Hochbau_Leitungsbau.
 Staedtebau[hat_Synonym->>"Staedteplanung"].
 Strassenbau:Hochbau_Leitungsbau.
 Baugrubenumschliessung:Tiefbau.
 Baugrubenumschliessung[hat_Synonym->>"Gruendungstechnik"].
 Baugrundstabilisierung_Abdichtung:Tiefbau.
 Tunnelbau:Tiefbau.
 Verkehrswegebau:Tiefbau.
 Dammbau:Wasserbau.
 Flussbau:Wasserbau.
 Hafenbau:Wasserbau.
 Hochwasserschutz:Wasserbau.
 Kanalbau:Wasserbau.
 Kuestensicherung:Wasserbau.
 Sperrschutz_Wasserbau:Wasserbau.
 Aufenthalt_Polen_H_Mueller:Auslandserfahrung.
 Aufenthalt_Polen_H_Mueller[betrifft_Staat->>Polen;
 hat_Erfahrungsbeginn->>"01_01_2002";
 hat_Erfahrungsende->>"01_06_2002";
 wurde_gemacht_durch_Akteur->>MA_H_Mueller].
 Auslandssemester_H_Mueller:Auslandserfahrung.

Auslandssemester_H_Mueller[betrifft_Staat->>USA;
 hat_Erfahrungsbeginn->>"01_01_1985";
 hat_Erfahrungsende->>"01_07_1985";
 wurde_gemacht_durch_Akteur->>MA_H_Mueller].
 Projekteinsatz_Russland_H_Mueller:Auslandserfahrung.
 Projekteinsatz_Russland_H_Mueller[betrifft_Staat->>Russland;
 hat_Erfahrungsbeginn->>"01_01_1998";
 hat_Erfahrungsende->>"01_10_1999";
 wurde_gemacht_durch_Akteur->>MA_H_Mueller].
 "01_01_1985":Datum.
 "01_01_1985"[beinhaltet_Jahr->>"1985"].
 "01_07_1985":Datum.
 "01_07_1985"[beinhaltet_Jahr->>"1985"].
 "1985":Jahr.
 "1985"[hat_Jahreszahl->>1985.0].
 KA_5_H_Mueller:Kompetenzaussage.
 KA_5_H_Mueller[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_H_Mueller;
 beinhaltet_Kompetenz->>Pascal;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_H_Mueller;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.9;
 zuletzt_veraendert_am->>"01_06_2002"].
 Uebersichtskartenwerk:Normales_Projekt.
 Uebersichtskartenwerk[hat_Projekttitel->>
 "Anfertigung eines bergmaennisch-geologischen Uebersichtskartenwerks";
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>Mines_and_More;
 wird_bearbeitet_in_Ort->>Essen;
 hat_Budget_in_Euro->>200000.0;
 hat_Starttermin->>"01_01_1970";
 hat_Auftraggeber->>Landesbergbehoerde;
 erfordert_Kompetenz->>Vermessungstechnik;
 erfordert_Kompetenz->>Tektonik;
 erfordert_Kompetenz->>Hydrogeologie;
 hat_Auftragsstatus->>beendet;
 wird_bearbeitet_in_Land->>Deutschland].
 "01_01_1970":Datum.
 "01_01_1970"[beinhaltet_Jahr->>"1970"].
 "1970":Jahr.
 "1970"[hat_Jahreszahl->>1970.0].
 Landesbergbehoerde:Behoerde.
 DSK:Unternehmen.
 DSK[hat_Name->>"Deutsche Steinkohle AG"].
 Landesoberbergamt_NRW:Behoerde.
 "01_01_1999":Datum.
 "01_01_1999"[beinhaltet_Jahr->>"1999"].
 Archivierungssystem_Kartenwerke:Grossprojekt.
 Archivierungssystem_Kartenwerke[hat_Projekttitel->>
 "Digitales Archivierungssystem fuer analoge Riss- und Kartenwerke";
 hat_Hauptverantwortlichen->>DMT_Essen;
 hat_Auftraggeber->>DSK;
 hat_Auftraggeber->>Landesoberbergamt_NRW;
 hat_Budget_in_Euro->>1150000.0;
 hat_Starttermin->>"01_01_1999";
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>Mines_and_More;
 erfordert_Kompetenz->>Geoinformationssysteme;
 wird_bearbeitet_in_Land->>Deutschland].
 Exploration_noerdliche_Anschlussfelder:Grossprojekt.
 Exploration_noerdliche_Anschlussfelder[hat_Projekttitel->>
 "Exploration der noerdlichen Anschlussfelder";
 hat_Hauptverantwortlichen->>DMT_Essen;
 hat_Auftraggeber->>DSK;

wird_bearbeitet_von_Einheit->>Mines_and_More;
 hat_Starttermin->>"01_01_1970";
 hat_Auftragsstatus->>beendet;
 hat_Budget_in_Euro->>1500000.0;
 wird_bearbeitet_in_Land->>Deutschland;
 erfordert_Kompetenz->>Tiefbohrtechnik;
 erfordert_Kompetenz->>Tektonik;
 erfordert_Kompetenz->>Explorationsseismik].
 "01_01_1963":Datum.
 "01_01_1963"[beinhaltet_Jahr->>"1963"].
 "1963":Jahr.
 "1963"[hat_Jahreszahl->>1963.0].
 Geologische_hydrogeologische_Karten:Grossprojekt.
 Geologische_hydrogeologische_Karten
 [hat_Projekttitle->>"Erstellung von geologischen und hydrogeologischen Karten";
 hat_Hauptverantwortlichen->>DMT_Essen;
 hat_Auftraggeber->>Land_NRW;
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>Mines_and_More;
 wird_bearbeitet_in_Land->>Deutschland;
 hat_Budget_in_Euro->>2000000.0;
 hat_Auftragsstatus->>beendet;
 hat_Starttermin->>"01_01_1963";
 erfordert_Kompetenz->>Geoinformationssysteme;
 erfordert_Kompetenz->>Geotechnische_Messtechnik;
 erfordert_Kompetenz->>Hydrogeologie].
 Land_NRW:Behoerde.
 Rheinbraun:Unternehmen.
 Rheinbraun[hat_Name->>"Rheinbraun AG"].
 Phoenix:Unternehmen.
 Phoenix[hat_Name->>"Phoenix GmbH"].
 Gelaendeerfassung_mit_Luftbildern:Normales_Projekt.
 Gelaendeerfassung_mit_Luftbildern[hat_Projekttitle->>
 "Gelaendeerfassung mit Luftbildern";
 hat_Hauptverantwortlichen->>DMT_Essen;
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>Mines_and_More;
 hat_Auftraggeber->>DSK;
 wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>Phoenix;
 wird_bearbeitet_mit_Projektpartner->>Rheinbraun;
 hat_Starttermin->>"01_01_2002";
 wird_bearbeitet_in_Land->>Deutschland;
 hat_Budget_in_Euro->>600000.0;
 erfordert_Kompetenz->>Photogrammetrie;
 erfordert_Kompetenz->>Kartierung;
 erfordert_Kompetenz->>Geoinformationssysteme;
 hat_Auftragsstatus->>beendet].
 Universitaet_Mainz:Universitaet_Hochschule.
 Kartierung_Rheinland_Pfalz:Grossprojekt.
 Kartierung_Rheinland_Pfalz[hat_Projekttitle->>
 "Geologische Kartierung Rheinland-Pfalz (Sueddeutschland)";
 hat_Auftraggeber->>Universitaet_Mainz;
 hat_Hauptverantwortlichen->>DMT_Essen;
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>Mines_and_More;
 wird_bearbeitet_in_Land->>Deutschland;
 hat_Starttermin->>"01_01_1997";
 hat_Endtermin->>"31_12_1999";
 hat_Auftragsstatus->>beendet;
 hat_Budget_in_Euro->>1100000.0;
 erfordert_Kompetenz->>Kartierung;
 erfordert_Kompetenz->>Geotechnische_Messtechnik;
 wird_geleitet_von_Projektleiter->>MA_H_Mueller].
 "01_01_1997":Datum.

"01_01_1997"[beinhaltet_Jahr->>"1997"].
 "31_12_1999":Datum.
 "31_12_1999"[beinhaltet_Jahr->>"1999"].
 "1997":Jahr.
 "1997"[hat_Jahreszahl->>1997.0].
 "01_07_1993":Datum.
 "01_07_1993"[beinhaltet_Jahr->>"1993"].
 "01_11_2000":Datum.
 "01_11_2000"[beinhaltet_Jahr->>"2000"].
 "1993":Jahr.
 "1993"[hat_Jahreszahl->>1993.0].
 Greenhouse_Gas_Mitigation:Normales_Projekt.
 Greenhouse_Gas_Mitigation[hat_Projekttitle->>
 "Greenhouse Gas Mitigation Technologies";
 hat_Auftraggeber->>BMBF;
 hat_Auftragsstatus->>beendet;
 hat_Hauptverantwortlichen->>DMT_Essen;
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>IPM;
 wird_bearbeitet_in_Land->>Deutschland;
 wird_bearbeitet_in_Ort->>Essen;
 hat_Budget_in_Euro->>210000.0;
 hat_Starttermin->>"31_10_2004";
 hat_Endtermin->>"01_11_2000";
 erfordert_Kompetenz->>Emission_Immission;
 erfordert_Kompetenz->>Waermetechnik;
 wird_geleitet_von_Projektleiter->>MA_H_Mueller;
 wird_bearbeitet_von_MA->>MA_R_Schmidt].
 BMBF:Ministerium.
 BMBF[hat_Name->>"Bundesministerium fuer Bildung und Forschung"].
 Teambildung:Sozialkompetenz.
 Europaeische_Union:Staatenverbund.
 Bonn:Ort.
 Muenchen:Ort.
 Berlin:Ort.
 Technisches_Englisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
 Wirtschaftsenglisch:Fremdsprachliche_Kompetenz.
 Kanada:Staat.
 Mexiko:Staat.
 Kundenorientierung:Sozialkompetenz.
 Selbstaendiges_Arbeiten:Sozialkompetenz.
 Auffassungsgabe:Sozialkompetenz.
 Bereich_Recht:Bereich.
 Bereich_Recht[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen;
 hat_Aufgabenbereich->>Forderungsbeitreibung;
 hat_Aufgabenbereich->>Vertragsentwuerfe].
 Zentrale_Koordinierung:Bereich.
 Marketing_und_Vertrieb:Bereich.
 Finanz_und_Rechnungswesen_Steuern:Bereich.
 Einkauf_und_Materialwirtschaft:Bereich.
 Controlling:Bereich.
 Abteilung_Informationen_und_Telekommunikationsmanagement:administrative_Abteilung.
 Personal_und_Sozialwesen:Bereich.
 Abteilung_Buchhaltung:administrative_Abteilung.
 Abteilung_Buchhaltung[gehört_zu_Bereich->>Finanz_und_Rechnungswesen_Steuern;
 gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen].
 Abteilung_Steuern:administrative_Abteilung.
 Abteilung_Steuern[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen;
 gehört_zu_Bereich->>Finanz_und_Rechnungswesen_Steuern].
 Abteilung_Finanz_Konzernbilanz:administrative_Abteilung.
 Abteilung_Finanz_Konzernbilanz[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen;
 gehört_zu_Bereich->>Finanz_und_Rechnungswesen_Steuern].

Abteilung_Personalentwicklung:administrative_Abteilung.
 Abteilung_Personalentwicklung[gehört_zu_Bereich->>Personal_und_Sozialwesen;
 gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen].
 Abteilung_Personaladministration:administrative_Abteilung.
 Abteilung_Personaladministration[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen;
 gehört_zu_Bereich->>Personal_und_Sozialwesen].
 Abteilung_Innovations_und_Projektmanagement:administrative_Abteilung.
 Abteilung_Innovations_und_Projektmanagement[gehört_zu_Organisation->>DMT_Essen;
 hat_Leiter->>MA_F_Sowa;
 hat_stellvertretenden_Leiter->>MA_A_Bremer;
 hat_Aufgabenbereich->>Projektakquisition_F_und_E].
 Abteilung_Qualitätsmanagement:administrative_Abteilung.
 Vertragsentwürfe:betriebliche_Aufgabe.
 Forderungsbeitreibung:betriebliche_Aufgabe.
 Projektakquisition_F_und_E:betriebliche_Aufgabe.
 MA_R_Schmidt:Mitarbeiter.
 MA_R_Schmidt[hat_Name->>"Reinhard Schmidt";
 arbeitet_fuer->>DMT_Essen;
 gehört_zu_Einheit->>Einkauf_und_Materialwirtschaft;
 hat_Familienstand->>Verheiratet;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>DSK;
 hat_Kontakt_zu_Organisation->>Landesbergbehoerde;
 hat_Religion->>Juedisch;
 hat_teilgenommen_an_Weiterbildung->>
 Fuehrung_und_Konfliktmanagement_im_Projekt;
 hat_teilgenommen_an_Weiterbildung->>Ziel_und_Zeitmanagement].
 KA_1_R_Schmidt:Kompetenzaussage.
 KA_1_R_Schmidt[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_R_Schmidt;
 beinhaltet_Kompetenz->>Gewerbesteuer;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.9;
 zuletzt_veraendert_am->>"01_06_2002"].
 KA_2_R_Schmidt:Kompetenzaussage.
 KA_2_R_Schmidt[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_R_Schmidt;
 beinhaltet_Kompetenz->>Beschaffungsmarktforschung;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;
 hat_Wahrscheinlichkeit->>0.8;
 zuletzt_veraendert_am->>"01_01_2002"].
 Profil_R_Schmidt:Akteurs_Profil.
 Profil_R_Schmidt[betrifft_Akteur->>MA_R_Schmidt;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_1_R_Schmidt;
 beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_2_R_Schmidt;
 beinhaltet_Weiterbildung->>Fuehrung_und_Konfliktmanagement_im_Projekt;
 beinhaltet_Ausbildungsaussage->>Studium_R_Schmidt].
 Studium_R_Schmidt:Ausbildungsaussage.
 Studium_R_Schmidt[betrifft_Person->>MA_R_Schmidt;
 beinhaltet_Ausbildung->>Betriebswirtschaft_Uni;
 beinhaltet_Institution->>Universitaet_Duisburg_Essen;
 beinhaltet_Abschlussnote->>2.3].
 Greenhouse_Mueller:Projektmitarbeit.
 Greenhouse_Mueller[betrifft_Mitarbeiter->>MA_H_Mueller;
 betrifft_Projekt->>Greenhouse_Gas_Mitigation;
 beinhaltet_Funktion->>"Projektleitung, Koordination,
 Budgetplanung und -kontrolle, Dokumentation"].
 Realschule_H_Mueller:Ausbildungsaussage.
 Realschule_H_Mueller[beinhaltet_Ausbildung->>Fachhochschulreife_Fachabitur;
 betrifft_Person->>MA_H_Mueller;
 beinhaltet_Abschlussnote->>1.9].
 Fachhochschule_H_Mueller:Ausbildungsaussage.
 Fachhochschule_H_Mueller[betrifft_Person->>MA_H_Mueller;
 beinhaltet_Ausbildung->>Bautechnik_FH];

beinhaltet_Abschlussnote->>2.0;
 beinhaltet_Institution->>FH_Duesseldorf].
 Uni_H_Mueller:Ausbildungsaussage.
 Uni_H_Mueller[betrifft_Person->>MA_H_Mueller;
 beinhaltet_Ausbildung->>Bauingenieurwesen_Uni;
 beinhaltet_Abschlussnote->>1.7;
 beinhaltet_Institution->>RWTH_Aachen].
 RWTH_Aachen:Universitaet_Hochschule.
 FH_Duesseldorf:Fachhochschule.
 Didaktik_Kompetenz:Allgemeine_Methodenkompetenz.
 Clean_Cole_Technology:F_und_E_Projekt.
 Clean_Cole_Technology[hat_Projektitel->>"Clean Cole Technology Workshop";
 wird_bearbeitet_von_Einheit->>IPM;
 betrifft_Branche->>
 F_und_E_im_Bereich_Natur_Ingenieur_
 Agrarwissenschaften_und_Medizin;
 hat_Hauptverantwortlichen->>DMT_Essen;
 wird_geleitet_von_Projektleiter->>MA_F_Sowa;
 hat_Auftraggeber->>Europaeische_Kommission;
 hat_Budget_in_Euro->>64000.0;
 hat_Starttermin->>"01_01_1994";
 hat_F_und_E_Projektstatus->>beendet;
 erfordert_Kompetenz->>Waermetechnik;
 erfordert_Kompetenz->>Kohleaufbereitung].
 Europaeische_Kommission:Behoerde.
 "1994":Jahr.
 "1994"[hat_Jahreszahl->>1994.0].
 "01_01_1994":Datum.
 "01_01_1994"[beinhaltet_Jahr->>"1994"].
 Studie_Brennstoffherstellung_aus_Kohle:Publikation.
 Studie_Brennstoffherstellung_aus_Kohle[hat_Titel->>"Vergleich von Verfahren zur Herstellung von
 Brennstoffen aus Kohle und Klaerschlamm im Hinblick auf technische und kommerzielle
 Gesichtspunkte";
 hat_Untertitel->>"Studie";
 hat_Autor->>MA_F_Sowa;
 beinhaltet_Thema->>Kohleaufbereitung;
 beinhaltet_Thema->>Waermetechnik;
 beinhaltet_Thema->>Energieerzeugung_durch_Kohle;
 ist_entstanden_in_Projekt->>Clean_Cole_Technology;
 beinhaltet_Thema->>Chemische_Verfahrenstechnik].
 KA_5_Sowa:Kompetenzaussage.
 KA_5_Sowa[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_F_Sowa;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenz->>Chemische_Verfahrenstechnik;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Anfaenger].
 KA_6_Sowa:Kompetenzaussage.
 KA_6_Sowa[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_F_Sowa;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenz->>Energieerzeugung_durch_Kohle;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte].
 KA_7_Sowa:Kompetenzaussage.
 KA_7_Sowa[betrifft_konkretes_Objekt->>MA_F_Sowa;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_F_Sowa;
 beinhaltet_Kompetenz->>Kohleaufbereitung;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Anfaenger].
 KA_1_Stelle_Sekretaer:Kompetenzaussage.
 KA_1_Stelle_Sekretaer[betrifft_konkretes_Objekt->>Sekretaer_in;
 beinhaltet_Kompetenz->>Belastbarkeit;
 beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;
 enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_Sekretaer_in].
 Profil_Sekretaer_in:Kompetenzprofil.

```

Profil_Sekretaer_in[beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_1_Stelle_Sekretaer;
    beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_2_Stelle_Sekretaer;
    beinhaltet_Kompetenzaussage->>KA_3_Stelle_Sekretaer].
KA_2_Stelle_Sekretaer:Kompetenzaussage.
KA_2_Stelle_Sekretaer[enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_Sekretaer_in;
    beinhaltet_Kompetenz->>Englisch;
    beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>verhandlungssicher;
    betrifft_konkretes_Objekt->>Sekretaer_in].
KA_3_Stelle_Sekretaer:Kompetenzaussage.
KA_3_Stelle_Sekretaer[betrifft_konkretes_Objekt->>Sekretaer_in;
    enthalten_in_Kompetenzprofil->>Profil_Sekretaer_in;
    beinhaltet_Kompetenz->>MS_Office_allgemein;
    beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener].
Velbert:Ort.
"1980":Jahr.
"1980"[hat_Jahreszahl->>1980.0].

// PREDICATE_INSTANCES -----

// ALGEBRAIC PROPERTIES OF RELATIONS -----

FORALL X,Y X[arbeitet_fuer->>Y] <-> Y[hat_Mitarbeiter->>X].
FORALL X,Y X[hat_Mitgliedsunternehmen->>Y] <-> Y[ist_Mitglied_von_Unternehmensnetzwerk->>X].
FORALL X,Y X[liegt_in_Zeitspanne->>Y] <-> Y[wahrend_Zeitspanne->>X].
FORALL X,Y X[nach_Zeitspanne->>Y] <-> Y[vor_Zeitspanne->>X].
FORALL X,Y,Z X[nach_Zeitspanne->>Z] <- X[nach_Zeitspanne->>Y] AND Y[nach_Zeitspanne->>Z].
FORALL X,Y,Z X[wahrend_Zeitspanne->>Z] <- X[wahrend_Zeitspanne->>Y] AND Y[wahrend_Zeitspanne->>Z].
FORALL X,Y X[gleiche_Zeitspanne_wie->>Y] <- Y[gleiche_Zeitspanne_wie->>X].
FORALL X,Y,Z X[gleiche_Zeitspanne_wie->>Z] <- X[gleiche_Zeitspanne_wie->>Y] AND Y[gleiche_Zeitspanne_wie->>Z].
FORALL X,Y X[betrifft_konkretes_Objekt->>Y] <-> Y[ist_betroffen_von_Kompetenzaussage->>X].
FORALL X,Y X[beinhaltet_Kompetenz->>Y] <-> Y[enthalten_in_Kompetenzaussage->>X].
FORALL X,Y X[beinhaltet_Kompetenzaussage->>Y] <-> Y[enthalten_in_Kompetenzprofil->>X].
FORALL X,Y X[hat_Leiter->>Y] <-> Y[leitet_Org_Einheit->>X].
FORALL X,Y X[ist_Teil_von_Phase->>Y] <-> Y[umfasst_Aktivitaet->>X].
FORALL X,Y X[traegt_Verantwortung_fuer_Prozessphase->>Y] <-> Y[wird_verantwortet_von->>X].
FORALL X,Y X[hat_Vorgesetzten->>Y] <-> Y[ist_Vorgesetzter_von->>X].
FORALL X,Y,Z X[hat_Vorgesetzten->>Z] <- X[hat_Vorgesetzten->>Y] AND Y[hat_Vorgesetzten->>Z] AND NOT equal(X,Z).
FORALL X,Y X[betrifft_Akteur->>Y] <-> Y[hat_Kompetenzprofil->>X].
FORALL X,Y X[verwandt_mit->>Y] <- Y[verwandt_mit->>X].
FORALL X,Y X[stark_verwandt_mit->>Y] <- Y[stark_verwandt_mit->>X].
FORALL X,Y X[betrifft_Mitarbeiter->>Y] <-> Y[ist_betroffen_von_Projektmitarbeit->>X].
FORALL X,Y X[hat_Autor->>Y] <-> Y[ist_Autor_von->>X].

// AXIOMS -----

FORALL IA,St,Kom,KAuss_IA,KAuss_St,KAusp_IA,KAusp_St,KAusp_IA_Nr, KAusp_St_Nr,Diff (
    eignungswert(IA,St,Kom,Diff) ) <-
    ( (IA:Individualakteur[ist_betroffen_von_Kompetenzaussage->>KAuss_IA]
    and (KAuss_IA:Kompetenzaussage[betrifft_konkretes_Objekt->>IA;
        beinhaltet_Kompetenz->>Kom;beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>KAusp_IA]
    and (KAusp_IA:Kompetenzauspraegung[hat_numerischen_Wert->>KAusp_IA_Nr]
    and (St:Stelle[ist_betroffen_von_Kompetenzaussage->>KAuss_St]
    and (KAuss_St:Kompetenzaussage[betrifft_konkretes_Objekt->>St;
        beinhaltet_Kompetenz->>Kom;beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>KAusp_St]
    and (KAusp_St:Kompetenzauspraegung[hat_numerischen_Wert->>KAusp_St_Nr]

```

and evaluable_(Diff,-(KAusp_IA_Nr,KAusp_St_Nr)))))))).

```
// Inferenzregel: Veraltete Kompetenzaussagen
FORALL KAuss,Denkobj,Wahrsch,Dat,JDat,JZahl
( KAuss[hat_Wahrscheinlichkeit->>0.4] ) <-
( (KAuss:Kompetenzaussage[zuletzt_veraendert_am->>Dat;
  betrifft_konkretes_Objekt->>Denkobj;hat_Wahrscheinlichkeit->>Wahrsch]
and (Denkobj:menschlicher_Individualakteur and (Dat:Datum[beinhaltet_Jahr->>JDat]
and (JDat:Jahr[hat_Jahreszahl->>JZahl] and (lessorequal(JZahl,2001)
and greater(Wahrsch,0.4)))))))).
```

```
// Inferenzregel: Verwandte Kompetenzen - nicht-monoton, daher zunaechst auskommentiert
// FORALL Pers,KAuss1,Komp,Wahrsch,Komp2,KAuss2,KA
( KA:Kompetenzaussage[betrifft_konkretes_Objekt->>Pers;
beinhaltet_Kompetenz->>Komp2;beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Anfaenger] ) <-
( (Pers:menschlicher_Individualakteur[ist_betroffen_von_Kompetenzaussage->>KAuss1]
and (KAuss1:Kompetenzaussage[beinhaltet_Kompetenz->>Komp;
  beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Experte;hat_Wahrscheinlichkeit->>Wahrsch]
and (greaterorequal(Wahrsch,0.5)
and (Komp2:Fachkompetenz[stark_verwandt_mit->>Komp] and not (EXISTS
Kauss2(KAuss2[betrifft_konkretes_Objekt->>Pers;
  beinhaltet_Kompetenz->>Komp2])))))).
```

```
// Inferenzregel: Kompetenzen aus Weiterbildung, ebenfalls nicht-monoton
// FORALL MA,WBild,Komp,KAuss,KA
( KA:Kompetenzaussage[betrifft_konkretes_Objekt->>MA;beinhaltet_Kompetenz->>Komp;
  beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Anfaenger] ) <-
( (MA:Mitarbeiter[hat_teilgenommen_an_Weiterbildung->>WBild]
and (WBild:Weiterbildung[vermittelt_Kompetenz->>Komp]
and not (EXISTS KAuss(KAuss[betrifft_konkretes_Objekt->>MA;
  beinhaltet_Kompetenz->>Komp])))))).
```

```
// Integritaetsregeln: Zuordnung von sprachlichen Auspraegungen zu Kompetenzaussagen
FORALL KAuss,Komp,KAusp,Wert
( KAuss[beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>verhandlungssicher] ) <-
( (KAuss:Kompetenzaussage[beinhaltet_Kompetenz->>Komp;
  beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>KAusp:Kompetenzauspraegung_allgemein
  [hat_numerischen_Wert->>Wert]]
and (Komp:Fremdsprachliche_Kompetenz and equal(Wert,3))) ).
```

```
FORALL KAuss,Komp,KAusp,Wert
( KAuss[beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>weitergehende_Kenntnisse] ) <-
( (KAuss:Kompetenzaussage[beinhaltet_Kompetenz->>Komp;
  beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>KAusp:
  Kompetenzauspraegung_allgemein[hat_numerischen_Wert->>Wert]]
and (Komp:Fremdsprachliche_Kompetenz and equal(Wert,2))) ).
```

```
FORALL KAuss,Komp,KAusp,Wert
( KAuss[beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Grundkenntnisse] ) <-
( (KAuss:Kompetenzaussage[beinhaltet_Kompetenz->>Komp;
  beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>KAusp:
  Kompetenzauspraegung_allgemein[hat_numerischen_Wert->>Wert]]
and (Komp:Fremdsprachliche_Kompetenz and equal(Wert,1))) ).
```

```
// Inferenzregel fuer Autorenkompetenzen, Wahrscheinlichkeit ist noch festzulegen
FORALL Pub,MA,Komp,KAuss,KAusp,Wert
( KAuss[beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>Fortgeschrittener] ) <-
( (Pub:Publikation[hat_Autor->>MA;beinhaltet_Thema->>Komp]
and EXISTS KAuss((KAuss:Kompetenzaussage[betrifft_konkretes_Objekt->>MA;
  beinhaltet_Kompetenz->>Komp;beinhaltet_Kompetenzauspraegung->>KAusp]
and (KAusp[hat_numerischen_Wert->>Wert] and lessorequal(Wert,1)))))) ).
```

```
// Inferenzregel fuer Projektthemen
FORALL Pub,Proj,Komp ( Proj[erfordert_Kompetenz->>Komp] ) <-
( Pub:Publikation[ist_entstanden_in_Projekt->>Proj;beinhaltet_Thema->>Komp] ).
```