

Computergestützte Diagnostik: Ein Expertensystem zur Differentialdiagnose importierter Infektionskrankheiten – Aufbau und Validierung

T. Deegener

Einleitung Importierte Infektionskrankheiten nehmen seit einigen Jahren einen immer größeren Raum in Klinik und Praxisalltag ein. Besonders die lebensbedrohliche, aber prinzipiell heilbare Malaria tropica führte aufgrund von Fehldiagnosen und/oder falscher Therapie wiederholt zu Todesfällen. BOMMER et al. veröffentlichten 1990 einen Erfahrungsbericht über 100 importierte Malariainfektionen in Göttingen und Kassel im Zeitraum von 1986 bis 1990 (2). In den Jahren zuvor waren in Göttingen zwei Todesfälle durch Nichterkennung einer Malaria tropica aufgetreten. Seit 1990 sind in Göttingen und Umgebung jährlich ein bis zwei Malariatote zu beklagen. Von Januar bis Juli 1994 sind von 19 Malariakranken in und um Göttingen zwei verstorben, während die WHO 1987 die Wahrscheinlichkeit an einer nach Europa importierten Malariainfektion zu sterben lediglich mit 5% beschreibt (7). Aufgrund dieser alarmierenden Zahlen stellte sich die Frage, wie man die primärärztliche Versorgung von Tropenrückkehrern verbessern kann.

Immer wenn eine große Menge an Information und Wissen schnell und geordnet verfügbar sein soll, ist inzwischen der Computer Mittel der Wahl. Hier haben sich insbesondere die medizinischen „Expertensysteme“ bewährt. „Expertensysteme“ sind Computerprogramme, die Problemstellungen in einer einem Experten vergleichbaren Performanz lösen können (3). In anderen Teilgebieten der Medizin sind medizinische Expertensysteme schon längst im klinischen Einsatz.

Der potentielle Nutzen von Expertensystemen umfaßt (5):

- Verbesserung in der Genauigkeit medizinischer Entscheidungen
- Sicherung eines Minimalstandards
- schnellere Verfügbarkeit von medizinischem Wissen für den praktischen Arzt
- Verbesserung der Kosteneffizienz medizinischer Untersuchungen

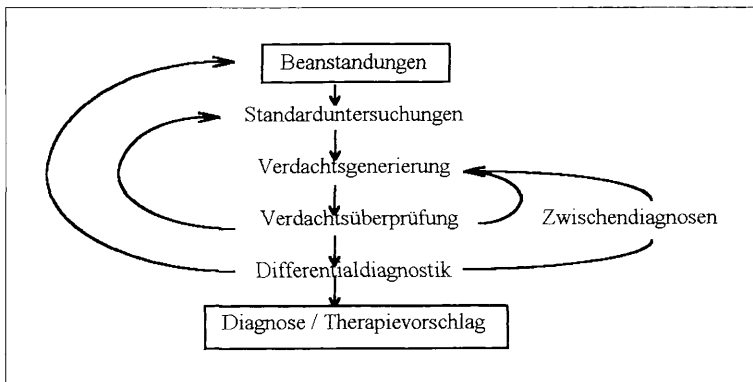


Abbildung 1:
Phasenmodell der
Entscheidungsfindung (4).

Methoden

Expertensysteme bestehen heutzutage meist aus einer Expertensystemshell, die die Problemlösungsstrategien beinhaltet, sowie einer Wissensbasis, die das Wissen zur Lösung eines Problems enthält.

Die Expertensystemshell

Die im Institut für Logik, Komplexität und Deduktionssysteme an der Universität Karlsruhe entstandene Expertensystemshell D3 bildet die Grundlage für die Wissensbasis und das entwickelte Expertensystem „D3-TROPEN“. D3 ist ein problemspezifisches Werkzeug zur Entwicklung heuristischer Diagnoseexpertensysteme.

Die Vorgehensweise von D3 wird anhand eines Phasenmodells beschrieben (Abb. 1):

Anhand der anfänglichen Symptomatik (Beanstandungen) und den direkt indizierten Standarduntersuchungen generiert D3 zunächst in grober Weise Verdachtshypothesen. Diese werden anschließend einer genaueren Überprüfung unterzogen, wobei die gesamte vorhandene Evidenz ausgewertet wird. Aussichtsreiche Hypothesen vergleicht D3 dann systematisch mit ähnlichen, leicht verwechselbaren Hypothesen, den sogenannten Differentialdiagnosen. Lassen die vorhandenen Symptome keinen eindeutigen Schluß darüber zu, welche der Hypothesen zutreffen, erfragt D3 gezielt weitere Daten. Erst wenn die Evidenz für eine Diagnose erheblich besser als die ihrer Differentialdiagnosen ist, wird sie etabliert (6). Aus diesen Problemlösungsstrategien leitet sich auch die Strukturierung der Wissensbasis ab.

Die Wissensbasis, die vorerst nur aus Daten besteht, wird durch eine bestimmte Strukturierung zu für den Computer nutzbarem Wissen:

- Die Symptom-Diagnoseassoziationen werden probabilistisch verknüpft.
- Das Regelwissen ist in einfachen, konjunktiven und strukturierten Regeln untergebracht.
- Diese Regeln werden durch Forward- und Backwardchaining und eine Kombination beider verknüpft und überprüft.
- Zu den Regeln können Ausnahmen oder a priori-Häufigkeiten formuliert werden.

Die Wissensbasis D3 Tropen enthält das essentielle Fachwissen über die neun wichtigsten Tropenkrankheiten:

- Malaria tropica
- Malaria tertiana
- Typhus
- kutane/viszerale Leishmaniasis
- invasive/intestinale Amöbiasis
- Onchozerkiasis
- Loiasis
- Schistosomiasis
- M. Chagas

Mit diesen Diagnosen sind ca. 95% des Patientengutes mit tropischen Erkrankungen im Raum Göttingen abgedeckt.

Tabelle 1:

Ergebnisse der Evaluierung von D3-TROPEN und Anzahl der getesteten Fälle je Diagnose.

gesicherte Diagnose	Anzahl der Fälle	Erste Verdachtsdiagnose Korrekt	Korrekte differentialdiagnostische Schritte empfohlen	Falsch negative Fälle
Malaria gesamt	80	79	79	1
Malaria tropica	56	28	56	0
Malaria tertiana	24	11	23	1*
Amöbiasis	45	30	35	10*
Schistosomiasis	16	12	15	1*
invasive Amöbiasis	13	11	12	1
Loiasis	11	10	11	0
Typhus	11	8	11	0
kutane Leishmaniasis	8	8	8	0
M. Chagas	3	2	3	0
Onchozerkiasis	3	3	3	0
viszerale Leishmaniasis	3	1	3	0
Gesamt	193	124	180	13*

*) Zufallsbefunde, ohne klinische Symptome.

Das Wissen gliedert sich auf in Informationen über:

- Endemiegebiete
- Inkubationszeiten
- Symptomatik
- Laborbefunde
- Diagnostik
- Therapie

Ergebnisse und Validierung

Die Validierung eines Expertensystems wirft nicht unerhebliche Probleme auf, da die Entscheidungswege des Computerprogramms dermaßen komplex sind, daß nicht jeder einzelne getestet werden kann. Es gibt kein statistisches Maß, welches hier die Wahrscheinlichkeit einer korrekten Diagnose beschreiben könnte. Selbst wenn das Programm 1000 Fälle der gleichen Diagnose korrekt diagnostiziert hätte, gibt es keinen statistischen Ausdruck für den 1001 Fall. Vor diesem Hintergrund habe ich D3-TROPEN mit 193 retrospektiv ermittelten Krankengeschichten der Universität Göttingen aus den letzten sechs Jahren getestet. Als „Goldstandard“ galt jeweils der Erregernachweis. Die Ergebnisse der Evaluierung von D3-TROPEN und die Anzahl der getesteten Fälle sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

Insgesamt wurden also von 193 Fällen

- 124 beim ersten Versuch korrekt diagnostiziert,
- bei 180 die richtigen differentialdiagnostischen Folgefragen gestellt, um die korrekte Diagnose zu ermitteln,
- in 13 Fällen keine richtige Diagnose ermittelt (7%); 12 davon waren vollkommen symptomlos.

Diskussion

Ziel dieser Arbeit war es, möglichst schnell ein funktionsfähiges Computerprogramm für den klinischen Einsatz zu erstellen, das die Gefahr falsch negativer Diagnosen auf dem Gebiet der importierten Infektionskrankheiten nach Möglichkeit nahezu ausschließt.

Es hat sich herausgestellt, daß gerade das Gebiet der Tropenkrankheiten ein ideales Einsatzgebiet der Expertensysteme ist. Vielen Expertensystemen, die einen schlecht abgrenzbaren und zu großen Fachbereich bearbeiteten, mangelte es an diagnostischer Treffsicherheit durch den Kliff-Plateau-Effekt (5). D3-TROPEN dagegen bewegt sich in einem für den Benutzer leicht abgrenzbaren Bereich. Eine einzige Frage des Arztes an den Patienten („Waren Sie in der letzten Zeit im Ausland?“) ermöglicht es ihm, die Kompetenz oder Inkompetenz des Computerprogramms zu beurteilen und somit den Kliff-Plateau-Effekt auszuschließen. Dies ist ein Vorteil von D3-TROPEN, der sowohl die Akzeptanz als auch die Validität positiv beeinflusst.

Ein weiterer Vorteil von D3-TROPEN scheint in dem für medizinische Expertensysteme neuen Ansatz zu liegen, möglichst falsch negative Diagnosen zu verhindern. Der Großteil von Expertensystemen anderer Fachrichtungen ist bemüht, eine möglichst exakte Diagnose zu treffen. Dieses Ziel impliziert, daß Diagnosen mit relativ geringer Wahrscheinlichkeit eventuell zu frühzeitig vom diagnostischen Prozeß ausgeschlossen werden. D3-TROPEN schließt dage-

gen nur Diagnosen aus, deren Erreger in dem jeweiligen Urlaubsland nicht vorhanden sind. Alle anderen Diagnosen werden auch dann nicht ausgeschlossen, wenn sie relativ unwahrscheinlich sind. Dies ist besonders wichtig, da häufig ein Krankheitsbild von dem einer Doppelinfektion überdeckt werden kann. D3-TROPEN rät also dem Nutzer, auch bei einer Diagnose mit dem Status „eher unwahrscheinlich“ diese Krankheit durch den Versuch eines Erregernachweises oder durch weitere Untersuchungen auszuschließen. Dies ist übrigens eine Vorgehensweise, die auch im klinischen Alltag auf dem Gebiet der Tropenmedizin normal ist, um auch die häufig asymptomatischen Erregerträger zu erfassen. Auf diese Weise ist es gelungen, die Falsch-Negativen-Quote in Bezug auf die diagnostische Treffsicherheit auf 7% zu senken.

Ein direkter Vergleich der diagnostischen Treffsicherheit von Experten, Anfängern und D3-TROPEN wäre sicherlich eine aufschlußreiche Ergänzung zu der hier durchgeführten Validierung.

Der Umfang der Wissensbasis ist bewußt überschaubar gehalten. Die in dem Programm enthaltenen Diagnosen umfassen immerhin 95% der in Göttingen auftretenden importierten Infektionskrankheiten. Dennoch wäre es wünschenswert, auch die verbleibenden 5% zu erfassen. Die Wissensbasis müßte also um folgende Krankheiten erweitert werden: AIDS, Dengue-Fieber, Gelbfieber, Japanenzephalitis, Lepra, Meningokokkenmeningitis, Rickettsiosen, Ruhr, Tuberkulose und sonstige Viruserkrankungen. Auch wenn die Erweiterung der Wissensbasis keine technischen Probleme bereitet, haben wir dennoch davon Abstand genommen, da die Fallzahlen für diese Erkrankungen zu gering sind, um das Computerprogramm damit auf seine Performance und Validität zu testen.

Expertensysteme übernehmen seit einigen Jahren immer mehr eine Tutor- und Lehrbuchfunktion. D3-TROPEN reiht sich hier ein. Sämtliches medizinische Wissen der Wissensbasis von D3-TROPEN ist dem Nutzer schnell und in jeglicher Form geordnet zugänglich und das schneller als in herkömmlichen Fachbüchern. Weiters kann der Nutzer das Wissen jedesmal nach Bedarf neu sortieren und gliedern. Gegenüber dem Fachbuch hat D3-TROPEN den besonderen Vorteil, daß das jeweilige Fachwissen auch nur für den gerade bearbeiteten Fall angezeigt werden kann. Eine Differentialdiagnosefunktion erlaubt dem Nutzer eine schnelle Unterscheidung einzelner Krankheitsbilder: So kann z. B. für jedes Symptom abgefragt werden, bei welchen Krankheiten dieses Symptom mit welcher Evidenz zu erwarten ist – ein Abfragen, das in D3-TROPEN eine Minute – bei herkömmlicher Literatursuche mindestens 20 - 30 Minuten benötigt (8).

Die Tutorfunktion hat sich als sehr funktionell erwiesen. Ist eine Diagnose mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit etabliert, kann der Benutzer abfragen, welche Maßnahmen, Untersuchungen oder Symptome differentialdiagnostisch in die richtige Richtung zielen. Größtenteils besteht die Tutorfunktion aus einer Kombination von Therapie- und Lehrbuchfunktion, die während des gesamten Beratungsdialoges abgerufen werden kann. Der Benutzer erhält Informationen über die Pathophysiologie, die Komplikationen und kontraindizierten Maßnahmen primär in Bezug auf die jeweils aktuelle Diagnose, aber auch über alle anderen Diagnosen der Wissensbasis. Besonders die Einbeziehung von pathophysiologischen Mechanismen in die Wissensbasen ist eine seit langem geforderte, aber bisher kaum beachtete Voraussetzung für eine den Eingabedaten entsprechende diagnostische Sicherheit.

Die Sicherung eines Minimalstandards mit Hilfe eines Expertensystems setzt voraus, daß der Einsatz von Computern in den Arztpraxen zumindest weit verbreitet ist und die Ärzte ihn auch zur Diagnoseunterstützung einsetzen. Es ist auch aufgrund des neuen Abrechnungswesens in Deutschland davon auszugehen, daß Ende 1995 über 90% der Arztpraxen über einen Computer verfügen. Man bedenke, daß allein 1994 die Anzahl der Computer in den Arztpraxen um 20% auf über 70% gestiegen ist. Inwieweit Ärzte allerdings den Computer auch zur

Diagnoseunterstützung nutzen werden, ist ungeklärt. Die Erfahrungen zeigen aber, daß das Problem der Akzeptanz nicht unterschätzt werden sollte.

Mit D3-TROPEN steht nun ein Expertensystem auf dem Gebiet der Tropenmedizin zur Verfügung, das dem Benutzer hilft, einen Großteil der Akzeptanzprobleme abzubauen:

- Der Beratungsdiallog ist ausgesprochen kurz (10 Minuten)
- Hohe diagnostische Treffsicherheit (93%)
- Hohe Transparenz der Entscheidungsfindung
- Bedienerfreundliche Oberfläche

Inwieweit D3-TROPEN damit dem Praxisalltag gerecht wird, soll in einer weiteren Evaluierungsphase geprüft werden.

Abschließend sei festgehalten, daß der Arzt immer die letzte, entscheidende Instanz bei der Diagnosefindung ist, und für seine Entscheidungen auch die Verantwortung tragen muß (1).

Zusammenfassung

Aus den Bemühungen, im Raum Göttingen/Deutschland die medizinische Primärversorgung von Tropenrückkehrern zu verbessern, ist ein Expertensystem zur Differentialdiagnose importierter Infektionskrankheiten entstanden. Entscheidungsgrundlage für das Expertensystem D3-TROPEN sind Wissen über Endemiegebiete, Inkubationszeiten, Symptomatik, Laborbefunde, Diagnostik und Therapie der neun wichtigsten importierten Tropenkrankheiten.

Das Expertensystem D3-TROPEN ist in der Lage, eine korrekte Anamnese durchzuführen und die zu diesem Zeitpunkt notwendigen körperlichen und apparativen Untersuchungen anzufordern. In 93% der 193 getesteten Fälle konnte D3-TROPEN die korrekte Diagnose ermitteln und so auch die korrekten therapeutischen Maßnahmen empfehlen.

Am Beispiel des Expertensystems D3-TROPEN konnte gezeigt werden, daß der Einsatz moderner Informatik in der Ausbildung, Diagnostik und Dokumentation des Arztes von großem Nutzen sein kann. In der Praxis des Arztes dient die moderne Informatik dem Wohl einer immer mobiler werdenden Gesellschaft in Deutschland unter der Voraussetzung, daß alle Ärzte in Forschung, Lehre und Praxen innovativen Möglichkeiten aufgeschlossen gegenüberstehen.

Schlüsselwörter

Expertensystem, computergestützte Diagnostik, Tropenkrankheiten, Malaria.

Summary

Computer assisted diagnostics: an expert system for differential diagnosis of imported infectious diseases – design and validation

An expert system for the differential diagnosis of imported infectious diseases has been developed from the effort to improve the medical primary care of patients from the area Göttingen/Germany returning from the tropics. The basis for decisions for the expertsystem D3 Tropen is the knowledge about endemic areas, incubation periods, symptoms, laboratory findings, diagnostic process and therapy of the nine most important imported tropical diseases.

The expert system D3 Tropen is able to carry out correct medical history and it asks you to do physical and technical examinations that are necessary at that time. In 93% of 193 tested cases D3 Tropen was able to determine the correct diagnosis and could also recommend the correct therapeutic measures.

The example of the expert system D3 Tropen shows that the use of modern informatics can be of great use for the doctors' training, diagnostic process and documentation. In the doctors' daily work modern informatics serves the welfare of German society that gets more mobile all the time, but only under the condition that our doctors working in research, teaching and in practice are open to innovative techniques.

Key words

Expert system, Computer assisted diagnosis, tropical diseases, malaria.

Literatur

1. BARRETT, J., CRAIG, J. (1992):
An overview of potential tort liability of designers and manufactures of medical expertsystems.
Automedica 14, 55-63.
2. BOMMER, W., CHRISTOPHEL, E. M., DUPONT, W., KUHLENCORD, A., MERGERYAN, H. (1990):
Zur Problematik importierter Malariainfektionen.
Med. Klin. 85, 310-318.
3. BUCHBERGER, E.:
AI Dictionary. Schriftenreihe der Österreichischen Gesellschaft für artificial intelligence.
Österreichische Gesellschaft für artificial intelligence, Wien 1987.
4. GAPPA, U., PUPPE, F. G., SCHEWE, S. (1993):
Graphical knowledge acquisition for medical diagnostic expert systems.
Artif. Intell. Med. 5, 185-211.
5. PUPPE, F. G. (1991):
Expertensysteme in der Medizin. Künstliche Intelligenz: Symposium anlässlich des 65. Geburtstages von Prof. Herbert Keller.
Deutsche Gesellschaft für Klinische Chemie – Darmstadt 11, 35-44. GIT Verl. Darmstadt 1991.
6. PUPPE, F. G.:
Assoziatives diagnostisches Problemlösen mit der Expertensystemshell MED2.
Naturw. Diss. Kaiserslautern 1986.
7. WHO (1987):
Malaria risk for travellers. Report on a WHO working group.
WHO, Geneva EUR/ICP/MAL 012:2.
8. WIEDING, J. U., KRETSCHMAR, T., SCHÖNLE, P. W. (1990):
Development of a Computer-Aided Reference System for Differential Diagnostics Support.
Meth. Inform. Med. 29, 132-139.

Korrespondenzadresse: Tim Deegener
Institut für Allgemeine Hygiene und Tropenhygiene
Windausweg 3
D-37073 Göttingen · Bundesrepublik Deutschland

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Gesellschaft für Tropenmedizin und Parasitologie](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Deegener Tim

Artikel/Article: [Computergestützte Diagnostik: Ein Expertensystem zur Differentialdiagnose importierter Infektionskrankheiten - Aufbau und Validierung. 253-258](#)