



Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement

Universität Duisburg-Essen, Standort: Essen
Fachbereich 5: Wirtschaftswissenschaften
Universitätsstraße 9, D - 45141 Essen
Tel.: ++49 (0) 201/ 183-4006, Fax: ++49 (0) 201/ 183-4017

KOWIEN-Projektbericht 2/2003

Konstruktion der KOWIEN-Ontologie

Dipl.-Kfm. Yilmaz Alan
E-Mail: Yilmaz.Alan@pim.uni-essen.de



Das Drittmittelprojekt KOWIEN
("Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-Netzwerken")
wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)
(Förderkennzeichen Hauptband 02 PD 1060)
innerhalb des Rahmenkonzepts "Forschung für die Produktion von morgen"
gefördert und vom Projektträger Produktion und Fertigungstechnologien (PFT),
der Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, betreut.
Die Mitglieder des Projektteams danken
für die großzügige Unterstützung ihrer Forschungs- und Transferarbeiten.

Mai 2003
Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	5
2 Begriffliche Grundlagen	6
3 Bestehende Ansätze zur Konstruktion von Top-Level Ontologien	10
3.1 Top-Level-Ontologie nach SOWA.....	10
3.2 Top-Level-Ontologie in WORDNET	14
3.3 Top-Level-Ontologie gemäß ONTOCLEAN	17
3.4 Top-Level-Ontologie gemäß GENERAL ONTOLOGICAL LANGUAGE	22
4 KOWIEN-Ansatz zur Konstruktion einer Top-Level Ontologie.....	24
4.1 Design-Entscheidungen bei einzelnen Problemfeldern	24
4.1.1 Ontologie-Spezifikation mit F-Logic.....	24
4.1.2 Transformation dreistelliger Relationen	27
4.1.3 Überprüfung der Konsistenz der ontologiegestützten Wissensbasis	30
4.1.4 Synonyme	32
4.1.5 Partielle Interpretationen.....	35
4.2 Konzeptualisierung	37
4.2.1 Top-Level.....	37
4.2.2 Wahrnehmungsformen.....	38
4.2.2.1 Zeitartige Wahrnehmungsformen	38
4.2.2.2 Raumartige Wahrnehmungsform.....	40
4.2.3 Wahrnehmungsinhalte	41
4.2.3.1 Situative Wahrnehmungsinhalte	41
4.2.3.2 Kompetenzen	42

4.2.4	Relationstypen	43
5	Ausblick	45
	Anhang: KOWIEN-Ontologie	47
	Literaturverzeichnis	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Exemplarische Ontologie mit Lexikonreferenz.....	9
Abbildung 2: Top-Level Ontologie von SOWA.....	13
Abbildung 3: Screenshot WORDNET 1.7.1	14
Abbildung 4: Top-Level von WORDNET	17
Abbildung 5: Top-Level von GOL	23
Abbildung 6: Transformation einer dreistelligen Relation..... in zweistellige Hilfsrelationen	28
Abbildung 7: Screenshot Sprachmenü OntoEdit.....	35
Abbildung 8: Partielle Interpretation der KOWIEN-Ontologie	36
Abbildung 9: Screenshot OntoEdit	37
Abbildung 10: Top-Level der KOWIEN-Ontologie.....	38
Abbildung 11: Zeit in der KOWIEN-Ontologie.....	39
Abbildung 12: Beziehungen zwischen Zeitintervallen.....	40
Abbildung 13: Raumartige Wahrnehmungsformen in der KOWIEN-Ontologie.....	41
Abbildung 14: Situative Wahrnehmungsinhalte in der KOWIEN-Ontologie.....	41
Abbildung 15: Kompetenzen.....	42
Abbildung 16: Screenshot Relationsmenü OntoEdit.....	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Top-Level Kategorien bei WHITEHEAD, PEIRCE und SOWA	12
Tabelle 2: Axiomatisierung der Teil-Ganzes Beziehung.....	21
Tabelle 3: KOWIEN-Relationen	44

1 Einleitung

Das BMBF-Projekt KOWIEN (Kooperatives Wissensmanagement in Engineering-Netzwerken) befasst sich mit der Umsetzung von Wissensmanagement mit Kompetenzprofilen auf der Basis von Ontologien. Während in früheren Arbeiten die Vorteilhaftigkeit des Einsatzes von Ontologien zur Spezifikation der sprachlichen Ausdrucksmittel untersucht wurde, wird in dem vorliegenden Projektbericht auf Problemfelder eingegangen, die sich bei der Konstruktion von Ontologien für Kompetenzmanagement-Systeme ergeben haben. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Problemfelder:

- Strukturierung der Top-Level-Konzepte;
- Strukturierung der Konzepte *Kompetenzen, Zeit, Raum, Zustände* und *Aktivitäten*;
- Spezifikation n-stelliger Relationen (mit $n > 2$);
- Behandlung von Synonymen in der Ontologie;
- Spezifikation der zulässigen Definitionsbereiche von Konzepten.

Für jedes dieser Problemfelder wurden im Projekt KOWIEN Lösungsansätze entwickelt, die in die erste rudimentären Ontologie integriert wurden. Im Zuge einer permanenten Weiterentwicklung wird die Ontologie weiter ausgebaut werden.

Der Projektbericht ist wie folgt gegliedert: Nachdem in *Abschnitt 2* die begrifflichen Grundlagen für die Untersuchung expliziert werden, wird in *Abschnitt 0* auf bereits bestehende Ansätze zur Spezifikation von Begriffssystemen eingegangen. In diesem Rahmen werden Arbeiten vorgestellt werden, die in den letzten Jahren in der Literatur diskutiert worden sind. Anschließend wird in *Abschnitt 4* die KOWIEN-Ontologie vorgestellt werden. Hierbei werden zunächst unter *Abschnitt 4.1* einzelne Problemfelder und die dazu gehörigen Lösungsvorschläge erläutert, die sich bei der Konstruktion der Ontologie ergeben haben. Unter *Abschnitt 4.2* werden Teile der Ontologie, die für das Management von Kompetenzen eine besondere Bedeutung haben, diskutiert. Die Arbeit wird mit einem Ausblick auf zukünftige Arbeiten im KOWIEN-Projekt abgeschlossen.

2 Begriffliche Grundlagen

Im Sinne einer Arbeitsdefinition lässt sich der Begriff *Ontologie* auffassen als:

- eine explizite und formalsprachliche Spezifikation
- der „sinnvollen“ sprachlichen Ausdrucksmittel
- für eine von mehreren Akteuren
- gemeinsam verwendete Konzeptualisierung von realen Phänomenen,
- die in einem subjekt- und zweckabhängig einzugrenzenden Realitätsausschnitt als wahrnehmbar oder vorstellbar gelten und
- für die Kommunikation zwischen den o.a. Akteuren benutzt oder benötigt werden¹⁾.

In Ontologien werden Begriffe und die Relationen zwischen den Begriffen festgelegt. Daraus lässt sich ein Modell des Domänenwissens konstruieren. Die Explizitheit von Ontologien bezieht sich auf die ausdrückliche Definition von Begriffen und Relationen, die für die Konzeptualisierung verwendet werden können. Die Explikation bezieht sich hierbei nicht nur auf die „wesentlichen“ Begriffe, sondern auch auf jene, die üblicherweise als „voraussetzbar“ gelten. Die Forderung nach Formalsprachlichkeit von Ontologien ergibt sich aus ihrem konstitutiven Merkmal der Maschinenverarbeitbarkeit. Dadurch werden semi-formale und rein natürlichsprachliche Konstruktionen ausgegrenzt. Die *Konzeptualisierung* bringt eine Sichtweise auf alle Phänomene zum Ausdruck, die sich aus dem Subjekt- und Zweckbezug von Ontologien ergeben: Es werden in einer Ontologie die Begriffe festgelegt, die für die Erkenntniszwecke von Akteuren von Interesse sind. Dadurch kommt es zu einer vereinfachten Sichtweise auf Artefakte, die für die Akteure von Relevanz sind.

Ontologien lassen sich wie folgt formal definieren²⁾: Eine Ontologie ist ein 5-Tupel O über dem Universum \mathcal{U} :

$$O = \{B, R, H^B, rel, A^0\},$$

-
- 1) Die vorgelegte Arbeitsdefinition stellt eine im Rahmen des Projekts KOWIEN durchgeführte Weiterentwicklung der „ursprünglichen“ Definition von GRUBER dar, die sich vornehmlich in der Literatur etabliert hat; vgl. für die Definition von GRUBER (1993) S. 199.
 - 2) Vgl. ERDMANN (2001) S. 76; MAEDCHE (2001) S. 18.

bestehend aus:

- den disjunkten Mengen $B \subseteq U$ und $R \subseteq U$ die die Begriffs- und Relationenmengen enthalten, mit
 - $R = H^B \cup rel$, wobei
 - $H^C \subseteq B \times B$ die Menge aller taxonomischen Beziehungen zwischen je zwei Begriffen¹⁾ und
 - $rel \subseteq B \times B$ die Menge aller nicht-taxonomische Beziehungen zwischen je zwei Begriffen darstellen²⁾,
- und der Menge $A^0 = A_{fix} \cup A_{dom}$
 - A_{fix} ist die Menge der Axiome, die die Semantik der vordefinierten Primitive formuliert³⁾. Dieser *intensionale* Aspekt der Primitive, bestimmt ihre *ontologische Verbindlichkeit* (ontological commitment)⁴⁾.
 - A_{dom} bezeichnet die Menge aller domänenspezifischen Axiome.

-
- 1) Die prädikative Beschreibung $\mathcal{H}^{\mathcal{B}}(\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2)$ drückt aus, dass $\mathcal{B}_1 \in \mathcal{B}$ eine Subklasse von $\mathcal{B}_2 \in \mathcal{B}$ ist.
 - 2) Die prädikative Beschreibung $rel(\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2)$ drückt aus, dass \mathcal{B}_1 in Relation rel zur Klasse \mathcal{B}_2 steht. Die Elemente (Instanzen) der Klassen \mathcal{B}_1 und \mathcal{B}_2 sind nicht Teil der Ontologie. Sie gehören zur Wissensbasis, die aufbauend auf den Klassendefinitionen in der Ontologie konstruiert wird. Die Abbildung $irel: rel \rightarrow 2^{I^2}$ bezeichnet die Instanzenrelationen, die die Menge aller Elemente I (Instanzen) der Klassen miteinander verbinden. Die Relation $irel$ wird genau dann als *linkstotal* bezeichnet, wenn für jedes Element $\mathcal{B}_1 \in \mathcal{B}$ mindestens ein Element $\mathcal{B}_2 \in \mathcal{B}$ existiert mit $(\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2) \in irel$ (formal: $\forall \mathcal{B}_1 \in \mathcal{B} \exists \mathcal{B}_2 \in \mathcal{B} : (\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2) \in irel$). So ist z.B. die in einer Wissensbasis verwendete Relation „arbeitet_fuer“, die die Klasse der Personen mit der Klasse der Unternehmen verbindet, dann linkstotal, wenn jede Person für mindestens ein Unternehmen arbeitet. Die Relation $irel$ wird analog dann als *rechtstotal* bezeichnet, wenn für jedes Element $\mathcal{B}_2 \in \mathcal{B}$ mindestens ein Element $\mathcal{B}_1 \in \mathcal{B}$ existiert mit $(\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2) \in irel$ (formal: $\forall \mathcal{B}_2 \in \mathcal{B} \exists \mathcal{B}_1 \in \mathcal{B} : (\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2) \in irel$). Das würde bedeuten, dass für jedes Unternehmen mindestens ein Mitarbeiter aus der Klasse der Personen arbeitet.
Die Relation $irel$ wird dann als *linkeindeutig* bezeichnet, wenn bei $\mathcal{B}_2 \in \mathcal{B}$ höchstens ein Element $\mathcal{B}_1 \in \mathcal{B}$ existiert mit $(\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2) \in irel$ (formal: $\forall \mathcal{B}_{11}, \mathcal{B}_{12} \in \mathcal{B} \forall \mathcal{B}_2 \in \mathcal{B} : (\mathcal{B}_{11}, \mathcal{B}_2) \in irel \wedge (\mathcal{B}_{12}, \mathcal{B}_2) \in irel \rightarrow \mathcal{B}_{11} = \mathcal{B}_{12}$). Das entspräche im obigen Beispiel der Situation, wenn jedes Unternehmen maximal einen Mitarbeiter hätte. Die Relation $irel$ wird analog dann als *rechtseindeutig* bezeichnet, wenn für jedes $\mathcal{B}_1 \in \mathcal{B}$ höchstens ein Element $\mathcal{B}_2 \in \mathcal{B}$ existiert mit $(\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2) \in irel$ (formal: $\forall \mathcal{B}_1 \in \mathcal{B} \forall \mathcal{B}_{21}, \mathcal{B}_{22} \in \mathcal{B} : (\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_{21}) \in irel \wedge (\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_{22}) \in irel \rightarrow \mathcal{B}_{21} = \mathcal{B}_{22}$). Entsprechend bedeutet dies, dass jeder Mitarbeiter für maximal ein Unternehmen arbeitet.
 - 3) Beispielsweise wird die *Transitivität* der oben aufgeführten Subklassenrelation wie folgt definiert: $\forall c_1, c_2, c_3 : \mathcal{H}^{\mathcal{B}}(\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2) \wedge \mathcal{H}^{\mathcal{B}}(\mathcal{B}_2, \mathcal{B}_3) \rightarrow \mathcal{H}^{\mathcal{B}}(\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_3)$. Sie ist z.B. bei der Relation „Vorgesetzter_von“ gegeben. Es ist anzunehmen, dass, wenn eine Person c_2 der Vorgesetzte einer Person c_1 ist und die Person c_3 wiederum Vorgesetzter der Person c_2 ist dann auch c_3 Vorgesetzter von c_1 ist.
 - 4) Vgl. GUARINO (1998) S. 6.

Um auf die Klassen referieren zu können, die in der Ontologie definiert wurden, ist zudem die explizite Repräsentation der *lexikalischen Werte* für die definierten Mengen notwendig. Ein Lexikon \mathcal{L} für die Ontologie \mathcal{O} ist ein 4-Tupel

$$L = \{L^B, L^R, F, G\}$$

bestehend aus:

- den disjunkten Mengen L^B und L^R , die die lexikalischen Werte für die Begriffe und die Relationen enthalten,
- den Relationen $F \subseteq L^B \times B$ und $G \subseteq L^R \times R$, die die *Referenzen* für die Konzepte bzw. die Relationen enthalten.

Folgendes Beispiel verdeutlicht diese Definition¹⁾: Es sei angenommen, dass die Begriffe durch $\mathcal{B} = \{c_1, c_2, c_3\}$ und die Relationen durch $\mathcal{R} = \{r_1\}$ gegeben sind. Zudem ist die taxonomische Relation $\mathcal{H}^C(c_2, c_1)$ und die nicht-taxonomische Relation $r_1(c_2, c_3)$ gegeben. Zum einen ist das Lexikon gegeben durch $L^B = \{\text{'Person'}, \text{'Mitarbeiter'}, \text{'Organisation'}\}$ und $L^R = \{\text{'arbeitet_fuer'}\}$. Zum anderen bilden die Funktionen F und G die lexikalischen Werte wie folgt auf die Konzepte ab: $F(\text{'Person'}) = c_1$, $F(\text{'Mitarbeiter'}) = c_2$, $F(\text{'Organisation'}) = c_3$ und $G(\text{'arbeitet_fuer'}) = r_1$. Abbildung 1 fasst das Beispiel graphisch zusammen.

1) Vgl. MAEDCHE (2001) S. 19.

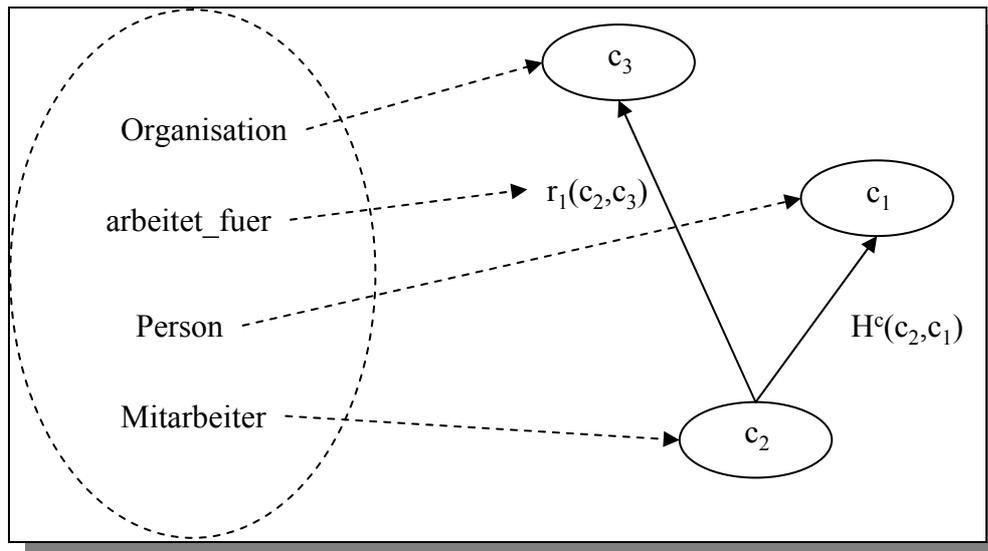


Abbildung 1: Exemplarische Ontologie mit Lexikonreferenz¹⁾

Die formale Spezifikation von Ontologien erweist sich unter anderem in zweierlei Formen als vorteilhaft:

Erstens können teilweise - in Abhängigkeit von der verwendeten Repräsentationssprache - *Inferenzregeln* definiert werden, die über das bereits explizit vorliegende terminologische Wissen hinaus *Schlussfolgerungen* erlauben. Diese Möglichkeit der Ableitung „neuer“ Fakten, die bereits aus der logischen Programmierung (z.B. mittels PROLOG) bekannt ist, erlaubt die Gestaltung „intelligenter“ Software. Die folgende exemplarische Inferenzregel setzt die Plausibilitätsannahme, dass jede Person, die einen Projektbericht zu einem Sachgebiet verfasst hat, auch als kompetent in diesem Gebiet gilt, in der Notation der weit verbreiteten F-Logic²⁾ um:

FORALL X,Y,Z

$X[\text{hat_Kompetenz} \rightarrow Z] \leftarrow$

$X:\text{Person}[\text{Autor_von} \rightarrow Y] \text{ AND}$

$Y:\text{Projektbericht}[\text{betrifft_Sachgebiet} \rightarrow Z].$

Zweitens kann durch *Integritätsregeln* vermieden werden, dass Fakten in die Wissensbasis aufgenommen werden, die im Widerspruch zu bereits enthaltenen Fakten stehen. So wäre beispielsweise eine Schlussfolgerung auf Basis der obigen Inferenzregel unzulässig, wenn zuvor schon das explizite Wissen vorläge, dass sich die betroffene Person

1) Quelle: in Anlehnung an MAEDCHE (2001) S. 19. In den folgenden Abbildungen werden für Subklassenbeziehungen unbeschriftete gerichtete Kanten verwendet werden. Davon abweichende Bedeutungen werden explizit bezeichnet werden.

2) Vgl. KIFER ET AL. (1995). Vgl. Abschnitt 4.1.1 für einen Überblick zur F-Logic.

in dem angesprochenen Fachgebiet als „inkompetent“ erwiesen hat. Solche Integritätsregeln sind insbesondere dann erforderlich, wenn in einem Kompetenzmanagement-System Inferenzregeln für das plausible Schließen verwendet werden sollen. Denn solche Plausibilitätsregeln drücken nur Erfahrungswissen aus, das sich in der Vergangenheit zwar als *tendenziell* zutreffend bewährt hat, das jedoch keine Allgemeingültigkeit besitzt. Bei der Verwendung solcher Plausibilitätsregeln sollte für jede Möglichkeit, einen Plausibilitätsschluss zu ziehen, eine korrespondierende Integritätsregel dafür Sorge leisten, dass die Schlussfolgerung niemals im Widerspruch zu bereits vorhandenen Fakten treten kann.

3 Bestehende Ansätze zur Konstruktion von Top-Level Ontologien

3.1 Top-Level-Ontologie nach SOWA

Der Vorschlag von SOWA zur Konstruktion einer Top-Level-Ontologie stellt eine Synthese aus den Arbeiten zur *Semiotik* von PEIRCE und den Arbeiten zu *Existenzkategorien* von WHITEHEAD dar¹⁾. Daher wird zunächst ein kurzer Überblick über diese beiden Arbeiten gegeben.

PEIRCE benennt drei *Universalkategorien*²⁾, die die Begriffe der Top-Level-Ontologie darstellen:

I) *Erstheit*

Die Kategorie der *Erstheit* umfasst das Vorverständnis von Entitäten, das nicht von ihren Beziehungen zu anderen Entitäten beeinflusst ist. Entitäten aus der Kategorie der *Erstheit* können durch *einstellige* Prädikate beschrieben werden. Beispielsweise ist die Eigenschaft, ein Mensch zu sein, unabhängig davon, in was für einem Verhältnis die betrachtete Entität zu anderen Entitäten steht. Um für eine Entität x anzugeben, dass sie ein Mensch ist, kann das einstellige Prädikat *Mensch*(x) verwendet werden.

II) *Zweitheit*

Die Kategorie der *Zweitheit* umfasst die (zweistelligen) Beziehungen von Entitäten zueinander. Für die Beschreibung der Beziehungen werden zweistellige Rela-

1) Vgl. SOWA (2000) S. 67-79 und 497 ff.; SOWA (1995) 677 ff.

2) Vgl. PEIRCE (1973) S. 83-94.

tionen verwendet. Beispielsweise ist die Eigenschaft, Mutter zu sein, abhängig von der Existenz anderer Entitäten¹⁾. Um für eine Entität x anzugeben, dass sie der Vorgesetzte einer Entität y ist, kann die zweistellige Relation *Vorgesetzter*(x,y) verwendet werden.

III) *Drittheit*

Die Kategorie der *Drittheit* umfasst alles, was eine Verknüpfung zwischen einer Entität und zwei weiteren Entitäten herstellt. In diese Kategorie fallen Entitäten, die zwei weitere Entitäten in die Kategorie der *Zweitheit* überführen. Für die Beschreibung der Beziehungen werden dreistellige Relationen verwendet. Beispielsweise wird das o.a. hierarchische Vorgesetzten-Verhältnis zwischen zwei Entitäten durch ein Unternehmen vermittelt, in dem beide Entitäten arbeiten. Um für eine Entität x (Vorgesetzter) anzugeben, dass sie in einem hierarchischen Verhältnis zu einer Entität y (Weisungsgebundener) aufgrund einer Vermittlung durch eine Entität z (Unternehmen) steht, kann die Relation *hierarchie* (z,x,y) verwendet werden.

Die Arbeiten von PEIRCE sind zu einem großen Teil von WHITEHEAD übernommen worden. Eine weitere Differenzierung erfolgt bei WHITEHEAD durch die Unterscheidung zwischen *physischen* und *abstrakten* Entitäten. *Physische* Entitäten bestehen aus „greifbarem“ Material oder aus Energie. *Abstrakte* Entitäten stellen hingegen reine Informations-Strukturen dar.

WHITEHEAD unterscheidet acht Kategorien der Existenz²⁾:

I) *Actual Entities*

Physische Entitäten, deren Existenz unabhängig ist von anderen Entitäten.

II) *Prehensions*

Physische Entitäten, deren Existenz auf jeweils eine andere Entität zurückzuführen ist.

III) *Nexus*

Physische Entitäten, die eine *Verbindung* zwischen zwei weiteren Entitäten herstellen.

1) In diesem Fall ist die Mutter-Eigenschaft abhängig von der Existenz von Kindern.

2) Vgl. WHITEHEAD (1979) S. 18-31.

Die ersten drei Kategorien basieren auf der *physischen* Existenz der Entitäten. Die restlichen Kategorien umfassen *abstrakte* Entitäten¹⁾:

IV) *Eternal objects*

Abstrakte Entitäten, deren Existenz unabhängig ist von anderen Entitäten.

V) *Proposition*

Abstrakte Entitäten, deren Existenz auf jeweils eine andere Entität zurückzuführen ist.

VI) *Subjective forms*

Abstrakte Entitäten, die eine *Verbindung* zwischen zwei weiteren Entitäten herstellen.

Die letzten zwei Kategorien dienen als Prinzipien zur Generierung neuer Kategorien und wurden von SOWA nicht in seine Top-Level-Ontologie aufgenommen²⁾:

VII) *Multiplicities*

Kategorie der disjunkten Mengen.

VIII) *Contrasts*

Ursachen für die Unterscheidung von Entitäten.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die bisher vorgestellten Kategorien und ihre Bezeichnungen bei WHITEHEAD und PEIRCE. Die teilweise abweichenden Bezeichnungen von SOWA sind u.a. auf seine Anlehnung an PLATO zurückzuführen.

	Entity					
	Physical			Abstract		
WHITEHEAD	Actual Entities	Prehensions	Nexus	Eternal Objects	Propositions	Subjective Forms
PEIRCE	Firstness (Independent)	Secondness (Relative)	Thirdness (Mediating)	Firstness (Independent)	Secondness (Relative)	Thirdness (Mediating)
SOWA	Actuality	Prehension	Nexus	Form	Proposition	Intention

Tabelle 1: Top-Level Kategorien bei WHITEHEAD, PEIRCE und SOWA

1) „The ultimate facts of immediate actual experience are actual entities, prehensions, and nexus. All else is, for our experience, derivative abstraction.“ (WHITEHEAD (1979) S. 20).

2) Vgl. SOWA (2000) S. 65.

SOWA erweitert die bisher vorgestellten Kategorien durch die Einführung zweier neuer Kategorien, anhand derer eine Einordnung der Entitäten im Zeitverlauf möglich wird¹⁾:

I.) *Continuant*

Entitäten mit Eigenschaften, die die Identifikation der Entität im Zeitverlauf ermöglichen.

II.) *Occurent*

Entitäten mit Eigenschaften, die sich im Zeitverlauf ändern und somit eine Identifikation der Objekte nur anhand der Raum-Zeit Lokalisierung ermöglichen.

Aus den vorgestellten Kategorien ergibt sich ein *Verband* wie er in Abbildung 2 dargestellt ist. Die Darstellung basiert auf einem Hasse-Diagramme, wie es auch im Rahmen der *Formalen Begriffsanalyse*²⁾ verwendet wird, um *Intension* und *Extension* von Begriffen zu spezifizieren.

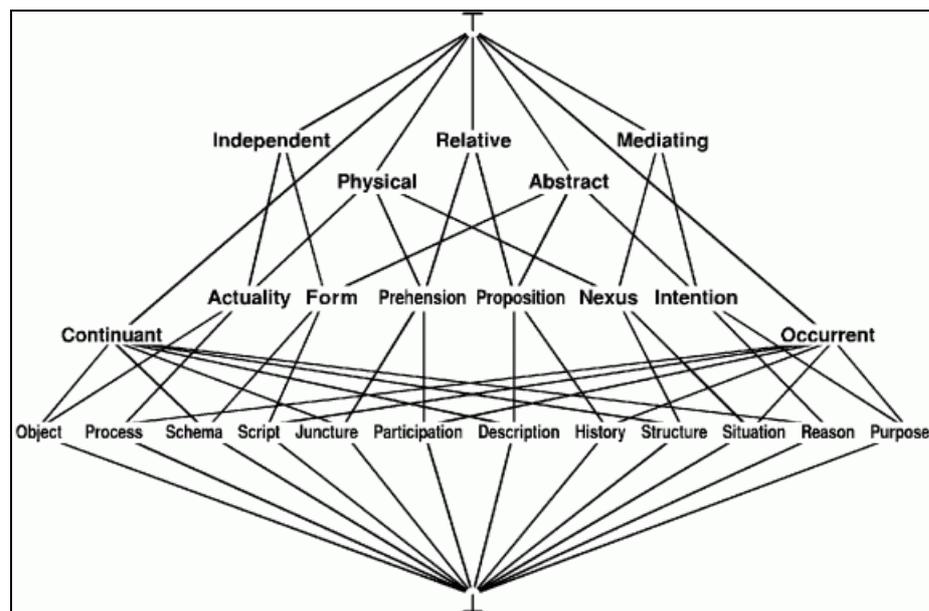


Abbildung 2: Top-Level Ontologie von SOWA³⁾

Auf eine nähere Erläuterung der Kategorien *Object*, *Process*, *Schema*, *Script*, *Juncture*, *Participation*, *Description*, *History*, *Structure*, *Situation*, *Reason* und *Purpose* wird hier

1) Vgl. GUARINO (1999) S. 227 für eine Einschränkung auf Eigenschaften, die die *räumliche* Ortung der Entitäten betreffen.

2) Vgl. GANTER/WILLE (1996) S. 17 ff.

3) Quelle: SOWA (2000) S. 498.

verzichtet, da sich diese aus den Schnittmengen der bereits oben aufgeführten Kategorien ergeben.

3.2 Top-Level-Ontologie in WORDNET

WORDNET¹⁾ ist eine englischsprachige lexikalische Datenbank, die für die computergestützte Verarbeitung der natürlichen Sprache entwickelt wurde. WordNet umfasst eine der am weitesten entwickelten Ontologien und enthält mehr als 118.000 unterschiedliche Wortformen und mehr als 90.000 verschiedene Wortbedeutungen²⁾. Abbildung 3 gibt einen Screenshot der aktuellen WordNet-Implementierung (Version 1.7.1) wieder.

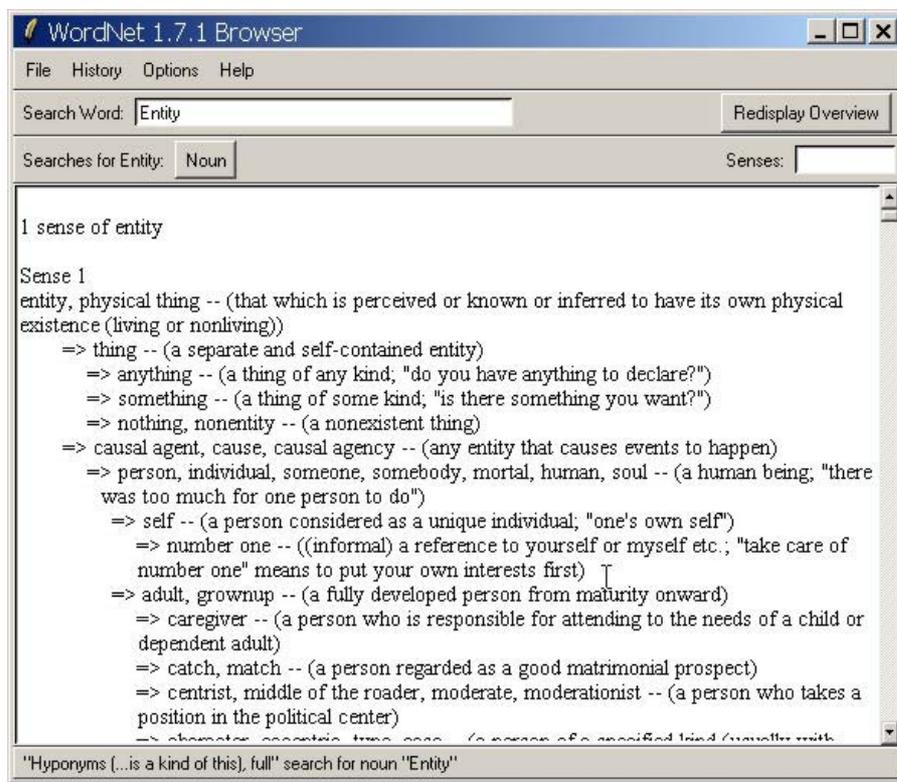


Abbildung 3: Screenshot WORDNET 1.7.1

In WORDNET wird das Vokabular einer Sprache definiert als ein Tupel³⁾:

$$W=(f,s).$$

1) WORDNET wird seit 1985 am Cognitive Science Laboratory der Princeton University entwickelt. Vgl. als Überblickswerke zu WordNet MILLER (1993); MILLER ET AL. (1993) und MILLER (1995). Auf die lexikalische Datenbank kann im Internet unter der URL: <http://www.cogsci.princeton.edu/wn> zugegriffen werden. Ausgehend vom WordNet wurde auch das deutsche Pendant GermanNet entwickelt; vgl. zu GermanNet im Internet unter der URL: <http://www.sfs.nphil.uni-tuebingen.de/lsd>.

2) Vgl. MILLER (1995) S. 40.

3) Vgl. MILLER (1995) S. 39.

Dabei ist f die *Wortform* („*word form*“) - eine Zeichenkette („*string*“) aus einem endlichen Alphabet Σ , und s ist ein Element der Menge der möglichen *Wortbedeutungen* („*word sense*“), das mit den Wortformen ausgedrückt werden kann. Jede Wortform mit einer zugehörigen Wortbedeutung ist ein *Wort* aus dem Vokabular dieser Sprache. Ein Wort mit mehreren Wortbedeutungen ist ein *Homonym*; hingegen sind Wörter mit mindestens einer gemeinsamen Wortbedeutung *Synonyme*.

Der Gebrauch eines Worts ist die Menge Con der (linguistischen) Kontexte, in denen das Wort verwendet werden kann. In WordNet wird die Menge C in vier Teilmengen ausdifferenziert, wobei dieselbe Wortform gleichzeitig Element von mehreren Mengen sein kann:

- Menge der Substantive (S),
- Menge der Verben (V),
- Menge der Adjektive (Aj) und
- Menge der Adverbien (Av).

Morphologische Variationen von Wortformen - beispielsweise in Form von deklinierten Substantiven („*tree*“ und „*trees*“) oder konjugierten Verben („*go*“ und „*went*“) werden durch die Menge M der morphologischen Relationen zwischen den Wortformen berücksichtigt.

Die grundlegenden Relationen in WordNet lauten:

- Synonymie*: Die *Synonymie* ist die grundlegende Relation zwischen Wortformen in WordNet. Denn in WordNet wird zur Repräsentation von Wortbedeutungen die Menge von Synonymen („*synsets*“) verwendet. Eine synonymische Relation liegt dann vor, wenn die Bedeutung zweier oder mehrerer Wortformen sich deckt. Die Synonymie erfüllt die Bedingungen der Symmetrie¹⁾.
- Hyponymie/ Hypernymie*: In hyponymischen/ hypernymischen Relationen werden Unterbegriff-/ Oberbegriffbeziehungen zwischen Wortbedeutungen ausgedrückt. Wird die Hierarchie in aufsteigender Richtung durchlaufen, so kommt man durch Weglassen spezifischer Eigenschaften von speziellen zu allgemeinen Begriffen. Begriffe weiter unten in der Hier-

1) Die Symmetrie-Eigenschaft der Synonym-Relation bedeutet, dass wenn eine Wortform (a) die gleiche Bedeutung hat wie eine andere Wortform (b), dass auch Wortform (b) die gleiche Bedeutung hat wie Wortform (a).

chie erben alle Eigenschaften ihrer Vorgänger. Die hyponymischen/ hypernymischen Relationen erfüllen die Eigenschaft der Transitivität¹⁾ und der Antisymmetrie.

- *Meronymie*: Meronymische Relationen repräsentieren Teil-von-Beziehungen zwischen Wortbedeutungen. Ein Beispiel für ein Element aus einer meronymischen Relation ist das Paar aus „company“ und „department“. Dabei ist „department“ ein Meronym (Teil-von) des Holonyms „company“.

Die hyponymischen/ hypernymischen Relationen in WORDNET können als Is-a-Hierarchie dargestellt werden.

Die Synonymie- und Meronymierelationen sind hingegen Spezialfälle nicht-taxonomischer Art. Wie die taxonomische Relation auch sind sie aber domänenunabhängig. Die Synonymie-Relation weist allerdings eine im Vergleich zur Meronymie-Relation eine unterschiedliche epistemische Qualität aus. Während bei Aussagen mit meronymen Relationen über Artefakte

Ein Ausschnitt der obersten WORDNET-Entitäten (Top-Level) kann Abbildung 4 entnommen werden.

1) Die Transitivitäts-Eigenschaft der Hyponymie/ Hypernymie-Relationen bedeutet, dass wenn z.B. eine Wortform (a) Oberbegriff einer Wortform (b) ist und (b) wiederum Oberbegriff einer Wortform (c) ist, dass dann (a) Oberbegriff von (c) ist.

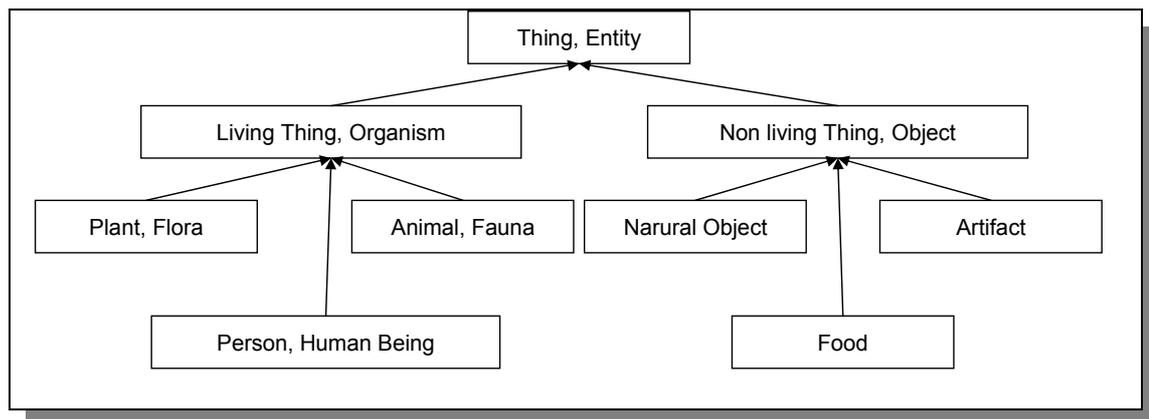


Abbildung 4: Top-Level von WORDNET¹⁾

In WORDNET können Wörter nur über die genannten Relationen miteinander verknüpft werden. Darüber hinaus werden *keine* weiteren Axiome für die Wortbedeutungen spezifiziert. Daher ist in WORDNET kein zusätzliches Wissen über die Wortbedeutungen und die Relationen zwischen den Wortbedeutungen repräsentiert. Dies darf aber nicht als Defekt von WORDNET aufgefasst werden, da WORDNET nicht für die Repräsentation von allgemeinem oder speziellem Weltwissen entwickelt wurde, sondern primär für die Repräsentation von linguistischem Wissen über die englische Sprache.

3.3 Top-Level-Ontologie gemäß ONTOCLEAN

Die ONTOCLEAN-Methode wurde am „Laboratory for Applied Ontology“²⁾ in Trento, Rom - Italien entwickelt. Untersuchungsgegenstand ist dabei die Entwicklung von Kriterien für die Evaluation der Güte einer Ontologie³⁾. Die Arbeiten basieren in erster Linie auf Erkenntnissen aus der analytischen Philosophie. Im Folgenden werden Auszüge aus einer Ontologie und ihre theoretischen Vorüberlegungen vorgestellt werden, die im Rahmen der Arbeiten zu ONTOCLEAN entwickelt wurden.

Zur Konstruktion der Ontologie wird eine Sprache \mathcal{L}_1 mit dem Kalkül der Prädikatenlogik erster Ordnung verwendet. Die Prädikate der Sprache \mathcal{L}_1 bilden den *Termapparatur*

1) In Anlehnung an MILLER (1993) S. 17 und NOY/HAFNER (1997) S. 57. Die Rechtecke in der Abbildung stellen Konzepte dar. Durch gerichtete Kanten werden die Hyponymie-Relationen zwischen jeweils zwei Konzepten ausgedrückt. Das Rechteck am Kantenursprung entspricht dabei einem Konzept, dass eine Spezialisierung des Konzeptes an der Kantenspitze ist. Die hier exemplarisch vorgestellten Spezialisierungen sind weder für die jeweiligen Oberbegriffe ausschöpfend noch disjunkt. Die Wortformen in einem Rechteck stellen Synonyme dar.

2) Informationen zum „Laboratory for Applied Ontology“ finden sich im Internet unter der URL: <http://ontology.ip.rm.cnr.it>.

3) Vgl. GUARINO/WELTY (2002) S. 61; WELTY/GUARINO (2001) S. 52.

der Sprache \mathcal{L}_2 , die ebenso auf der Prädikatenlogik erster Ordnung basiert¹⁾. \mathcal{L}_2 dient dazu, Meta-Prädikate zu benennen, um die Prädikate von \mathcal{L}_1 zu klassifizieren. Beispielsweise wird $\phi^{\mathcal{M}}$ verwendet, um die Eigenschaft \mathcal{M} aus \mathcal{L}_2 des Prädikats ϕ aus \mathcal{L}_1 zu repräsentieren. Beide Sprachen werden um Aspekte der *temporalen* und *modalen* Logik erweitert: Bei allen Prädikaten wird eine zusätzliche Stelle verwendet, die den Zeitpunkt für den Wahrheitsgehalt des Prädikats angibt. Um die Notwendigkeit oder Möglichkeit einer Aussage auszudrücken, werden die Modaloperatoren „ \Box “ (Notwendigkeit) und „ \Diamond “ (Möglichkeit) eingeführt. Durch den Möglichkeitsoperator \Diamond werden die Extensionen der verwendeten Prädikate auf *denkbare Welten* erweitert. Somit bleibt die Untersuchung nicht beschränkt auf Gegebenheiten, die lediglich in der „*realen*“ Welt zutreffen. Daher bleibt z.B. der Definitionsbereich des Prädikats *Einhorn* nicht leer, obwohl in der Realität keine Einhörner existieren.

Um die tatsächliche Existenz einer Entität auszudrücken, wird das gesonderte Prädikat $\mathcal{E}(x,t)$ verwendet. Damit wird ausgedrückt, dass die Entität x zu einem Zeitpunkt t tatsächlich existiert. Um Trivialitäten auszuschließen, wird die Untersuchung auf *discriminating properties* (unterscheidende Prädikate) eingeschränkt. Die Prädikate dürfen also weder tautologisch noch kontradiktorisch sein. Somit gilt für alle verwendeten Prädikate:

$$[\Diamond \exists x : \phi(x)] \wedge [\Diamond \exists x : \neg \phi(x)]$$

Es soll also sowohl die Existenz von Individuen, auf die das Prädikat zutrifft, als auch solcher, auf die das Prädikat nicht zutrifft, möglich sein.

Die grundlegenden Begriffe für ONTOCLEAN sind: *rigidity* (Striktheit), *identity* (Identität), *unity* (Einheit) und *dependence* (Fremdabhängigkeit). Sie werden im Folgenden vorgestellt.

I) *Rigidity (Striktheit)*

Prädikate, die auf ein Objekt zu allen denkbaren Zeitpunkten zutreffen, werden als *essentiell* bezeichnet. Der Begriff der Striktheit baut auf diesem Verständnis für

1) Im eigentlichen Sinne basiert die Sprache \mathcal{L}_2 auf der Prädikatenlogik zweiter Ordnung, da in ihr Quantifizierungen über Prädikate vorgenommen werden. Da allerdings GUARINO/WELTY keine Formeln aus der Sprache \mathcal{L}_2 vorstellen, sondern sämtliche Definitionen, die einen Rückgriff auf die Prädikatenlogik zweiter Stufe erforderlich machen würden, natürlichsprachlich erklären, wird die Prädikatenlogik zweiter Stufe hier nicht thematisiert.

Essentialität auf:

Definition 1 - rigid property: Eine striktes Prädikat ist eine Eigenschaft, die essentiell für alle ihre Instanzen ist: $\Box(\forall x, t : \phi(x, t) \rightarrow \Box\forall t' : \phi(x, t'))$.

Defintion 2 - non-rigid property: Ein nicht-striktes Prädikat ist eine Eigenschaft, die nicht essentiell für manche ihrer Instanzen ist: $\Diamond(\exists x : \phi(x, t) \wedge \Diamond\exists t' : \neg\phi(x, t'))$.

Defintion 3 - anti-rigid property: Ein anti-striktes Prädikat ist eine Eigenschaft, die nicht-essentiell für alle ihre Instanzen ist: $\Box(\forall x, t : \phi(x, t) \rightarrow \Diamond\exists t' : \neg\phi(x, t'))$.

Das Prädikat *Person* ist beispielsweise strikt, da sämtliche Instanzen davon für alle Zeiten Personen sind. Das Prädikat *Student* ist hingegen nicht-strikt, da Instanzen vorstellbar sind, auf die das Prädikat zeitweise zutrifft und zeitweise nicht. Würde man allerdings die „gewöhnliche“ Vorstellung unterstellen, dass Personen erst ab einem bestimmten Alter zu Studenten werden und diese Eigenschaft nach einem unbestimmten Zeitraum wieder verlieren, wäre das Prädikat *Student* anti-strikt. Die anti-Striktheit wurde eingeführt, um die „schwache“ Eigenschaft der nicht-Striktheit zu umgehen. Instanzen von anti-rigiden Prädikaten müssen *möglicherweise* den Definitionsbereich des Prädikats verlassen. Es wird allerdings keine Anforderung genannt, die das Verlassen *notwendig* macht.

Die Striktheit eines Prädikats wird mit dem Meta-Prädikat $+R$ bezeichnet. Für nicht-Striktheit wird $-R$ und für anti-Striktheit wird $\sim R$ geschrieben. Die Striktheit eines Prädikats wird nicht an Sub-Prädikate vererbt. Wenn beispielsweise Student als Sub-Prädikat von Person angenommen wird ($\forall x : Student(x) \rightarrow Person(x)$), wird die Striktheit von *Person* nicht an *Student* vererbt, da $Person^{+R}$ und $Student^{-R}$ gelten. Die nicht- und anti-Striktheit werden hingegen an Sub-Prädikate vererbt.

II) Identity (Identität)

Als Identitätsbedingung (identity condition), wird üblicherweise die Formel $\phi(x) \wedge \phi(y) \rightarrow (\rho(x, y) \leftrightarrow x = y)$ bezeichnet. Beispiele für Identitätsbedingungen für Terme, auf die das Prädikat *Person* zutrifft sind „gleiche Personalausweisnummer“ und „gleicher Fingerabdruck“. WELTY/GUARINO stellen bei der o.a. Formel drei Defekte fest¹⁾: Zum ersten würde keine explizite Unterscheidung zwischen dem *Bereitstellen* (supplying) und dem *Besitz* (carrying) einer Identitätsbedingung getro-

1) Vgl. WELTY/GUARINO (2001) S. 53.

fen werden. Demnach könnten nicht-strikte Prädikate wie *Student* lediglich Identitätsbedingungen besitzen, die sie von Ober-Prädikaten (in diesem Fall *Person*) geerbt haben, jedoch keine eigenen bereitstellen. „Angebliche“ Identitätsbedingungen, wie zum Beispiel die Matrikelnummer, könnten allerdings lediglich „lokale“ Gültigkeit haben. Zum zweiten würde die o.a. Formel keine Differenzierung nach zeitlichen Aspekten zulassen. Zum dritten sei das Finden von notwendigen und hinreichenden Identitätsbedingungen sehr schwierig.

Um die o.a. Probleme zu lösen, wird von den Autoren ein alternatives Konzept vorgeschlagen, um die Identität von Entitäten zu bestimmen.

Definition 4: Ein Prädikat ϕ trägt die *notwendige Identitätsbedingung* Σ , für die gilt:

$$\Box(E(x,t) \wedge (\phi(x,t) \wedge E(y,t') \wedge \phi(y,t') \wedge x = y) \rightarrow \Sigma(x, y, t, t'))$$

Ein Prädikat ϕ trägt die *hinreichende Identitätsbedingung* Σ , für die gilt:

$$\Box(E(x,t) \wedge (\phi(x,t) \wedge E(y,t') \wedge (\phi(y,t') \wedge \Sigma(x, y, t, t'))) \rightarrow x = y$$

Definition 5: Ein Prädikat *besitzt* eine Identitätsbedingung, wenn es von einem Prädikat subsumiert wird, das eine Identitätsbedingung *bereitstellt*.

Definition 6: Ein Prädikat ϕ stellt eine Identitätsbedingung genau dann bereit, wenn:

- 1) es strikt ist,
- 2) es beide Bedingungen der Definition 4 erfüllt und
- 3) die gleiche Identitätsbedingung von keinem der Ober-Prädikate von ϕ besitzen wird.

Definition 7: Ein Prädikat, das eine Identitätsbedingung besitzt, wird *sortal* genannt.

Ein Prädikat, das eine (keine) Identitätsbedingung *besitzt*, wird mit $+I$ ($-I$) bezeichnet.

Ein Prädikat, das eine (keine) Identitätsbedingung *bereitstellt*, wird mit $+O$ ($-O$) bezeichnet. Während zum Beispiel das Prädikat *Person* Identitätsbedingungen bereitstellt, besitzt das Prädikat *Student* Identitätsbedingungen, die es von *Person* geerbt hat.

III) *Unity (Einheit)*

Das Konstrukt Einheit besteht aus Teilen, die alle miteinander direkt oder indirekt verbunden sind. Das gesonderte Prädikat $\mathcal{P}(x,y,t)$ drückt aus, dass x ein echtes oder

unechtes Teil von y zum Zeitpunkt t ist.

Tabelle 2 gibt die Axiomatisierung für \mathcal{P} wieder.

$\mathcal{P}\mathcal{P}(x,y,t) =_{def} \mathcal{P}(x,y,t) \wedge \neg(x=y)$	Echter Teil (Proper Part)
$O(x,y,t) =_{def} \exists z: (\mathcal{P}(z,x,t) \wedge \mathcal{P}(z,y,t))$	Überlappend (Overlap)
$\mathcal{P}(x,y,t) \wedge \mathcal{P}(y,x,t) \rightarrow x=y$	Antisymmetrie (Anti-symmetry)
$\mathcal{P}(x,y,t) \wedge (\mathcal{P}(y,z,t) \rightarrow \mathcal{P}(x,z,t))$	Transitivität (Transitivity)
$\mathcal{P}\mathcal{P}(x,y,t) \rightarrow \exists z: (\mathcal{P}\mathcal{P}(z,y,t) \wedge \neg O(z,x,t))$	Schwache Ergänzung (Weak supplementation)

Tabelle 2: Axiomatisierung der Teil-Ganzes Beziehung

Definition 8: Eine Entität x ist genau dann ein Ganzes bezüglich der Relation ω , wenn ω eine Äquivalenzrelation ist, in der alle Teile von x und nichts anderes durch ω miteinander verbunden sind.

Definition 9: Ein Prädikat ϕ besitzt genau dann eine Einheitsbedingung wenn bezüglich einer Relation ω gilt, dass jede Instanz von ϕ ein Ganzes bezüglich ω ist.

Definition 10: Ein Prädikat ist eine Anti-Einheit, wenn jede Instanz keine Einheit darstellt.

Ein Prädikat, das eine (keine) Einheitsbedingung besitzt, wird mit $+U$ ($-U$) bezeichnet. Ein Prädikat, das eine Anti-Einheit besitzt, wird mit $\sim U$ bezeichnet. $\sim U$ impliziert immer $-U$.

IV) *Dependence (Fremdabhängigkeit)*

Zur Untersuchung dieses Konstrukts wird die *Bestandteil-Relation* (Constitution) $C(x,y)$ eingeführt. Hierdurch wird ausgedrückt, dass eine Entität x konstitutiver Bestandteil einer Entität y ist. Im Unterschied zu \mathcal{P} wird mit C auf die *Substanz* von y referiert. Die Definitionsbereiche von \mathcal{P} und C sind nicht disjunkt.

Definition 11: Ein Prädikat ϕ ist genau dann fremdabhängig bezüglich eines Prädikats ψ , wenn für jede Instanz von ϕ notwendigerweise mindestens eine Instanz von ψ existieren muss, welche weder Teil noch Bestandteil von x ist:

$$\forall x: \Box(\phi(x) \rightarrow \exists y: \psi(y) \wedge \neg \mathcal{P}(y,x) \wedge \neg C(y,x))$$

Beispielsweise ist das Prädikat *Mutter* fremdabhängig vom Prädikat *Kind*, da jede Instanz von *Mutter* (mindestens) eine Instanz von *Kind* voraussetzt, die sie weder als Teil noch als Bestandteil hat. Dagegen ist das Prädikat *Auto* nicht fremdabhängig vom Prädikat *Motor*, da jede Instanz von *Auto* *mindestens* eine Instanz von *Motor* als Bestandteil voraussetzt. Ein (nicht) fremdabhängiges Prädikat wird mit $+D$ ($-D$) bezeichnet.

Aus den vorgestellten Meta-Prädikaten ergeben sich Einschränkungen bei der Konstruktion von Ontologien. Sind ϕ und ψ zwei Prädikate, dann gilt:

1. $\phi^{\sim R}$ subsumiert immer $\psi^{\sim R}$ \leftrightarrow $\phi^{\sim R}$ darf nicht $\psi^{\sim R}$ subsumieren.
2. ϕ^{+I} subsumiert immer ψ^{+I} \leftrightarrow ϕ^{+I} darf nicht ψ^{-I} subsumieren.
3. ϕ^{+U} subsumiert immer ψ^{+U} \leftrightarrow ϕ^{+U} darf nicht ψ^{-U} subsumieren.
4. $\phi^{\sim U}$ subsumiert immer $\psi^{\sim U}$ \leftrightarrow $\phi^{\sim U}$ darf nicht ψ^{+U} subsumieren.
5. ϕ^{+D} subsumiert immer ψ^{+D} \leftrightarrow ϕ^{+D} darf nicht ψ^{-D} subsumieren.
6. Prädikate mit nicht kompatiblen Identitäts- oder Einheitsbedingungen sind disjunkt.

Es wird von WELTY/GUARINO keine eigene Top-Level-Ontologie vorgestellt. Es wird lediglich anhand von Beispielen aufgezeigt, wie bereits bestehende Ontologien mit der ONTOCLEAN Methode „bereinigt“ werden können.

3.4 Top-Level-Ontologie gemäß GENERAL ONTOLOGICAL LANGUAGE

Die GENERAL ONTOLOGICAL LANGUAGE (GOL) wird am *Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie*¹⁾ der Universität Leipzig in Zusammenarbeit mit dem *Center of Formal Ontology*²⁾ der University of Buffalo entwickelt. Hauptbestreben ist dabei die Konstruktion einer Ontologie, die auf philosophischen Erkenntnissen basiert. Von einem interdisziplinären Team aus Philosophen, Linguisten und Informatikern ist dabei zunächst das Grundgerüst für eine Top-Level Ontologie entwickelt worden (siehe Abbildung 5)³⁾.

1) Für Informationen über das Institut für Medizinische Informatik, Statistik und Epidemiologie vgl. im Internet unter der URL: <http://www.ontologie.uni-leipzig.de> und <http://www.ifomis.uni-leipzig.de>.

2) Vgl. <http://philosophy.buffalo.edu/faculty/smith>.

3) Vgl. GUIZZARDI ET AL. (2002).

Ausgehend von der Klasse *Entity*, wird in GOL eine Unterscheidung zwischen *Urelementen* (*Urelements*) und *Mengen* (*Sets*) getroffen. Die Urelemente stellen den Individuenbereich dar, der sämtliche Entitäten enthält, die keine Mengen sind. Die Urelemente setzen sich zusammen aus den disjunkten Klassen *Individuen* (*Individual*) und *Universalien* (*Universal*). Somit gelten:

$$\forall x: Ur(x) \leftrightarrow (Ind(x) \vee Univ(x))$$

$$\neg \exists x: Ind(x) \wedge Univ(x)$$

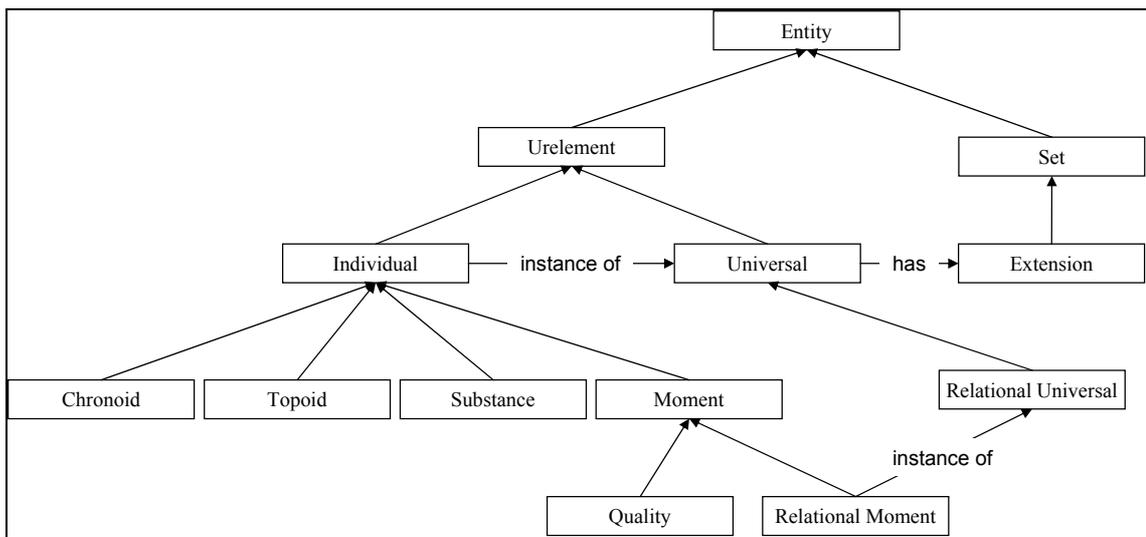


Abbildung 5: Top-Level von GOL

Die Klasse der Individuen wird weiterhin unterteilt in *Chronoide* (*Chronoid*), *Topoide* (*Topoid*), *Substanzen* (*Substance*) und *Momente* (*Moment*).

Substanzen sind existenziell unabhängig von allen anderen Entitäten. Existenzielle Unabhängigkeit zwischen einer Entität x von einer Entität y ist genau dann gegeben, wenn es möglich ist, dass x auch dann existiert, wenn y nicht existiert. Beispiele für Substanzen sind die Prädikate *Mensch* und *Auto*. Demgegenüber sind Momente Entitäten, deren Existenz von der Existenz anderer Entitäten abhängig ist. Es wird dabei unterschieden zwischen *Qualitäten* (*Quality*) und *Relationalen Momenten* (*Relational Moment*). Während Qualitäten durch einstellige Relationen repräsentiert werden können, bedarf es für die Repräsentation Relationaler Momente mehrstelliger Relationen. Beispielsweise werden *Farben* als Qualitäten konzeptualisiert. Die Rotheit einer Entität kann entsprechend durch $Rot(x)$ spezifiziert werden. Relationale Momente wie z.B. eine Flugverbindung bedürfen hingegen mehrerer Substanzen.

4 KOWIEN-Ansatz zur Konstruktion einer Top-Level Ontologie

4.1 Design-Entscheidungen bei einzelnen Problemfeldern

4.1.1 Ontologie-Spezifikation mit F-Logic

Frame-artige Repräsentationssprachen basieren auf dem *Schema*-Begriff der Kognitionspsychologie¹⁾. Im Gegensatz zu semantischen Netzen stützen sich Frames nicht nur auf assoziative Modelle der menschlichen Wahrnehmung. Über die Assoziationsbeziehungen hinaus werden in Frames stereotypische Wahrnehmungsmuster in Objekten²⁾ abgelegt. Dadurch wird Wissen in einem Konzept aggregiert wiedergegeben und nicht über mehrere Fragmente verteilt.

Ein Frame setzt sich aus einem *Bezeichner* für den Frame, einer Menge von Slots, die Frames in Relation zu anderen Frames setzen, und einer Menge von Slots, die auf Datentypen verweisen, zusammen. Für Slots werden zusätzlich zu den Bezeichnern ihre Eigenschaften angegeben. Hierzu zählen die Angabe des *zulässigen Wertebereichs* für das jeweils betroffene Slot, die *Kardinalität* des Slots und eventuell ein *Default-Wert*. Letzteres wird dann herangezogen, wenn der Wert für einen Slot nicht angegeben ist.

F-Logic ist eine Repräsentationssprache, die die formalsprachliche Spezifikation von Frame-artigen Konzepten ermöglicht. Die Spezifikation von F-Logic entstammt der Forschung aus dem Themengebiet deduktiver Datenbanken. Aufgrund der Kombination von Prinzipien Frame-artiger Konzeptualisierung einerseits und deduktiver Datenbanken andererseits weist F-Logic eine hohe Ausrucksstärke auf. Die Deduktionskomponente von F-Logic erlaubt über das Ablegen extensionaler³⁾ Fakten hinaus, die Definition intensionaler⁴⁾ Informationen⁵⁾. Diese Eigenarten erweisen sich aus *betriebswirtschaftlicher* Perspektive als vorteilhaft, da sie zur Erhöhung der *Effizienz* des Einsatzes ontologiebasierter Software für Zwecke des Wissensmanagements mit Kompetenzprofilen beitragen.

1) Vgl. REIMER (1991) S. 159.

2) Es deutet sich bereits hier eine starke Verwandtschaft der Frame-artigen Spezifikation mit den Prinzipien der *objektorientierten Systemstrukturierung* an, die in der Informatik eine große Verbreitung aufweisen.

3) Die Extension eines Begriffs entspricht sämtlichen Dingen der realen Welt, die diesem Begriff zugeordnet werden können.

4) Die Intension eines Begriff entspricht allen Merkmalen, die Dinge dieses Begriffs gemeinsam haben.

5) Vgl. UPHOFF (1997) S. 4.

Eine besondere Bedeutung hat F-Logic für das Projekt KOWIEN, da die im Rahmen des Projekts eingesetzte Inferenzmaschine *Ontobroker* sowie die Ontologie-Entwicklungsumgebung *OntoEdit* in ihren derzeitigen Versionen mit F-Logic kompatibel sind. Daher werden in den nächsten Abschnitten ihre Syntax und Semantik überblicksartig vorgestellt.

F-Logic stellt eine Kombination der Repräsentationsformalismen Frames und Prädikatenlogik dar¹⁾. Die Anlehnung an prädikatenlogische Spezifikationen findet sich unter anderem in der Möglichkeit zur Definition allgemeingültiger Axiome (Inferenzregeln) wieder. Es kann in einer ontologiebasierten Faktenbasis Wissen über die Domäne abgelegt werden, anhand dessen mit Inferenzregeln „neues“ Wissen expliziert werden kann.

Die Syntax von F-Logic lässt sich wie folgt darstellen:

1. Is-a Beziehungen zwischen Frames (Konzepte, Klassen) werden durch zwei aufeinander folgende Doppelpunkte („::“) dargestellt. So wird z.B. die Sub-Frame-Beziehung zwischen „Mitarbeiter“ und „Mensch“ durch „Mitarbeiter::Mensch“ ausgedrückt.
2. Zugehörigkeiten von Instanzen zu Frames werden durch *einen* Doppelpunkt („:“) dargestellt. Die Zugehörigkeit von „Schmitz“ zum Frame „Mitarbeiter“ wird entsprechend mit „Schmitz:Mitarbeiter“ repräsentiert.
3. Prädikate, die auf einen ganzen Frame angewendet werden, können in der Form $O[P \Rightarrow S]$ modelliert werden, wobei O das Frame mit den Entitäten angibt, auf die das Prädikat P mit den Extension des Frames S anwendbar ist.
4. Prädikate, die auf eine Instanz eines Frames angewendet werden, werden analog in der Form $I[P \Rightarrow B]$ ausgedrückt.

Um aus der nach obigem Schema definierten Wissensbasis implizit enthaltenes Wissen explizieren zu können, lassen sich in F-Logic *Regeln* (Axiome) spezifizieren. So kann z.B. die Regel, dass jeder Mitarbeiter, der an einer Java-Schulung teilgenommen hat, auch Kompetenzen in Java besitzt, wie folgt definiert werden:

1) Vgl. DECKER (1998).

FORALL X,Y

*X[hat_Kompetenzen->>Java] <-
X:Mitarbeiter[Teilnahme_an_Schulung->>Y] AND
Y:Schulung[Themengebiet->>Java].*

Durch die Inferenzmaschine Ontobroker kann nun eine Anfrage an die Wissensbasis gestellt werden, obwohl das Wissen nicht explizit in der Wissen abgelegt wurde. Anfragen stellen in F-Logic Inferenzregeln ohne Konklusion dar. So würde beispielsweise folgende Anfrage als Ergebnis zumindest den Mitarbeiter „Schmitz“ angeben, wenn in der Wissensbasis seine Teilnahme an der Java-Schulung als Faktum abgelegt (deklariert) wurde:

FORALL X <- X:Mitarbeiter[hat_Kompetenzen ->>Java].

Wie zu sehen ist, ist auch eine Anfrage (Query) eine besondere Form einer Inferenzregel.

Die Mächtigkeit der Sprache F-Logic liegt unter anderem in ihren Möglichkeiten der Vererbung von Klassenmerkmalen auf Subklassen. So wird die Relation *Name* der Klasse *Mitarbeiter* auf sämtliche Subklassen vererbt. Das heißt, dass bei einer weiteren Untergliederung der Klasse *Mitarbeiter* in *wissenschaftliche Mitarbeiter* und *administrative Mitarbeiter* die Relation *Name* an beide Klassen weiter vererbt wird. Weiterführend erlaubt F-Logic auch *multiple Vererbungen*, so dass die Klasse *studentische Hilfskraft* sowohl die Eigenschaften der Klasse *Mitarbeiter* (z.B. Eintrittsdatum) als auch die der Klasse *Studierende* (z.B. Matrikelnummer) übernimmt.

Durch *Parameter* ist es möglich, Relationen, die auf Objekte angewendet werden, mit Zusatzinformationen zu versorgen. Möchte man z.B. die Reihenfolge der Publikationen angeben, die ein Professor herausgegeben hat, so kann das in folgender Form geschehen:

X:Professor[hat_Publikation@(1)->>Y; hat_Publikation@(2)->>Z].

4.1.2 Transformation dreistelliger Relationen

In der obigen¹⁾ Definition für Ontologien werden n-stellige Relationen - mit $n > 2$ - ausgeschlossen. Diese Beschränkung ist in erster Linie auf die Implementierbarkeit der Ontologien zurückzuführen. Durch die Beschränkung auf zweistellige Relationen wird die zu bewältigende Komplexität vermindert. Andererseits führt diese Beschränkung auch zu einer Verminderung der Ausdrucksfähigkeit. Der Bedarf nach höherer Ausdrucksmächtigkeit tritt bei der Konstruktion von Ontologien zu Zwecken des Wissensmanagements mit Kompetenzprofilen beispielsweise dann auf, wenn die Kompetenz eines Akteurs mit einer bestimmten Ausprägungen spezifiziert werden soll. Der prädikatenlogische Ausdruck *hat_Kompetenz(Akteur, Kompetenz, Kompetenzauspraegung)* entspricht der natürlichen Konzeptualisierung dieser Aussage. Allerdings lässt sich diese Form aufgrund der oben erwähnten Beschränkung auf von F-Logic auf 2-stellige Relationen nicht unmittelbar spezifizieren.

Um eine zumindest homomorphe Repräsentation von menschlichen Konzeptualisierungen zu ermöglichen, bedarf es daher Mechanismen, die eine Transformation n-stelliger Relationen - mit $n > 2$ - in ein- oder zweistellige Relationen erlauben.

Für n-stellige Relationen (mit $n > 2$) wird eine Entität eingeführt, die die Relation selbst definiert. Somit entspricht $p(t_1, \dots, t_n)$:

$p_1(PP, t_1) \wedge \dots \wedge p_n(PP, t_n)$ wobei

$\forall i \in [1 \dots n]: \forall x: p_i(PP, x) \leftrightarrow \exists x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n: p(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n)$

Beispielsweise wird die dreistellige Relation

hat_Kompetenz(Akteur, Kompetenz, Kompetenzauspraegung) zu

1. *betrifft(Akteur(Kompetenzaussage, Akteur)*
2. *beinhaltet_Kompetenz(Kompetenzaussage, Kompetenz)*

1) Vgl. S. 6 ff.

3. *beinhaltet_Auspraegung(Kompetenzaussage, Kompetenzauspraegung)*¹⁾

Abbildung 6 gibt eine informelle Darstellung über den Aufbau einer transformierten dreistelligen Relation wieder.

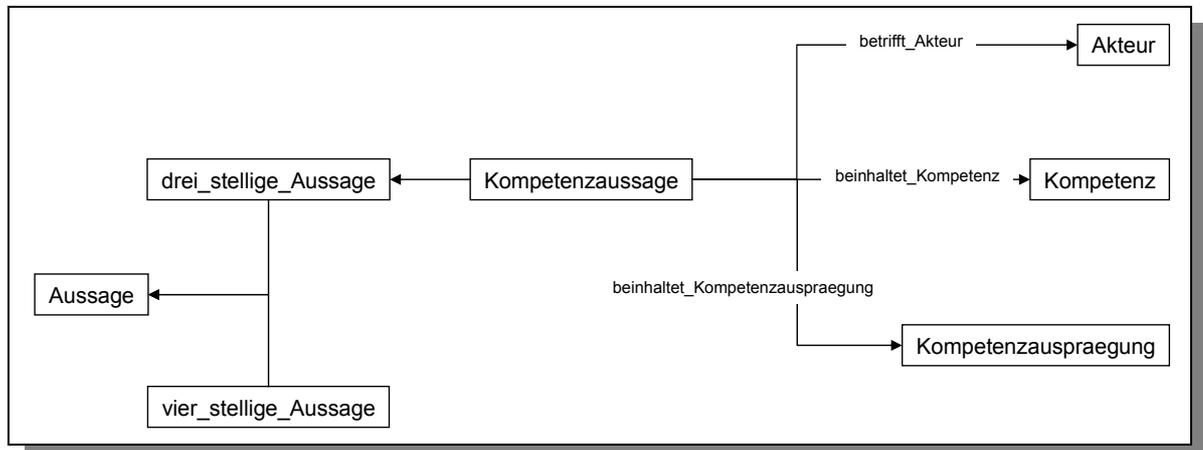


Abbildung 6: Transformation einer dreistelligen Relation in zweistellige Hilfsrelationen

Als Alternative zu dem obigen Verfahren wurden im KOWIEN-Projekt *vier* weitere Ausdrucksmöglichkeiten diskutiert:

Das *erste* Verfahren basiert auf der Möglichkeit der Definition von *Parametern* in F-Logic. Demnach könnte die Information, dass Mitarbeiter Kompetenzen in konkreten Ausprägungen besitzen, auf zwei Arten ausgedrückt werden:

1. Die erste Variante sieht vor, das Konzept *Kompetenzausprägung* als Parameter für die Relation *hat_Kompetenz* zu spezifizieren. Ein solcher Ausdruck würde wie folgt aussehen:

Mitarbeiter[hat_Kompetenz@(Kompetenzauspraegung)=>>Kompetenz].

Auf Instanzenebene lauten beispielhafte Spezifikationen:

1) In diesem Fall wurden die zweistelligen Relationen nach Plausibilitätskriterien benannt. Um eine domänenunabhängige Transformation mehrstelliger Relationen zu gewährleisten, hätten die Relationen auch nach der Stellenzahl des betroffenen Terms benannt werden können. So würden die Namen der transformierten Relationen in diesem Fall lauten:

hat_erste_Stelle(Aussage,erste_Stelle),

hat_zweite_Stelle(Aussage,zweite_Stelle),

hat_dritte_Stelle(Aussage,dritte_Stelle).

Für eine solche Konzeptualisierung spricht eine Erhöhung der Wiederverwendungsmöglichkeiten der (Teil-)Ontologie. Gegen eine solche Konzeptualisierung spricht die Minderung der Selbsterklärungsfähigkeit der verwendeten Relationen. Da zurzeit die bereits oben vorgestellte Relation die einzige dreistellige Relation in der KOWIEN-Ontologie ist, wurde von einer domänenunabhängigen Benennung abgesehen.

*Meier[hat_Kompetenz@(Experte)->>Java] oder
Mueller[hat_Kompetenz@Neuling->>Windows_2000].*

2. Bei der zweiten Variante wird das Konzept *Kompetenz* als Parameter für die Relation *hat_Kompetenz* spezifiziert. Ein solcher Ausdruck würde wie folgt aussehen:

Mitarbeiter[hat_Kompetenz@(Kompetenz)=>>Kompetenzauspraegung].

Auf Instanzenebene lauten beispielhafte Spezifikationen:

*Meier[hat_Kompetenz@(Java)->>Experte] oder
Mueller[hat_Kompetenz@ Windows_2000->>Neuling].*

Beide Verfahren wurden im Projekt KOWIEN verworfen, da sie einen zu starken Bezug zur objektorientierten Strukturierung aufweisen und sich nicht unmittelbar mit der formalen Definition für Ontologien verknüpfen lassen¹⁾.

Das *zweite* Verfahren zur Spezifikation von Kompetenzinformationen sieht es vor Relationen zu definieren, deren semantischer Gehalt stärker ist als die der Relation *hat_Kompetenz*:

1. Bei einer ersten Variante werden Relationen definiert, in denen bereits Informationen zu der Kompetenzausprägung enthalten sind. In diesem Fall verweist sie auf das Konzept *Kompetenz*:

Mitarbeiter[ist_Neuling_fuer=>>Kompetenz].

Die beispielhaften Spezifikationen auf Instanzenebene lauten:

*Meier[ist_Experte_fuer->>Java] oder
Mueller[ist_Neuling_fuer->>Windows_2000].*

2. In einer zweiten Variante werden Relationen definiert, in denen bereits Informationen zu der Kompetenzart enthalten sind. In diesem Fall verweist sie auf das Konzept *Kompetenzausprägung*:

Mitarbeiter[hat_Java_Kompetenz=>>Kompetenzauspraegung].

Die beispielhaften Spezifikationen auf Instanzenebene lauten:

*Meier[hat_Java_Kompetenz->>Experte] oder
Mueller[hat_Windows_2000_Kompetenz->>Neuling].*

1) In der formalen Defintion für Ontologien (vgl. S. 6 ff.) wurden auf S

Auch dieses Verfahren wurde in KOWEN verworfen, da hiermit eine Undifferenziert-heit verbunden ist, die dem Streben nach der Spezifikation präziser sprachlicher Ausdrucksmittel zuwider läuft, da in einer Relation Informationen zu zwei Sachverhalten aggregiert werden.

Das *dritte* Verfahren ist gestützt auf eine PROLOG-ähnliche Definition dreistelliger Relationen. Dabei wird eine Relation *hat_Kompetenz*(*Mitarbeiter*, *Kompetenz*, *Kompetenzausprägung*) definiert. Allerdings war auch mit dieser Spezifikation das Problem verbunden, dass sie sich nicht mit der formalen Definition für Ontologien vereinbaren lässt.

Als letzte Variante wurden die Ausdrucksmöglichkeiten der OntoEdit-internen Repräsentationssprache OXML¹⁾ diskutiert. Hierbei besteht die Möglichkeit, ein dreistelliges Prädikat „direkt“ zu spezifizieren. Ein beispielhafter Code dafür sieht wie folgt aus:

```
<oxml:predicate id="hat_Kompetenz" arity="3">
  <oxml:type concept="a:Person"/>
  <oxml:type concept="a:Kompetenz"/>
  <oxml:type concept="a:Kompetenzauspraegung"/>
</oxml:predicate>
```

Für die Definition von Instanzen:

```
<oxml:predicateInstance predicate="hat_Kompetenz">
  <oxml:argument instance="a:Müller"/>
  <oxml:argument instance="a:Java"/>
  <oxml:argument instance="a:Experte"/>
</oxml:predicateInstance>
```

Da allerdings diese Möglichkeit zwar vom Datenmodell von OXML zur Verfügung gestellt, aber nicht von der Benutzeroberfläche von Ontoedit unterstützt wird, wurde auch diese Option verworfen.

4.1.3 Überprüfung der Konsistenz der ontologiegestützten Wissensbasis

Es bedarf an Instrumenten, um die Wissensbasis hinsichtlich ihrer Konsistenz zu überprüfen und gegebenenfalls die Probleme zu beseitigen, die für die Inkonsistenz verantwortlich sind. Ein Beispiel für eine gängige Integritätsregel ist die *Antisymmetrie* von Relationen, die folgendermaßen definiert ist:

1) Vgl. ERDMANN (2003) S. 14.

$$\forall x, y : R(x, y) \wedge x \neq y \rightarrow \neg R(y, x)$$

Die Relation „kleiner“ ist ein Beispiel für eine antisymmetrische Relation. Wenn eine Zahl x kleiner als eine andere Zahl y ist, so kann die Zahl y nicht kleiner als x sein.

Die Eigenschaft der Antisymmetrie lässt sich hingegen nicht mittels einfacher Subjunkte in der voranstehenden Form in F-Logic implementieren, da

- sie ihrem „Wesen“ nach nicht die Schlussfolgerung neuer zulässiger Fakten, sondern den Ausschluss unzulässiger Fakten bedeutet: Die *Nicht-Zugehörigkeit* eines Tupels zur einer Relation \mathcal{R} lässt sich in einer gewöhnlichen Wissensbasis nicht als Faktum repräsentieren;
- die im Projekt KOWIEN eingesetzte Inferenzmaschine Ontobroker ausschließlich auf die Verarbeitung von Horn-Klauseln beschränkt ist.

Um dennoch Mechanismen zur Verfügung zu stellen, die bei gegebener Inkonsistenz „greifen“, kann auf *aussagenlogische* Konstrukte zurückgegriffen werden. So kann z.B. anhand der Regel überprüft werden, ob die Wissensbasis Inkonsistenzen bzgl. der Kompetenzinformationen zu einer Person enthält:

FORALL X,Y
inkonsistent <-
X[ist_Vorgesetzter_von->>Y] AND
X[ist_Vorgesetzter_von->>Y].

Die Aussage „inkonsistent“ gilt dann, wenn - wie im angegebenen Beispiel - zwei widersprüchliche Informationen zu einem Objekt abgelegt werden.

Eine Alternative für das oben vorgestellte Verfahren wäre die Modellierung von Inkonsistenzen als Relationen. Der oben vorgestellte Sachverhalt könnte entsprechend wie folgt ausgedrückt werden:

X[inkonsistent_fuer_Kompetenzart ->>Y].

Dieses Vorgehen beinhaltet allerdings die Gefahr, objekt- und metasprachliche Ausdrücke miteinander zu vermengen. Die durch widersprüchliche Informationen verursachte Inkonsistenz ist nämlich gerade keine intrinsische Eigenschaft eines Konzeptes. Die Inkonsistenz wird als Prädikat des Objektes modelliert, was evtl. problematisch sein könnte, da es zu einem Teil der Ontologie wird. Daher wurde im KOWIEN-Projekt von dieser zweiten Methode zur Spezifikation von Inkonsistenzen abgesehen.

Ein alternatives Vorgehen liegt im Rückgriff auf nichtmonotone Logik¹⁾. Während die monotone Logik lediglich die *Erweiterung* der bestehenden Wissensbasis zulässt, wird mit innerhalb der nichtmonotonen Logik die Spezifikation von Umständen versucht, die die *Revidierung* von Fakten zulassen. So ist beispielsweise in der folgenden Formel eine Ausnahmebehandlung integriert, die unzulässige Deduktionen bezüglich Kompetenzen eines Mitarbeiters berücksichtigt:

FORALL X,Y,Z

X[hat_Kompetenz->>Z] <-

X:Mitarbeiter[hat_besucht_Schulung->>Y] AND

Y:Schulung[hat_Themengebiet->>Z] AND

NOT Ausnahme(X)

NOT Ausnahme(Y)

NOT Ausnahme(Z).

Die obige Formel feuert erst dann, wenn bezüglich dem Mitarbeiter X, der Schulung Y und der Kompetenz Z keine Ausnahmen spezifiziert wurden. Solche Ausnahmen könnten beispielsweise dann gegeben sein, wenn ein bestimmter Mitarbeiter („Müller“) als „lernunfähig“ oder eine bestimmte Schulung als „zu kurz“ spezifiziert wurden:

Ausnahme(Mueller) und

FORALL X Ausnahme(X) <- X:Schulung AND zu_kurz(X) oder

FORALL X Ausnahme(X) <- X:Schulung[hat_Dauer->>Y] AND Y<2.

4.1.4 Synonyme

Per definitionem geben Ontologien das gemeinsame Verständnis unterschiedlicher Akteure für Begrifflichkeiten wieder. Dies schließt allerdings nicht aus, dass von den Akteuren unterschiedliche Bezeichner mit den gleichen Begriffen verbunden werden. Um diesem Umstand gerecht werden zu können, bedarf es daher in Ontologien an Mechanismen, um *Synonyme*²⁾ repräsentieren zu können.

1) Vgl. BEIERLE/KERN-ISBERNER (2000) S. 196 ff.; Vgl. STAAB/MÄDCHE (2000) S. f. zur Spezifikation nichtmonotoner Logik mit Ontologien.

2) Unter dem *Synonym* versteht man ein gleichbedeutendes Wort. Für einen Begriff gibt es also mehrere Bezeichner. Den umgekehrten Fall stellen *Homonyme* dar. In diesem Fall haben mehrere Begriffe den gleichen Bezeichner.

Auf der Grundlage der Definition aus Abschnitt 2 sollte es möglich sein, mehrere lexikalische Werte für ein Konzept anzugeben. Dies äußert sich in den Relationen $F \subseteq L^B \times C$ und $G \subseteq L^R \times R$. Der Spielraum zur Definition von Wertetupeln für F und G wird allerdings durch die Verbindlichkeiten, die bei der Auswahl der Spezifikation der Ontologie-Spezifikationssprache eingegangen werden, eingeschränkt. Es werden im Folgenden zwei beispielhafte Implementierungen für die Sprachen F-Logic und RDF(S) vorgestellt.

Bei der Implementierung mit F-Logic kann auf die intensionale Definition mittels Regeln zurückgegriffen werden. Dabei wird eine Relation *konzept_synonym* eingeführt, mittels derer Paare angegeben werden, die den gleichen Bedeutungsinhalt haben. Beispielsweise lautet die Spezifikation für die Synonyme *Unternehmen* und *Betrieb*:

konzept_synonym(Unternehmen, Betrieb)

Das bidirektionale Verhältnis zwischen Synonymen wird wie folgt spezifiziert:

FORALL X,Y konzept_synonym(X,Y) ↔ konzept_synonym(Y,X)

Im Anschluss kann mittels einer Regel definiert werden, dass alle Informationen zu einem Bezeichner auch für das Synonym gelten. Es gelten somit:

1. *FORALL X,Y,R,P Y[R=>>P] ← konzept_synonym(X,Y) AND X[R=>>P].*
und
FORALL X,Y,R,P Y[R=>P] ← konzept_synonym(X,Y) AND X[R=>P].
2. *FORALL X,Y,R,P P[R=>>Y] ← konzept_synonym(X,Y) AND P[R=>>X].*
und
FORALL X,Y,R,P P[R=>Y] ← konzept_synonym(X,Y) AND P[R=>X].

Die Spezifikation von Synonymen für Relationen erfolgt mittels der (höherwertigen) Relation *relations_synonym*:

relations_synonym(arbeitet_fuer_Unternehmen, arbeitet_fuer_Betrieb)

1. *FORALL X,Y,R,P P[Y=>>Q] ← relations_synonym(X,Y) AND P[X=>>Q].*
und
2. *FORALL X,Y,R,P P[Y=>Q] ← relations_synonym(X,Y) AND P[X=>Q].*

Die obige Implementierung von Synonymen in F-Logic ist allerdings mit einem großen Nachteil verbunden: Da in F-Logic nicht zwischen Konzepten und ihren Bezeichner dif-

ferenziert wird, werden bei jeder Definition von Synonymen neue Konzepte generiert. Dadurch existieren in der Ontologie neue Konzepte.

Eine bessere Möglichkeit zur Spezifikation von Synonymen bietet RDF(S). Durch das Tag *rdfs:label* können alternative Bezeichner für ein Konzept angegeben werden, dessen eindeutige Kennzeichnung durch eine URI (Uniform Resource Identifier) erfolgt. Der folgende Code gibt eine Implementierung des bereits oben eingeführten Beispiels in RDF(S) wieder.

```
<rdf:Description rdf:about="http://www.synonyme.de#hat_Mitarbeiter">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#Property"/>
  <rdfs:label xml:lang="de">hat_Mitarbeiter</rdfs:label>
  <rdfs:label xml:lang="de">hat_Angestellten</rdfs:label>
  <rdfs:label xml:lang="en">has_employee</rdfs:label>
  <rdfs:subPropertyOf
rdf:resource="http://www.synonyme.de#DEFAULT_ROOT_RELATION"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.synonyme.de#Unternehmen"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#STRING"/>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.synonyme.de#Unternehmen">
  <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#Class"/>
  <rdfs:label xml:lang="de">Unternehmen</rdfs:label>
  <rdfs:label xml:lang="de">Betrieb</rdfs:label>
  <rdfs:label xml:lang="en">Company</rdfs:label>
  <rdfs:subClassOf
  rdf:resource="http://www.synonyme.de#DEFAULT_ROOT_CONCEPT"/>
</rdf:Description>
```

Neben der Möglichkeit zur Spezifikation von Synonymen kann der Tag *rdf:label* dazu verwendet werden, Bezeichner in anderen Sprachen anzugeben. Ausgedrückt wird dies durch das Attribut *xml:lang*, das dem Element zugeordnet wird.

OntoEdit unterstützt die Spezifikation von Synonymen in unterschiedlichen Sprachen. In der derzeitigen Version (2.5) sind dies Englisch und Französisch. Abbildung 7 gibt das Sprachmenü wieder, das zur Definition alternativer Bezeichner verwendet werden kann.

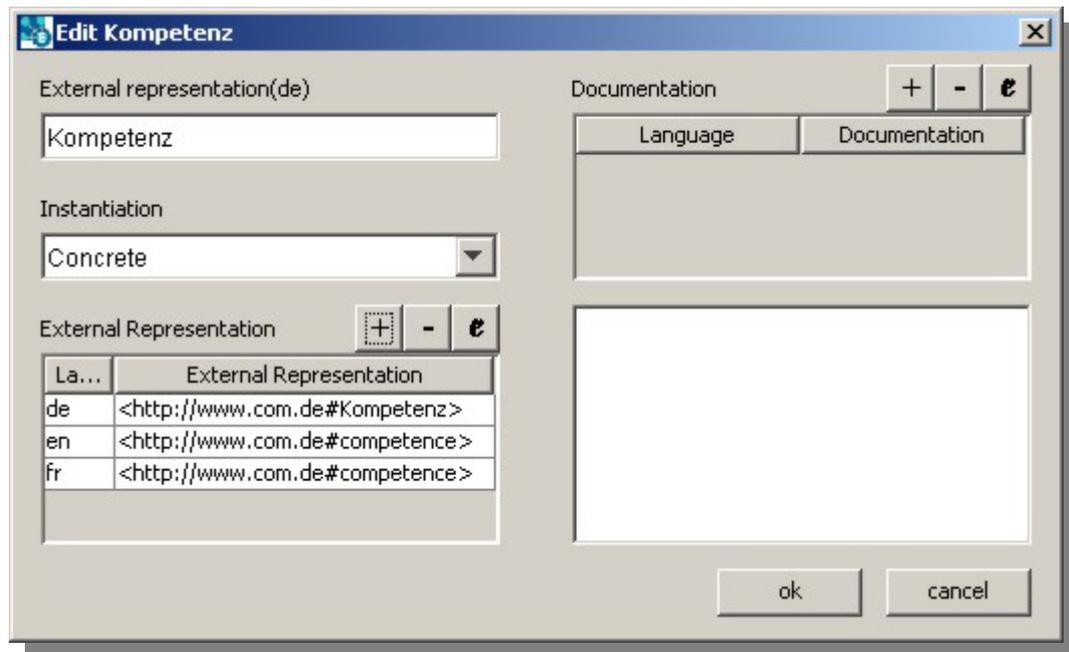


Abbildung 7: Screenshot Sprachmenü OntoEdit

Obwohl das OntoEdit-interne Datenmodell OXML¹⁾ die Spezifikation alternativer Bezeichner auch in deutsch zulässt, wird dies durch die Benutzeroberfläche von OntoEdit nicht unterstützt.

4.1.5 Partielle Interpretationen

Eine Ontologie stellt die sprachlichen Ausdrucksmittel zur Verfügung, die bei der Repräsentation von Wissen über Kompetenzen verwendet werden können. Als wesentlicher Bestandteil der KOWIEN-Ontologie²⁾ sollten daher die sprachlichen Ausdrucksmittel zur Beschreibung von Kompetenzen in der Ontologie enthalten sein. Demgegenüber sind jedoch Fakten bezüglich einer Person stets in der ontologiegestützten *Wissensbasis* abgelegt.

Problematisch an dieser Situation ist, dass der einzige „zulässige“ Bezug zwischen Instanzen und Konzepten die *instance_of* Beziehung ist. Domänenabhängige Relationen wie z.B. *arbeitet_fuer* und *hat_Kompetenz* entsprechen jedoch den Teilmengen aus dem kartesischen Produkt von jeweils Konzepten *oder* Instanzen *untereinander*. Sie können nicht dafür verwendet werden, Instanzen mit Konzepten zu verknüpfen.

1) Vgl. ERDMANN (2001) S. 5.

2) Vgl. Anhang.

Aus dem obigen Grund ist es notwendig, Informationen über Kompetenzen in der Wissensbasis abzulegen. Um dennoch die Wiederverwendbarkeit der KOWIEN-Ontologie zu gewährleisten, wurde daher beschlossen, eine „partiell interpretierte“ Ontologie zu konstruieren. Abbildung 8 gibt einen Überblick über die Struktur der Ontologie.

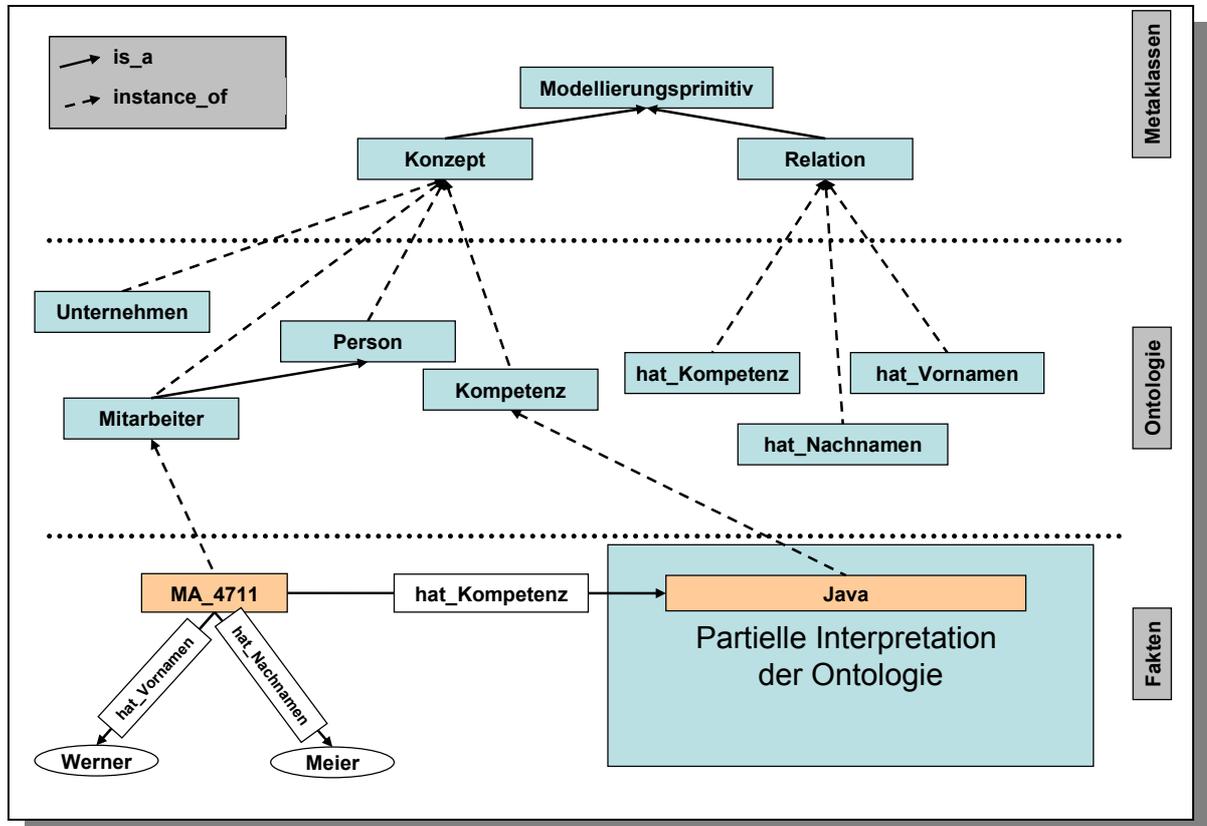


Abbildung 8: Partielle Interpretation der KOWIEN-Ontologie

Die „unterste Stufe“ bei der Unterteilung von Kompetenzen wird in der Wissensbasis abgelegt. Dieses Vorgehen bei der Formalisierung von Wissen ist keineswegs unüblich. Auch schon im Bereich der sortierten Prädikatenlogik werden bei der Spezifikation von *Strukturen zulässige Wertebereiche* für *Signaturen* angegeben.

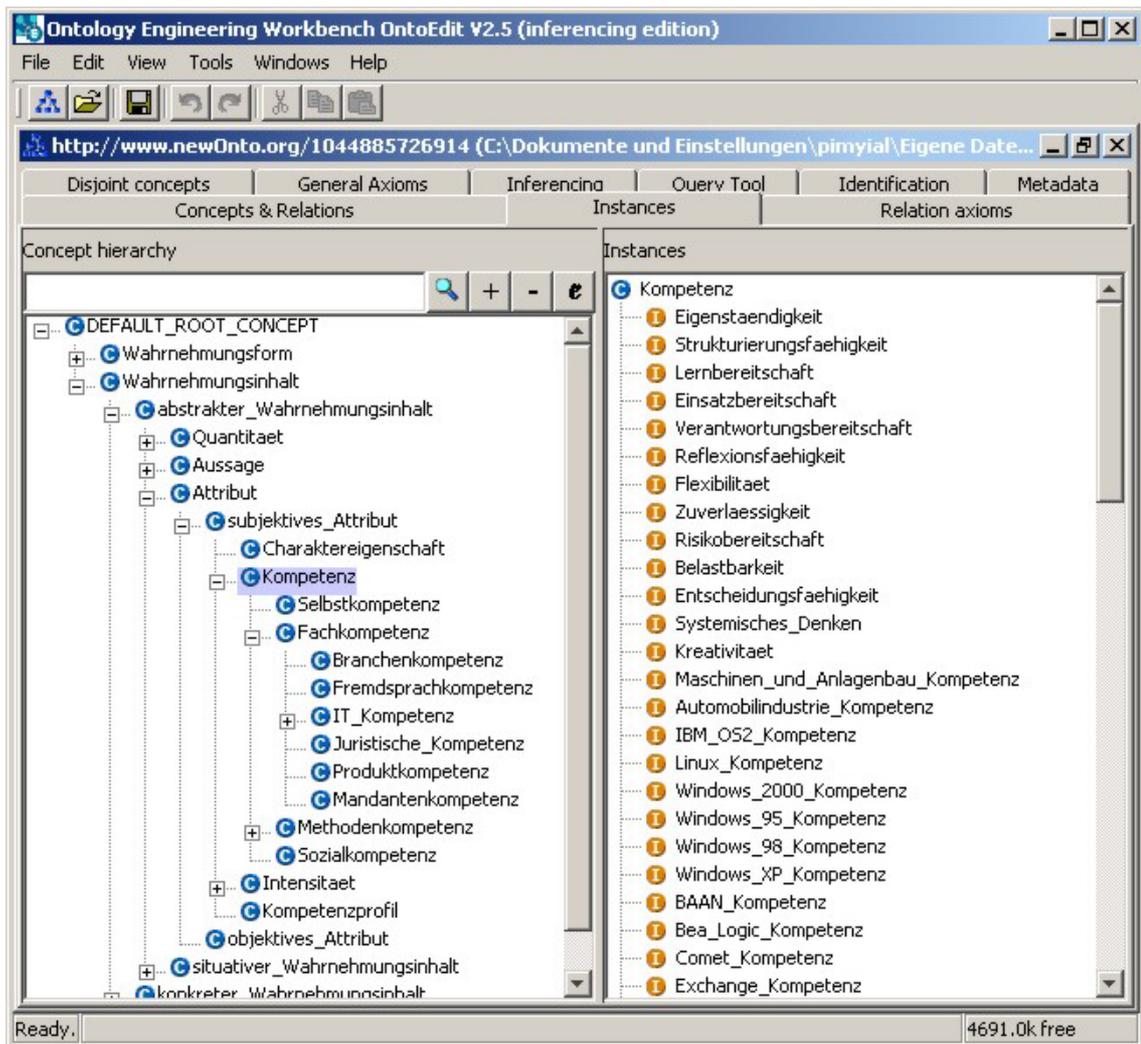


Abbildung 9: Screenshot OntoEdit

In Abbildung 9 ist ein Screenshot aus der Ontologie-Entwicklungsumgebung OntoEdit gegeben, die in KOWIEN eingesetzt wird. In der linken Fensterhälfte sind die Konzepte der KOWIEN-Ontologie enthalten. Die rechte Fensterhälfte enthält Instanzen der jeweiligen Konzepte. Sie stellen „generische Kompetenzen“ dar, die zu Zwecken der Wiederverwendbarkeit als partielle Interpretation der KOWIEN-Ontologie in der Wissensbasis enthalten sind.

4.2 Konzeptualisierung

4.2.1 Top-Level

Die oberste Ebene der KOWIEN-Ontologie wird durch das Konzept *Entität* beschrieben. Alle Konzepte bilden Subkonzepte dieses Konzepts. Abbildung 10 gibt einen Überblick über die ersten zwei Stufen unter dem obersten Konzept.

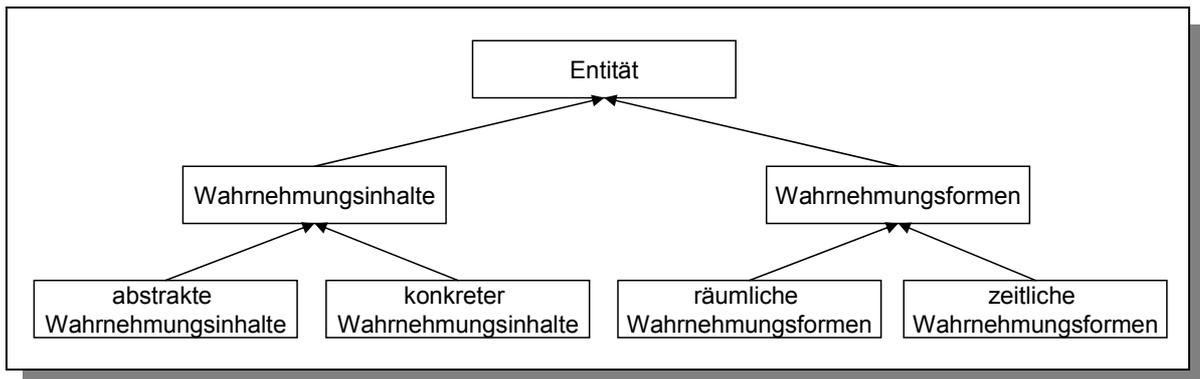


Abbildung 10: Top-Level der KOWIEN-Ontologie

Ausgehend von „Entität“ wird in der KOWIEN-Ontologie unterschieden zwischen *Wahrnehmungsinhalten* und *Wahrnehmungsformen*. Wahrnehmungsinhalte sind alle empirisch wahrnehmbaren Entitäten. Sie können weiter unterschieden werden in *abstrakte* und *konkrete* Wahrnehmungsinhalte. Während die konkreten Wahrnehmungsinhalte physische greifbare Entitäten sind, können abstrakte Wahrnehmungsinhalte nicht gegriffen werden.

Jede Wahrnehmung erfolgt in einem Raum-Zeit-Gefüge. Diesem Umstand wird durch die Unterteilung der Wahrnehmungsform in eine *räumliche* und eine *zeitliche* Wahrnehmungsform gerecht¹⁾.

4.2.2 Wahrnehmungsformen

4.2.2.1 Zeitartige Wahrnehmungsformen

Um *zeitartige Wahrnehmungsformen* mit einer Ontologie spezifizieren zu können, bedarf es einer Entscheidung zugunsten *diskreter Zeitkonzepte*. Während bei der Modellierung mit *kontinuierlicher* Zeit zeitliche Abstände als positive reelle Zahlen dargestellt werden²⁾, werden bei der Modellierung mit *diskreter* Zeit meist natürliche Zahlen verwendet. Die Entscheidung zugunsten eines diskreten Zeitkonzepts basiert auf der An-

1) In der KOWIEN-Ontologie wird dabei zunächst die Option freigelassen, *Kausalitäten* als weitere Wahrnehmungsform zu integrieren. Ein kausaler Zusammenhang zwischen zwei zeitartige Wahrnehmungsformen liegt demnach dann vor, wenn die eine Wahrnehmungsform Vorbedingung für die andere Wahrnehmungsform ist (Vgl. OBERWEIS (1990) S. 24-34).

2) Durch den Einsatz reeller Zahlen können in kontinuierlichen Zeitmodellen stets neue Zeitpunkte zwischen allen Zeitpunkt-Paaren bestimmt werden (vgl. BOMSDORF (1999) S. 46; RITTGEN (1998) S. 176). Die Umsetzung kontinuierlicher Zeitkonzepte wird zumeist anhand *stochastischer* Modelle (wie z.B. MARKOV-Ketten) vorgenommen (vgl. RITTGEN (1998) S. 43).

nahme, dass die Modellierung auf der Grundlage eines kontinuierlichen Zeitkonzepts in Informationssystemen nicht sinnvoll ist, da für die interne Rechnungslegung in Informationssystemen jede Zeitangabe endlich sein muss¹⁾.

Zur Modellierung der Zeit wird in der KOWIEN-Ontologie eine Unterscheidung zwischen *Zeitpunkten* und *Zeitspannen* vorgenommen²⁾. Abbildung 11 gibt die Unterteilung der zeitartigen Wahrnehmungsform in der KOWIEN-Ontologie wieder.

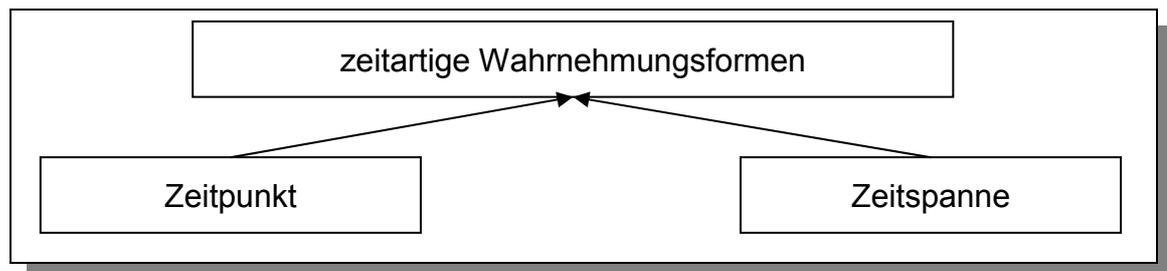


Abbildung 11: Zeit in der KOWIEN-Ontologie

Es wird bei der Unterteilung davon ausgegangen, dass jede Entität zu einem *Zeitpunkt* eine konkrete Ausprägung ihrer Eigenschaften aufweist.

Über die Spezifikation der Konzepte hinaus sind bei der Konzeptualisierung der Zeit die Relationen von Bedeutung. Abbildung 12 gibt einen Überblick über mögliche Relationen zwischen zwei Zeitspannen.

1) Vgl. OBERWEIS (1990) S. 8.

2) Vgl. ZHOU/FIKES (2000).

Relation (inverse Relation)	Zeitstrahl t_0 \rightarrow t_1
vor_Zeitspanne (nach_Zeitspanne)	
beinhaltet_Zeitspanne (während_Zeitspanne)	
beginnt_am_Ende_von_Zeitspanne (endet_am_Beginn_von_Zeitspanne)	
überlappt_Zeitspanne	
gleiche_Zeitspanne_wie	
beginnt_am_Anfang_von_Zeitspanne	
endet_zum_Ende_von_Zeitspanne	

Abbildung 12: Beziehungen zwischen Zeitintervallen¹⁾

Über die Relationen hinaus, die in der Abbildung 12 aufgelistet sind, existieren zwischen den Relationen weitere Beziehungen. Beispielsweise wird durch die Formel

$$\forall x,y: \text{beginnt_am_Ende_von_Zeitspanne}(x,y) \rightarrow \text{nach_Zeitspanne}(x,y)$$

die Subrelationsbeziehung zwischen den Relationen *beginnt_am_Ende_von_Zeitspanne* und *nach_Zeitspanne* ausgedrückt.

4.2.2.2 Raumartige Wahrnehmungsform

Zur Modellierung raumartiger Wahrnehmungsformen wird in der KOWIEN-Ontologie unterschieden zwischen *Punkten*, *Strecken*, *Flächen* und *Räumen* (Abbildung 13).

1) Quelle: modifiziert übernommen aus: OBERWEIS (1990) S. 14.

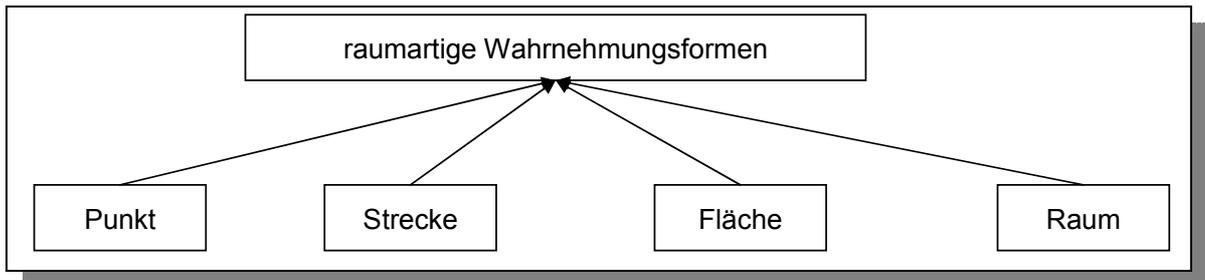


Abbildung 13: Raumartige Wahrnehmungsformen in der KOWIEN-Ontologie

Punkte werden durch die Koordinaten wiedergegeben, durch die sie lokalisiert werden können. *Strecken* sind raumartige Wahrnehmungsformen mit jeweils einem Anfangs- und einem Endpunkt. Dies bedingt keinen linearen Verlauf zwischen den beiden Punkten. *Flächen* werden durch die Koordinaten der Eckpunkte beschrieben. In *Räumen* werden Flächen durch eine räumliche Dimension erweitert.

4.2.3 Wahrnehmungsinhalte

4.2.3.1 Situative Wahrnehmungsinhalte

Die *situativen Wahrnehmungsinhalte* entsprechen allen Konstrukten, die einen zustands- oder aktivitätsbeschreibenden Charakter haben. Entsprechend wird auf der ersten Ebene unter *situativer Wahrnehmungsinhalt* unterteilt in *Zustand* und *Aktivität*.

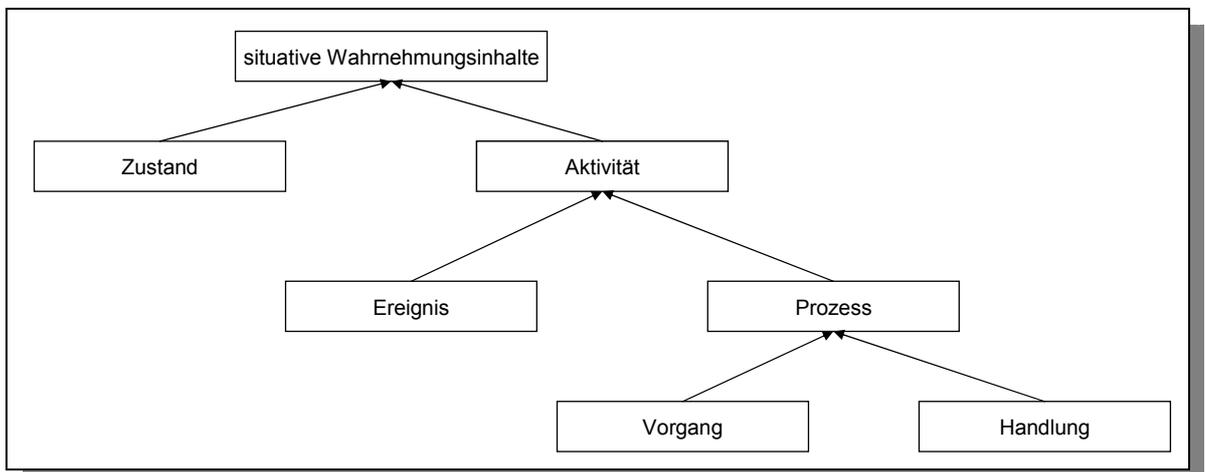


Abbildung 14: Situative Wahrnehmungsinhalte in der KOWIEN-Ontologie

Der *Zustand* einer Entität wird hier als Gesamtheit aller seiner Eigenschaftsausprägungen zu einem bestimmten Zeitpunkt verstanden. Somit geben Zustände Momentaufnahmen von Entitäten wieder. Zustandswechsel implizieren den Übergang von einem Zustand zu einem anderen. Sie werden durch *Aktivitäten* hervorgerufen. Je nachdem, ob

für die Aktivität eine Zeitspanne erforderlich ist oder nicht, werden sie in *Prozesse* (Zeitspanne>0) und *Ereignisse* (Zeitspanne=0) unterteilt.

Das Konzept *Vorgang* beinhaltet alle Prozesse, die von keinem Akteur durchgeführt werden. Hierunter fallen in erster Linie natürliche Prozesse. *Handlungen* hingegen sind Prozesse, die von einem Akteur durchgeführt werden.

4.2.3.2 Kompetenzen

Zentraler Bestandteil der KOWIEN-Ontologie sind Konzepte zur Beschreibung von *Kompetenzen*. Kompetenzen werden in der KOWIEN-Ontologie entsprechend Abbildung 15 spezifiziert.

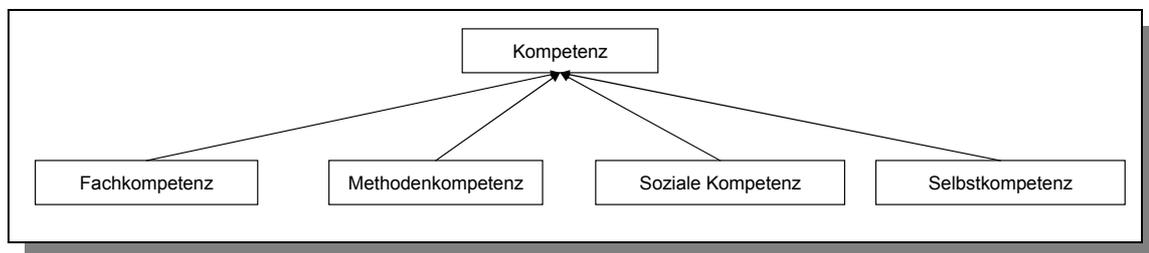


Abbildung 15: Kompetenzen

Die Subklassen des Konzepts Kompetenz werden wie folgt definiert:

- ❑ *Faktenkompetenzen* entsprechen Fähigkeiten des Akteurs, seine *Kenntnisse* zu Handlungszwecken einzusetzen. Die Kenntnisse können sich auf z.B. technische, kaufmännische oder fachübergreifende Bereiche erstrecken.
- ❑ *Methodenkompetenzen* entsprechen den Fähigkeiten des Akteurs, seine *instrumentellen Fähigkeiten* zu Handlungszwecken einzusetzen. Enthalten sind hierin sowohl die Fähigkeiten, motorische Verfahren durchzuführen, als auch Fähigkeiten der Informationsstrukturierung und -darstellung.
- ❑ *Sozialkompetenzen* entsprechen den *kommunikativen, kooperativen und kompetitiven Persönlichkeitsmerkmalen* eines Akteurs, die er zu Handlungszwecken einsetzen kann. Teamfähigkeit, Einfühlungsvermögen und Konfliktlösungsbereitschaft sind Beispiele hierfür.
- ❑ *Selbstkompetenzen* entsprechen den *reflexiven Persönlichkeitsmerkmalen* des Akteurs, die er zu Handlungszwecken einsetzen kann. Reflexiv handelt der Akteur dann, wenn er ein Bewusstsein über seine eigene Person aufbaut. Hierzu gehören Selbstvertrauen, -bewusstsein und -wertgefühl.

4.2.4 Relationstypen

In der KOWIEN-Ontologie werden mehrere Relationen verwendet, die sich klassifizieren lassen. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die benötigten Relationen.

	Relationstyp	Formel	Beispiel
Ordnungsrelationen	Reflexivität	$\forall R:\text{reflexiv}(R) \leftrightarrow \forall x: R(x,x)$	„kennt“, „gleich“, „identisch“
	Irreflexivität	$\forall R:\text{irreflexiv}(R) \leftrightarrow \forall x: \neg R(x,x)$	„ist_Vorgesetzter_von“; „hat_Kompetenz“; „hat_Geburtsdatum“
	Transitivität	$\forall R:\text{transitiv}(R) \leftrightarrow \forall x,y,z: R(x,y) \wedge R(y,z) \rightarrow R(x,z)$	„ist_Vorgesetzter_von“; „hat_Weisungsbefugnis“
	Nontransitivität	$\forall R:\text{nontransitiv}(R) \leftrightarrow \exists x,y,z: R(x,y) \wedge R(y,z) \rightarrow \neg R(x,z)$	
	Symmetrie	$\forall R:\text{symmetrisch}(R) \leftrightarrow \forall x,y: R(x,y) \rightarrow R(y,x)$	„kennt“
	Nicht-Symmetrie	$\forall R:\text{nicht-symmetrisch}(R) \leftrightarrow \exists x,y: R(x,y) \wedge \neg R(y,x)$	„ist_Vorgesetzter_von“
	Nonsymmetrie	$\forall R:\text{nonsymmetrisch}(R) \leftrightarrow \exists w,x,y,z: R(w,x) \wedge R(x,w) \wedge R(y,z) \wedge \neg R(z,y)$	
	Asymmetrie	$\forall R:\text{asymmetrisch}(R) \leftrightarrow \forall x,y: R(x,y) \rightarrow \neg R(y,x)$	Starke Präferenzrelationen: „ist_besser“ oder „ist_schlechter“; „ist_Vorgesetzter_von“
	Antisymmetrie	$\forall R:\text{antisymmetrisch}(R) \leftrightarrow \forall x,y: R(x,y) \wedge x \neq y \rightarrow \neg R(y,x)$	„kleiner_gleich“
	Linearität	$\forall R:\text{linear}(R) \leftrightarrow \forall x,y: x \neq y \rightarrow R(x,y) \vee R(y,x)$	„hat_gleiches_oder_höheres_Alter_wie“
Nicht-Linearität	$\forall R:\text{nicht-linear}(R) \leftrightarrow \exists x,y: x \neq y \wedge \neg R(x,y) \wedge \neg R(y,x)$		
Sonstige Relationen	n-stellige Relationen (mit $n \geq 3$)	$p(t_1, \dots, t_n)$ entspricht: $p_1(PP, t_1) \wedge \dots \wedge p_n(PP, t_n)$ wobei $\forall i \in [1..n]: \forall x_i: p_i(PP, x_i) \leftrightarrow \exists x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n: p(x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x, x_{i+1}, \dots, x_n)$	hat_Kompetenz(Akteur, Kompetenzart, Kompetenzausprägung) wird zu: 1. betrifft_Akteur(Kompetenzaussage, Akteur) 2. beinhaltet_Kompetenz(Kompetenzaussage, Kompetenz) 3. beinhaltet_Kompetenzausprägung (Kompetenzaussage, Kompetenzausprägung)
	Inverse	$\forall R, Q:\text{inverse}(R, Q) \leftrightarrow \forall x, y: R(x, y) \rightarrow Q(y, x)$	„hat_Mitarbeiter“ \leftrightarrow „hat_Vorgesetzten“; „Projekt hat Projektmanager“ \leftrightarrow „ist Projektmanager von Projekt“
	Subrelation	$\forall R, Q:\text{subrelation}(R, Q) \leftrightarrow \forall x, y: R(x, y) \rightarrow Q(x, y)$	„hat_Vorgesetzten“ \rightarrow „kennt“; „hat Projektmanager“ \rightarrow „hat Projektbeteiligten“
	Typenzwang	FORALL O,C,A,V,T V:T <- C[A=>>T] AND O:C[A->>V]	„Mitarbeiter[hat_Kompetenz=>>Blupp] -> Blupp:Kompetenz.“

Tabelle 3: KOWIEN-Relationen

Die in KOWIEN eingesetzte Ontologie-Entwicklungsumgebung OntoEdit unterstützt die Spezifikation von *symmetrischen*, *transitiven* und *inversen* Relationen.

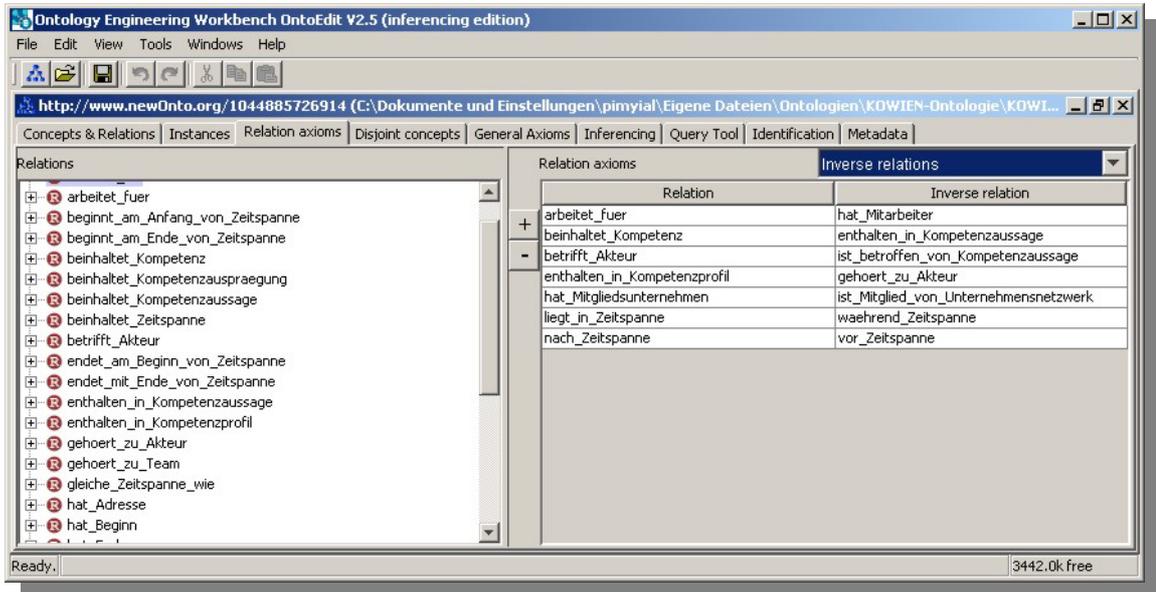


Abbildung 16: Screenshot Relationsmenü OntoEdit

In Abbildung 16 ist das Menü zur Spezifikation der Eigenschaften von Relationen wiedergegeben. In dem angegebenen Beispiel kann für zwei Relationen aus der linken Fensterhälfte ihr inverses Verhältnis zueinander spezifiziert werden.

5 Ausblick

Im vorliegenden Projektbericht wurden die grundlegenden Entscheidungen bei der Konstruktion der KOWIEN-Ontologie vorgestellt. Es wurde dabei insbesondere auf Begrifflichkeiten eingegangen, denen im Rahmen der Konstruktion von Kompetenzmanagement-Systemen eine besondere Bedeutung zukommt. In diesem ersten - vorläufigen - Schritt wurde nur auf die taxonomischen Beziehungen zwischen den Begriffen eingegangen. Als nächstes werden die für die Konstruktion der gesamten Ontologie benötigten nicht-taxonomischen Beziehungen spezifiziert werden.

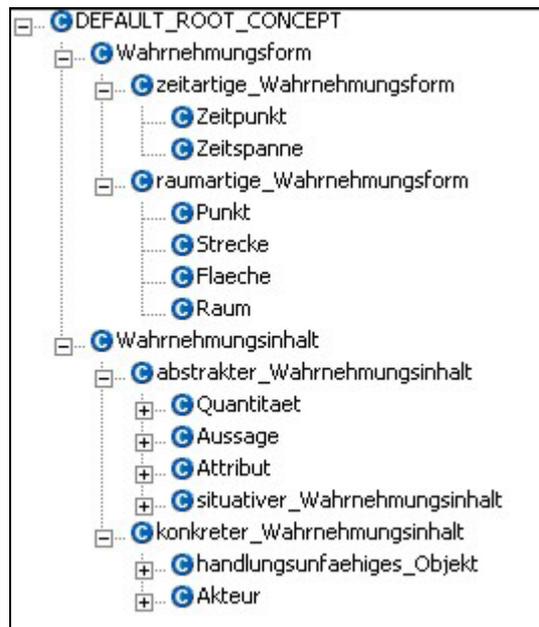
In einem weiteren Schritt wird voraussichtlich die Wirtschaftszweigklassifikation überarbeitet werden. Es hat sich mittlerweile herausgestellt, dass die derzeitige Struktur, die größtenteils auf die Klassifikation des statistischen Bundesamtes zurückgeht, für Zwecke des Wissensmanagement mit Kompetenzprofilen weniger geeignet ist. Eine bessere

Alternative scheint der „Standard Thesaurus Wirtschaft“ des GBI¹⁾ zu sein. In einer weiteren Version wird die dortige Struktur berücksichtigt werden.

Als zentraler Bestandteil der KOWIEN-Ontologie wird darüber hinaus noch die Kompetenzklassifikation verfeinert werden.

1) Vgl. <http://www.gbi.de>.

Anhang: KOWIEN-Ontologie



// Konzepte

Wahrnehmungsform::DEFAULT_ROOT_CONCEPT.

Wahrnehmungsinhalt::DEFAULT_ROOT_CONCEPT.

--- zeitartige_Wahrnehmungsform::Wahrnehmungsform.

--- raumartige_Wahrnehmungsform::Wahrnehmungsform.

--- abstrakter_Wahrnehmungsinhalt::Wahrnehmungsinhalt.

--- konkreter_Wahrnehmungsinhalt::Wahrnehmungsinhalt.

--- --- Zeitpunkt::zeitartige_Wahrnehmungsform.

--- --- Zeitspanne::zeitartige_Wahrnehmungsform.

--- --- Punkt::raumartige_Wahrnehmungsform.

--- --- Strecke::raumartige_Wahrnehmungsform.

--- --- Flaeche::raumartige_Wahrnehmungsform.

--- --- Raum::raumartige_Wahrnehmungsform.

--- --- Quantitaet::abstrakter_Wahrnehmungsinhalt.

--- --- Aussage::abstrakter_Wahrnehmungsinhalt.

--- --- Attribut::abstrakter_Wahrnehmungsinhalt.

--- --- situativer_Wahrnehmungsinhalt::abstrakter_Wahrnehmungsinhalt.

--- --- handlungsunfaehiges_Objekt::konkreter_Wahrnehmungsinhalt.

--- --- Akteur::konkreter_Wahrnehmungsinhalt.



--- --- reelle_Zahl::Quantitaet.

--- --- imaginaere_Zahl::Quantitaet.

--- --- ---rationale_Zahl::reelle_Zahl.
 --- --- ---irrationale_Zahl::reelle_Zahl.



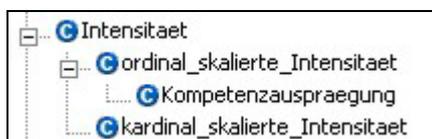
--- --- ---dreistellige_Aussage::Aussage.
 --- --- ---vierstellige_Aussage::Aussage.
 --- --- --- ---Kompetenzaussage::dreistellige_Aussage.



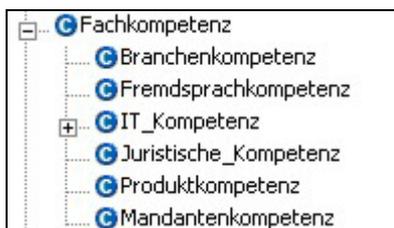
--- --- ---subjektives_Attribut::Attribut.
 --- --- ---objektives_Attribut::Attribut.
 --- --- --- ---Charaktereigenschaft::subjektives_Attribut.
 --- --- --- ---Kompetenz::subjektives_Attribut.
 --- --- --- ---Intensitaet::subjektives_Attribut.
 --- --- --- ---Kompetenzprofil::subjektives_Attribut.



--- --- --- --- Selbstkompetenz::Kompetenz.
 --- --- --- --- Fachkompetenz::Kompetenz.
 --- --- --- --- Methodenkompetenz::Kompetenz.
 --- --- --- --- Sozialkompetenz::Kompetenz.



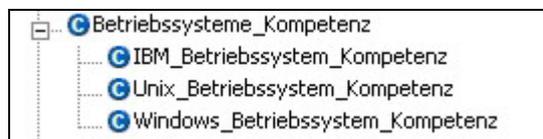
--- --- --- --- ordinal_skalierte_Intensitaet::Intensitaet.
 --- --- --- --- kardinal_skalierte_Intensitaet::Intensitaet.
 --- --- --- --- Kompetenzauspraegung::ordinal_skalierte_Intensitaet.



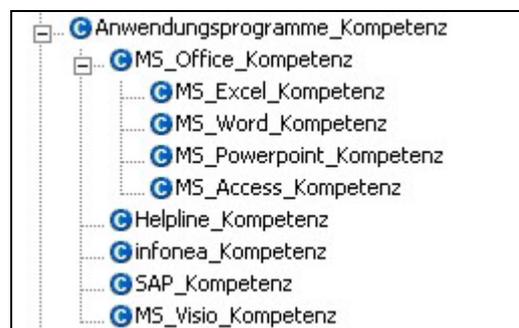
- Branchenkompetenz::Fachkompetenz.
- Fremdsprachkompetenz::Fachkompetenz.
- IT_Kompetenz::Fachkompetenz.
- Juristische_Kompetenz::Fachkompetenz.
- Produktkompetenz::Fachkompetenz.
- Mandantenkompetenz::Fachkompetenz.



- Programmiersprachen_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Betriebssysteme_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Anwendungsprogramme_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Case_Tool_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Datenbanken_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Entwicklungstool_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Konfigurationsmanagement_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Middleware_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Netzwerktechnologie_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- IT_Architektur_Kompetenz::IT_Kompetenz.
- Auszeichnungssprachen_Kompetenz::IT_Kompetenz.

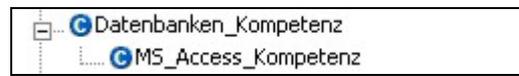


- IBM_Betriebssystem_Kompetenz::Betriebssysteme_Kompetenz.
- Unix_Betriebssystem_Kompetenz::Betriebssysteme_Kompetenz.
- Windows_Betriebssystem_Kompetenz::Betriebssysteme_Kompetenz.



- MS_Office_Kompetenz::Anwendungsprogramme_Kompetenz.
- Helpline_Kompetenz::Anwendungsprogramme_Kompetenz.
- infonea_Kompetenz::Anwendungsprogramme_Kompetenz.
- SAP_Kompetenz::Anwendungsprogramme_Kompetenz.
- MS_Visio_Kompetenz::Anwendungsprogramme_Kompetenz.
- MS_Excel_Kompetenz::MS_Office_Kompetenz.

-----MS_Word_Kompetenz::MS_Office_Kompetenz.
 -----MS_Powerpoint_Kompetenz::MS_Office_Kompetenz.
 -----MS_Access_Kompetenz::MS_Office_Kompetenz.



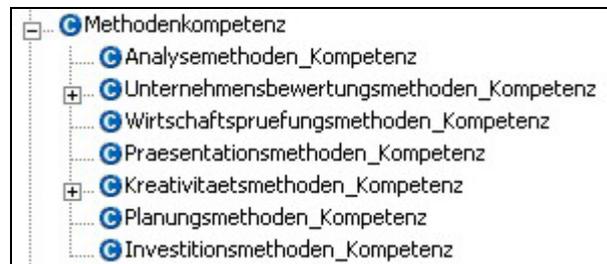
-----MS_Access_Kompetenz::Datenbanken_Kompetenz.



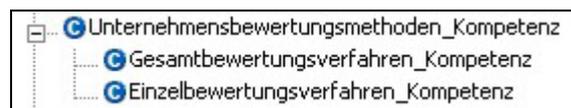
-----Netzwerkprotokoll_Kompetenz::Netzwerktechnologie_Kompetenz.
 -----Netztopologien_Kompetenz::Netzwerktechnologie_Kompetenz.
 -----Netzwerkkonstruktionen_Kompetenz::Netzwerktechnologie_Kompetenz.
 -----Netzwerkdienste_Kompetenz::Netzwerktechnologie_Kompetenz.



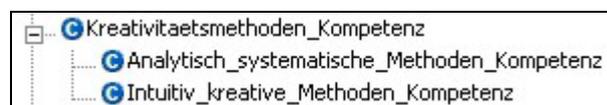
-----HTML_Kompetenz::Auszeichnungssprachen_Kompetenz.
 -----XML_Kompetenz::Auszeichnungssprachen_Kompetenz.
 -----XHTML_Kompetenz::Auszeichnungssprachen_Kompetenz.



-----Analysemethoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.
 -----Unternehmensbewertungsmethoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.
 -----Wirtschaftspruefungsmethoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.
 -----Praesentationsmethoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.
 -----Kreativitaetsmethoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.
 -----Planungsmethoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.
 -----Investitionsmethoden_Kompetenz::Methodenkompetenz.



-----Gesamtbewertungsverfahren_Kompetenz::
 Unternehmensbewertungsmethoden_Kompetenz.
 -----Einzelbewertungsverfahren_Kompetenz::
 Unternehmensbewertungsmethoden_Kompetenz.



-----Analytisch_systematische_Methoden_Kompetenz::
 Kreativitaetsmethoden_Kompetenz.
 -----Intuitiv_kreative_Methoden_Kompetenz::
 Kreativitaetsmethoden_Kompetenz.



-----Zustand::situativer_Wahrnehmungsinhalt.
 -----Aktivitaet::situativer_Wahrnehmungsinhalt.

-----Ereignis::Aktivitaet.
 -----Prozess::Aktivitaet.

-----Vorgang::Prozess.
 -----Handlung::Prozess.

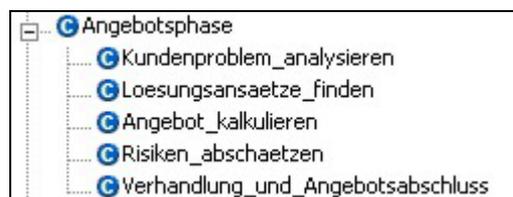
-----natuerlicher_Vorgang::Vorgang.
 -----nicht_natuerlicher_Vorgang::Vorgang.



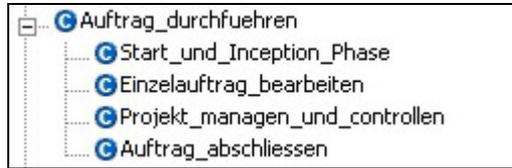
-----Vor_Angebotsphase::Handlung.
 -----Angebotsphase::Handlung.
 -----Auftrag_durchfuehren::Handlung.
 -----Projekt_nachbearbeiten::Handlung.
 -----Projekte_unterstuetzen::Handlung.



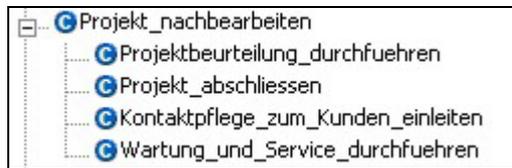
-----Markt_beobachten::Vor_Angebotsphase.
 -----Projekt_identifizieren::Vor_Angebotsphase.
 -----Machbarkeit_pruefen::Vor_Angebotsphase.
 -----Interessenbekundung::Vor_Angebotsphase.
 -----Follow_up_des_PQ_LOI::Vor_Angebotsphase.



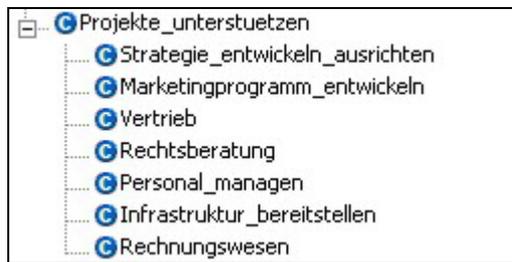
- Kundenproblem_analysieren::Angebotsphase.
- Loesungsansaeetze_finden::Angebotsphase.
- Angebot_kalkulieren::Angebotsphase.
- Risiken_abschaetzen::Angebotsphase.
- Verhandlung_und_Angebotsabschluss::Angebotsphase.



- Start_und_Inception_Phase::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.
- Rechtsberatung::Projekte_unterstuetzen.
- Personal_managen::Projekte_unterstuetzen.
- Infrastruktur_bereitstellen::Projekte_unterstuetzen.
- Rechnungswesen::Projekte_unterstuetzen.

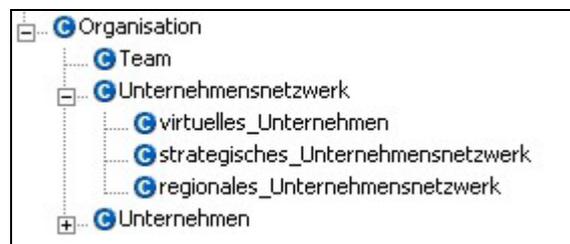


- Gebiet::handlungsunfaehiges_Objekt.
- Gegenstand::handlungsunfaehiges_Objekt.



--- -- geographisches_Gebiet::Gebiet.
 --- -- politisches_Gebiet::Gebiet.
 --- -- Staat::politisches_Gebiet.
 --- -- Bundesland::politisches_Gebiet.
 --- -- Strasse::politisches_Gebiet.
 --- -- Ort::politisches_Gebiet.

--- -- individueller_Akteur::Akteur.
 --- -- Organisation::Akteur.

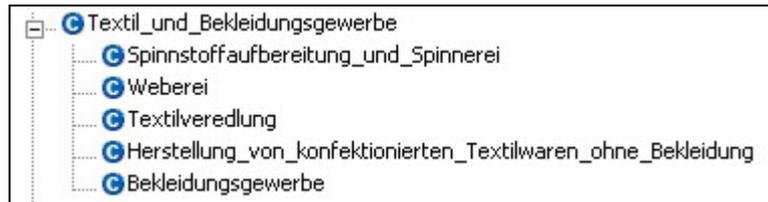


--- -- Team::Organisation.
 --- -- Unternehmensnetzwerk::Organisation.
 --- -- Unternehmen::Organisation.

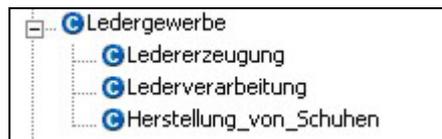
--- -- virtuelles_Unternehmen::Unternehmensnetzwerk.
 --- -- strategisches_Unternehmensnetzwerk::Unternehmensnetzwerk.
 --- -- regionales_Unternehmensnetzwerk::Unternehmensnetzwerk.



--- -- Fischerei_und_Fischzucht::Unternehmen.
 --- -- Bergbau::Unternehmen.
 --- -- Verarbeitendes_Gewerbe::Unternehmen.
 --- -- Verkehr_und_Nachrichtenuebermittlung::Unternehmen.
 --- -- Erziehung_und_Unterricht::Unternehmen.
 --- -- Energie_und_Wasserversorgung::Unternehmen.
 --- -- Baugewerbe::Unternehmen.



-----Spinnstoffaufbereitung_und_Spinnerei::Textil_und_Bekleidungsgewerbe.
 -----Weberei::Textil_und_Bekleidungsgewerbe.
 -----Textilveredlung::Textil_und_Bekleidungsgewerbe.
 -----Herstellung_von_konfektionierten_Textilwaren_ohne_Bekleidung::Textil_und_Bekleidungsgewerbe.
 -----Bekleidungsgewerbe::Textil_und_Bekleidungsgewerbe.



-----Ledererzeugung::Ledergewerbe.
 -----Lederverarbeitung::Ledergewerbe.
 -----Herstellung_von_Schuhen::Ledergewerbe.



-----H_von_Maschinen_zur_Erzeugung_u_Nutzung_mechanischer_Energie::Maschinenbau.
 -----H_von_nicht_wirtschaftszweigspezifischen_Maschinen::Maschinenbau.
 -----H_von_land_und_forstwirtschaftlichen_Maschinen::Maschinenbau.
 -----H_von_Werkzeugmaschinen::Maschinenbau.

-----H_v_Verbrennungsmotoren_und_Turbinen::H_von_Maschinen_zur_Erzeugung_u_Nutzung_mechanischer_Energie.
 -----H_v_Pumpen_und_Kompressoren::H_von_Maschinen_zur_Erzeugung_u_Nutzung_mechanischer_Energie.
 -----H_v_Armaturen::H_von_Maschinen_zur_Erzeugung_u_Nutzung_mechanischer_Energie.
 -----H_v_Lagern_Getrieben_Zahnraedern_und_Antriebselementen::H_von_Maschinen_zur_Erzeugung_u_Nutzung_mechanischer_Energie.
 -----H_v_Oefen_und_Brennern::H_von_nicht_wirtschaftszweigspezifischen_Maschinen.
 -----H_v_Hebezeugen_und_Fordermitteln::H_von_nicht_wirtschaftszweigspezifischen_Maschinen.

-----H_v_kaelte_und_lufttechnischen_Erzeugnissen::
H_von_nicht_wirtschaftszweigspezifischen_Maschinen.

-----H_v_land_und_fortswirtschaftlichen_Zugmaschinen::
H_von_land_und_forstwirtschaftlichen_Maschinen.

-----H_v_handgefuehrten_kraftbetriebenen_Werkzeugen::
H_von_Werkzeugmaschinen.

-----H_v_Werkzeugmaschinen_fuer_die_Metallbearbeitung::
H_von_Werkzeugmaschinen.



-----H_v_Kraftwagen_u_Kraftwagenteilen::Fahrzeugbau.
-----Sonstiger_Fahrzeugbau::Fahrzeugbau.

-----H_v_Kraftwagen_u_Kraftwagenmotoren::
H_v_Kraftwagen_u_Kraftwagenteilen.
-----H_v_Karosserien_Aufbauten_u_Anhaengern::
H_v_Kraftwagen_u_Kraftwagenteilen.
-----H_v_Teilen_u_Zubehoer_f_Kraftwagen_u_Kraftwagenmotoren::
H_v_Kraftwagen_u_Kraftwagenteilen.

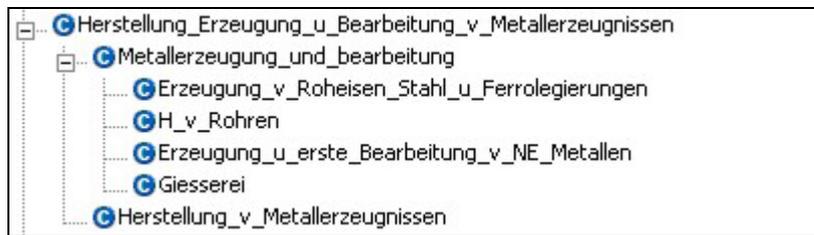
-----Schiff_u_Bootsbau::Sonstiger_Fahrzeugbau.
-----Bahnindustrie::Sonstiger_Fahrzeugbau.
-----Luft_u_Raumfahrzeugbau::Sonstiger_Fahrzeugbau.
-----H_v_Kraftraedern_Fahrraedern_u_Behindertenfahrzeugen::
Sonstiger_Fahrzeugbau.

-----Schienefahrzeugbau::Bahnindustrie.
-----Herstellung_v_Eisenbahninfrastruktur::Bahnindustrie.

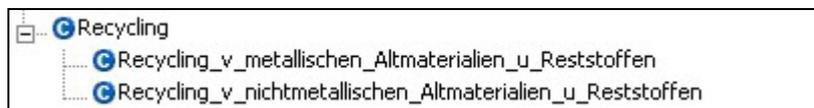
-----H_v_Kraftraedern::
H_v_Kraftraedern_Fahrraedern_u_Behindertenfahrzeugen.
-----H_v_Fahrraedern::
H_v_Kraftraedern_Fahrraedern_u_Behindertenfahrzeugen.
-----H_v_Behindertenfahrzeugen::
H_v_Kraftraedern_Fahrraedern_u_Behindertenfahrzeugen.



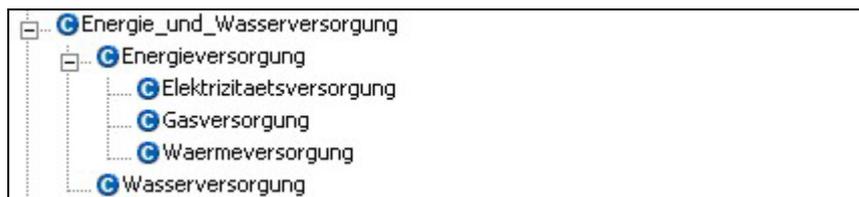
-----H_v_Moebeln::
 H_von_Moebeln_Schmuck_Musikinstrumenten_Sportgeraeten_Spielwaren.
 -----H_v_Schmuck::
 H_von_Moebeln_Schmuck_Musikinstrumenten_Sportgeraeten_Spielwaren.
 -----H_v_Musikinstrumenten::
 H_von_Moebeln_Schmuck_Musikinstrumenten_Sportgeraeten_Spielwaren.
 -----H_v_Sportgeraeten::
 H_von_Moebeln_Schmuck_Musikinstrumenten_Sportgeraeten_Spielwaren.
 -----H_v_Spielwaren::
 H_von_Moebeln_Schmuck_Musikinstrumenten_Sportgeraeten_Spielwaren.



-----Metallerzeugung_und_bearbeitung::
 Herstellung_Erzeugung_u_Bearbeitung_v_Metallerzeugnissen.
 -----Herstellung_v_Metallerzeugnissen::
 Herstellung_Erzeugung_u_Bearbeitung_v_Metallerzeugnissen.
 -----Erzeugung_v_Roheisen_Stahl_u_Ferrolegerungen::
 Metallerzeugung_und_bearbeitung.
 -----H_v_Rohren::
 Metallerzeugung_und_bearbeitung.
 -----Erzeugung_u_erste_Bearbeitung_v_NE_Metallen::
 Metallerzeugung_und_bearbeitung.
 -----Giesserei::
 Metallerzeugung_und_bearbeitung.

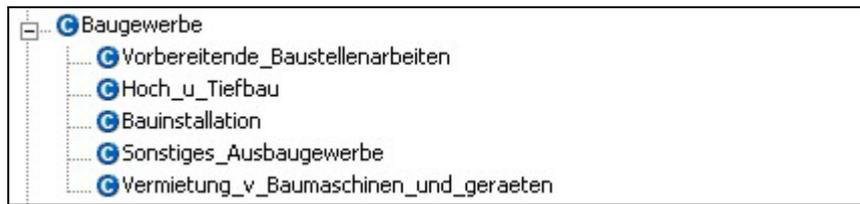


-----Recycling_v_metallischen_Altmaterialien_u_Reststoffen::Recycling.
 -----Recycling_v_nichtmetallischen_Altmaterialien_u_Reststoffen::Recycling.



-----Energieversorgung::Energie_und_Wasserversorgung.
 -----Wasserversorgung::Energie_und_Wasserversorgung.
 -----Elektrizitaetsversorgung::Energieversorgung.

-----Gasversorgung::Energieversorgung.
 -----Waermeversorgung::Energieversorgung.

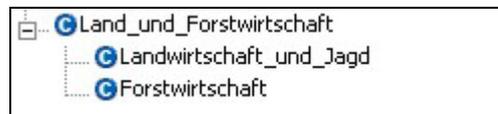


-----Vorbereitende_Baustellenarbeiten::Baugewerbe.
 -----Hoch_u_Tiefbau::Baugewerbe.
 -----Bauinstallation::Baugewerbe.
 -----Sonstiges_Ausbaugewerbe::Baugewerbe.
 -----Vermietung_v_Baumaschinen_und_geraeten::Baugewerbe.



-----Kraftfahrzeughandel_Instandhaltung_u_Reperatur_v_Kraftfahrzeugen_Tankstellen::
 Handel_Instandhaltung_u_Reperatur_v_Kraftfahrzeugen_u_Gebrauchsguetern.

-----Handel_mit_Kraftwagen::
 Kraftfahrzeughandel_Instandhaltung_u_Reperatur_v_Kraftfahrzeugen_Tankstellen.
 -----Instandhaltung_und_Reperatur_v_Kraftwagen::
 Kraftfahrzeughandel_Instandhaltung_u_Reperatur_v_Kraftfahrzeugen_Tankstellen.
 -----Handel_m_Kraftwagenteilen_u_Zubehoer::
 Kraftfahrzeughandel_Instandhaltung_u_Reperatur_v_Kraftfahrzeugen_Tankstellen.



Landwirtschaft_und_Jagd::Land_und_Forstwirtschaft.
 Forstwirtschaft::Land_und_Forstwirtschaft.

// Konzeptspezifische Relationen

```
Akteur[hat_Name=>>xsdSTRING;
--- ist_betroffen_von_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage;
--- hat_Kompetenzprofil=>Kompetenzprofil;
--- hat_Geburtstag=>Zeitpunkt;
--- hat_Adresse=>>Punkt].
Kompetenz[enthalten_in_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage].
individueller_Akteur[arbeitet_fuer=>>Unternehmen;
--- gehoert_zu_Team=>>Team].
Unternehmensnetzwerk[hat_Mitgliedsunternehmen=>>Unternehmen].
Unternehmen[ist_betroffen_von_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage;
--- hat_Mitarbeiter=>>individueller_Akteur;
--- 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_Akteur=>>Akteur;
--- beinhaltet_Kompetenz=>Kompetenz;
--- beinhaltet_Kompetenzauspraegung=>Kompetenzauspraegung;
--- enthalten_in_Kompetenzprofil=>>Kompetenzprofil].
Kompetenzprofil[beinhaltet_Kompetenzaussage=>>Kompetenzaussage;
--- gehoert_zu_Akteur=>>Akteur].

```

// Instanzen

```

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.
Kommunikationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Kontaktfreudigkeit:Sozialkompetenz.
Durchsetzungsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Didaktische_Fahigkeit:Sozialkompetenz.
Delegationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Motivationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Kritikfahigkeit:Sozialkompetenz.
Kooperationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Konfliktloseungsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Koordinationsfahigkeit:Sozialkompetenz.
Maschinen_und_Anlagenbau_Kompetenz:Branchenkompetenz.
Automobilindustrie_Kompetenz:Branchenkompetenz.
HGB_Kompetenz:Juristische_Kompetenz.
InsO_Kompetenz:Juristische_Kompetenz.
EStR_Kompetenz:Juristische_Kompetenz.
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.
BAAN_Kompetenz:Anwendungsprogramme_Kompetenz.
Bea_Logic_Kompetenz:Anwendungsprogramme_Kompetenz.
Comet_Kompetenz:Anwendungsprogramme_Kompetenz.

```

Exchange_Kompetenz:Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 IBM_Websphere_Kompetenz:Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 MS_Backoffice_Kompetenz:Anwendungsprogramme_Kompetenz.
 MS_Excel_97_Kompetenz:MS_Excel_Kompetenz.
 MS_Word_2000_Kompetenz:MS_Word_Kompetenz.
 MS_Powerpoint_2000_Kompetenz:MS_Powerpoint_Kompetenz.
 MS_Powerpoint_XP_Kompetenz:MS_Powerpoint_Kompetenz.
 MS_Access_97_Kompetenz:MS_Access_Kompetenz.
 MS_Access_2000_Kompetenz:MS_Access_Kompetenz.
 MS_Access_XP_Kompetenz:MS_Access_Kompetenz.
 MS_Powerpoint_97_Kompetenz:MS_Powerpoint_Kompetenz.
 MS_Word_97_Kompetenz:MS_Word_Kompetenz.
 MS_Word_XP_Kompetenz:MS_Word_Kompetenz.
 MS_Excel_2000_Kompetenz:MS_Excel_Kompetenz.
 MS_Excel_XP_Kompetenz:MS_Excel_Kompetenz.
 MS_Visio_2002_Kompetenz:MS_Visio_Kompetenz.
 HTML_2_Kompetenz:HTML_Kompetenz.
 HTML_3_2_Kompetenz:HTML_Kompetenz.
 HTML_4_Kompetenz:HTML_Kompetenz.
 XHTML_1_Kompetenz:XHTML_Kompetenz.
 XML_1_Kompetenz:XML_Kompetenz.
 XML_1_1_Kompetenz:XML_Kompetenz.
 infonea_2_x_Kompetenz:infonea_Kompetenz.
 infonea_3_0_Kompetenz:infonea_Kompetenz.
 Helpline_2_x_Kompetenz:Helpline_Kompetenz.
 Helpline_3_0_Kompetenz:Helpline_Kompetenz.
 SAP_R_3_Kompetenz:SAP_Kompetenz.
 SAP_R_2_Kompetenz:SAP_Kompetenz.
 IBM_OS2_Kompetenz:IBM_Betriebssystem_Kompetenz.
 Linux_Kompetenz:Unix_Betriebssystem_Kompetenz.
 Windows_2000_Kompetenz:Windows_Betriebssystem_Kompetenz.
 Windows_95_Kompetenz:Windows_Betriebssystem_Kompetenz.
 Windows_98_Kompetenz:Windows_Betriebssystem_Kompetenz.
 Windows_XP_Kompetenz:Windows_Betriebssystem_Kompetenz.
 IP_Family_Kompetenz:Netzwerkprotokoll_Kompetenz.
 OSI_Layer_Kompetenz:Netzwerkprotokoll_Kompetenz.
 TCP_IP_Kompetenz:Netzwerkprotokoll_Kompetenz.
 Ringtopologie_Kompetenz:Netztopologien_Kompetenz.
 Sterntopologie_Kompetenz:Netztopologien_Kompetenz.
 ATM_Kompetenz:Netzwerkarchitekturen_Kompetenz.
 Ethernet_Netze_Kompetenz:Netzwerkarchitekturen_Kompetenz.
 FDDI_Kompetenz:Netzwerkarchitekturen_Kompetenz.
 ServerClient_Architektur_Kompetenz:Netzwerkarchitekturen_Kompetenz.
 TokenRing_Netze_Kompetenz:Netzwerkarchitekturen_Kompetenz.

// Inferenzregeln

FORALL X,Y X[liegt_in_Zeitspanne->>Y] <-> Y[wahrend_Zeitspanne->>X].
 FORALL X,Y,Z X[liegt_in_Zeitspanne->>Z] <- X[liegt_in_Zeitspanne->>Y] AND
 Y[liegt_in_Zeitspanne->>Z].
 FORALL X,Y,Z X[vor_Zeitspanne->>Z] <- X[vor_Zeitspanne->>Y] AND Y[vor_Zeitspanne->>Z].
 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_Akteur->>Y] <-> Y[jst_betroffen_von_Kompetenzaussage->>X].
 FORALL X,Y X[beinhaltet_Kompetenz->>Y] <-> Y[enthalten_in_Kompetenzaussage->>X].

FORALL X,Y X[arbeitet_fuer->>Y] <-> Y[hat_Mitarbeiter->>X].

FORALL X,Y X[hat_Mitgliedsunternehmen->>Y] <->

Y[jst_Mitglied_von_Unternehmensnetzwerk->>X].

FORALL X,Y X[enthalten_in_Kompetenzprofil->>Y] <-> Y[gehört_zu_Akteur->>X].

Literaturverzeichnis

BEIERLE/KERN-ISBERNER (2000)

Beierle, C.; Kern-Isberner, G.: Methoden wissensbasierter Systeme. Braunschweig - Wiesbaden 2000.

BOMSDORF (1999)

Bomsdorf, B.: Ein kohärenter, integrativer Modellrahmen zur aufgabenbasierten Entwicklung interaktiver Systeme. Dissertation, Wuppertal 1999.

DECKER (1998)

Decker, S.: On Domain-Specific Declarative Knowledge Representation and Database Languages. In: Borgida, A.; Chaudri, V.; Staudt M. (Hrsg.): Proceedings of the 5th International Workshop on Knowledge Representation meets Databases (KRDB '98). Im Internet unter der URL: <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-10/paper9.ps>, Aufruf: 19.5.2003.

DEGEN ET AL. (2001)

Degen, W.; Heller, B.; Herre, H.; Smith, B.: GOL: A General Ontological Language. In: Welty, C.; Smith, B. (Hrsg.): Formal Ontology in Information Systems. New York 2001, S. 34-46.

DEGEN/HERRE (2001)

Degen, W.; Herre, H.: What is an Upper Level Ontology?

Im Internet unter der URL: <http://www.ontologie.uni-leipzig.de/Publikationen/Paper-UpperLevel-Degen-Herre-2001.pdf>, Aufruf: 19.5.2003.

ERDMANN (2001)

Erdmann, M.: Ontologien zu konzeptuellen Modellierung der Semantik von XML. Dissertation, Karlsruhe 2001.

ERDMANN (2003)

Erdmann, M.: OXML-Manual. Im Internet unter der URL:

http://www.ontoprise.de/documents/tutorial_oxml2.0.pdf, Aufruf: 19.5.2003.

GANTER/WILLE (1996)

Ganter, B.; Wille, R.: Formale Begriffsanalyse: mathematische Grundlagen. Berlin et al. 1996.

GRUBER (1993)

Gruber, T.: A translation approach to portable ontology specifications. In: Knowledge Acquisition, Vol. 5. (1993), S. 199-220.

GUARINO (1998)

Guarino, N.: Formal Ontology and Information Systems. In: GUARINO, N. (Hrsg.): Formal Ontology in Information Systems. Proceedings of the First International Conference (FOIS '98), 6-8 Juni, Trento, Italien. Amsterdam et. al 1998. S. 3-15.

GUARINO (1999)

Guarino, N.: The Role of Identity Conditions in Ontology Design. In: Freksa, C. (Hrsg.): Spatial information theory: cognitive and computational foundations of geographic information science. Berlin et al. 1999, S. 221-234.

GUARINO/WELTY (2002)

Guarino, N.; Welty, C.: Evaluating Ontological Decisions with ONTOCLEAN. In: Communications of the ACM, Vol. 45 (2002), S. 61-65.

GUIZZARDI ET AL. (2002)

Guizzardi, G.; Herre, H.; Wagner, G.: On the General Ontological Foundations of Conceptual Modeling. In: Spaccapietra, S.; March, S.T.; Kambayashi, Y.: Conceptual Modeling - ER 2002, Berlin et al. 2002, S. 65-79.

KAPLAN (2001)

Kaplan, A.: Towards a Consistent Logical Framework for Ontological Analysis. In: Welty, C.; Smith, B. (Hrsg.): Formal Ontology in Information Systems. New York 2001, S. 244-255.

KIFER ET AL. (1995)

Kifer, M.; Lausen, G.; Wu, J.: Logical Foundations of Object-Oriented and Frame-Based Languages. In: Journal of the ACM, Vol. 42 (1995), No. 4, S. 741-843.

MAEDCHE (2001)

Maedche, A.: Ontology learning for the Semantic Web. Norwell, MA 2001.

MILLER (1993)

Miller, G. A.: Nouns in WordNet: A Lexical Inheritance System, revised Paper von 1993 des gleichnamigen Beitrags. [Erschienen in: International Journal of Lexicography, Vol. 3, No. 4, 1990, S. 245 - 264].

MILLER (1995)

Miller, G. A.: WordNet: A Lexical Database for English. In: Communication of the ACM, Vol. 38 (1995), No. 11, S. 39-41.

MILLER ET AL. (1993)

Miller, G. A.; Beckwith, B.; Fellbaum, C.; Gross, D.; Miller, K.: Introduction to WordNet: An On-line Lexical Database, revised Paper, 1993. [Erschienen in: International Journal of Lexicography, Vol. 3 (1990), No. 4, S. 235 - 244.]

NOY/HAFNER (1997)

Noy, N. F.; Hafner, C. D.: The State of the Art in Ontology Design: A Survey and Comparative Review. In: AI Magazine, Vol. 18, No. 3, 1997, S. 53-74.

OBERWEIS (1990)

Oberweis, A.: Zeitstrukturen für Informationssysteme. Dissertation, Mannheim 1990.

OSTERMAYER (2001)

Ostermayer, R.: Pragmatisch-situative Wissensrepräsentation – ein Baustein für das Wissensmanagement. Aachen 2001.

PEIRCE (1973)

Peirce, C.S.: Lectures on Pragmatism. Hamburg 1973.

REIMER (1991)

Reimer, U.: Einführung in die Wissenrepräsentation. Stuttgart et al. 1991.

RITTGEN (1998)

Rittgen, P.: Prozesstheorie der Ablaufplanung. Dissertation, Stuttgart et al. 1998.

SOWA (1995)

Sowa, J.: Top-level ontological categories. In: International Journal of Human-Computer Studies, 43. Jg. (1995), S. 669-685.

SOWA (2000)

Sowa, J.: Knowledge Representation - logical, philosophical, and computational foundations. Pacific Grove et al. 2000.

STAAB/MÄDCHE (2000)

Staab, S.; Mädche, A.: Axioms are objects, too - Ontology Engineering beyond the modeling of Concepts and Relations. In: Benjamins, V.R.; Gomez-Perez, A.; Guarino, N.: Proceedings of the ECAI 2000 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods. Berlin, August 21-22, o.O. 2000, o.S. Im Internet unter der URL: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/sst/Research/Publications/ontoedit.pdf>, Aufruf: 19.5.2003.

UPHOFF (1997)

Uphoff, H.: Ein Ansatz zur Integration von Pfadausdrücken in Frame-Logik. Dissertation, Freiburg 1997.

WELTY/GUARINO (2001)

Welty, C.; Guarino, N.: Supporting ontological analysis of taxonomic relationships. In: Data & Knowledge Engineering, 39. Vol. (2001), S. 51-74.

WHITEHEAD (1979)

Whitehead, A.N.: Process and Reality. New York - London 1979.

ZHOU/FIKES (2000)

Zhou, Q.; Fikes, R.: A Reusable Time Ontology. Knowledge Systems Laboratory – Technical Paper 2000. Im Internet unter der URL: <http://gicl.mcs.drexel.edu/people/regli/Classes/KBA/Readings/KSL-00-01.pdf>. Aufruf: 19.5.2003.

**Institut für Produktion und
Industrielles Informationsmanagement
Universität Duisburg-Essen / Campus Essen**

Verzeichnis der KOWIEN-Projektberichte

- Nr. 1: ALPARSLAN, A.: Ablauforganisation des Wissensmanagements. Projektbericht 1/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 2: ALAN, Y.: Methoden zur Akquisition von Wissen über Kompetenzen. Projektbericht 2/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 3: DITTMANN, L.: Sprachen zur Repräsentation von Wissen - eine untersuchende Darstellung. Projektbericht 3/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 4: DITTMANN, L.: Zwecke und Sprachen des Wissensmanagements zum Managen von Kompetenzen. Projektbericht 4/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 5: ALAN, Y.; BÄUMGEN, C.: Anforderungen an den KOWIEN-Prototypen. Projektbericht 5/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 6: ALPARSLAN, A.: Wissensanalyse und Wissensstrukturierung. Projektbericht 6/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 7: ALAN, Y.: Evaluation der KOWIEN-Zwischenergebnisse. Projektbericht 7/2002, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Essen, Essen 2002.
- Nr. 8: ZUG, S.; KLUMPP, M.; KROL, B.: Wissensmanagement im Gesundheitswesen, Arbeitsbericht Nr. 16, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.

- Nr. 9: 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.
- Nr. 10: ALAN, Y.: Konstruktion der KOWIEN-Ontologie. Projektbericht 2/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 11: ALAN, Y.: Ontologiebasierte Wissensräume. Projektbericht 3/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 12: APKE, S.; DITTMANN, L.: Generisches Vorgehensmodell KOWIEN Version 1.0. Projektbericht 4/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 13: ALAN, Y.: Modifikation der KOWIEN-Ontologie. Projektbericht 5/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 14: 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.
- Nr. 15: ENGELMANN, K.; ALAN, Y.: KOWIEN Fallstudie - Gebert GmbH. Projektbericht 7/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 16: DITTMANN, L.: Towards Ontology-based Skills Management. Projektbericht 8/2003, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2003.
- Nr. 17: ALPARSLAN, A.: Evaluation des KOWIEN-Vorgehensmodells, Projektbericht 1/2004, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.
- Nr. 18: 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.

- Nr. 19: HÜGENS, T.: Inferenzregeln des „plausiblen Schließens“ zur Explizierung von implizitem Wissen über Kompetenzen. Projektbericht 3/2004, Projekt KOWIEN, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.
- Nr. 20: ALAN, Y.: Erweiterung von Ontologien um dynamische Aspekte. Projektbericht 4/2004, Projekt KOWIEN, Institut für Produktion und Industrielles Informationsmanagement, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.
- Nr. 21: WEICHEL, T.: Entwicklung einer E-Learning-Anwendung zum kompetenzprofil- und ontologiebasierten Wissensmanagement – Modul 1: Grundlagen. Projektbericht 5/2004, Projekt KOWIEN, Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Essen 2004.