

Internet-basiertes Lernmodul für den natürlichsprachlichen Zugang zu einer medizinischen Datenbank

Thomas H. Müller^{*}, Rainer Lütticke⁺ und Hermann Helbig⁺

^{*}Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie,
Universität München, Marchioninstr. 15, 81377 München

⁺Intelligente Informations- und Kommunikationssysteme, Fachbereich Informatik,
FernUniversität Hagen, 58084 Hagen

Abstract

Viele Datenbestände im medizinischen Bereich liegen in Form von relationalen Datenbanken vor. Wegen der Vielfalt der erhobenen Daten weisen diese Datenbanken zumeist eine komplexe Struktur auf. Mit Hilfe von Techniken der automatischen Sprachverarbeitung kann ein natürlichsprachlicher Zugang zu den Inhalten von relationalen Datenbanken geschaffen werden, der die Nutzung ohne umfangreiche Abfrageformulare und ohne spezielle Kenntnisse der Datenbankstruktur erlaubt. Ziel dieses Beitrags ist die Darstellung eines auf semantischen Netzen basierenden Lösungsansatzes anhand einer Beispieldatenbank mit medizinisch motivierten Inhalten. Darüber hinaus soll ein Modul des interaktiven Lehrsystems VILAB für Studenten der Informatik und Medizinischen Informatik, dessen Gegenstand dieser Lösungsansatz ist, vorgestellt werden. Möglicherweise ergeben sich aus der Anwendung von automatischer Sprachverarbeitung Ansätze, medizinische Lehrsysteme weiter zu entwickeln.

Einführung

Der überwiegende Teil von aktuell vorhandenen elektronischen Informationsbeständen – soweit überhaupt maschinengerecht strukturiert – liegt in vielen Bereichen in Form von relationalen Datenbanken vor. Die Gründe hierfür liegen einerseits in der weitgehend ausgearbeiteten Theorie über relationale Strukturen und andererseits in der mittlerweile breiten Verfügbarkeit ausgereifter Datenbankmanagement-Software. Dabei stellen elektronische Formulare den klassischen und weitgehend einzigen Kommunikationsweg zwischen Datenbank und Benutzer dar, soweit es sich bei den Datenbankinhalten um textuell sinnvoll darstellbare Entitäten und nicht etwa um visuelle oder geometrische Informationen oder ähnliches handelt.

Derartige, auf Formularen basierende Dialoge richten sich entweder weitgehend an der zu Grunde liegenden Datenstruktur aus oder sind für spezielle Prozessschritte entworfen worden.

In beiden Fällen ist der Benutzer schon bei moderater Komplexität nur dann erfolgreich wenn er bei seinen Anfragen über recht genaue Kenntnis der Datenstruktur bzw. des modellierten Prozesses verfügt. Diese Kenntnis wird ihm üblicherweise entweder durch eine detaillierte Benutzerführung mit eingehenden Erläuterungen oder durch eine entsprechende Schulung vermittelt. Beides ist für den Benutzer sehr zeitaufwändig. Es liegt daher nahe, effizientere Benutzerschnittstellen durch den Einsatz von Techniken der automatischen Sprachverarbeitung zu entwickeln. Dies erscheint besonders sinnvoll für Datenbanken, deren Struktur nicht als allgemein bekannt vorausgesetzt werden kann und die typischerweise vom einzelnen Benutzer eher selten oder über einen beschränkten Zeitraum abgefragt werden.

Im vorliegenden Beitrag soll ein Verfahren zur Transformation von natürlichsprachlichen Anfragen in Anweisungen der formalen Datenbanksprache SQL (structured query language) dargestellt werden. Dieses Verfahren basiert auf dem Darstellungsmittel der semantischen Netze, d.h. gerichteter, annotierter Graphen, in denen die Bedeutung von natürlichsprachlichen Aussagen oder Fragen erfasst werden kann (siehe [Hel]). Auf die Algorithmen, mit denen semantische Netze erzeugt werden, kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Die Darstellung des Transformationsverfahrens erfolgt anhand einer Beispieldatenbank, die Teile der öffentlich zugänglichen Informationen (siehe [KNL]) über das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Kompetenznetz „Akute und Chronische Leukämien“ umfasst. Sie enthält Informationen über Fachkliniken und Fachlabors, die in Deutschland mit Leukämien befasst sind, sowie über klinische Studien, die in diesem Bereich durchgeführt werden.

Speziell soll ein interaktives Lernmodul vorgestellt werden, dessen Anliegen es ist, diese Problematik der Transformation und den vorgestellten Lösungsansatz zu vermitteln. Dieses Modul ist in das virtuelle Informatik-Labor (VILAB) der FernUniversität Hagen, welches im Rahmen des BMBF-Förderprogramms „Neue Medien in der Hochschullehre“ im Projekt „Multimediales Fernstudium Medizinische Informatik“ (*medin*) gefördert wird, integriert.

VILAB schafft eine virtuelle Laborumgebung, die es den Studierenden ermöglicht, ihre in den Lehrveranstaltungen erworbenen theoretischen Kenntnisse durch praktische Aufgabenbearbeitung unter Verwendung komplexer Softwarekomponenten und mit Hilfe einer interaktiven tutoriellen Korrektur-Komponente zu erproben.

Transformation natürlicher Sprache in die formale Datenbanksprache SQL

Semantische Netze sind ein komplexes und reichhaltiges Darstellungsmittel für

natürlichsprachlich formulierte Sachverhalte. Abb. 1 zeigt das semantische Netz, basierend auf dem Wissensrepräsentationsparadigma MultiNet (siehe [He1]), (der Übersichtlichkeit halber nur mit einem Teil der Annotierungen) der Anfrage „Welche Fachkliniken gibt es in München?“ zusammen mit der SQL-Anweisung, die letztlich geeignet ist, diese Informationen aus der Datenbank zu extrahieren. Bereits an diesem mäßig komplexen Beispiel lassen sich die Anforderungen an ein Transformationsverfahren verdeutlichen. Zum einen müssen diejenigen Teile des Netzes extrahiert werden, die in der Datenbank tatsächlich darstellbar sind. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass das Datenmodell zwangsläufig nur einen geringen Teil der Wirklichkeit erfasst, also semantisch ärmer als natürliche Sprache ist. Zum anderen müssen technische Informationen hinzugefügt werden, die den Aufbau der Datenbank charakterisieren. Hierbei wird grundsätzlich von einer ER-Modellierung und den bei relationalen Datenbanken üblichen Realisierungsformen ausgegangen.

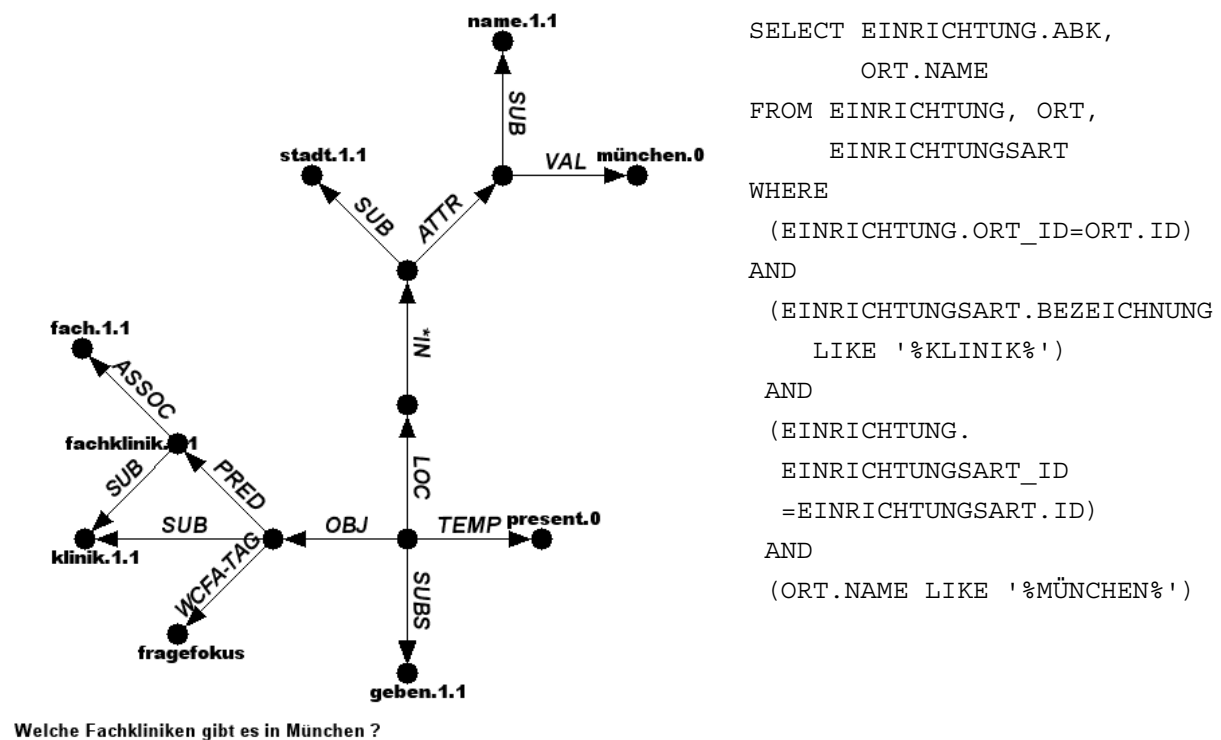


Abb. 1 Semantisches Netz und SQL-Anweisung einer Anfrage

Der annotierte Graph (links) zeigt die Darstellung der Anfrage „Welche Fachkliniken gibt es in München?“ nach dem MultiNet-Paradigma (siehe [He1]). Die SQL-Anweisung (rechts) ergibt sich nach Anwendung des im Text beschriebenen Transformationsverfahrens.

Grundsätzlich können für die Transformation zwei Strategien verfolgt werden (siehe [Men] und [Gnoe2]). Im einen Fall, dem Fragemuster-getriebenen Ansatz, wird das semantische

Netz systematisch abgearbeitet und die entsprechenden Teile der formalen Anfrage erzeugt. Unwesentliches wird explizit eliminiert. Das Regelsystem besteht dabei aus „echten“ Transformationsregeln und Eliminierungsregeln. Im anderen Fall werden jeweils Teile des Netzes gesucht, die Informationen (z.B. Attribut-Belegung) für die formale Anfrage enthalten. Nach Abschluss der Suche wird der Rest des Netzes verworfen. Die Suche erfolgt nach semantischen Mustern, die in erster Linie durch die Struktur der Datenbank und deren erklärte Bedeutung bestimmt werden. Daher wird dieses Verfahren auch als Datenbankschema-getriebener Ansatz bezeichnet.

Der Fragemuster-getriebene Ansatz erfordert letztlich, dass alle Teile der Anfrage entweder transformiert oder als unwesentlich klassifiziert, in jedem Fall aber zumindest vom Regelsystem erkannt werden. Damit liefert dieser Ansatz zwar die präziseren Antworten, versagt jedoch, sobald ein Teil des semantischen Netzes nicht zugeordnet werden kann. Der Datenbankschema-getriebene Ansatz erfordert im Extremfall nur die Belegung eines Attributs, d.h. die erfolgreiche Anwendung einer entsprechenden Transformationsregel. Daher wird fast immer eine Antwort erzeugt. Diese kann jedoch zu wenig spezifisch, im ungünstigen Fall sogar unsinnig oder falsch sein.

Die beiden genannten Ansätze können auch als Extreme eines Spektrums aufgefasst werden, zwischen denen es einen Kompromiss zu finden gilt. In beiden Fällen müssen Transformationsregeln aufgestellt werden, die nicht nur der formalen Datenbanksprache genügen, sondern auch die Bedeutung des Datenbankschemas berücksichtigen. Sicher ist es unrealistisch, die gesamte Vielfalt des Sprachgebrauchs vollständig in einer handhabbaren Regelmenge zu erfassen. Auf der anderen Seite ist die bloße Attribut-Belegung in vielen Fällen unbefriedigend.

Der hier realisierte Transformationsalgorithmus ist zweistufig aufgebaut. Im ersten Schritt wird versucht, inhaltlich motivierte Ableitungsregeln auf das semantische Netz anzuwenden. Einige solche Regeln, die mit dem o.g. Beispiel in Zusammenhang stehen, sind in Abb.2 dargestellt. Dabei wird zwischen Kopfgregeln, die nacheinander systematisch ausprobiert werden, und Hilfsregeln, die bei der Ableitung nach Bedarf verwendet werden können, unterschieden. Die Syntax basiert auf dem Lisp-Dialekt Scheme. Die Klammerausdrücke auf der linken Seite des Ableitungspfeils entsprechen entweder dem Schema (KANTE KNOTEN1 KNOTEN2) oder einem Hilfskonzept, das mit einer Hilfsregel erzeugt werden kann. Das Ergebnis der Kopfgregeln ist eine Zwischensprache, die bereits das einfache Datenbankmodell widerspiegelt. Die Elemente (SELECT ...), (MATCH ...) bzw.

(MATCHNOT ...) werden im zweiten Schritt in SQL-Anweisungen umgesetzt. Hierbei werden die technischen Informationen über den Aufbau der Datenbank hinzugefügt.

Durch die Kombinationsmöglichkeit der Regeln können unterschiedliche Fragen auf das gleiche Resultat abgebildet werden. So ist es z.B. dank der Regeln „klinik1“-„klinik4“ in Abb. 2 unerheblich, ob nach Klinik, Krankenhaus, Fachkrankenhaus, Spezialklinik, etc. in Einzahl oder Mehrzahl gefragt wird. Auch zeitigen die Formulierungen „Welche ... gibt es...?“ und „Ich suche...“ mit den „fokus“ Regeln das gleiche Ergebnis.

```
;; Hilfsregeln
(fokus-default (WCFA-TAG F "fragefokus") --> (FOKUS F))
(fokus-suchen
  (SUB C1 "ich.1.1") (AGT S C1) (SUBS S "suchen.1.1") (OBJ S F)
  --> (FOKUS F))
(fokus-suche-mir
  (SUBS S "suchen.1.1") (BENF S C1) (SUB C1 "ich.1.1") (AGT S C2)
  (SUB C2 "du.1.1") (OBJ S F)
  --> (FOKUS F))

(klinik1 (PRED O "klinik.1.1") --> (KLINIK? O))
(klinik2 (PRED O "krankenhaus.1.1") --> (KLINIK? O))
(klinik3 (PRED O S) (SUB S "klinik.1.1") --> (KLINIK? O))
(klinik4 (PRED O S) (SUB S "krankenhaus.1.1") --> (KLINIK? O))

(ort1
  (LOC A L) (*IN L S) (SUB S "stadt.1.1")
  (ATTR S N) (SUB N "name.1.1") (VAL N X)
  --> (IN-ORT A X))

;; Kopfregele
(select-klinik1
  (FOKUS F) (KLINIK? F)
  --> (SELECT EINRICHTUNG) (MATCH E_EINRICHTUNGSART "Klinik"))

(einrichtung-ort1
  (EINRICHTUNG? O) (OBJ V O) (SUBS V "geben.1.1") (IN-ORT V N)
  --> (MATCH E_ORT N)) ; O gibt es in N
(einrichtung-ort2
  (EINRICHTUNG? O) (SCAR V O) (MODL V "nicht.1.1") (SUBS V "sein.3.2")
  (IN-ORT V N)
  --> (MATCHNOT E_ORT N)) ; O sind nicht in N
(einrichtung-ort3
  (EINRICHTUNG? O) (SCAR V O) (SUBS V "sein.3.2") (IN-ORT V N)
  --> (MATCH E_ORT N)) ; O sind in N
```

Abb.2 Einige Ableitungsregeln

Der Transformationsalgorithmus ist in Scheme realisiert und in das Werkzeug MWR (MultiNet-Wissensrepräsentation, siehe [Gnoe1] und [Gnoe2]) als Modul integriert. MWR ist ein grafisches Software-Tool für die Visualisierung, Bearbeitung und Analyse semantischer Netze, die nach dem MultiNet Paradigma aufgebaut sind.

Integration in das interaktive Lehrsystem VILAB

Das interaktive, Internet-basierte Lehrsystem VILAB (<http://pi7.fernuni-hagen.de/vilab/>)

besteht aus mehreren thematisch abgeschlossenen Laborstationen. Die Architektur sowie die didaktischen Konzepte des Systems sind ausführlicher in [Lue1] und [Lue2] beschrieben. Abb. 3 zeigt den Begrüßungs-Bildschirm, auf dem der Studierende im Navigations-Tool (links) die Laborstation auswählen und im Browser (rechts) den entsprechenden Inhalt sehen kann.

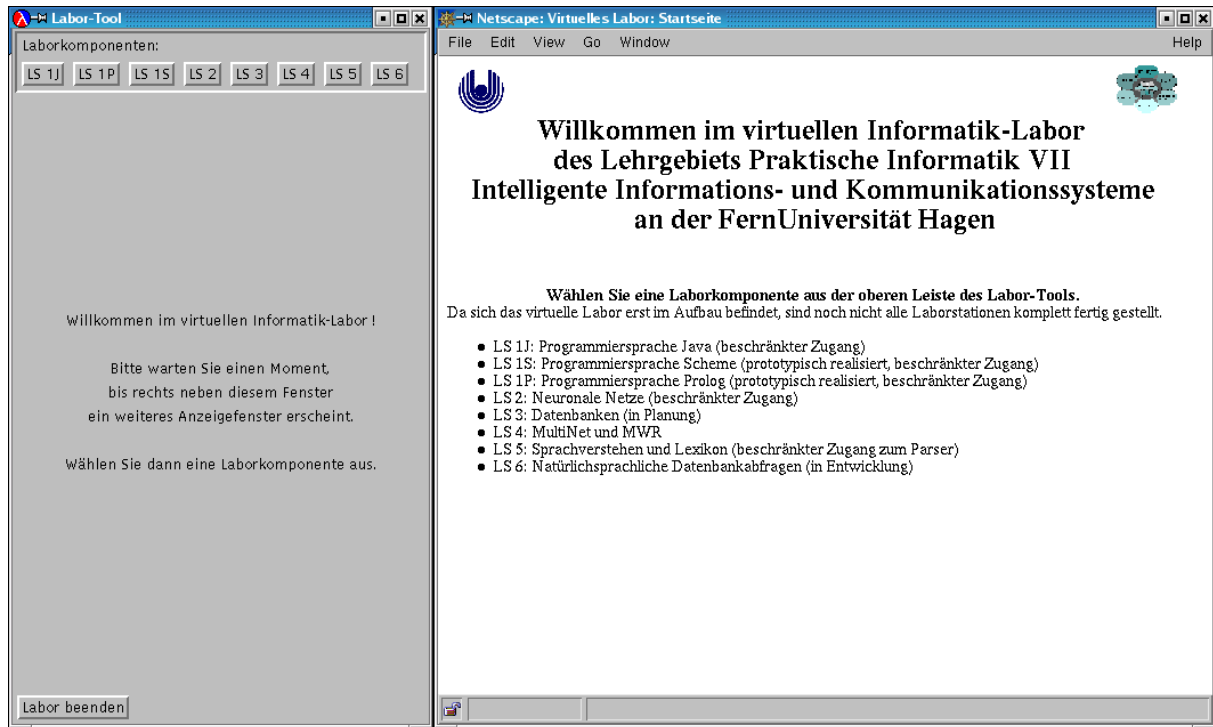


Abb. 3 VILAB

Um in das Labor zu gelangen, wird lediglich ein Internet-Zugang und ein lokaler X11-Server für ein Remote-login auf den Labor-Server (z.B. Cygwin und Xfree86 unter MS Windows; normales X-Term unter Linux/Unix) benötigt. Für Windows ist ein entsprechendes Installationskit verfügbar.

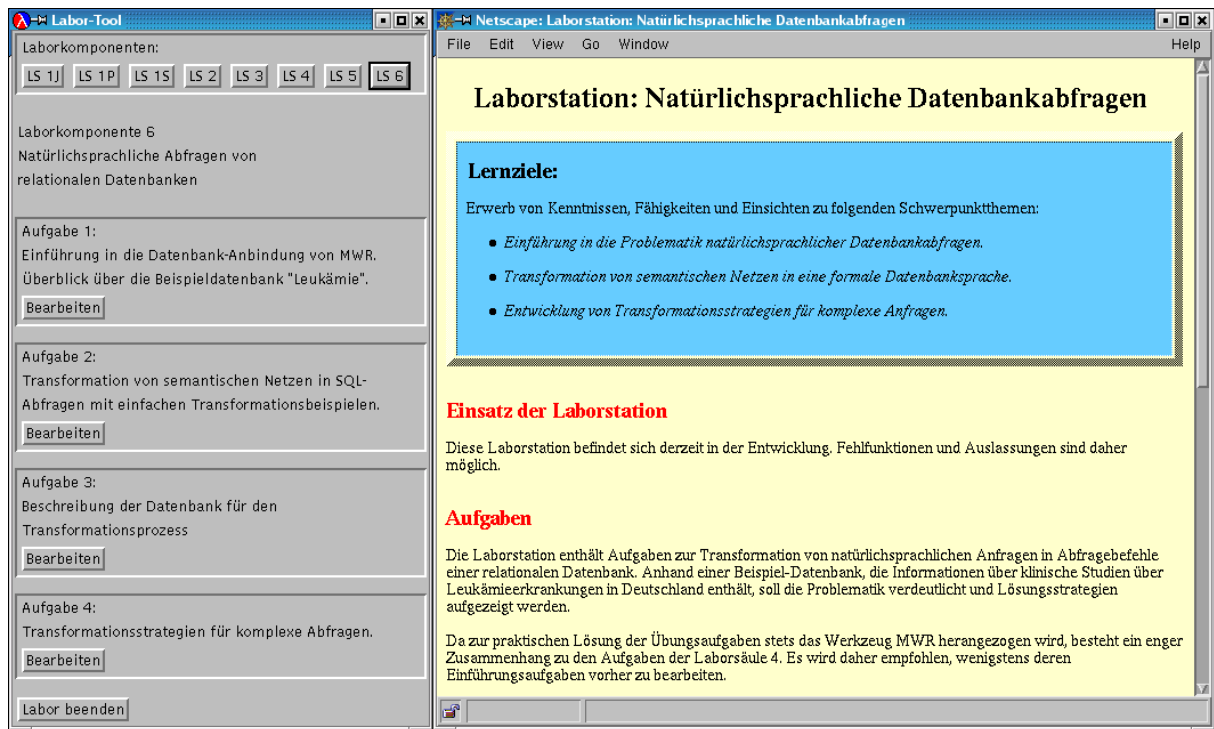


Abb. 4 Laborstation „Natürlichsprachliche Datenbankabfragen“

Die Laborstationen sind in zwei Ebenen aufgebaut: Aufgaben und Teilaufgaben. Abb. 4 zeigt den Eingang zur Laborstation „Natürlichsprachliche Datenbankabfragen“, deren Gegenstand der oben beschriebene Transformationsalgorithmus ist.

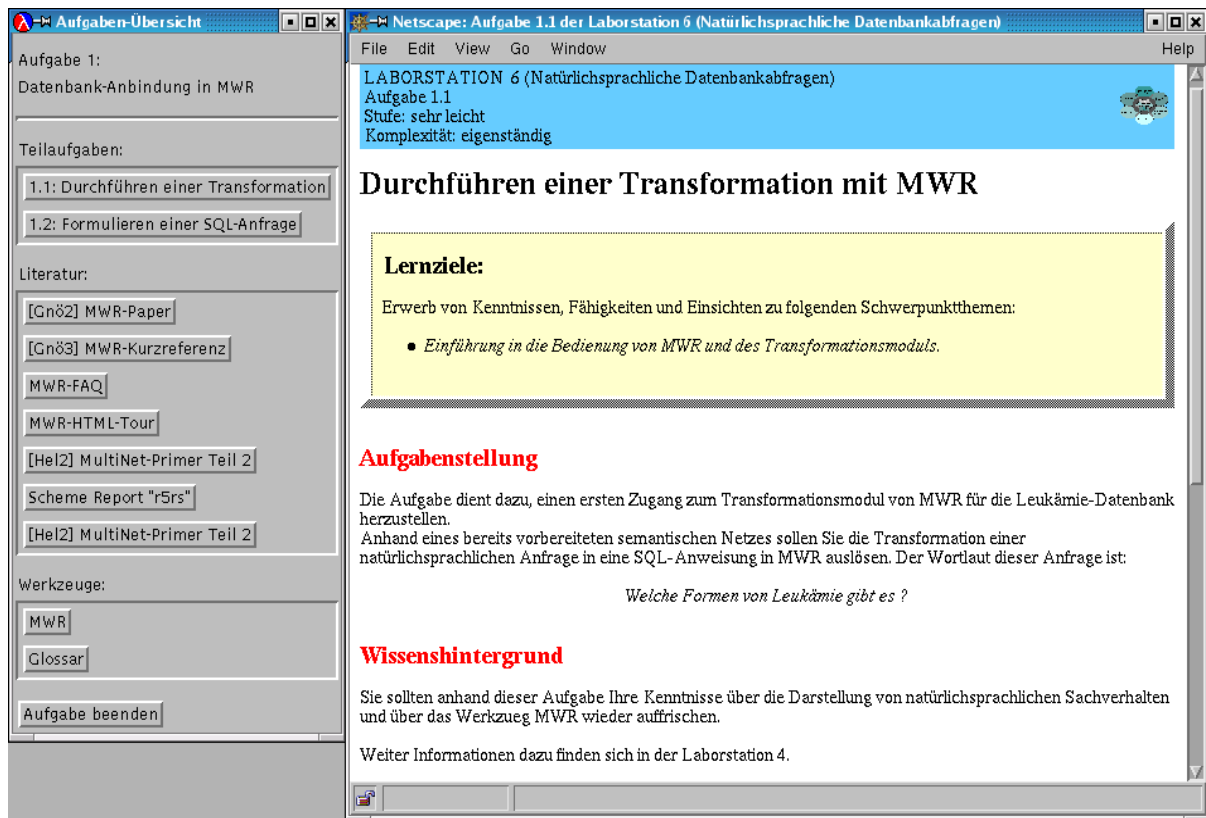


Abb. 5 Teilaufgabe

Zu jeder Laborstation wird eine Beschreibung angezeigt, die eine Übersicht über die behandelten Themen und die erforderlichen Vorkenntnisse gibt. Innerhalb der Laborstation wählt der Studierende im linken Fenster nacheinander die zu bearbeitenden Aufgaben und Teilaufgaben aus. Zu jeder Teilaufgabe wird ein eigenes, systematisch strukturiertes Dokument angezeigt, das die Aufgabenstellung, die notwendigen Kenntnisse, einen eventuellen Zusammenhang mit anderen Aufgaben sowie eine Charakterisierung der zu erstellenden Lösung beschreibt. Die Art der Aufgabe bzw. der zu erstellenden Lösung ist variabel und reicht von reinen Selbsttest-Aufgaben, bei denen lediglich eine Musterlösung angeboten wird, über diverse einfache Übungsaufgaben (z.B. Multiple-Choice) und Texteingabe in HTML-Formularen bis zur Bearbeitung mit speziellen Werkzeugen, wie z.B. MWR (siehe Abb. 6).

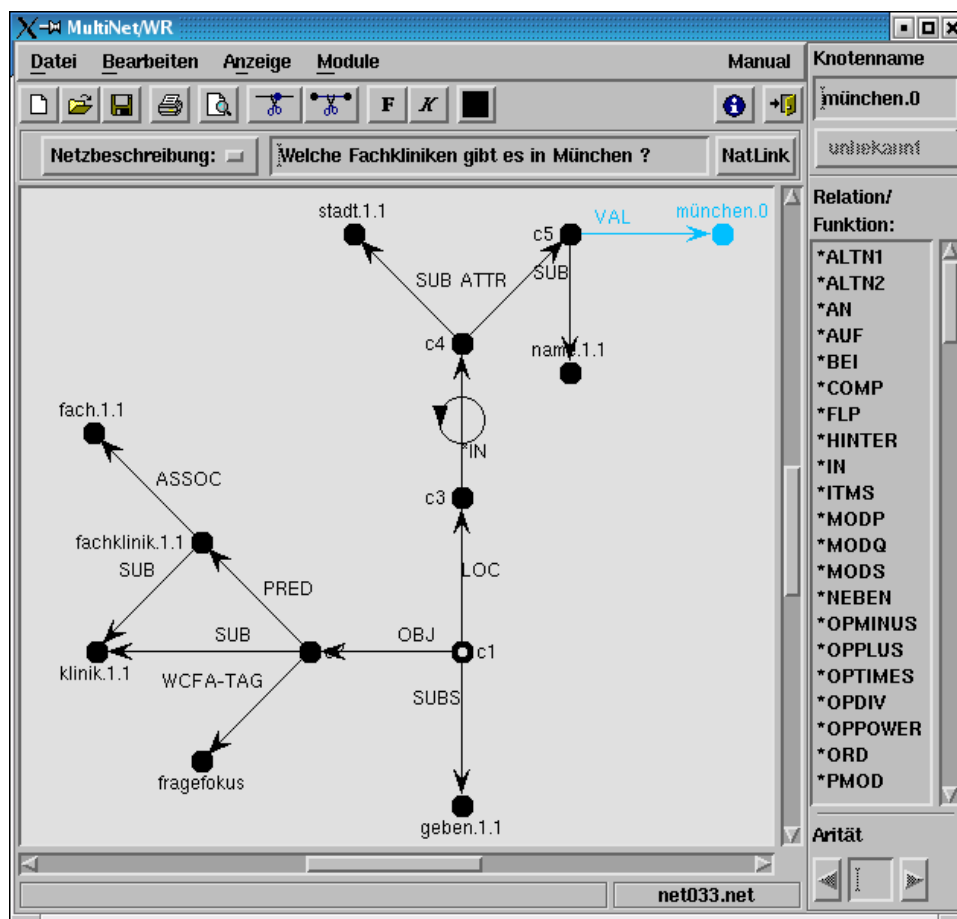


Abb. 6 Das Bearbeitungswerkzeug MWR für semantische Netze

Soweit solche Werkzeuge erforderlich sind, werden sie über eine Schaltfläche im Navigations-Tool angeboten.

Netscape: Tutorantwort

File Edit View Go Window Help

LABORSTATION 4 (MultiNet und MWR)
Aufgabe 1.2

Automatisch inferierte Tutorantwort auf die Lösungseinsendung zur Aufgabe 1.2: MWR-Grundlagen von Benutzer labor22.

Fehler-Diagnose

Ihre Lösung ist **nicht korrekt** (definitive Antwort, siehe Erläuterungen unten).

Fehler-Korrektur

Mit Hilfe der Inferenzkomponente wurde eine detailliertere Auswertung erstellt.
Bitte beachten Sie, daß die Auswertung nur approximativ ist und möglicherweise *nicht alle Gemeinsamkeiten und Unterschiede* zwischen Ihrer Lösung und der Musterlösung erkannt wurden.

Inbesondere nicht lexikalisierte Knoten (die c_n -Knoten), die redundant oder falsch sind, können nicht vollständig erkannt worden sein.

Konzeptknoten, die als falsch oder überflüssig klassifiziert wurden:
keine

Fehlende oder nicht korrekt erkannte Konzeptknoten:
Kunstsammler

Nicht einzuordnende Knoten:
keine

Fehlende oder nicht korrekt erkannte Relationen:
SUB

Nicht einzuordnende Relationen:
(ASSOC c10 "Digitalkamera"), (SUB "Skulptur" "Marmor")

Einige der angezeigten Fehler können Folgefehler sein.

Leistungsbewertung

Sie sollten die Aufgabe so lange bearbeiten, bis die Lösung als korrekt akzeptiert wird.

100%

Abb. 7 Korrekturbericht

Je nach Aufgabentyp erfolgt die Einsendung (falls eine solche überhaupt notwendig ist, da manche Aufgabentypen einen interaktiven Problemlösungsmechanismus besitzen) in

unterschiedlicher Weise (siehe [Lue1] und [Lue2]). Die Einsendung wird unmittelbar an einen für den Aufgabentyp spezifischen Korrekturmechanismus übergeben, der mit Hilfe der Techniken aus der künstlichen Intelligenz (KI) einen Korrekturbericht (Beispiel in Abb. 7) anfertigt und im Browser-Fenster darstellt. Dieser Bericht besteht dabei immer aus einer Fehler-Diagnose, aus einer Hilfe zur Fehler-Korrektur und einer Leistungsbewertung.

Curriculare Integration

VILAB wird in verschiedenen Bereichen an der FernUniversität Hagen in der Informatik-Lehre eingesetzt. In einem Seminar dient es als Hilfestellung und Vertiefung des jeweiligen Seminararbeitsthemas, in einem Praktikum können Studierende Teillösungen von Programmen durch die interaktive Korrekturkomponente überprüfen lassen und in einem Kurs wird das Labor von den Studierenden zur Unterstützung bei der Lösung von komplexen Übungsaufgaben und für Selbsttestaufgaben eingesetzt. Des Weiteren wurde VILAB außerhalb von Lehrveranstaltungen eingesetzt, um Studierenden ein Experimentierfeld bereitzustellen, das zur Prüfungsvorbereitung und zur Bearbeitung von Diplomarbeiten genutzt werden kann. Der bisherige Lehrinhalt des Labors umfasst vorwiegend die Kerninformatik. Die oben beschriebene Laborsäule demonstriert jedoch den Ausbau von VILAB für die Medizinische Informatik. Begonnene Kooperationen mit der Medizinischen Universität zu Lübeck, die verantwortlich für die Kurse in der Medizinischen Informatik an der FernUniversität Hagen ist, werden zu weiteren Laborsäulen führen, die in den entsprechenden Kursen eingesetzt werden. Dieses Teilgebiet wurde bisher in Seminaren und Praktika weitgehend ausgeklammert, obwohl zunehmend häufiger von den Informatik-Studierenden an der FernUniversität „Medizinische Informatik“ als Nebenfach gewählt wird (25% aller Neueinschreibungen im SS2002, 14% aller Eingeschriebenen im SS2002). Durch die Ausrichtung von VILAB auch auf die Medizinische Informatik hin kann dem Interesse der Studierenden an diesem Teilgebiet der Informatik in den genannten Lehrformen besser entsprochen werden.

Erfahrungen mit VILAB

VILAB wurde im SS2002 zum ersten Mal in der Lehre an der FernUniversität Hagen in einem Seminar eingesetzt. Zusätzlich zu der Anfertigung einer Seminararbeit und eines Vortrags mussten die 20 Seminaristen innerhalb von VILAB themenbezogenen Aufgaben lösen, um ihr

theoretisch erworbenes Wissen durch praktische Übungen zu vertiefen. Die Evaluation dieses Einsatzes belegt, dass sowohl aus Sicht der Lehrenden als auch aus Sicht der Lernenden das Labor sehr positiv zu bewerten ist. Es zeigte sich nämlich, dass im Vergleich zu früheren Seminaren in der KI die Anmeldezahlen deutlich erhöht waren, 95% der Seminaristen das Seminar erfolgreich abschlossen (im Gegensatz zu sonst üblichen ~50%), die Aufgabenlösungen überwiegend sehr gut und viel besser als bei traditionellen Formen der Aufgabenbearbeitung waren und dass die Lösung der Aufgaben zudem zu einem besseren Verständnis des Seminarthemas führte. Die Studierenden äußerten sich in einem Fragebogen positiv über den Zugang zum Labor, die problemlose Kommunikation aller Betriebssysteme (Windows-Versionen und Unix-Derivate) mit der Plattform, die Reaktionszeit der meisten Labor-Komponenten, die Navigationsmöglichkeiten, das Design, den Aufbau der Aufgabenstellungen, die interaktiven und motivierenden Hilfestellungen der tutoriellen Korrektur-Komponente (schnelles Feedback) und die Freiheit in der Bearbeitungsweise der Aufgaben (zeitlich und örtlich, aber auch in der Vorgehensweise: erst Hintergrundwissen anlesen oder direkt Aufgabenlösen mit tutorieller Hilfe). Diese Einschätzung führte dazu, dass die Studierenden großes Interesse an dem Labor entwickelten und 25% der Seminarteilnehmer mittlerweile innerhalb des Umfeldes von VILAB ein Diplomarbeitsthema besitzen. Ein zwischenzeitlich festgestellter Mangel von VILAB, die langen Ladezeiten einiger Labor-Komponenten bei schlechter Internetverbindung betreffend, wurde abgestellt.

Diskussion

Natürlichsprachliche Datenbank-Anfragen sind aus der Sicht des Benutzers besonders interessant, wenn dadurch die genaue Kenntnis eines komplexen Datenbankschemas entbehrlich wird. Dies gilt in besonderem Maße, wenn der einzelne Benutzer die fragliche Datenbank vergleichsweise selten nutzt. Das wesentliche Problem der Transformation des semantischen Netzes in eine formale Datenbank-Anfrage liegt in der Erfassung der relevanten Anfrageteile. Hierbei spielt die Bedeutung der einzelnen Entitäten und Attributen des Datenmodells eine zentrale Rolle. Der Transformationsalgorithmus stellt zu diesem Zweck einen regelbasierten Mechanismus zur Verfügung, der durch Formulierung geeigneter Regelmengen mit den notwendigen Informationen über das Datenmodell ausgestattet werden muss.

Durch die Einbindung dieses komplexen Problemkreises in die Lehre in der Informatik bzw.

Medizinischen Informatik innerhalb eines Internet-basierten Labors ergeben sich neue Möglichkeiten. Die Studierenden können aktuelle Fragen aus der Forschung mit Hilfe praktischer Übungsaufgaben nachvollziehen und in der Lehre können Themen behandelt werden, die theoretisch nur schwer zu vermitteln sind und praktischer Elemente bedürfen, so dass die Qualität in der Ausbildung in der Medizinischen Informatik erhöht werden kann. Darüber hinaus entstehen durch Techniken der automatischen Verarbeitung natürlicher Sprache neue Ansätze für das Design von zukünftigen Lehrsystemen in medizinischen und anderen Fachgebieten.

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Literaturverzeichnis

- [Gnoe1] Gnörlich C: MultiNet/WR: A Knowledge Engineering Toolkit for Natural Language Information. Informatik Berichte 278-11, FernUniversität Hagen (2000)
- [Gnoe2] Gnörlich C: Technologische Grundlagen der Wissensverwaltung für die automatische Sprachverarbeitung. Dissertation, Fernuniversität Hagen (2002)
- [Hel] Helbig H: Die semantische Struktur natürlicher Sprache. Springer, Berlin (2001)
- [KNL] www.kompetenznetz-leukaemie.de
- [Lue1] Lütticke R, Gnörlich C, Helbig H: Der Einsatz eines virtuellen Labors in der Informatik-Lehre. Softwaretechnik-Trends der GI, Band 22:3, S. 57-59 (2002)
- [Lue2] Lütticke R, Gnörlich C, Helbig H: VILAB – A Virtual Electronic Laboratory for Applied Computer Science. Proceedings of the Conference “Networked Learning in a Global Environment”, ICSC Academic Press, Canada/The Netherlands, S. 135 + CD-ROM (2002)
- [Men] Menke D, Gnörlich C, Helbig H: Access to Bibliographic Data Bases – the Provider Agents in MeDoc. Digital Libraries in Computer Science: The MeDoc Approach, Lectures Notes in Computer Science 1392, Springer, Berlin, S. 51-66 (1998)