

Darstellung von Wissen

Definition 1. Wissensrepräsentation

Wissensrepräsentation ist die *symbolische Darstellung* von Wissen über einen Gegenstandsbereich.

Wir können dazu verschiedene Arten von Wissen unterscheiden

<i>Objekte</i>	Typischerweise betrachten wir Wissen als die Kenntnis von Fakten über Objekte in der Welt, die uns umgibt: <i>Vögel haben Flügel. Schwalben sind Vögel. Schnee ist weiß.</i> Wir müssen daher Objekte, Klassen oder Kategorien von Objekten, Beschreibungen von Objekten, und Beziehungen zwischen Objekten repräsentieren können.
<i>Ereignisse</i>	Wir haben auch Wissen über Vorgänge und Ereignisse in der Welt. <i>Robert küsste Maria hinter dem Schuppen.</i> Neben der Darstellung der Ereignisse selbst, muss ein Repräsentationsformalismus gegebenenfalls auch den zeitlichen Ablauf einer Ereignisfolge und die zwischen ihnen bestehenden Ursache-Wirkungs-Beziehungen erfassen können.
<i>Handlungswissen</i>	Eine Fähigkeit wie z.B. Fahrradfahren erfordert neben dem Wissen über Objekte und Ereignisse auch Wissen darüber, wie bestimmte Handlungen auszuführen sind. Auch die meisten kognitiven Fertigkeiten wie z.B. die Bildung von Sätzen oder das Beweisen von Theoremen verlangen solches Handlungswissen.
<i>Metawissen</i>	Wir benutzen auch <i>Wissen über unser Wissen</i> , sog. <i>Metawissen</i> . Beispielsweise wissen wir etwas über den Umfang und die Herkunft unseres Wissens über einen spezifischen Gegenstand, über die Verlässlichkeit bestimmter Information, oder über die relative Wichtigkeit spezifischer Fakten über die Welt. Zum Metawissen gehört auch die Einschätzung unserer eigenen kognitiven Fähigkeiten sowie Wissen über Möglichkeiten des Wissenserwerbs.

Das wichtigste Kriterium für die Einschätzung verschiedener Verfahren der Wissensrepräsentation ist, welcher Gebrauch von dem dargestellten Wissen letztlich gemacht werden soll. Die Verarbeitung von Wissen in KI-Systemen¹ involviert im wesentlichen drei Stadien:

1. Der Erwerb neuen Wissens (Wissensakquisition).
2. Das Auffinden der für das aktuelle Problem relevanten Fakten in der Wissensbasis (Wissensabruf)
3. Argumentation (*reasoning*) mit diesen Fakten auf der Suche nach einer Lösung des Problems.

Das von Expertensystemen benutzte und manipulierte Wissen entspricht dem, was auch der nachgebildeten Vorgehensweise von Spezialisten zugrunde liegt. Je nachdem, ob man Wissensinhalte als "passive Daten" oder anwendbare Verfahren beschreibt, gelangt man zu verschiedenen Formen der Wissensrepräsentation:

Definition 2. deklarative Wissensrepräsentation

Deklarative Darstellungen von Wissensinhalten geben Beschreibungen von Sachverhalten, die keine Angaben über Konstruktion und Gebrauch von Wissen enthalten. *Beispiel:* Die Summe aus 3 und 4 ist 7.

Definition 3. prozedurale Wissensrepräsentation

Prozedurale Wissensdarstellungen beschreiben Verfahren zur Konstruktion, Verknüpfung und Anwendung von Wissen, beispielsweise ein Verfahren zur Berechnung der Summe aus 3 und 4.

Definition 4. Kontrollwissen

Kontrollwissen nennt man Verfahren zur Steuerung des Einsatzes deklarativer und prozeduraler Wissensbeschreibungen. Kontrollwissen ist Metawissen.

¹ KI=Künstliche Intelligenz

Deklarative Wissensrepräsentationen

Deklarative Formen der Wissensrepräsentation sind beispielsweise

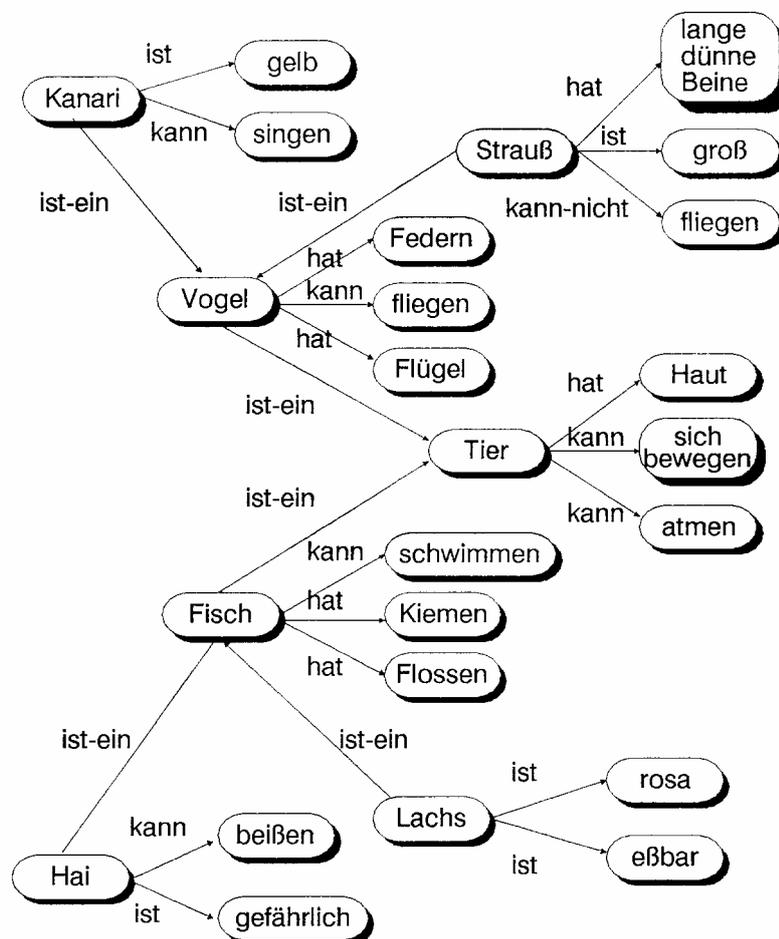
1. Semantische Netze
2. Objekt-Attribut-Wert-Tripel
3. *Frames* (Schemata, *Scripts*)
4. Prädikatenlogik

Semantische Netze

Semantische Netze wurden ursprünglich als psychologische Modelle für kognitive Strukturen wie z.B. Assoziationen im Gedächtnis, später zur Beschreibung der semantischen Struktur von Sätzen entwickelt.

Definition 5. *Semantisches Netz*

Ein semantisches Netz ist ein gerichteter Graph aus einer Menge von *Knoten*, die Objekte (Begriffe oder Konzepte) repräsentieren, sowie einer Menge von gerichteten *Kanten* (engl. *arcs* oder *links*), die Beziehungen (Relationen) zwischen den Objekten darstellen. Normalerweise werden sowohl die Knoten als auch die Kanten (Verbindungen) mit Namen versehen.



Definition 6. *Knoten*

Knoten werden benutzt, um *Objekte* und *Deskriptoren* zu repräsentieren.

Definition 7. *Objekte*

Objekte können physische Gegenstände sein, die man sehen oder berühren kann. *Objekte* können auch gedankliche Elemente sein, wie z.B. Handlungen, Ereignisse oder abstrakte Kategorien.

Definition 8. Deskriptoren

Deskriptoren liefern zusätzliche Informationen (Attribute, Eigenschaften) über Objekte.

Definition 9. Kanten (Verbindungen)

Kanten repräsentieren Relationen, die Objekte und Deskriptoren miteinander verbinden. Einige häufige Verbindungen sind:

Ist-ein Damit wird häufig die Relation zwischen Klasse und Einzelfall repräsentiert: *Waldi ist ein Dackel*. Oft jedoch wird damit jedoch auch die Teilmengenbeziehung bzw. eine Subkategorie bezeichnet: *Ein Dackel ist ein Hund*. Diese beiden Verwendungen sollten jedoch besser auseinander gehalten werden. Beispielsweise könnte man die Relation zwischen Einzelfall und Klasse durch *Element-von* oder *Instanz-von* bezeichnen.

Hat *Hat-Verbindungen* bezeichnen Relationen zwischen Teilen und Teilelementen: *Ein Hund hat einen Schwanz*.

Einer der Hauptvorteile dieses Repräsentationsschemas liegt in seiner Flexibilität. Neue Knoten und Verbindungen können nach Bedarf definiert werden. Wenn wir z.B. ein Elektrogerät als Netzwerk repräsentieren, dann können die Knoten "Einzelteile" darstellen, "verdrahtet-mit" anderen Einzelteilen.

Ein wesentliches Merkmal von Netzwerken ist die *Vererbung (inheritance)* von Eigenschaften, was die Grundlage für die Wissensmanipulation in solchen Netzwerken darstellt.

Definition 10. Vererbung

Dieser Begriff bezeichnet den Sachverhalt, dass ein Knoten die Charakteristika anderer Knoten, mit denen er verbunden ist "erben" kann. Die Vererbung von Eigenschaften ist eine Folge der *ist-ein*-Relation und bedeutet, dass alle Einzelfälle einer Klasse sämtliche Eigenschaften der übergeordneten Klassen, denen sie angehören, übernehmen.

Auf Grund dieses Vererbungsprinzips folgt aus den Fakten *Waldi ist ein Dackel*, *Ein Dackel ist ein Hund*, und *Ein Hund hat einen Schwanz*, die Aussage *Waldi hat einen Schwanz*.

instanz-von(waldi,dackel).

ist-ein (dackel, hund).

hat(hund,schwanz).

hat(X,Attribut):-ist-ein(X,Y),hat(Y, Attribut).

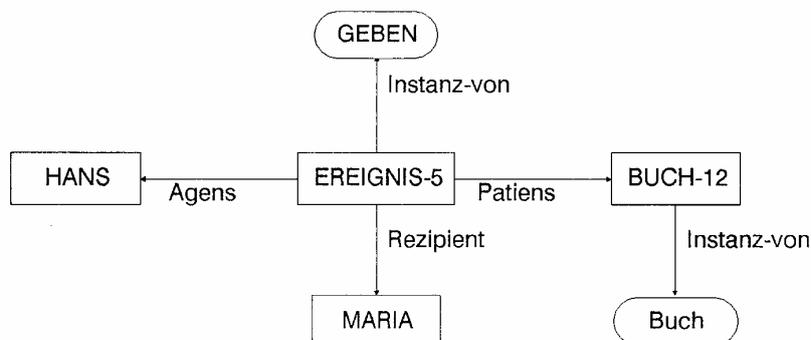
hat(X,Attribut):-instanz-von(X,Y),hat(Y,Attribut).

Aus der bisherigen Darstellung wird deutlich, dass semantische Netzwerke sich zur Darstellung von Relationen eignen, die in der Prädikatenlogik als zweistellige Prädikate erscheinen würden. Wie nun lassen sich drei- und mehrstellige Prädikate darstellen. Wie beispielsweise lässt sich ein Satz wie

(1.) Hans gab Maria das Buch.

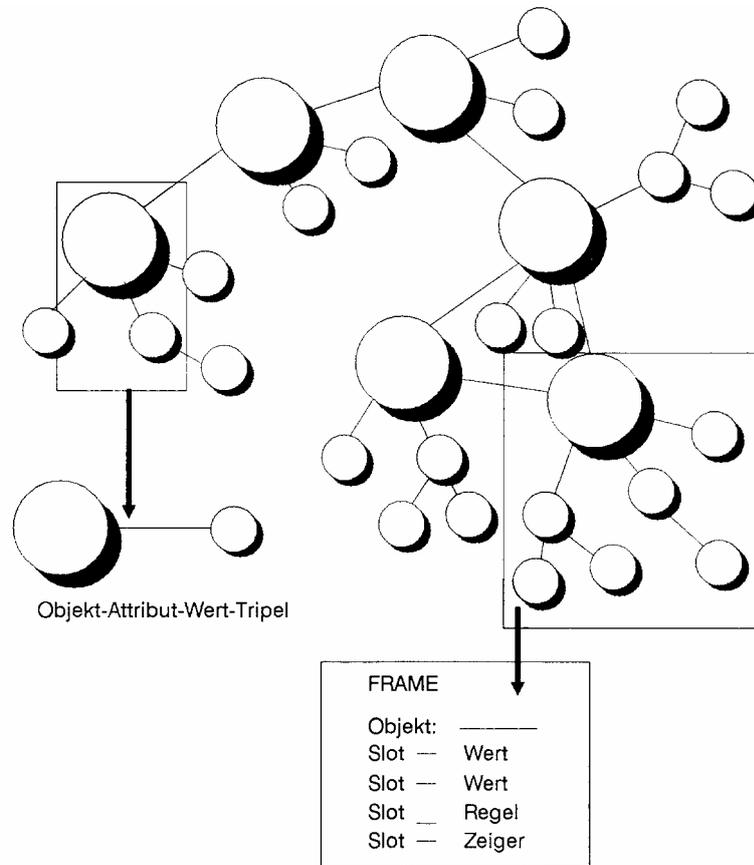
repräsentieren?

Dazu wird das Ganze zunächst als Instanz einer Ereignisklasse *geben* aufgefasst. Daneben gibt es eine Reihe von Vorgangsbeteiligten, die in bestimmten Beziehungen zum Ereignis stehen (*Agens* = Handelnder, *Patiens* = von der Handlung unmittelbar betroffene Entität, *Rezipient* = Empfänger).



Objekt-Attribut-Wert-Tripel

Eine andere gebräuchliche Methode, um Wissensinhalte zu repräsentieren, ist die Darstellung als *Objekt-Attribut-Wert-Tripel* oder *O-A-W-Tripel (Assoziatives Tripel)*. Dieses Repräsentationsschema wurde beispielsweise in dem medizinischen Expertensystem MYCIN verwendet. Es handelt sich dabei um einen Spezialfall der Darstellung durch semantische Netze.



Dabei können *Objekte* entweder physische Entitäten oder begriffliche Einheiten sein. *Attribute* sind allgemeine Charakteristika oder Eigenschaften, die mit Objekten assoziiert werden. Größe, Form und Farbe sind typische

Objekt	Attribut	Wert
Apfel	Farbe	rot
Apfel	Herkunft	Israel
Apfel	Haltbarkeit	gut
Trauben	Farbe	blau
Trauben	Herkunft	Italien

Attribute von physischen Objekten. Das dritte Element des Tripels ist der *Wert* eines Attributs. Der Wert kennzeichnet die spezifische Beschaffenheit eines Attributs in einer bestimmten Situation. Beispiele:

In Prolog würde man die *Attribute* der *O-A-W-Tripel* als *Funktoren*, die Objekte und Werte als *Argumente* repräsentieren:

```

farbe (apfel, rot)
farbe(trauben,blau)
herkunft(apfel,israel)
herkunft(trauben,italien)
haltbarkeit(apfel,gut)

```

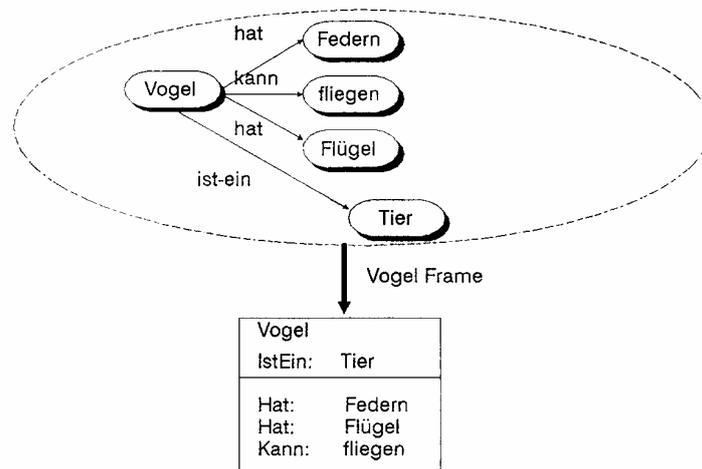
Frames

Frames wurden ursprünglich von Marvin Minsky als Repräsentationsmittel in der Bildverarbeitung eingeführt.²

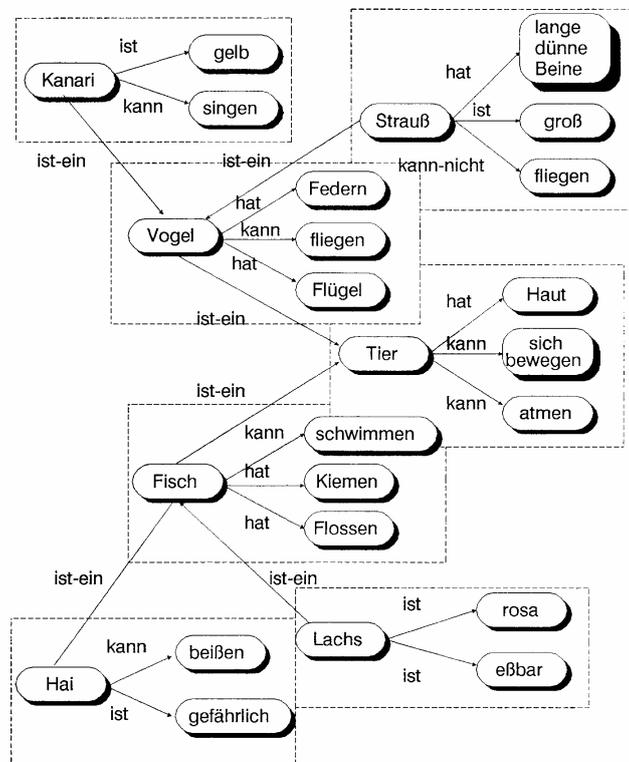
When one encounters a new situation (or makes a substantial change in one's view of the present problem), one selects from memory a structure called a *frame*. This is a remembered framework to be adapted to fit reality by changing details as necessary.

A frame is a data-structure for representing a stereotyped situation, like being in a certain kind of living room, or going to a child's birthday party. Attached to each frame are several kinds of information. Some of this information is about how to use the frame. Some is about what one can expect to happen next. Some is about what to do if these expectations are not confirmed.

We can think of a frame as a network of nodes and relations ...

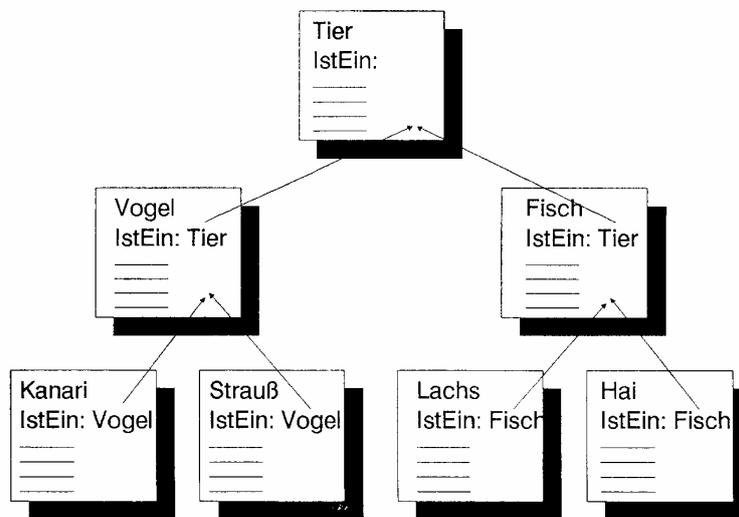


Ein *frame* (Rahmen) ist eine Bündelung von Knoten und Attribut-Wert Paaren in einem semantischen Netz, die in ihrer Gesamtheit ein stereotypes Objekt, eine Handlung, oder ein Ereignis beschreiben.



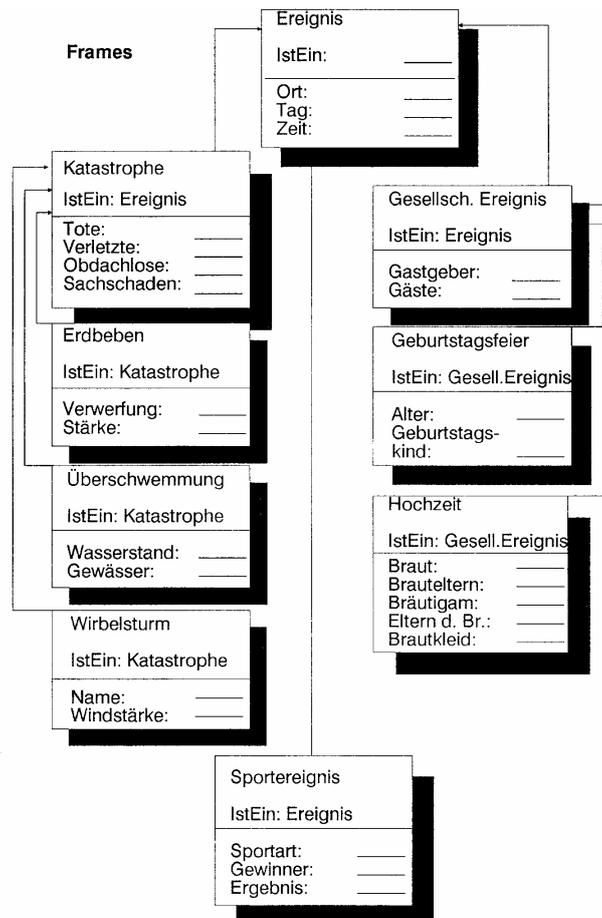
² Marvin Minsky, "A Framework for Representing Knowledge", In: J.Haugeland (ed.), *Mind Design*, Cambridge, MA: The MIT Press, 1981, 95-128.

Man kann einen *frame* daher zunächst als eine Teilansicht in einem semantischen Netz auffassen, in der alle mit einem Objekt verbundenen *Objekt-AttributWert-Tripel* zu einer Gesamtheit zusammengefasst werden. Damit wird das semantische Netz zu einer Frame-Hierarchie:



Erweiterungen:

1. Vorbelegungen (Default-Werte)
2. "Prozedurale Anbindung" (procedural attachment)
3. assoziierte Regelbündel



Erdbeben in Neurelien

Heute ereignete sich in Neurelien ein schweres Erdbeben von einer Stärke von 8.5. Das Beben tötete 25 Personen. Es gab 523 Verletzte. Der Sachschaden beträgt DM 500.000.000. Der Präsident von Neurelien teilte mit, dass das hart getroffene Gebiet in der Nähe der Santa Anna Verwerfung schon seit Jahren eine Gefahrenzone gewesen sei.

Zusammenfassung (Muster)

< Wert im Tag-Slot > ereignete sich in < Wert im Ort-Slot > ein Erdbeben. Es gab < Wert im Tote-Slot > Tote, < Wert im Verletzte-Slot > Verletzte, und einen Sachschaden in Höhe von DM < Wert im Sachschaden-Slot > . Die Stärke des Bebens betrug < Wert im Staerke-Slot > auf der Richter Skala, und die verursachende Verwerfung war < Wert im Verwerfung-Slot > .

Zusammenfassung (Instanziierung)

Heute ereignete sich in Neurelien ein Erdbeben. Es gab 25 Tote, 523 Verletzte, und einen Sachschaden in Höhe von DM 500.000.000. Die Stärke des Bebens betrug 8.5 auf der Richter Skala, und die verursachende Verwerfung war Santa Anna.

Erdbeben-13	
IstEin: Erdbeben	
Ort:	Neurelien
Tag:	heute
Tote:	25
Verletzte:	523
Sachschaden:	500,000,000
Stärke:	8.5
Verwerfung:	Santa Anna