

OFFIS

OLDENBURGER FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSINSTITUT FÜR INFORMATIK-WERKZEUGE UND -SYSTEME

EXPLAIN - MEDIKUS

—

Modellbildung und Diagnose

in

Umweltmedizin und Humangenetik



Einleitung

Modellbildung und Diagnose in der Medizin sind komplexe Problemlöseprozesse. In fast allen Wissensbereichen der Medizin besteht ein hoher Forschungsbedarf. Eine Unterstützung der Modellbildung und Diagnose wird als dringend erforderlich angesehen. Dies gilt ganz besonders für noch relativ neue Teildisziplinen der Medizin, wie etwa der Umweltmedizin, die für viele Fragestellungen noch keine wissenschaftlich gesicherten Antworten geben kann. Existierende Systeme zur Unterstützung des medizinischen Problemlösens geben diagnostische Empfehlungen, sie erlauben jedoch nur in sehr eingeschränktem Maße das Training diagnostischen Schließens und entsprechender Strategien. Darüber hinaus wird in diesen Systemen die Bildung und Revision von Erklärungsmodellen nicht unterstützt.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines wissensbasierten Werkzeugs, das die Bildung von Erklärungsmodellen sowie diagnostische Strategien in Wissensbereichen unterstützt, die komplex, vernetzt und mit Unsicherheit behaftet sind. Exemplarische Wissensbereiche sind die Umweltmedizin und die Humangenetik.

Das Projekt verfolgt die folgenden Teilziele:

1. Entwicklung einer intelligenten Design- und Modellierungsumgebung
 - zum Entwurf und zur Revision von *Modellen* komplexer umweltmedizinischer bzw. humangenetischer Sachverhalte
 - zur Unterstützung *diagnostischer Vorgehensweisen* und Strategien in den Bereichen Anamnese, Bio- und Umweltmonitoring

Mit diesen beiden Komponenten richtet sich das Werkzeug auch an nichtspezialisierte Fachexperten (z.B. Allgemeinmediziner, die an einer Fortbildung im Bereich der Umweltmedizin bzw. Humangenetik interessiert sind) und an Personen, die im Rahmen des Umweltmonitoring chemisch-technische Untersuchungen planen, durchführen und auswerten.

2. Untersuchung, Einsatz und Weiterentwicklung von Methoden zur Repräsentation *vernetzten, mit Unsicherheit behafteten Wissens*, zur Wissensakquisition, zur Wissensvermittlung und -kommunikation und zur Erklärung von Inferenzen. Unsicheres Wissen wird in dem System mit Bayes-Netzen repräsentiert, weil sie die Beurteilung von Erklärungshypothesen und diagnostischen Schritten auf qualitativer und quantitativer Ebene gestatten.

3. Einsatz des Systems für *Dienstleistungen*, z.B. als Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung, und damit als Beitrag zur Qualitätssicherung beim Umweltmonitoring, sowie Einsatz für Fortbildungszwecke.

Implementationsstand von EXPLAIN

EXPLAIN umfaßt gegenwärtig die folgenden Komponenten:

- einen *linguistischen Modelleditor*, der eine vereinfachte natürlichsprachliche Darstellung von Wissen ermöglicht und so die Modellbildung für den Benutzer einfach und komfortabel macht. Der Modelleditor enthält eine Grammatik, die semantische Restriktionen berücksichtigt.
- einen *graphischen Modelleditor*, in dem ein Erklärungsmodell direkt als Bayes-Netz aufgebaut werden kann. Knoten repräsentieren Variablen, Kanten repräsentieren direkte Abhängigkeiten zwischen den Variablen. Die Kanten drücken subjektiv wahrgenommene oder objektiv vorliegende Ursache-Wirkungs-Beziehungen aus.

- einen *Übersetzer* zur automatischen Umsetzung natürlichsprachlich formulierter Wissensinhalte in die graphische Darstellung eines Bayes-Netzes.
- Abb. 1 zeigt ein einfaches Beispiel eines natürlichsprachlich formulierten Modells und dem hieraus vom System erzeugten Graphen.

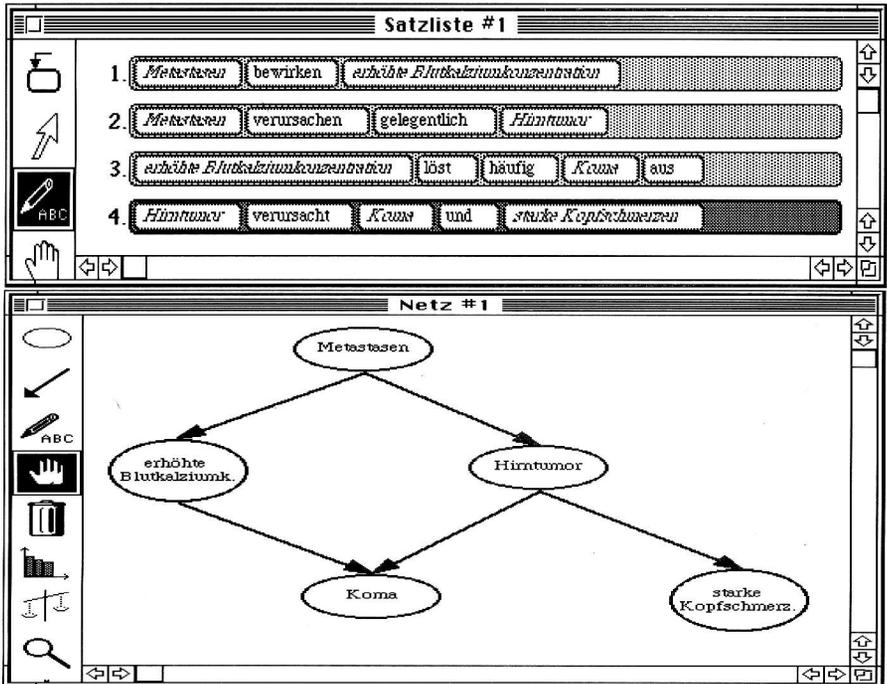


Abb. 1: Im linguistischen Modelleditor formuliertes Modell und hieraus erzeugter Graph

- eine Komponente zur *qualitativen Validierung* bzw. Revision des Graphen. Der Benutzer spezifiziert für konkrete Fallbeschreibungen diagnostische Hypothesen und benennt weitere benötigte diagnostische Zusatzinformation. Aus diesem Dialog können Abhängigkeits- und Unabhängigkeitsbeziehungen zwischen den Variablen des Graphen gewonnen werden, die mit dem vorhandenen Graphen verglichen werden. Bei Abweichungen erhält der Benutzer Rückmeldungen und ggf. Vorschläge zur Revision des Graphen sowie Erklärungen dieser Vorschläge.
- eine Komponente zur *Quantifizierung* der Kanten des Graphen durch Angabe von Apriori- und bedingten Verteilungen. Das System berechnet Randverteilungen und nach Eingabe von Beobachtungen ("Evidenzen") Aposteriorverteilungen. Abb. 2 und 3 zeigen für das Beispiel in Abb. 1 die Angabe einer bedingten Verteilung, berechnete (unbedingte) Randwahrscheinlichkeiten für die Variablen "erhöhte Blutkalziumkonzentration" und "Hirntumor", die Eingabe von Evidenzen ("starke Kopfschmerzen", "kein Koma") und daraus resultierende (bedingte) Aposteriorwahrscheinlichkeiten für dieselben Variablen.

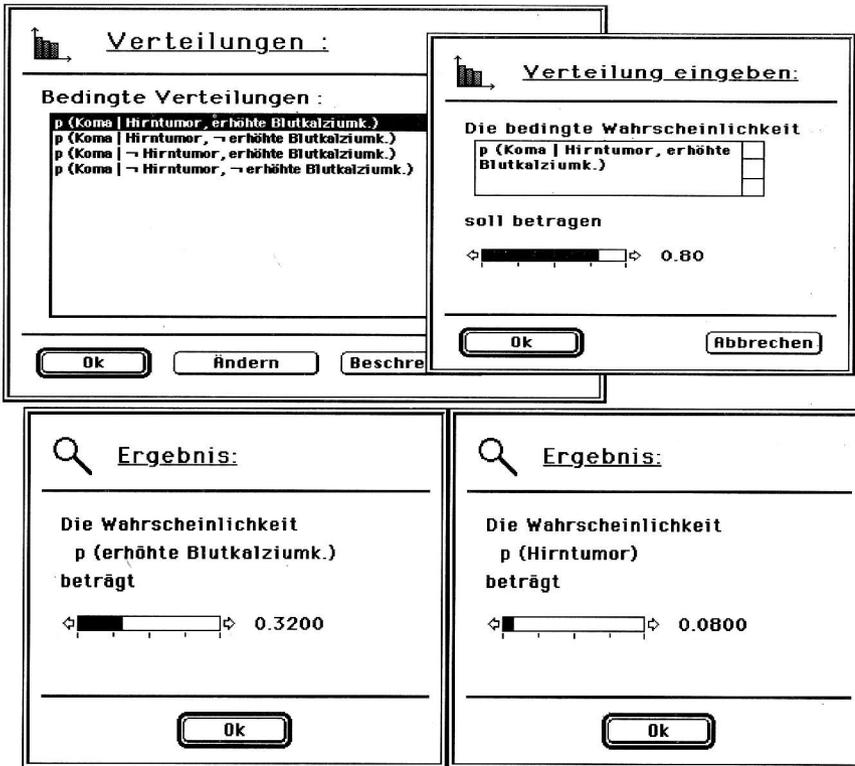


Abb. 2: Bedingte Wahrscheinlichkeit und zwei Randwahrscheinlichkeiten für das Beispiel aus Abb. 1

- eine Komponente zur Unterstützung bei der *Bildung diagnostischer Hypothesen* und Untersuchungsschritte. Auch hier spezifiziert der Benutzer zunächst Ausgangsinformationen, z.B. anamnestische Daten. Bei Bedarf erhält der Benutzer Information über die im Lichte bekannter Fakten (z.B. Anamnese-/ klinische Daten) wahrscheinlichsten diagnostischen Hypothesen sowie Informationen darüber, welche Untersuchungsschritte sinnvoll sind und welche nicht. Dazu werden die Variablen des Netzes vom Benutzer u.a. als Symptome und Syndrome klassifiziert.

Abb. 4 und 5 zeigen ein Beispiel. Im oberen Bereich des Netzes in Abb. 4 befinden sich Faktoren des häuslichen und beruflichen Umfeldes. Im mittleren Bereich sind einige Substanzen aufgeführt, mit denen Personen, auf die diese Faktoren zutreffen, häufig konfrontiert sind. Sie führen zu den eigentlichen Noxen, hier BTX-Aromaten, PCP und Formaldehyd. Im unteren Bereich des Netzes sind mögliche Syndrome, am unteren Rand konkrete Symptome aufgeführt.

In Abb. 5 ist dargestellt, welche diagnostischen Schritte für einen Patienten als nächstes empfohlen werden, für den bekannt ist, daß er unter Kopfschmerzen und Niesen, jedoch nicht unter Allergien leidet. Es wird die Untersuchung der Symptome empfohlen, die direkt mit den beiden wahrscheinlichsten diagnostischen Hypothesen verbunden sind und daher differentialdiagnostisch relevant sind.

<p> Evidenz eingeben:</p> <hr/> <p>Die Information: Person befindet sich in dem Zustand "starke Kopfschmerz." ist mit folgender Wahrsch. richtig:</p> <p><input type="checkbox"/> 1.00 oder: <input type="checkbox"/> 0.00</p> <p><input type="text"/> zu <input type="text"/></p> <hr/> <p><input type="button" value="Ok"/> <input type="button" value="Abbrechen"/></p>	<p> Evidenz eingeben:</p> <hr/> <p>Die Information: Person befindet sich in dem Zustand "Koma". ist mit folgender Wahrsch. richtig:</p> <p><input type="checkbox"/> 0.00 oder: <input type="checkbox"/> 1.00</p> <p><input type="text"/> zu <input type="text"/></p> <hr/> <p><input type="button" value="Ok"/> <input type="button" value="Abbrechen"/></p>
<p> Ergebnis:</p> <hr/> <p>Die aposteriori Wahrscheinlichkeit p (erhöhte Blutkalziumk.) beträgt</p> <p><input type="checkbox"/> 0.0973 (0.3247)</p> <hr/> <p><input type="button" value="Ok"/></p>	<p> Ergebnis:</p> <hr/> <p>Die aposteriori Wahrscheinlichkeit p (Hirntumor) beträgt</p> <p><input type="checkbox"/> 0.0311 (0.1039)</p> <hr/> <p><input type="button" value="Ok"/></p>

Abb. 3: Evidenzen (Kopfschmerzen, kein Koma) und Aposterioriwahrscheinlichkeiten für das Beispiel aus Abb. 1 (in Klammern unter den Aposterioriwahrscheinlichkeiten ist die Wahrscheinlichkeit nach Eingabe der ersten Evidenz, "Kopfschmerz", angegeben)

Kooperationen

Bezüglich der Umweltmedizin bestehen Kooperationen u.a. mit dem Gesundheitsamt Oldenburg, der Dokumentations- und Informationsstelle für Umweltfragen (DISU) der Akademie für Kinderheilkunde und Jugendmedizin e.V., Osnabrück, und mit der umweltmedizinischen Beratungsstelle des Medizinischen Instituts für Umwelthygiene (MIU), Düsseldorf. Bezüglich der Humangenetik besteht eine Kooperation mit dem Institut für Humangenetik und Anthropologie der Universität Heidelberg.

Das System soll zur Unterstützung der Qualitätssicherung im Bereich des Umweltmonitoring, d.h. bei der Planung und Durchführung von Wohnraum- und Arbeitsplatzbegehungen sowie bei der Auswertung der Proben (z.B. Innenraumluftproben) eingesetzt werden. Eine solche Applikation wird über das Internet nutzbar sein.

Ähnlich wird im Bereich der Humangenetik eine für die Beratungspraxis bereits jetzt nutzbare Anwendung über das Internet zur Verfügung gestellt werden.

Im Hinblick auf die Quantifizierung der Netze soll u.a. eine beim MIU in Düsseldorf erstellte Sammlung umweltmedizinischer Kasuistiken einbezogen werden.

Darüber hinaus wird das System für Schulungszwecke in umweltmedizinische Fortbildungskurse integriert werden, welche für Mediziner angeboten werden.

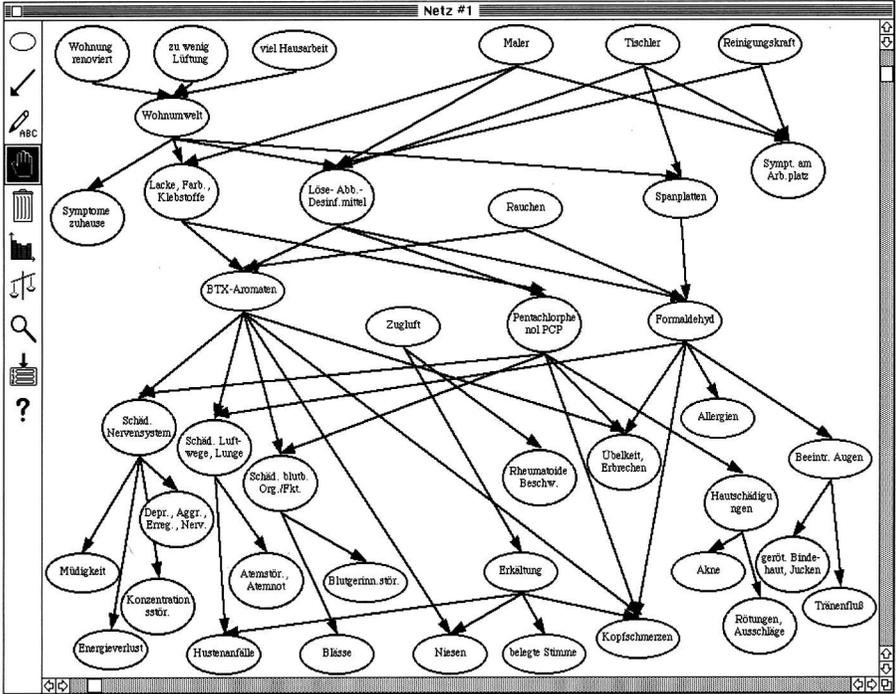


Abb. 4: Exemplarische Wissensbasis mit den Noxen BTX-Aromaten, PCP, Formaldehyd

II Information und Empfehlung :

Bekannt ist:
Kopfschmerzen, Niesen, keine Allergien

Die beiden wahrscheinlichsten Syndrome sind:
Erkältung, Schäd. Nervensystem

Die Untersuchung auf die Symptome
belegte Stimme, Hustenanfälle, Depr., Aggr., Erreg., Nerv., Konzentrationsstör., Müdigkeit, Energieverlust

wird empfohlen, weil sie für die o.g. Syndrome differentialdiagnostisch wichtig sein könnten.

Ok

Abb. 5: Propagierungs-basierte Generierung diagnostischer Hypothesen und Empfehlungen für einen Fall, über den die Informationen "Kopfschmerzen", "Niesen" und "keine Allergien" vorliegen

Weitere Forschungsaktivitäten

Wie bereits erwähnt, werden Applikationen des Systems über Kommunikationsnetze zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus ist folgendes geplant:

• der Ausbau der *Modellierungskomponente*:

- Weiterentwicklung der Komponente zur qualitativen Modellentwicklung und -revision. Qualitative (Ab- und Unabhängigkeits-) Aussagen sollen in einem Dialog gewonnen werden, der dem diagnostischen Vorgehen entspricht. Dieses wird als Wechselspiel von Informationsgewinnung und Hypothesenbildung aufgefaßt.

- Entwicklung einer Komponente zur Akquisition von Konzeptwissen, welches für konzeptbasierte Erklärungen von Vorschlägen des Systems genutzt werden soll. Es ist erforderlich, daß die Aposterioriverteilungen unter Rückgriff auf inhaltlich-konzeptuelles Wissen erklärt werden.

- Integration von Fuzzy-Wissen: Akquisition von Verteilungen aus verbalen Relationsbeschreibungen mittels Bayes-Netzen. Für die von Personen im Modelleditor verwendeten relationalen Bezeichnungen für Zusammenhänge sollen erwartete Verteilungen generiert werden. Dies geschieht durch empirische Zuordnung relationaler Bezeichnungen zu einigen prototypischen Verteilungen. Nach dem Erhalt von Aposterioriverteilungen können Wahrscheinlichkeits-schätzungen gewonnen werden. Darüber hinaus müssen die Wahrscheinlichkeiten mit Informationen aus Datensätzen aktualisiert werden können.

• der Ausbau der *Diagnoseunterstützungskomponente*:

- Implementation eines diagnostischen Dialogs, der die Hypothesenbildung und -revision sowie die Informationsgewinnung unterstützt. Hypothesen und Untersuchungsschritte des Benutzers werden bei Bedarf kommentiert, und es werden Alternativvorschläge angeboten. Diese werden bei Bedarf unter Rückgriff auf Konzeptwissen erklärt. Die Diagnoseunterstützung soll auf den drei Ebenen Anamnese, Biomonitoring und Umweltmonitoring prototypisch realisiert werden.

• Integration diagnostischer Information in die Einflußmodelle (*Codesign* auf Basis kausaler und diagnostischer Informationen), und Ausbau von EXPLAIN zu der integrierten Modellierungs- und Diagnoseumgebung *MEDIKUS* (Modellierung, Erklärung und Diagnose bei komplexen, unsicheren Sachverhalten). Dabei sollen neue Konzepte zu Lehr-/ Lernsystemarchitekturen, zu Wissensakquisition und Wissensvermittlung realisiert werden. Es soll möglich werden, verschiedene in der Medizin gebräuchliche verdichtete Darstellungsformen (Entscheidungsbäume, Flußdiagramme, Ablaufschemata) in die Modellierung zu integrieren. Anhand der in diesen Darstellungen gegebenen Information werden Bayes-Netze konstruiert und die Ergebnisse in die Zielsprache des Benutzers zurückübersetzt. Darüber hinaus sollen die verteilte kooperative bzw. verhandlungsorientierte Modellbildung und entsprechende Expertendiskussionen unterstützt werden, was neue Formen der Interaktion zwischen Modellierern und System erforderlich machen wird.

Publikationen (eingereicht):

J. Folckers, C. Möbus, O. Schröder, H.-J. Thole, An Intelligent Problem Solving Environment for Designing Explanation Models and for Diagnostic Reasoning in Probabilistic Domains, submitted to ITS 96 Intelligent Tutoring Systems, Montreal, June 12-14, 1996

J. Folckers, C. Möbus, O. Schröder, H.-J. Thole, Supporting the Construction of Explanation Models and Diagnostic Reasoning in Probabilistic Domains, submitted to ICLS 96 2nd Int. Conference on the Learning Sciences, July 24-27, 1996

C. Möbus, O. Schröder, H.-J. Thole, Acquiring Knowledge from Linguistic Models in Complex, Probabilistic Domains (*working title*), to be submitted to the European Conf. on AI in Education (EuroAIED), Lissabon, Portugal, Sept. 30 - Oct. 2, 1996

Zusammenfassung

Modellbildung und Diagnose in der Medizin sind komplexe Prozesse, insbesondere in noch neuen Teildisziplinen mit besonders hohem Forschungsbedarf. EXPLAIN - MEDIKUS ist ein Werkzeug zur Unterstützung der Modellbildung und Diagnose in Teilbereichen z.B. der Umweltmedizin und der Humangenetik.

EXPLAIN - MEDIKUS erlaubt die natürlichsprachliche Formulierung von Sachverhalten und setzt sie in eine graphische Netzdarstellung um. In dieser Darstellung können Berechnungen durchgeführt werden, die die Formulierung und Bewertung von Hypothesen über Zusammenhänge zwischen Erkrankungen, Symptomen und möglichen Ursachen unterstützen.

Außerdem kann das System diagnostische Hypothesen und Untersuchungsschritte vorschlagen, bzw. die Angemessenheit solcher Schritte beurteilen. Von besonderer Bedeutung ist dies z.B. im Bereich des Umweltmonitoring. Hierbei geht es um die Feststellung von Schadstoffbelastungen vor allem in Innenräumen. Konkrete Applikationen von EXPLAIN - MEDIKUS zur Unterstützung des Umweltmonitoring sowie für die Beratungspraxis im Bereich Humangenetik werden in Kürze über Kommunikationsnetze zur Verfügung stehen.

Summary

Modelling and diagnosis in medicine are complex problem solving processes, especially in yet new subdomains with high research demands. EXPLAIN - MEDICUS is a tool for supporting modelling and diagnosis in the subdomains of i.e. environmental medicine and human genetics.

EXPLAIN - MEDICUS allows you to state complex medicinal subjects in a simplified natural language editor. It constructs a graphical representation from this information. On further demand, it performs computations on the graph which support the formulation and evaluation of hypotheses concerning the relationships between symptoms, syndromes, and their possible causes.

Furthermore, the system is capable of proposing diagnostic hypotheses and diagnostic investigations, and to evaluate their adequacy. This is of particular importance within the field of "environmental monitoring", which is concerned with the investigation of poisonous substances i.e. in the air of rooms. Applications of EXPLAIN - MEDICUS will soon be available via communication networks for supporting decisions in environmental monitoring, and for supporting consulting in the domain of human genetics.

Projektleiter:

Prof. Dr. Claus Möbus
Tel. 0441 - 798 2900, Fax 0441 - 798 2196
E-Mail: Claus.Moebus@informatik.uni-oldenburg.de

Ansprechpartner:

Dr. Olaf Schröder
Tel. 0441 - 798 3118, Fax 0441 - 798 2196
E-Mail: Olaf.Schroeder@informatik.uni-oldenburg.de