

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
16. Juni 2005 (16.06.2005)

PCT

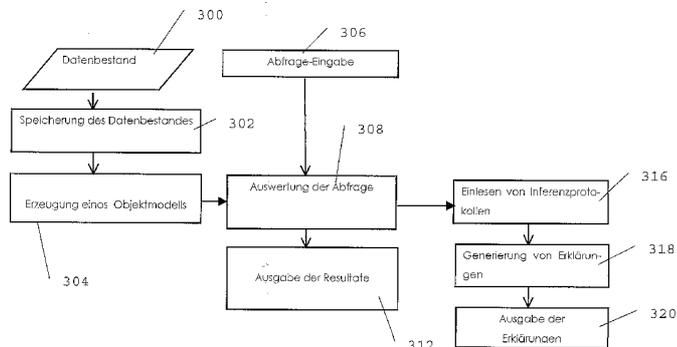
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/055134 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G06N 5/00 (72) Erfinder; und  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/013769 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ANGELE, Jürgen [DE/DE]; Bismarckstrasse 19, 76870 Kandel (DE).  
(22) Internationales Anmeldedatum: 3. Dezember 2004 (03.12.2004) (74) Anwalt: KÖLLNER & PARTNER; Kennedyallee 109, 60596 Frankfurt (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: 103 56 399.7 3. Dezember 2003 (03.12.2003) DE  
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ONTOPRISE GMBH [DE/DE]; Amalienbadstrasse 36, (Raumfabrik 29), 76227 Karlsruhe (DE).  
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INFERENCE MACHINE

(54) Bezeichnung: INFERENZMASCHINE



300 DATABASE  
306 QUESTION INPUT  
302 MEMORISATION OF THE DATABASE  
304 PRODUCTION OF AN OBJECT MODEL  
308 EVALUATION OF THE QUESTION  
312 OUTPUT OF THE RESULT  
316 READING OF INFERENCE PROTOCOLS  
318 GENERATION OF EXPLANATIONS  
320 OUTPUT OF EXPLANATIONS

(57) Abstract: The invention relates to an inference machine which is used to answer questions relating to predetermined data with the aid of an ontology, which is used to structure data, and a declarative system of rules, which reproduces additional knowledge. During the evaluation of a query, inference protocols, relating to the instantiation of the regulations which appear during evaluation, are read in an evaluation unit associated with the inference unit. Explanations relating to the evaluation of the rules are generated in the evaluation unit according to the inference protocols. A logical derivation of the answer becomes transparent. The system can answer technical questions and can carry out and explain technical considerations.

(57) Zusammenfassung: Für die Beantwortung von Fragen zu vorgegebenen Daten mit Hilfe einer Ontologie, durch die die Daten strukturiert sind, und einem deklarativen System von Regeln, welche zusätzliches Wissen abbilden, wird eine Inferenzmaschine eingesetzt. Während der Auswertung der Abfrage werden in einer der Inferenzeinheit zugeordneten Auswerteeinheit Inferenzprotokolle über Instantiierungen der Regeln, die während der Auswertung aufgetreten sind,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/055134 A2



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## Inferenzmaschine

## Beschreibung

## Gebiet der Erfindung

Inferenzmaschinen sind in der Lage, durch logisches Schließen  
5 Fragen zu beantworten oder neue Informationen aufzufinden.

Eine Schwierigkeit im Umgang mit Inferenzmaschinen besteht darin, dass die von einer Inferenzmaschine gegebenen Antworten für denjenigen, der die Frage gestellt hat, u. U. nicht nachvollziehbar sind. Damit ist es oft auch schwierig, unbefriedigende  
10 Antworten auf eine Frage dadurch zu verbessern, dass die Frage präziser gestellt wird.

15 Aufgabe

Aufgabe der Erfindung ist es, das Arbeiten mit Inferenzmaschinen benutzerfreundlicher zu gestalten.

## 5 Stand der Technik

Im Folgenden soll zunächst die Arbeitsweise einer Inferenzmaschine kurz erläutert werden.

10 Eine Inferenzmaschine basiert in der Regel auf einem Datenverarbeitungssystem bzw. einem Rechnersystem mit Mitteln zur Speicherung von Daten. Das Datenverarbeitungssystem hat eine Abfrageeinheit zur Ermittlung von Ausgangsgrößen unter Zugriff auf die abgespeicherten Daten. Die Daten sind vorgegebenen Klassen  
15 zugeordnet, die Bestandteil wenigstens einer abgespeicherten, ein Objektmodell bildenden Klassenstruktur sind. Häufig werden als Objektmodell sog. Ontologien verwendet.

Das Objektmodell wird vorzugsweise in Form einer hierarchi-  
20 schen Struktur der Klassen realisiert. Innerhalb der hierarchischen Struktur sind die Klassen einer bestimmten Ebene der hierarchischen Struktur genau einer Klasse der übergeordneten Ebene zugeordnet. Im Allgemeinen gibt es in einem solchen Fall nur eine einfache Vererbung von Eigenschaften. Im Allgemeinen kann  
25 die Klassenstruktur noch auf andere Arten ausgeführt werden, beispielsweise als azyklischer Graph, in dem auch Mehrfachvererbung zugelassen sein kann.

Den Klassen sind Attribute zugeordnet, die innerhalb einer  
30 Klassenstruktur weitervererbbar sind. Attribute sind Merkmale einer Klasse. Die Klasse "Person" kann beispielsweise das Attribut "Haarfarbe" haben. Diesem Attribut werden für unterschiedliche konkrete Personen (genannt "Instanzen") unter-

schiedliche Werte (genannt "Attributwerte") zugeordnet, z. B. braun, blond, schwarz, etc.

Die Abfrageeinheit enthält eine Inferenzmaschine bzw. Inferenz-  
5 einheit, mittels derer Regeln auswertbar sind.

Die Regeln verknüpfen Elemente der Klassenstruktur und/oder Daten. Als Elemente der Klassenstruktur werden dabei Klassen, Attribute, Synonyme, Relationen, also Beziehungen zwischen Elementen bzw. Zuordnungen, kurz all das bezeichnet, aus dem das  
10 Objektmodell bzw. die Klassenstruktur aufgebaut ist. Die Regeln sind i. d. R. als deklaratives System von Regeln ausgestaltet. Eine wichtige Eigenschaft eines deklarativen Systems von Regeln besteht darin, dass die Ergebnisse einer Auswertung nicht von  
15 der Reihenfolge der Definition der Regeln abhängen.

Die Regeln ermöglichen z. B. das Auffinden von Informationen, die nicht explizit durch die Suchbegriffe beschrieben wurden. Die Inferenzeinheit ermöglicht es sogar, durch Verknüpfen von  
20 einzelnen Aussagen neue Informationen zu erzeugen, die nicht explizit in den Daten enthalten waren, sondern sich nur aus den Daten erschließen lassen.

Über die Abfrageeinheit können als Eingabegrößen Abfragebegriffe  
25 eingegeben werden, welche nicht nur von den abgespeicherten Daten gebildet sind, sondern auch von den Klassen oder Attributen der Klassenstruktur gebildet sein können. Neben einer Frage: "Welche Artikel hat Herr Mustermann verfasst?" - Mustermann wäre ein konkreter Name aus den Daten - sind auch Fragen vom  
30 Typ: "Wie lauten die Namen aller Angestellten des Unternehmens X?" möglich. In einem solchen Beispiel würde mit einem Suchbegriff nicht nach dem konkreten Namen eines Angestellten, sondern nach den Werten des Attributs "hatName" aller Instanzen

der Angestellten gesucht, die mit der Instanz X aus der Klasse der Unternehmen in Beziehung stehen, und zwar in der Beziehung "istAngestellt".

5 Derartige Abfragen werden häufig in der Sprache F-Logik formuliert (J. Angele, G. Lausen: "Ontologies in F-Logic" in S. Staab, R. Studer (Eds.): Handbook on Ontologies in Information Systems. International Handbooks on Information Systems, Springer Verlag, 2003, Seite 29). Zum groben, intuitiven Verständnis  
10 von F-Logik mag das folgende Beispiel dienen, welches die Beziehungen zwischen bekannten biblischen Personen abbildet:

Zunächst einige Fakten:

15 abraham:man.  
sarah:woman.  
isaac:man[fatherIs->abraham; motherIs->sarah].  
ishmael:man[fatherIs->abraham; motherIs->hagar:woman].  
20 jacob:man[fatherIs->isaac; motherIs->rebekah:woman].  
esau:man[fatherIs->isaac; motherIs->rebekah].

Man erkennt gewisse Klassen: "man" und "woman", also "Mann" und "Frau". Abraham ist also ein Mann. Die Klasse "man" hat z. B. die Attribute "father" und "mother", die Attribute geben also  
25 die Eltern an. Z. B. hat der Mann Isaak den Vater Abraham und die Mutter Sarah.

F-Logik ist erkennbar auch als Sprache geeignet, um eine Klassenstruktur zu formulieren. Neben F-Logik werden vorzugsweise  
30 jedoch die Ontologie-Sprachen RDF, DAML+OIL und OWL zur Definition von Klassenstrukturen verwendet.

Weiter mit einigen Regeln, die Zusammenhänge wiedergeben:

```
FORALL X,Y X[sonIs->>Y] <- Y:man[fatherIs->X].  
FORALL X,Y X[sonIs->>Y] <- Y:man[motherIs->X].  
FORALL X,Y X[daughterIs->>Y] <- Y:woman[fatherIs->X].  
5 FORALL X,Y X[daughterIs->>Y] <- Y:woman[motherIs->X].
```

Regeln in F-Logik weisen stets links einen Regelkopf und rechts einen Regelkörper auf. Die erste Regel lautet übersetzt z. B.:  
Ist Y ein Mann, dessen Vater X war, so ist Y einer der Söhne  
10 von X. Dabei zeigt der einfache Pfeil "->" an, dass für ein bestimmtes Attribut nur ein Wert möglich ist, während der doppelte Pfeil "->>" anzeigt, dass mehrere Werte möglich sind.

Schließlich eine Abfrage, die nach allen Frauen fragt, die einen Sohn haben, dessen Vater Abraham ist. Mit anderen Worten:  
15 Mit welchen Frauen hatte Abraham einen Sohn?

```
FORALL X,Y <- X:woman[sonIs->>Y[fatherIs->abraham]].
```

20 Eine Abfrage hat die Form einer Regel, jedoch ohne den links stehenden Regelkopf. Die Antwort lautet:

```
X = sarah  
X = hagar.
```

25

Derartige Systeme sind z. B. aus der DE 101 03 845 A1 bekannt.

Lösung

30

Die Aufgabe wird durch die Erfindungen mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet. Der

Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird hiermit durch Bezugnahme zum Inhalt dieser Beschreibung gemacht.

Das erfindungsgemäße Datenverarbeitungssystem weist wenigstens  
5 eine Informationserzeugungseinheit und/oder Speichereinheit zur Speicherung und/oder Generierung von einen Datenbestand bildenden Daten auf. Dabei können Informationen z. B. über Sensoren, das Internet, über mit dem Internet verbundene Sensoren oder sonstige Eingabemöglichkeiten gewonnen werden. Als Daten  
10 kommen z. B. Betriebszustände von Maschinen in Frage, ferner Temperaturwerte von verschiedenen Städten in der Welt und weitere Daten, wie sie z. B. in den folgenden Beispielen genannt werden.

15 Ferner hat das Datenverarbeitungssystem wenigstens eine Rechereinheit zur Generierung eines Objektmodells, welches aus einer Klassenstruktur mit Klassen und i. d. R. diesen zugeordneten Attributen besteht. Die Daten sind mittels des Objektmodells strukturierbar.:

20

Neben der Klassenstruktur umfasst das Objektmodell ein deklaratives System von Regeln.

Das Datenverarbeitungssystem hat eine Ein/Ausgabereinheit zur  
25 Eingabe einer Abfrage und zur Ausgabe von Antworten auf die Abfrage. Ferner eine Inferenzeinheit, in welcher zur Generierung einer Antwort auf eine Abfrage die Regeln ausgewertet werden.

Der Inferenzeinheit ist eine Auswertereinheit zugeordnet, wobei  
30 in diese Inferenzprotokolle über Instantiierungen von Regeln einlesbar sind. In der Auswertereinheit werden in Abhängigkeit der Inferenzprotokolle Erklärungen über die Auswertung von Regeln generiert.

Durch die Ausgabe von Erklärungen erhält ein Benutzer auf eine von ihm durchgeführte Abfrage eine Dokumentation, wie diese Abfrage abgearbeitet wurde, um darauf eine bestimmte Ausgabegröße zu generieren. Die logischen Schritte, die Herleitung zur Beantwortung der Frage wird aufgezeigt. Anhand der Erklärungen erhält der Benutzer somit eine Kontrollmöglichkeit über das Zustandekommen der Antwort auf eine Abfrage. Insbesondere kann der Benutzer anhand der Erklärungen die Relevanz und Glaubwürdigkeit, d. h. allgemein die Güte einer im Datenverarbeitungssystem generierten Ausgabegröße überprüfen. Ein weiteres Vorteil besteht für den Benutzer darin, dass dieser anhand der angegebenen Erklärungen nachfolgende Abfragen exakter formulieren kann. Damit wird ein Datenverarbeitungssystem mit erheblich verbesserten Recherchemöglichkeiten geschaffen.

Mit einem solchen System können technische Fragen beantwortet werden. Es kann z. B. ein technisches Expertensystem aufgebaut werden, das in der Lage ist, technisch korrekte Überlegungen anzustellen, technisch korrekte Schlüsse zu ziehen und diese auch zu erklären. Es können technische Vorschläge, basierend auf technischen Überlegungen, unterbreitet werden.

Die Generierung der Erklärungen erfolgt in einer Auswerteeinheit, welche bevorzugt eine Inferenzeinheit aufweist. In dieser Inferenzeinheit werden die Erklärungen durch Auswertung vorgegebener Erklärungsregeln generiert. Als Eingangsgrößen hierfür dienen Inferenzprotokolle, welche die Fakten (Instanzen) enthalten, die bei der Instantiierung von Regeln in der Inferenzeinheit der Abfrageeinheit zur Bearbeitung einer Abfrage verwendet wurden.

Die Generierung der Erklärungen erfolgt damit analog zur Aus-

wertung der Abfragen durch Auswertung von Regeln, die applikationsspezifisch vorgegeben und bei Bedarf geändert werden können.

5 Gemäß einer ersten Variante kann dabei zu jedem durch eine Regel definierten Inferenzschritt, der zur Abarbeitung einer Abfrage in der Inferenzeinheit der Abfrageeinheit durchgeführt wird, eine Erklärung generiert und als Ausgangsgröße ausgegeben werden. Bei dieser Variante wird der größtmögliche Detail-  
10 lierungsgrad bei der Generierung der Erklärungen erhalten, da jeder Inferenzschritt einzeln dokumentiert wird.

Gemäß einer zweiten Variante können mehrere Inferenzschritte zur Abarbeitung von Abfragen in einer Erklärung abgehandelt  
15 werden. Damit wird ein höherer Abstraktionsgrad der Erklärung erhalten.

Die Generierung der Erklärungen erfolgt dabei in jedem Fall mittels Erklärungsregeln, die in der Inferenzeinheit der Auswerteeinheit abgearbeitet werden. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung sind weitere Erklärungsregeln vorgesehen, um eine Auswahl zwischen verschiedenen Erklärungsmöglichkeiten zu treffen. Insbesondere kann mit derartigen Erklärungsregeln die Ausgabe von redundanten Erklärungen vermieden werden.

25

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform werden zur Generierung der Erklärungen externe Daten miteinbezogen, wodurch die Aussagefähigkeit der Erklärungen erheblich erhöht wird. Besonders vorteilhaft können diese Daten in wenigstens einem Objektmodell strukturiert sein.  
30

Ein Beispiel für derartige externe Daten sind Benutzerprofile von Benutzern, welche das Datenverarbeitungssystem zu Recher-

chenzwecken nutzen. Durch die Auswertung der Benutzerprofile werden Erklärungen generiert, welche an den jeweiligen Benutzer, insbesondere dessen Kenntnisstand, Ausbildung und dergleichen, optimal angepasst sind.

5

Die Aufgabe der Erfindung wird ferner durch ein Verfahren gelöst. Im Folgenden werden einzelne Verfahrensschritte näher beschrieben. Die Schritte müssen nicht notwendigerweise in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden, und das zu schil-  
10 dernde Verfahren kann auch weitere, nicht genannte Schritte aufweisen.

Verfahrensgemäß werden - insbesondere unter Verwendung eines Datenverarbeitungssystems - die folgenden Schritte durchgeführt. Zunächst wird ein Datenbestand generiert und/oder ge-  
15 speichert. Ferner wird ein Objektmodell erzeugt, bestehend aus einer Klassenstruktur und einem deklarativen System von Regeln. Die Daten sind mit Hilfe des Objektmodells strukturierbar. Die  
Regeln verknüpfen Elemente der Klassenstruktur und/oder Daten. Eine  
20 Abfrage wird eingegeben. Eine Inferenzeinheit wertet die Abfrage durch Auswerten der Regeln aus. Während der Auswertung der Abfrage werden in einer der Inferenzeinheit zugeordneten Auswerteeinheit Inferenzprotokolle über Instantiierungen der Regeln, die während der Auswertung aufgetreten sind, generiert.  
25 In der Auswerteeinheit werden in Abhängigkeit der Inferenzprotokolle Erklärungen über die Auswertung der Regeln generiert.

Ferner gehört zum Umfang der Erfindung ein Computerprogramm, das bei Ablauf auf einem Computer oder auf einer Mehrzahl von  
30 Computern eines Computer-Netzwerks das erfindungsgemäße Verfahren in einer seiner Ausgestaltungen ausführt.

Weiterhin gehört zum Umfang der Erfindung ein Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um das erfindungsgemäße Verfahren in einer seiner Ausgestaltungen durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer oder auf einer Mehrzahl von Computern eines  
5 Computer-Netzwerks ausgeführt wird. Insbesondere können die Programmcode-Mittel auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sein.

Außerdem gehört zum Umfang der Erfindung ein Datenträger, auf  
10 dem eine Datenstruktur gespeichert ist, die nach einem Laden in einen Arbeits- und/oder Hauptspeicher eines Computers oder einer Mehrzahl von Computern eines Computer-Netzwerks das erfindungsgemäße Verfahren in einer seiner Ausgestaltungen ausführen kann.

15 Auch gehört zum Umfang der Erfindung ein Computerprogramm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode-Mitteln, um das erfindungsgemäße Verfahren in einer seiner Ausgestaltungen durchzuführen, wenn das Programm auf  
20 einem Computer oder auf einer Mehrzahl von Computern eines Computer-Netzwerks ausgeführt wird.

Dabei wird unter einem Computer-Programmprodukt das Programm als handelbares Produkt verstanden. Es kann grundsätzlich in  
25 beliebiger Form vorliegen, so zum Beispiel auf Papier oder einem computerlesbaren Datenträger und kann insbesondere über ein Datenübertragungsnetz verteilt werden.

Schließlich gehört zum Umfang der Erfindung ein moduliertes Datensignal, welches von einem Computersystem oder von einer  
30 Mehrzahl von Computern eines Computer-Netzwerks ausführbare Instruktionen zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer seiner Ausgestaltungen enthält. Als Computersystem kommen

sowohl ein Stand-alone Computer in Betracht, als auch eine Netzwerk von Rechnern, beispielsweise ein hausinternes, geschlossenes Netz, oder auch Rechner, die über das Internet miteinander verbunden sind. Ferner kann das Computersystem durch  
5 eine Client-Server-Konstellation realisiert sein, wobei Teile der Erfindung auf dem Server, andere auf einem Client ablaufen.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Unteransprüchen. Hierbei können  
10 die jeweiligen Merkmale für sich alleine oder zu mehreren in Kombination miteinander verwirklicht sein. Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt.

15 Die Ausführungsbeispiele sind in den Figuren schematisch dargestellt. Gleiche Bezugsziffern in den einzelnen Figuren bezeichnen dabei gleiche oder funktionsgleiche bzw. hinsichtlich ihrer Funktionen einander entsprechende Elemente. Im Einzelnen zeigt:

20 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Datenverarbeitungssystems;

Fig. 2 ein Beispiel einer Klassenstruktur für das Datenverarbeitungssystem gemäß Figur 1;

25 Fig. 3 eine schematische Darstellung des Verfahrensablauf.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Datenverarbeitungssystems 1. Das Datenverarbeitungssystem 1 weist  
30 eine Speichereinheit 2 auf, auf welcher ein Bestand von Daten gespeichert ist. Die Speichereinheit 2 ist von einem Datenbanksystem, einem Filesystem (d. h. von einer Menge von auf einem Computer gespeicherten Dateien) oder dergleichen gebildet.

Prinzipiell können auch mehrere, gegebenenfalls auf unterschiedlichen Rechnersystemen integrierte Datenbanksysteme vorgesehen sein.

5 Der Speichereinheit 2 ist ein Server 3 zugeordnet, über welchen ein Zugriff auf die in der Speichereinheit 2 gespeicherten Daten erfolgt. Diesem Server 3 ist eine Rechereinheit 4 zugeordnet. Die Rechereinheit 4 besteht aus einem Prozessorsystem oder dergleichen. Im einfachsten Fall ist die Rechereinheit 4  
10 von einem Personalcomputer oder einer Workstation gebildet.

Die Rechereinheit 4 weist ein erstes Software-Modul 5 auf, mittels dessen ein eine Ontologie bildendes Objektmodell generierbar ist. Mittels des Objektmodells sind die Daten des Speichersystems in einer Klassenstruktur strukturierbar.  
15

Das Software-Modul 5 steht in Verbindung mit einer Abfrageeinheit 6, die ebenfalls aus einem Software-Modul besteht. In der Abfrageeinheit 6 ist eine erste Inferenzeinheit 7 implementiert.  
20

Die Rechereinheit 4 gemäß Figur 1 umfasst weiterhin eine Ein-/Ausgabereinheit 8 über welche Informationen in die Rechereinheit 4 eingebbar bzw. aus der Rechereinheit 4 ausgebar sind.  
25 Die Ein-/Ausgabereinheit 8 besteht im Wesentlichen aus einem Terminal.

Die Abfrageeinheit 6 ist über ein Schnittstellenmodul 9 mit einer Auswertereinheit 10 verbunden, in welcher eine zweite Inferenzeinheit 11 implementiert ist. Weiterhin weist die Auswertereinheit 10 ein Software-Modul 12 auf, mittels dessen ein weiteres Objektmodell generierbar ist. Mit diesem Objektmodell können externe Daten strukturiert werden. Der Zugang zu den exter-  
30

nen Daten erfolgt über den Server 3 oder geeignete Schnittstellenkomponenten.

Die Funktion des Datenverarbeitungssystems 1 gemäß Figur 1 wird  
5 im Folgenden unter Bezug auf die Figur 2 erläutert.

Der in der Speichereinheit 2 gespeicherte Bestand der Daten wird mittels des mit dem Software-Modul 5 generierten Objektmodells strukturiert. Ein derartiges Objektmodell stellt generell  
10 eine Ontologie dar und weist eine Struktur von Klassen auf, wobei die Struktur als hierarchische Struktur ausgebildet sein kann. Bei hierarchischen Strukturen sind Klassen einer vorgegebenen Ebene jeweils genau einer Klasse einer darüber liegenden Ebene zugeordnet. Es sind nur Einfachvererbungen zugelassen.  
15 Allgemein kann die Klassenstruktur auch als azyklischer Graph ausgebildet sein, bei welchem Mehrfachvererbungen zugelassen sind.

Figur 2 zeigt beispielhaft zwei derartige hierarchische Klassenstrukturen, die jeweils ein Objektmodell bilden. Das erste  
20 Objektmodell enthält eine Klasse "Veröffentlichungen", welcher als Unterklasse "Vorträge" und "Dokumente" zugeordnet sind. Das zweite Objektmodell enthält eine Klasse "Personen", welcher als Unterklassen "Selbstständige" und "Angestellte" zugeordnet  
25 sind. Der Unterklasse "Angestellte" sind als weitere Unterklassen "technische Angestellte" und "kaufmännische Angestellte" zugeordnet.

Den Klassen jeweils einer hierarchischen Klassenstruktur sind  
30 bestimmte Attribute zugeordnet. Dabei wird ein Attribut, welches einer Klasse wie zum Beispiel der Klasse "Personen" zugeordnet ist, an die der Klasse untergeordneten Unterklassen weiter vererbt. Ein derartiges Attribut kann beispielsweise ein

Unternehmensstandort sein. Dieses Attribut wird innerhalb der Klassenstruktur, im vorliegenden Beispiel an die untergeordneten Klassen "Selbstständige" und "Angestellte" sowie auch die dieser Klasse zugeordneten Unterklassen "kaufmännische Angestellte" und "technische Angestellte" vererbt.

Auf diese Weise entsteht eine besonders effiziente Strukturierung der Daten. Zur Durchführung von Recherchen in dem Datenbestand werden von einem Benutzer Abfragen als Eingabegrößen über die Ein-/Ausgabeeinheit 8 der Rechereinheit 4 eingegeben. Die Bearbeitung der Abfragen erfolgt in der Abfrageeinheit 6, insbesondere in der dort implementierten Inferenzeinheit 7. Dabei werden dort zur Bearbeitung einer Abfrage passende Regeln gesucht und ausgewertet.

15

Die Regeln in der Inferenzeinheit 7 beinhalten logische Verknüpfungen zwischen Klassen und/oder Attributen und/oder Daten des Datenbestandes. Da es sich bei den Regeln um ein deklaratives System handelt, spielt die Reihenfolge der Definition der Regeln keine Rolle. In der Inferenzeinheit 7 werden die einer Abfrage zugeordneten Regeln zur Generierung definierter Ausgabegrößen ausgewertet. Zweckmäßigerweise werden die Ausgabegrößen dann über die Ein-/Ausgabeeinheit 8 ausgegeben.

25 Die Regeln sind vorzugsweise in den Regelsprachen F-Logic, OWL, TRIPLE, SWRL oder RULEML abgefasst, wobei die Klassenstruktur der Ontologie vorzugsweise als F-Logic, RDF(S) oder OWL Modell ausgebildet ist.

30 Durch die Verknüpfung von Attributen und Klassen über eine vorgegebene Anzahl von Regeln können auf einfache Weise Untermenüen von Daten im Datenbestand abgefragt werden, ohne dass dabei in den Abfragebefehlen auf bestimmte Daten Bezug genommen wer-

den muss.

### Beispiel 1

5

Im Folgenden wird ein Beispiel für eine Abfrage dieses Typs beschrieben. Ein Benutzer möchte sich nach der Expertise einer Person erkundigen, welche dem Benutzer unter dem Namen "Mustermann" bekannt ist. Für eine bestimmte Ontologie könnte eine  
10 entsprechende Abfrage in F-Logic wie folgt ausgedrückt werden:

```
FORALL X,Y <- X:Person[Name->Mustermann; Kenntnis->>Y].
```

Eine Regel, die verwendet werden kann, um diese Abfrage zu beantworten, kann wie folgt formuliert werden: "Wenn eine Person  
15 ein Dokument schreibt, und dieses Dokument handelt von einem gegebenen Thema, dann hat diese Person Wissen über dieses Thema." In F-Logic könnte diese Regel folgendermaßen ausgedrückt werden (sehen Sie unten):

20

```
FORALL X,Y,Z Y[Kenntnis->>Z] <- X:Dokument[Autor->>Y:Person]  
AND X[Thema->>Z].
```

Die Klassen "Person" und "Dokument" werden auf diese Weise miteinander  
25 einander verbunden. Bezug wird dabei auf das Thema des Dokuments genommen, welches ein Attribut der Klasse "Dokument" ist. Die Expertise der Person mit dem Namen "Mustermann" erhält man als Ausgangsgrößen für die oben formulierte Abfrage.

30 Für die Implementierung dieses Beispiels können verschiedene Logik-Sprachen verwendet werden. Als Beispiel wird eine Implementierung mit der bevorzugten Logic-Sprache "F-Logic" beschrieben.

- 16 -

```

/* Ontologie */
Autor:: Person. Thema:: science.
biotechnology: Thema.
5 physics: Thema.
chemistry: Thema.
Dokument [Autor=>>Autor; Thema=>>Thema].
Person [AutorVon=>>Dokument].

```

10 In diesem ersten Abschnitt wird die Ontologie selbst definiert.  
Die Daten enthalten Dokumente mit zwei relevanten Attributen:  
dem Autor und dem Wissensgebiet.

```

/* Fakten */
15 Paul: Person.
Anna: Person.
Mustermann: Person.
doc1: Dokument [Thema->>biotechnology; Autor->>Paul].
doc2: Dokument [Thema->>biotechnology; Autor->>Paul].
20 doc3: Dokument [Thema->>chemistry; Autor->>Paul].
doc10: Dokument [Thema->>physics; Autor->>Anna].
doc101: Dokument [Thema->>physics; Autor->>Anna].
doc200: Dokument [Thema->>biotechnology; Autor->>Mustermann].

```

25 In diesem Abschnitt definierten wir die Fakten der Ontologie.  
Das sind sechs Dokumente (bezeichnet mit doc1, ..., doc200) mit  
den genannten Themen und den genannten Autoren. Es folgt eine  
alternative Formulierung der o. g. Abfrage:

```

30 /* Abfrage */
FORALL X <- Mustermann [Kenntnis->>X:Thema].

```

Dieser Abschnitt ist der eigentliche Abfrage-Abschnitt. Mit der Regel, die im vorhergehenden Abschnitt definiert wurde, leiten wir durch logisches Schließen die Expertise des Autors "Mustermann" ab.

5

In der Inferenzeinheit 7 wird die o. g. Abfrage mit Hilfe der o. g. Regel ausgewertet. Dies wird an Hand des sog. "*forward chaining*" Verfahrens erläutert. Dabei werden die Regeln auf die Fakten und die dadurch gewonnenen Fakten so lang angewendet,  
10 wie neue Daten abgeleitet werden können.

Mit den o. g. Fakten über die Dokumente und mit der o. g. Regel:

15           FORALL    X,Y,Z    Y[Kenntnis->>Z]    <-    X:Dokument [Autor->>Y:Person] and X[Thema->>Z].

werden zunächst alle Ersetzungen der Variablen X, Y und Z gesucht, für die der Regelkörper (die rechte Seite) logisch wahr  
20 ist:

          X=doc1, Y=Paul, Z=biotechnology  
          X=doc2, Y=Paul, Z=biotechnology  
          X=doc3, Y=Paul, Z=chemistry  
25         X=doc100, Y=Anna, Z=physics  
          X=doc101, Y=Anna, Z=physics  
          X=doc200, Y=Mustermann, Z=biotechnology

Nachdem die Variablen im Regelkopf durch diese Werte ersetzt  
30 wurden, ergeben sich als Ergebnis folgende abgeleitete Fakten:

          Paul [Kenntnis->>biotechnology].  
          Paul [Kenntnis->>chemistry].

Anna [Kenntnis->>physics].

Mustermann [Kenntnis->>biotechnology].

Im nächsten Schritt der Beantwortung unserer Abfrage

5

FORALL X <- Mustermann [Kenntnis->>X:Thema].

werden diejenigen Werte für X gesucht, für die die Abfrage logisch wahr ist:

10

X = biotechnology

Diese Variablensubstitution liefert das Ergebnis unserer Abfrage. Das Ergebnis wird vorzugsweise über die Ein-/Ausgabeeinheit 8 ausgegeben.

15

Die Bearbeitung der Abfrage erfolgte durch eine Instantiierung der Regel, d. h. der Regel werden als konkrete Werte, so genannte Instanzen (Fakten), die Eingangsgrößen "Kenntnis" und

20

"Mustermann" zugeordnet.

In der Auswerteeinheit 10 wird hierzu eine Erklärung generiert, welche als weitere Ausgabegröße über die Ein-/Ausgabeeinheit 8 ausgegeben wird. Zur Generierung der Erklärung für das Zustandekommen des Abfrageergebnisses auf die Abfrage des Benutzers wird über das Schnittstellenmodul 9 ein Inferenzprotokoll in die Inferenzeinheit 11 der Auswerteeinheit 10 eingelesen. Das Inferenzprotokoll beinhaltet generell eine Indizierung, die angibt, welche Regeln bei einer Abfrage abgearbeitet wurden. Weiterhin enthält das Inferenzprotokoll die Instanzen (Fakten) der jeweiligen Regeln zur Bearbeitung der Abfrage.

30

Im vorliegenden Beispiel enthält das Inferenzprotokoll neben

der Information, dass die eine Regel abgearbeitet wurde als Instanzen:

Person = Mustermann  
Dokument = doc200  
5 Thema = Biotechnologie

In der Inferenzeinheit 11 der Auswerteeinheit 10 erfolgt die Generierung der Erklärung für die Regel durch eine Erklärungsregel, die im vorliegenden Fall lautet:

10 Person "hat das Dokument" Dokument "geschrieben."  
"Das Dokument handelt von" Thema.  
"Deshalb hat" Person "Kenntnisse über" Thema.

15 Dabei bilden Person, Dokument und Thema Variablen, welchen die Instanzen des Inferenzprotokolls zur Abarbeitung der Erklärungsregeln zugewiesen wurden.

Hierbei bildet Person die Variable Personenwert, welcher im vorliegenden Fall die Instanz "Mustermann" zugewiesen wird. Dokument bildet die Variable Dokumentenwert, welcher die Instanzen "doc200" zugewiesen werden. Schließlich bildet Thema die Variable Themenwert, welcher die Instanz "Biotechnologie" zugewiesen wird.

25 Auf diese Weise wird mittels des Inferenzprotokolls und der Erklärungsregeln folgende Erklärung generiert und als Ausgabegröße über die Ein/Ausgabeeinheit 8 ausgegeben:

30 "Mustermann hat das Dokument doc200 geschrieben. Das Dokument handelt von Biotechnologie. Deshalb hat Mustermann Kenntnisse über Biotechnologie."

In der Inferenzeinheit 7 der Abfrageeinheit 6 sind eine Vielzahl von Regeln implementiert, wobei generell zur Bearbeitung einer Abfrage auch mehrere Regeln abgearbeitet werden können.

5 Die Generierung von Erklärungen kann prinzipiell derart erfolgen, dass für jede Regel, die in der Inferenzeinheit 7 abgearbeitet wird, eine Erklärung in der Inferenzeinheit 11 generiert wird. Dieser Fall stellt die größtmögliche Detaillierung in der Erzeugung von Erklärungen dar.

10

Alternativ kann auch für mehrere Regeln, die zur Abarbeitung einer Abfrage benötigt werden, eine einzige Erklärung generiert werden, welche dann einen höheren Abstraktionsgrad aufweist.

15

#### Beispiel 2

Ein weiteres Beispiel für die Generierung von Erklärungen ist die Beschreibung eines chemischen Prozesses.

20

Für den Fall, dass für jede Regel, d. h. jeden Inferenzschritt, der in der Inferenzeinheit 7 durchgeführt wird, eine separate Erklärung zur Beschreibung des chemischen Prozesses generiert wird, kann für einen dreistufigen chemischen Prozess, der im  
25 folgenden Beispiel eine Ausfällungsreaktion ist, folgendes dreistufige Erklärungsschema generiert werden:

a) Auflösung der Substanzen AB und CD in Lösung in ihre ionischen Komponenten A+, B-, C-, D+.

30

b) Bildung einer unlöslichen Substanz AC aus diesen Komponenten.

c) Ausfällung der Substanz AC aus der Lösung als Ausfällungsreaktion.

In F-Logic kann dies beispielsweise wie folgt ausgedrückt werden:

```

// die Substanzen
m1:IonicMolecule[cation->A; anion->B].
m2:IonicMolecule[cation->D; anion->C].
10 m3:IonicMolecule[cation->A; anion->C].
m3:InsolubleMolecule.

// die Mixtur
mx:Mixture[component->>{m1,m2}].
15

// Rekombination der Ionen
// falls Stoff M1 und Stoff M2 in der Lösung und falls M3
(kombiniert aus den Ionen von M1 und M2) ein ionischer
Stoff ist, so ist auch M3 in der Lösung enthalten.
20 FORALL M,M1,M2,M3,M1C,M1A,M2C,M2A
Rule recombination: M[component->>{M3}] <-
M:Mixture[component->>{M1,M2}] and M1:IonicMolecule[cation-
>M1C; anion->M1A] and M2:IonicMolecule[cation->M2C; anion-
>M2A] and M3:IonicMolecule[cation->M1C; anion->M2A].
25

// Definition der Ausfallstoffe
FORALL M,C,B,D
Rule dropout: M[dropoutfaelltaus->>C] <-
M:Mixture[component->>{C,B,D}] and C:InsolubleMolecule and
30 C!=B and B!=D.

```

Die Erklärungen werden parallel dazu generiert.

Durch den Einsatz zusätzlicher Erklärungsregeln kann die vorgenannte mehrstufige Beschreibung bestehend aus den drei Erklärungen zu einer abstrakten Erklärung zusammengefasst werden, nämlich:

5

"In einer Lösung mit den Substanzen AB und CD fällt die Substanz AC aus."

In F-Logic kann diese abstrakte Erklärung beispielsweise wie folgt ausgedrückt werden:

10

```
FORALL Out, BV, DV, CV
Explanation(Out) <- I:Instantiation[rule->dropout; value@(B)-> BV; value@(D)->DV; value@(C)->CV] and Out is „In
einer Lösung mit den Stoffen [BV] und [DV] fällt die Substanz [CV] aus“.
```

15

In einer weiteren Ausgestaltung können Erklärungsregeln dazu eingesetzt werden, um redundante Erklärungen zu vermeiden.

20

Beispielsweise kann im Bereich der Chemie der Säuregrad zweier Substanzen durch Bestimmung der pH-Werte bestimmt werden, die durch die Mengen der in wässrigen Lösungen gelösten jeweiligen Substanzen berechnet werden. Alternativ kann eine qualitative Bestimmung erfolgen, beispielsweise durch Bestimmung der Anzahl von Sauerstoff-Atomen in den Formeln dieser Substanzen. Beide Berechnungsmethoden können in Form von Erklärungen von der Inferenzeinheit 11 als Ausgabegrößen zur Beschreibung der Substanzen ausgegeben werden. Mittels zusätzlicher Erklärungsregeln kann anhand einer Relevanzprüfung nur eine der beiden Erklärungen ausgewählt werden, so dass die Ausgabegrößen keine redundanten Erklärungen mehr aufweisen.

30

Da die Auswerteeinheit 10 eine Schnittstelle zu externen Daten aufweist, können auch diese externen Daten als definiertes externes Wissen in die Generierung von Erklärungen mit einbezogen werden. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 weist die Auswerteeinheit 10 neben der Inferenzeinheit 11 das Software-Modul 12 auf, mittels dessen wenigstens ein Objektmodell zur Strukturierung von externen Daten generiert wird. Die Funktionsweise der Inferenzeinheit 11 und des Software-Moduls 12 ist dabei analog zur Inferenzeinheit 7 und dem zugeordneten Software-Modul 5.

Ein Beispiel für derartige externe Daten sind im Fall der Beschreibung chemischer Prozesse Namen zur Beschreibung von chemischen Substanzen. Falls bei der Durchführung von Abfragen betreffend chemische Prozesse in dem Datenbestand der Speichereinheit 2 chemische Substanzen durch chemische Formeln gekennzeichnet sind, so könnten ohne Zugriff auf die externen Daten generierte Erklärungen nur diese chemischen Formeln zur Beschreibung und Dokumentation chemischer Prozesse enthalten. Durch den zusätzlichen Zugriff auf die externen Daten können bei der Formulierung der Erklärungen zur Beschreibung von Substanzen anstelle der chemischen Formeln auch deren Namen verwendet werden. Ein einfaches Beispiel für einen derartigen Namen ist Wasser zur Beschreibung der Substanz  $H_2O$ .

Ein weiteres Beispiel für externe Daten sind Benutzerprofile, welche das Datenverarbeitungssystem 1 nutzt. Die Benutzerprofile sind als Datenfiles vorzugsweise in der Rechereinheit 4 abgespeichert und werden mit einem in dem Software-Modul 12 generierten Objektmodell strukturiert.

In Abhängigkeit dieser Daten kann mittels Erklärungsregeln in der Inferenzeinheit 11 eine Auswahl von mit weiteren Erklä-

rungsregeln generierten Erklärungen erfolgen. Damit wird erreicht, dass die ausgewählten, über die Ein/Ausgabeeinheit 8 ausgegebenen Erklärungen an die jeweiligen Benutzerprofile angepasst sind.

5

Beispielsweise können so die in der Inferenzeinheit 11 generierten Erklärungen an den Kenntnisstand des jeweiligen Benutzers angepasst sein. Für den Fall, dass mit den Erklärungen chemische Prozesse erklärt werden, können die Erklärungen auf qualitativer Ebene erfolgen, falls es sich bei dem Benutzer um einen Studenten oder Schüler handelt. Ist dagegen der Benutzer beispielsweise ein promovierter Chemiker können die Erklärungen auch quantitativen Berechnungen enthalten.

10

15

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung des Verfahrensablaufes im Datenverarbeitungssystem. Zunächst wird im Schritt 300 ein Datenbestand generiert und/oder es erfolgt eine Speicherung 302 des Datenbestandes. Ferner wird in Schritt 304 ein Objektmodell erzeugt, welches aus einem deklarativen System von

20

Regeln und einer Klassenstruktur besteht. Dabei sind die Daten mit Hilfe des Objektmodells strukturiert. Die Regeln verknüpfen Elemente der Klassenstruktur und/oder Daten miteinander. Über eine Eingabeeinrichtung wird eine Abfrage 306 eingegeben. Die Auswertung 308 der Abfrage erfolgt in einer Inferenzeinheit

25

durch Auswerten der Regeln. Die Ausgabe 312 der Resultate der Auswertung 308 erfolgt über eine Ausgabeeinheit. Während der Auswertung 308 erfolgt in einer Auswerteeinheit, die der Inferenzeinheit zugeordnet ist, ein Einlesen 316 von Inferenzprotokollen über Instantiierungen der Regeln, die während der Auswertung aufgetreten sind. In Abhängigkeit von den Inferenzprotokollen werden in der Auswerteeinheit in Schritt 318 Erklärungen über die Auswertung der Regeln generiert. Über eine Ausga-

30

beeinheit erfolgt in Schritt 320 die Ausgabe der generierten Erklärungen.

## Bezugszeichen

1	Datenverarbeitungssystem	
2	Speichereinheit	
3	Server	
5	4	Rechnereinheit
5	Software-Modul	
6	Abfrageeinheit	
7	Erste Inferenzeinheit	
8	Ein-/Ausgabereinheit	
10	9	Schnittstellenmodul
10	Auswertereinheit	
11	Zweite Inferenzeinheit	
12	Software-Modul	
300	Datenbestand	
15	302	Speicherung des Datenbestandes
304	Erzeugung eines Objektmodells	
306	Abfrage-Eingabe	
308	Auswertung der Abfrage	
312	Ausgabe der Resultate	
20	316	Einlesen von Inferenzprotokollen
318	Generierung von Erklärungen	
320	Ausgabe von Erklärungen	

Liste der zitierten Literatur:

J. Angele, G. Lausen: "Ontologies in F-Logic" in S. Staab, R. Studer (Eds.): Handbook on Ontologies in Information Systems. International Handbooks on Information Systems, Springer Verlag, 2003, Seite 29.

## Patentansprüche

## 1. Datenverarbeitungssystem

5 a) mit wenigstens einer Informationserzeugungseinheit (2) zur Speicherung oder Generierung von einem Datenbestand bildenden Daten;

b) mit wenigstens einer Rechneinheit (4) zur Generierung eines Objektmodells, bestehend aus einer Klassenstruktur und  
10 einem deklarativen System von Regeln,

b1) wobei die Daten mittels des Objektmodells strukturierbar sind, und

b2) wobei die Regeln Elemente der Klassenstruktur und/oder Daten verknüpfen;

15 c) mit einer Ein/Ausgabeeinheit (8) zur Eingabe einer Abfrage und zur Ausgabe von Antworten auf die Abfrage; und

d) mit einer Inferenzeinheit (7), in welcher zur Generierung einer Antwort auf eine Abfrage die Regeln ausgewertet werden;

dadurch gekennzeichnet,

20 e) dass der Inferenzeinheit (7) eine Auswerteeinheit (10) zugeordnet ist;

f) wobei in die Auswerteeinheit (10) Inferenzprotokolle über Instantiierungen von Regeln einlesbar sind, und

g) wobei in der Auswerteeinheit (10) in Abhängigkeit der In-  
25 ferenzprotokolle Erklärungen über die Auswertung von Regeln generierbar sind.

2. Datenverarbeitungssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

30 dadurch gekennzeichnet,

dass die Auswerteeinheit (10) eine Inferenzeinheit (11) zur Generierung der Erklärungen aufweist.

3. Datenverarbeitungssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

**dadurch gekennzeichnet,**

5 dass die Inferenzprotokolle Instanzen für Erklärungsregeln bilden, welche mit der in der Auswerteeinheit (10) integrierten Inferenzeinheit (11) zur Generierung der Erklärungen auswertbar sind.

10 4. Datenverarbeitungssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

**dadurch gekennzeichnet,**

15 dass die Erklärungsregeln eine vorgegebene Anzahl von Variablen verknüpfen, wobei zur Auswertung dieser Erklärungsregeln den Variablen die Instanzen der Inferenzprotokolle zugewiesen werden.

5. Datenverarbeitungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

20 dass das Inferenzprotokoll eine Indizierung aufweist, anhand derer eine Zuordnung von Regeln zu Erklärungsregeln erfolgt.

6. Datenverarbeitungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

25 **dadurch gekennzeichnet,**

dass jeweils einer Regel eine Erklärung zugeordnet ist.

7. Datenverarbeitungssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

30 **dadurch gekennzeichnet,**

dass die einer Regel zugeordnete Erklärung mittels einer Erklärungsregel generiert wird.

8. Datenverarbeitungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass mehreren Regeln eine Erklärung zugeordnet ist.

5

9. Datenverarbeitungssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass zur Generierung einer Erklärung für eine vorgegebene

10 Anzahl von Regeln eine Erklärungsregel oder eine Gruppe von Erklärungsregeln vorgesehen ist, mittels derer die Regeln summarisch beschrieben werden.

10. Datenverarbeitungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass mittels Erklärungsregeln eine Auswahl verschiedener Erklärungsmöglichkeiten durchgeführt wird.

20 11. Datenverarbeitungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die Erklärungen abhängig von externen Daten sind.

25 12. Datenverarbeitungssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die externen Daten mittels eines Objektmodells strukturiert sind.

30

13. Datenverarbeitungssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass das Objektmodell in der Auswerteeinheit (10) abgespeichert ist.

14. Datenverarbeitungssystem nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die externen Daten von Benutzerprofilen der die Abfragen durchführenden Benutzer gebildet sind.

15. Datenverarbeitungssystem nach dem vorhergehenden Anspruch,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass in diesem die Benutzerprofile als Datenfiles abgespeichert sind.

15

16. Datenverarbeitungssystem nach einem der Ansprüche 10 bis 15,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die externen Daten Instanzen für die Erklärungsregeln bilden.

20

17. Verfahren zum Abfragen von Informationen, wobei insbesondere unter Verwendung eines Datenverarbeitungssystems folgende Schritte durchgeführt werden:

25

a) ein Datenbestand wird generiert oder gespeichert;

b) ein Objektmodell wird erzeugt, bestehend aus einer Klassenstruktur und einem deklarativen System von Regeln,

b1) wobei die Daten mit Hilfe des Objektmodells strukturierbar sind, und

30

b2) wobei die Regeln Elemente der Klassenstruktur und/oder Daten verknüpfen;

c) eine Abfrage wird eingegeben;

d) eine Inferenzeinheit (7) wertet die Abfrage durch Auswerten der Regeln aus;

e) während der Auswertung der Abfrage werden in einer der Inferenzeinheit (7) zugeordneten Auswerteeinheit (10) Inferenzprotokolle über Instantiierungen der Regeln, die während der Auswertung aufgetreten sind, eingelesen; und

f) in der Auswerteeinheit (10) werden in Abhängigkeit der Inferenzprotokolle Erklärungen über die Auswertung der Regeln generiert.

10

18. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es bei Ablauf auf einem Computer oder auf einer Mehrzahl von Computern eines Computer-Netzwerks das Verfahren nach dem vorhergehenden Verfahrensanspruch ausführt.

15

19. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um ein Verfahren gemäß dem Verfahrensanspruch durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer oder auf einer Mehrzahl von Computern eines Computer-Netzwerks ausgeführt wird.

20

20. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln gemäß dem vorhergehenden Anspruch, die auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sind.

25

21. Datenträger, auf dem eine Datenstruktur gespeichert ist, die nach einem Laden in einen Arbeits- und/oder Hauptspeicher eines Computers oder einer Mehrzahl von Computern eines Computer-Netzwerks das Verfahren nach dem Verfahrensanspruch ausführt.

30

22. Computerprogramm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichertem Programmcode-Mitteln, um alle Schritte gemäß dem Verfahrensanspruch durchzuführen, wenn das Programm auf

einem Computer oder auf einer Mehrzahl von Computern eines Computer-Netzwerks ausgeführt wird.

23. Moduliertes Datensignal, welches von einem Computersystem oder von einer Mehrzahl von Computern eines Computer-Netzwerks ausführbare Instruktionen zum Ausführen eines Verfahrens nach dem Verfahrensanspruch enthält.

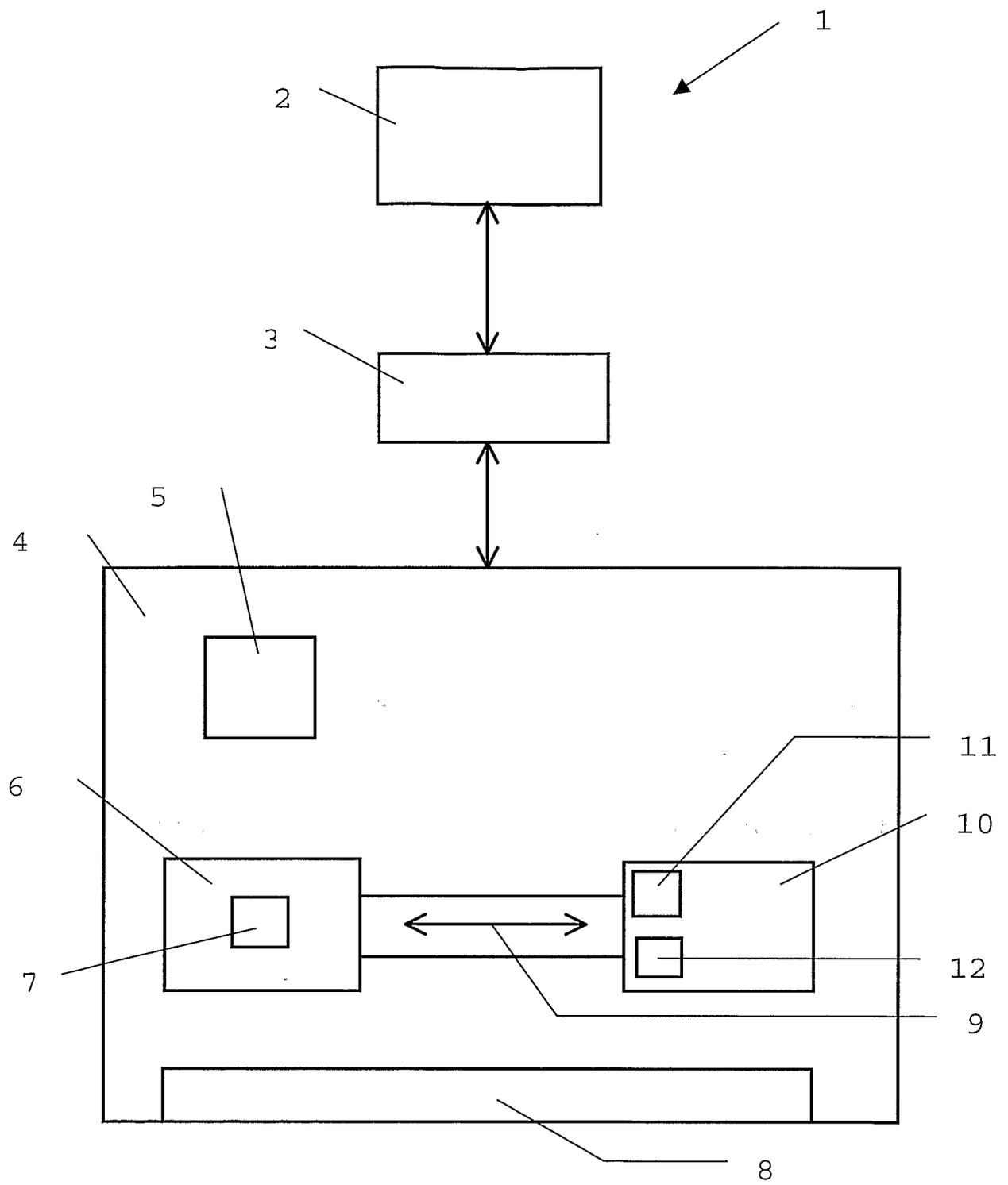


Fig. 1

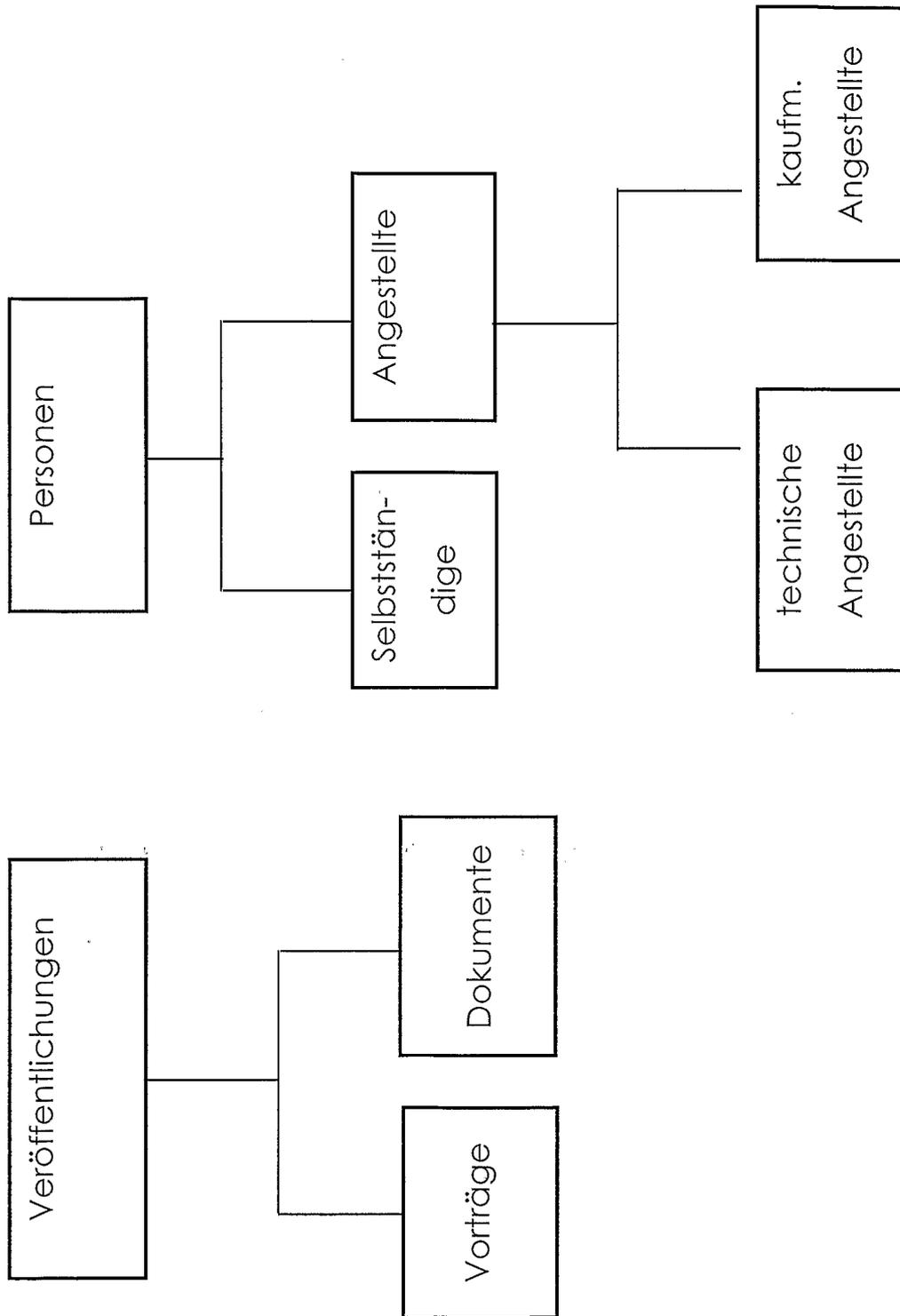


Fig. 2

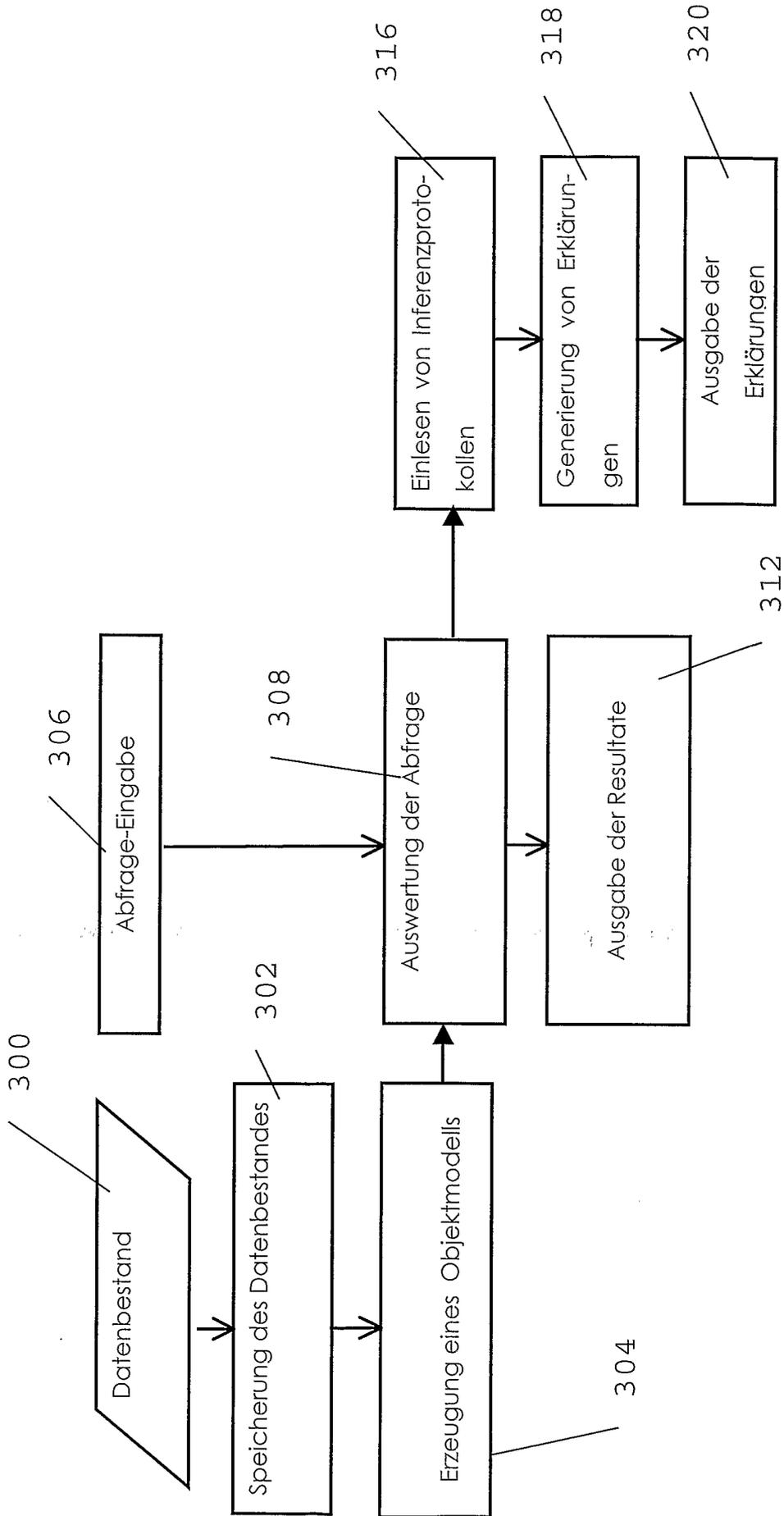


Fig. 3