

2 Modellierung und Programmierung

5. Vorlesung: Kognitive Kategorien

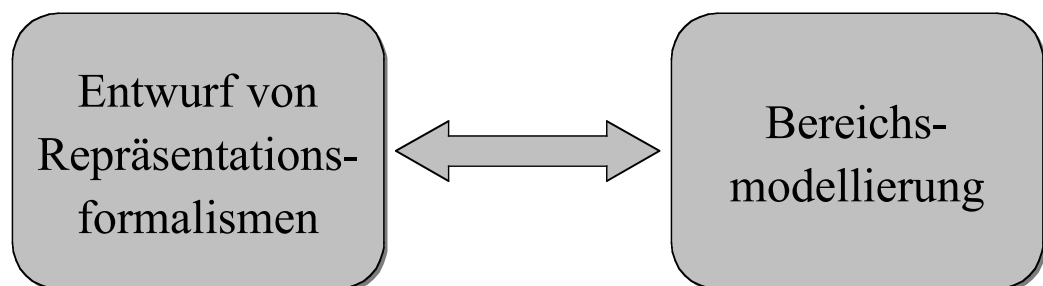
Methoden der Künstlichen Intelligenz

Ipke Wachsmuth

WS 1999/2000



Wissensrepräsentation: Aufgaben



◆ Repräsentationsformalismen

- Beschreibungsmittel für symbolisch darzustellendes Wissen
- automatische aufgabengesteuerte Berechnung von Inferenzen über der Menge kodierten Wissens

◆ Modellierung bestimmter Fachgebiete und Weltbereiche

Fragen für die Modellierung

- ◆ **Wie soll mit Wissensrepräsentationsformalismen umgegangen werden, um Bereiche („Domänen“) zu modellieren?**
- ◆ **Was für Kategorien sollen ausgewählt werden?**
- ◆ **Wo kommen solche Kategorien überhaupt her?**
- ◆ **Wie teilt man die / eine Welt ein und wozu?**
- ◆ **Soll jede beliebige Kombination von Merkmalen einen Begriff festlegen?**
- ◆ **Was müssen Wissensrepräsentationsformalismen ggfs. über das bisherige hinaus leisten können?**

Normen für Begriffe

DIN 2330 Begriffe und Benennungen; Allg. Grundsätze
 DIN 2331 Begriffssysteme und ihre Darstellung

(aus der philosophischen
 Begriffslehre übernommen)

- ◆ Allgemeines Hilfsmittel für das Verständnis und den Gebrauch begrifflicher Werkzeuge
- ◆ Definition von Begriffen und Begriffssystemen in bezug auf einen festgelegten Kontext in mengensprachlichem Modell
- ◆ Menge aller Begriffe eines Kontexts bildet dann mit der hierarchischen Beziehung "Unterbegriff - Oberbegriff" einen *vollständigen Verband* ("Begriffsverband")
- ◆ Vorteil: Methoden und Ergebnisse der Ordnungs- und Verbandstheorie können für die Begriffsanalyse nutzbar gemacht werden.
- ◆ Schwierigkeit: Umfang und Inhalt eines Begriffes können häufig nicht vollständig angegeben werden (Bsp. "Mensch")
- ◆ praktischer Vorschlag (DIN 2330): Beschränkung auf die an Gegenständen festgestellten (bzw. interessierenden) Merkmale

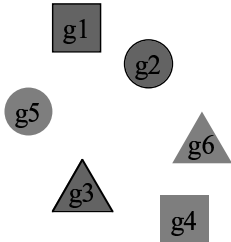
Mengensprachliche Definition

- Ein Kontext ist ein Tripel (G,M,I) mit

G: Menge der Gegenstände

M: Menge der Merkmale

$I \subseteq G \times M$; gIm : "Gegenstand g hat Merkmal m "



- Ein Begriff eines Kontextes (G,M,I) ist ein Paar (A,B) mit

$A \subseteq G$: Menge von Gegenständen, die der Begriff umfaßt
(Umfang oder Extension)

$B \subseteq M$: Menge von Merkmalen, die auf alle Gegenstände
des Begriffs zutreffen (Inhalt oder Intension)

so daß $B = A' := \{ m \in M \mid gIm \text{ für alle } g \in A \}$

$A = B' := \{ g \in G \mid gIm \text{ für alle } m \in B \}$

d.h. ein Begriff eines Kontextes ist durch Nennung aller umfaßten
Gegenstände bzw. aller Merkmale eindeutig festgelegt.

Mengensprachliche Definition

- Sei $\mathcal{B}(G,M,I)$ die Menge aller Begriffe eines Kontextes.
Dann definiert man Unterbegriff (bzw. Oberbegriff) wie folgt:

$$(A_1, B_1) \leq (A_2, B_2), \text{ wenn } A_1 \subseteq A_2 \quad (\Leftrightarrow \quad B_1 \supseteq B_2)$$

d.h. Unterbegriffe erfassen *weniger* Gegenstände (bzw. sind
durch *mehr* Merkmale gekennzeichnet).

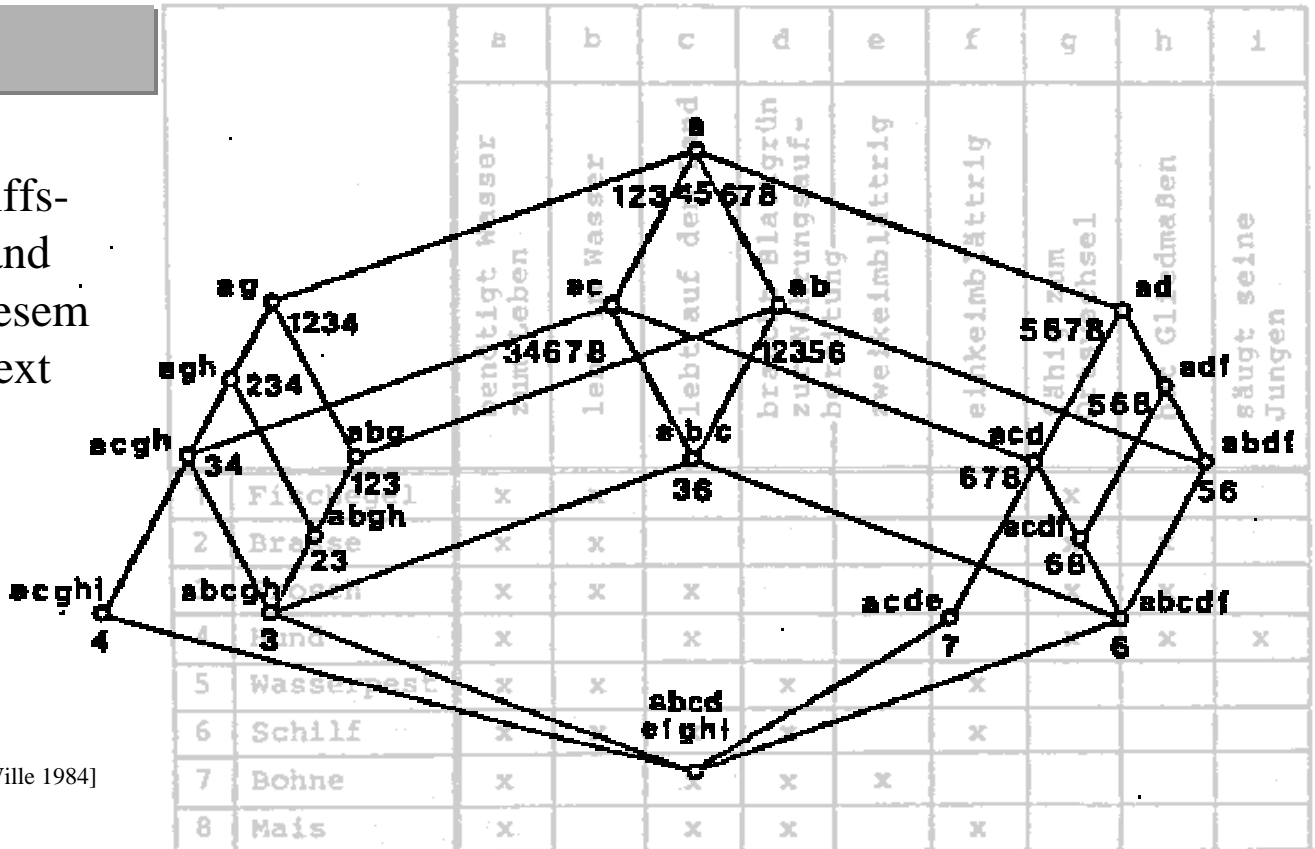
**Die mathematische Ordnungsstruktur $(\mathcal{B}(G,M,I), \leq)$
ist Modell für ein hierarchisches Begriffssystem.**

Kontext zu einem Lehrfilm „Lebewesen und Wasser“

Merkmale →		a	b	c	d	e	f	g	h	i
		benötigt Wasser zum Leben	lebt im Wasser	lebt auf dem Land	braucht Blattgrün zur Nahrungsaufbereitung	zwei Keimblätter	einkelblättrig	fähig zum Ortswechsel	hat Gliedmaßen	säugt seine Jungen
1	Fischegel	x	x					x		
2	Brasse	x	x					x	x	
3	Frosch	x	x	x				x	x	
4	Hund	x		x				x	x	x
5	Wasserpest	x	x		x		x			
6	Schilf	x	x	x	x		x			
7	Bohne	x		x	x	x				
8	Mais	x		x	x		x			

Quelle: [Wille 1984]

Begriffsverband zu diesem Kontext



Quelle: [Wille 1984]

Bsp.: Lebewesen und Wasser

Betrachte Kontext (G,M,I) mit

```
G := {Fischegel,
      Brasse,
      Frosch,
      Hund,
      Wasserpest,
      Schilf,
      Bohne,
      Mais }
```

```
M := {benötigt Wasser zum Leben,
      lebt im Wasser,
      lebt auf dem Land,
      braucht Blattgrün,
      zweikeimblättrig,
      einkeimblättrig,
      fähig zum Ortswechsel,
      hat Gliedmaßen,
      säugt seine Jungen }
```

Begriffe in diesem Kontext (I siehe Tabelle):

```
(12345678,a) Lebewesen, die Wasser benötigen
(1234,ag)    Lebewesen, die Wasser benötigen
              und ortswchselfähig sind (Tiere)
(5678,ad)    Lebewesen, die Wasser benötigen
              und Blattgrün brauchen (Pflanzen)
(34678,ac)   Lebewesen, die Wasser benötigen
              und auf dem Land leben
...
```

Was ist festzustellen?

Alles hängt vom Kontext (der betrachteten "Welt") ab:

- In dieser "Welt" gibt es nur ein Lebewesen, das
 - Wasser zum Leben benötigt
 - auf dem Land lebt
 - fähig zum Ortswechsel ist
 - Gliedmaßen hat
 - seine Jungen säugt

„ortswchselfähiger Land-säuger mit Gliedmaßen“

Begriffsumfang: Hund

- die Merkmale sind definitorisch; weitere evtl. interessante Merkmale ("könnte beißen") sind in diesem Kontext irrelevant

Weiter festzustellen:

- alle Merkmalsbündel können einen Begriff bilden; nicht alle "machen Sinn" (haben nichtleere Extensionen)
- alle Begriffsinstanzen (Exemplare) haben gleichen Status
- jeder Unterbegriff "erbt" Merkmale der Oberbegriffe und hat weitere spezifizierende Merkmale
- "abstraktere" (hierarchiehöhere) Begriffe werden durch Weglassen von Merkmalen gewonnen

Gerade hier gibt es aber Streitpunkte in der Philosophie und Konflikte mit der "kognitiven Realität"!

Zwei Aspekte des Abstrahierens

- 1) Reduktion von Spezifika (Merkmalsinformation)
- 2) Hervorheben des Wesentlichen

Metall

Farbe: <Farbe>
 Beschaffenheit: ...
 Textur: ...

“Wenn wir aus der Zusammenfassung von Gold, Silber, Kupfer, Blei den Begriff des Metalls bilden, so können wir dem abstrakten Gegenstand, der uns auf diese Weise entsteht, zwar nicht die besondere Farbe des Goldes, nicht den besonderen Glanz des Silbers, noch etwa das Gewicht des Kupfers zusprechen; nicht minder unzulässig aber wäre es, wenn wir die Gesamtheit aller dieser Einzelbestimmungen einfach an ihm verneinen wollten. Denn zur Charakterisierung des Metalls reicht offenbar nicht die Vorstellung aus, daß es weder rot noch gelb sei, weder dieses noch jenes spezifische Gewicht, diese oder jene Härte und Dichtigkeit besitze, sondern es muß der positive Gedanke hinzutreten, daß es in irgendeiner Weise jedenfalls gefärbt, in irgendeinem Grade jedenfalls hart, dicht und glänzend sei. ...

Nicht die einfache Weglassung der Merkmale $p_1, p_2; q_1, q_2$, die in den verschiedenen Arten verschieden sind, kann also die Regel bilden, sondern immer müssen an Stelle der weggelassenen besonderen Bestimmungen die allgemeinen Merkmale P und Q eingesetzt werden, deren Einzelarten p_1, p_2 und q_1, q_2 sind.”

[Cassirer, 1910]

Kinds – Kind Terms – Concepts

(Arten)

(Artnamen)

(Begriffe)

Beispiele von kinds:

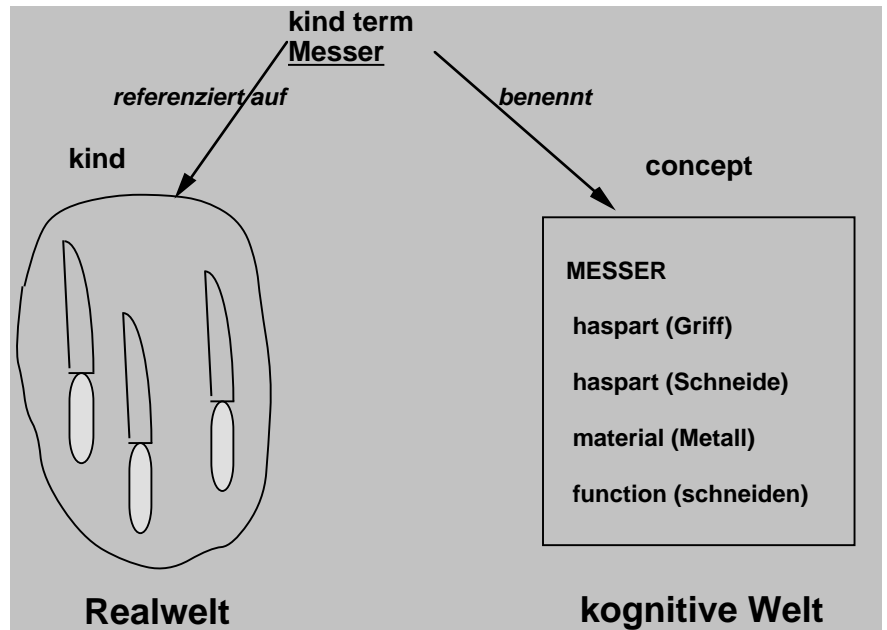
Gold, Zitrone, Tiger, Messer
(die Dinge)

Beispiele von kind terms:

Gold, Zitrone, Tiger, Messer
(die Namen für die Dinge)

Beispiele von concepts:

GOLD, ZITRONE, TIGER, MESSER
(Dinge, wie sie "begriffen" sind)



Kategorisierungsexperimente

Probanden müssen

Befunde gegen die klassische Begriffsauffassung

- Objekte Begriffen zuordnen
- Begriffe Objekten zuordnen
- gegebene Zuordnungen beurteilen
- Beispiele von Objekten eines Begriffs auflisten
- Merkmale von Objekten eines Begriffs auflisten
- die Typikalität von Begriffsbeispielen beurteilen

Ergebnis: Nachweis des Phänomens der Typikalität

(z.B. ein Spatz ist ein typischerer Vogel als ein Pinguin)

- Für typische Instanzen wird schneller über Begriffszugehörigkeit entschieden als für untypische
- Bestimmte Merkmale sind wichtiger für den Begriff von einem Objekt als andere

Kategorisierungsexperimente

- Innerhalb von Begriffshierarchien sind bestimmte Begriffe wichtiger als andere

z.B. ein Huhn ist eher ein *Tier* als ein *Vogel*
 Brot ist eher *Nahrungsmittel* als *Backware*

- ⇒ Beziehungen zwischen Begriffen unterschiedlicher Abstraktheit innerhalb einer Hierarchie werden *nicht* nur durch Hinzufügen oder Weglassen von Merkmalen bestimmt

Begriffe auf unterschiedlichen Ebenen der Abstraktheit haben unterschiedliche psychologische Bedeutung

-> **Basisbegriffe**

Basisbegriffe einer Hierarchie

solche Begriffe, bei denen die Zahl gemeinsamer Merkmale am stärksten ansteigt, wenn man von einem Oberbegriff zu einem "mittleren" Begriff übergeht, verglichen mit dem Übergang vom mittleren zu einem Unterbegriff [Rosch et al., 1976].

'Basisbegriff' beschreibt also die besondere psychologische Rolle eines Begriffs, relativ zu seinen Ober- und Unterbegriffen ("kognitive Referenzpunkte").

Allerdings sind Basisbegriffe - wie auch typische Exemplare - nicht situationsinvariant.

Möbel

Stuhl

Küchenstuhl

Das Bild eines Küchenstuhls wird spontan als Stuhl, nicht als Möbel oder Küchenstuhl benannt.

Günstiges Verhältnis von Detailreichtum zu Sparsamkeit:

- detailliert genug, um deutlich von anderen Begriffen der gleichen Ebene unterschieden zu werden
- allgemein /detailarm genug, um ökonomisch zu sein

Geige
 rot
 Hammer

Prototyptheorien (für Begriffe)

beschreiben die Hervorhebung der 'wesentlichen' Begriffseigenschaften durch die Auswahl eines 'typischen' Exemplars und durch den Bezug auf Basisbegriffe.

Mindestens zwei Richtungen:

- (Strenge Prototyptheorie) Begriffe sind nur durch ausgezeichnete Exemplare kognitiv repräsentiert.
- die kognitive Repräsentation ist eine Abstraktion, die typische Exemplare durch Realweltattribute (Merkmalsbündel) beschreibt.

Lakoff [1986]: > Es gibt viele Effekte, die sich nicht mit Merkmalsbündeln (als Begriffsrepräsentationen) erklären lassen.

"Interactional properties"

- > Die Eigenschaften, die für die Charakterisierung menschlicher Kategorien relevant sind, beruhen wesentlich auf der INTERAKTION zwischen Menschen und Dingen.



Hände sind zum damit Essen

17

Prototypentheorie - Standpunkt

Hier soll es nicht darum gehen, ob eher die eine oder andere Repräsentation kognitive Realität ist, sondern ob sie menschliche Intelligenzphänomene und -leistungen zutreffend charakterisiert.

Mit sog. Feature-Logiken wird zum Beispiel versucht, einige Prinzipien so zu 'kalkülisieren', daß im Berechnungsverhalten ähnliche Eigenschaften und Effizienz wie in der begrifflichen Informationsverarbeitung des Menschen erzielt werden.

- (z.B. Objektklassifikation
Bedeutungszuschreibung
Subsumtion ...)

Aber: Es gibt noch weitere Befunde und Erkenntnisse, die ausgenutzt werden sollten;

u.a. beziehen sie sich darauf, wie sich Features typisieren und ontologisch eingrenzen und korrelieren lassen.

„Naive Semantik“ (NS)

"Naive Semantics for Natural Language Understanding" [Dahlgren 1988]

- Ansatz einer naiven Theorie der Welt (Commonsense Knowledge)
- Begriffsrepräsentationen werden mit Wortbedeutungsrepräsentationen identifiziert [Jackendoff, Sowa]

Ausgangspunkt [Rosch, 1978]:

"Features of real world objects do not occur independently of each other in cognitive structures."

d.h. Kategorien wie THORK: a bird with wheels sind höchst unwahrscheinlich.

Im Gegensatz zu klassischen Ansätzen

- akzeptiert NS die essentielle Komplexität von begrifflichem Wissen, verneint Kriterialität und semantische Primitive
- erkennt an, daß die Anzahl nötiger Merkmale zur Beschreibung generischen Wissens theoretisch unbegrenzt ist
- stellt eine empirisch fundierte These auf, nach der sich die Anzahl möglicher Merkmalskombinationen (durch Typisierung und Korrelation) beschränken läßt

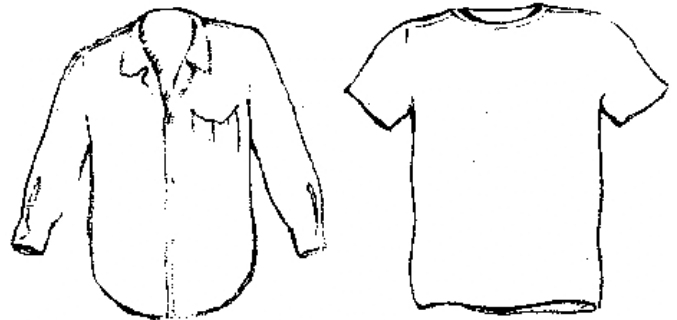
Eine naive Theorie von „shirt“

(als generische Beschreibung typischer Exemplare modelliert)

shirt

```
( typically { haspart (button,*,X) &
haspart (collar,1,X) &
haspart (front,1,X) &
haspart (back,1,X) &
color (white,X) &
haspart (armhole,2,X) &
haspart (neck,1,X) &
haspart (sleeve,2,X) &
haspart (cuff,2,X) &
haspart (pocket,*,X) &
experienced_as (warm) &
experienced_as (soft)      }
```

```
inherently { (function (wear(Y,X) & person(Y)) &
(function (cover(X,Y) & person(Y)) &
material (cloth) &
(construction (sew(Y,X) & person(Y)) &
location (torso)      } )
```



John washed his shirt. The collar was dirty.

Zentrale Aussage:
Die Menge solcher MerkmalsTYPEN ist begrenzt und kognitiv strukturiert.

Feature Types (Merkmalstypen)

Quelle: Psycholinguistische Untersuchungen [Dahlgren 1988]

- In Kategorisierungsexperimenten nannten Vpn mehrere Tausend features, die typisiert wurden
- Für 1500 Substantive wurden 54 feature types identifiziert:
- Features können sein: inhärent (Blut:COLOR rot) oder typisch (Backstein:COLOR rot)
- Die Menge \mathcal{FT} der Feature Types ist eine Partition der Menge \mathcal{F} aller genannten Features
- Die Korrelationen innerhalb der Menge der Feature Types bilden die Basis von Kind Types

Table 2.5 Feature Types for Nouns

age	appearance	association
associated entity	author	behavior
color	construction	content
direction	duration	education
exemplar	experienced as	in extension of
frequency	function	habitat
haspart	hasrole	hierarchy
internal trait	legal requirement	length
level	location	manner
material	name	object
odor	operation	owner
partof	physiology	processing
propagation	prototype	relation
requirement	rolein	roles
sex	shape	size
source	speed	state
status	strength	structure
taste	texture	time

Kind Types (Typen von Arten)

[Dahlgren 1988]

- sind Typen von *kind terms* mit vorhersagbaren *feature types*
- die *feature types* für Objekte eines *kind types* sind durch die ontologische Klassifikation der Objekte festgelegt

Ontologie: taxonomische Einteilung der (hier: von Englischsprechern) wahrgenommenen Welt, die eine empirisch verifizierbare Alltagssicht der Struktur der Welt reflektiert ("Weltbild")

Beispiele von *kind types*:

NATURAL kinds primär mit perzeptuellen Merkmalen beschrieben
Zitrone, Wasser, Gold, Tiger

ARTIFACTUAL kinds haben darüber hinaus funktionale Merkmale
Messer, Lastwagen, Haus

SENTIENT kinds haben u.a. Charakterzüge (traits)
Sekretärin, Bergmann, Pfleger

Effekt:
"Die Maschine ist traurig" kann nicht wörtlich interpretiert werden.

Bezug zu Repräsentationslogiken

Dies alles ist schon eher ‚hohe Schule‘ und soll nur einen Einblick vermitteln, woran man mittlerweile arbeitet.

Sortenlogiken sind ein Versuch, Individuen in Mengen einzuteilen, deren Elemente unter bestimmten Gesichtspunkten gemeinsam betrachtet werden. (Menge \approx Extension eines Begriffs)

Featurelogiken sind ein Versuch, der intensionalen Seite von Begriffen (Merkmalszuschreibung bzw. Klassifikation anhand von Merkmalen) Rechnung zu tragen.

Logiken mit Feature-Values sind ein Versuch, der Kritik an einer reduktiven Abstraktionsvorstellung Rechnung zu tragen (statt Weglassen von Merkmalen: Hervorhebung von Arten von Merkmalen).

Die Erkenntnisse über *kognitive* Kategorien legen u.a. nahe, in Begriffshierarchien *Sorten* (für kinds) und *Metasorten* (für kind types) zu unterscheiden, um eine ökonomische und kognitiv begründbare Grundlage für Begriffsmodellierungen zu erhalten.

Benutzte Literatur (Auswahl)

- Cassirer, E. (1910). *Substanzbegriff und Funktionsbegriff*. Berlin: (Nachdruck Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1980).
- Dahlgren, K. (1988). *Naive semantics for natural language understanding*. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers.
- Deutsches Institut für Normung (1979). *DIN 2330; Begriffe und Benennungen; Allgemeine Grundsätze*. Berlin/Köln: Beuth Verlag.
- Deutsches Institut für Normung (1980). *DIN 2331; Begriffssysteme und ihre Darstellung*. Berlin/Köln: Beuth Verlag.
- Jackendoff (1983). *Semantics and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lakoff, G. (1986). *Women, fire, and dangerous things: What categories tell us about the nature of thought*. Chicago: University of Chicago Press.
- Rosch, E. (1978). *Principles of categorization*. In E. Rosch & B.B. Lloyd (Eds.): *Cognition and categorization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sowa, J. (1989). *Lexical structures and conceptual structures*. In J. Pustejovsky (Ed.) *Semantics in the lexicon*. (bei Kluwer)
- Wille, R. (1984). *Liniendiagramme hierarchischer Begriffssysteme*. In H.H. Bock (Hrsg.) *Anwendungen der Klassifikation: Datenanalyse und numerische Klassifikation*. Frankfurt: INDEKS Verlag.