

Ein Expertensystem verbessert die Qualität der medizinischen Praxis

Alscher MD, Klenk S, Dippon J, Kleinhans A, Friedel G, Zakim A, Ott G, Braun N,
Winter S, Brinckmann W, Fritz P

1: Institut für Digitale Medizin
Am Kriegsbergturm 44
70191 Stuttgart
dominik.alscher@idm-foundation.org

2: Institut für Stochastik, Universität Stuttgart

3: Robert-Bosch-Krankenhaus, Stuttgart

Abstract: The knowledge base for the practice of medicine is growing exponentially. To digest the available new information, a practitioner had to read almost all of his time and would not be able to treat patients. Since the economic burden is pressing doctors to see more patients in a shortage of time, the quality of the so-called evidence based medicine in practical medicine is declining. Additionally we see more complex patients with co morbidities due to the demographic shift with more older patients with a multiplicity of chronic diseases. However, the growing knowledgebase is giving the doctor a broad array of different factors for single decisions, which overwhelm the short-term memory of the human brain. To bridge the gap and to present the best available data to the point of decisionmaking, from our point of view there is a strong need for expert systems for decision support to guarantee a high level of medical quality. Most of medical IT solutions are developed out of the needs of hospital administrations or handling of simple digital data, as laboratory values. However, the patient should be in the centre of the process of executing high quality medicine. Therefore we see a lot of arguments for IT systems which covering medicine in the core of the IT processes. With CLEOS we have a solution available that could bridge the gap.

1 Einleitung

Derzeit findet man eine Ökonomisierung der ärztlichen Praxis, welche vom Gesetzgeber durch eine Neufassung der Rahmenbedingungen, beispielsweise Einführung von Fallpauschalen, zur Basis der Leistungserbringung erhoben wurde. Weiterhin findet sich eine Zunahme der medizinischen Erkenntnisse. Der einzelne Arzt hat in diesem Umfeld große Probleme die gewünschte Qualität in der Versorgung des individuellen Patienten zu gewährleisten, da Qualität immer noch korreliert ist mit dem investierten Zeitaufwand für den einzelnen Patienten. Um dem Patienten Qualität zu gewährleisten wird deshalb häufig versucht durch Leit- und Richtlinien, klinischen Pfaden und weiteren Standardisierungen medizinischer Leistungsgeschehen den Arzt über Verpflichtungen diese jeweils einzuhalten zu zwingen eine Sicherheit hinsichtlich der Qualität zu gewährleisten. Dies führt aber zu einer Abkehr von individueller Problemlösung und kann ein Risiko für den individuellen Arzt-Patientenkontakt darstellen. Es stellt sich die Frage, ob durch Einsatz neuer Technologien das skizzierte Problem aufgelöst werden kann unter Erhalt der traditionellen und individuellen Arzt-Patientenbeziehung und Gewährleistung einer hohen Qualität.

2 Methodik

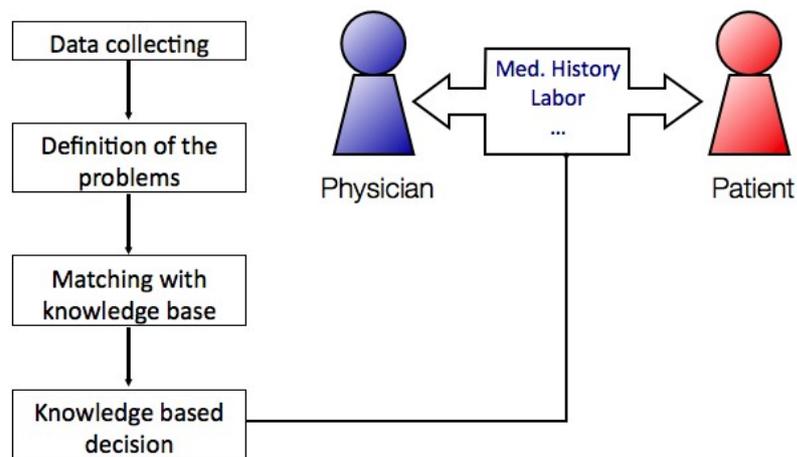
Bei Anwendung der ärztlichen Kunst findet sich seit dem 19. Jahrhundert das Problem, dass einerseits mit der Erhebung der Wissenschaft als Basis der Medizin ungeahnte Erfolge hinsichtlich der Gesundheit von Patienten möglich waren, andererseits das Individuum häufig nicht nach streng deduktiv-nomologischen Schlüssen analysierbar war. Die einzelne Ausnahme von der Regel konnte nicht im Sinne von Popper als Falsifizierung des Schlusses in allen Fällen herangezogen werden, sondern es bedurfte im Bestreben einer individuellen Problemlösung der Einführung einer zugelassenen Unschärfe in Einzelfällen. Es wurde die Theorie des normischen Schlusses zugelassen, welcher noch korrekt ist, wenn er die Wahrheit in den meisten Anwendungsfällen enthält, aber eben nicht in allen Fällen [Gr01]. Diese Zulassung von Unschärfe aus Sicht der reinen Wissenschaft entstand aus einer Analyse der Konflikte zwischen Kranken und Krankheitslehre, damit Individuum und Systematik und entspricht dem unterschiedlichen Ansatz zwischen monotoner und normischer Logik. Aus dem Aufbau von Expertensystemen zur Problemlösung kennt man dieses Dilemma ebenfalls. Bei der sogenannten „Diagnosis of first principle“, welches einer Diagnose nach monotoner Logik entspricht, erfolgt zunächst eine Beobachtung des Verhaltens des Systems, wobei dies ein technisches oder ein biologisches System sein kann [Re87]. Kommt es zu einer Diskrepanz zwischen Vorhersage und Systemverhalten, wird die Vorhersage und die Theorien verworfen, auf denen die Vorhersage beruhte. Eine Systemanalyse schließt sich an um die Diskrepanz zu beschreiben und zukünftig zu eliminieren. Es resultiert daraus bei komplexen Systeme ein sehr großer Rechenbedarf, der mit üblichen Computern nicht bewältigt werden kann. Auch das menschliche Gehirn ist bei komplexen Systemen damit überfordert. Ein anderer Ansatz umgeht dieses Problem. Dies ist der heuristische oder experimentelle Ansatz. Heuristik bezeichnet die Kunst, wahre Aussagen zu finden im Unterschied zur monotonen Logik, die lehrt wahre Aussagen zu begründen. Friedrich Schleiermacher (1768-1834) postulierte erstmalig die Heuristik als eigenständige Wissenschaft neben der monotonen Logik. In der Informatik können mit heuristischen Methoden zulässige Lösungen bei geringen Rechenaufwand und kurzen Laufzeiten der Computer erzielt werden. Beispielsweise wurde in den 80-er Jahren ein eigener Programmbereich an der Stanford Universität in Kalifornien gegründet, der entsprechende Vorgehensweise analysierte. Es entstand daraus das Mycinsystem, welches als erstes medizinisches Expertensystem bekannt wurde. Bei dem heuristischen Ansatz erfolgt durch Beobachtung die Bildung von Erfahrung und die Aufstellung eines Regelsatzes für Standardsituationen („rule of thumbs“). Dies Wissen entspricht dem Expertenwissen beispielsweise erfahrener Kliniker, wobei eine streng wissenschaftliche Ableitung nicht erfolgt. Für die Praxis der Medizin spielen Lösungsansätze entsprechend der „rules of thumb“ weiterhin eine große Rolle.

Für Expertensysteme bietet ein heuristischer Ansatz den Vorteil, dass die Rechenkapazität beschränkt bleibt und Standardcomputer die Analysen durchführen können. Auch das menschliche Gehirn kann entsprechende Regel gut anwenden. Teilweise finden sich verschiedene Begriffe für ein solches Vorgehen, beispielsweise „Fuzzy logic“ [Gr01].

3 Analyse der Ist-Situation

Zunächst muss der Prozess der ärztlichen Problemanalyse beschrieben werden. Im Rahmen des Erstkontaktes Patient-Arzt erfolgt die Datensammlung, wobei dies über die Anamnese, die körperliche Untersuchung, Laborwerten und Erhebung weiterer physikalischer Daten (Bildgebung etc.) erfolgt.

Medical Decision Process



IDM Stiftung
Institut für Digitale Medizin

Abbildung 1: Prozess der medizinischen Entscheidungsfindung

Dann erfolgt die Bildung einer Arbeitsdiagnose auf der Basis vorhandenen Wissens und der Abgleich mit der vorhandenen Wissensbasis (Abbildung 1).

Dann erfolgt eine Evidenz-basierte Entscheidung. Dies ist das Ideal. Das eigentliche Problem sind die Grenzen des menschlichen Erinnerungsvermögens, welche sowohl das Kurz- als auch das Langzeitgedächtnis betreffen. Die Wissensbasis ist zu groß um gelernt zu werden, da die Kapazität des Langzeitgedächtnis überfordert wird, und sie ist zu kompliziert um angewandt zu werden, da die eingeschränkte Leistungsfähigkeit des Kurzzeitgedächtnis dies nicht zulässt.



Library of the University of California, San Francisco

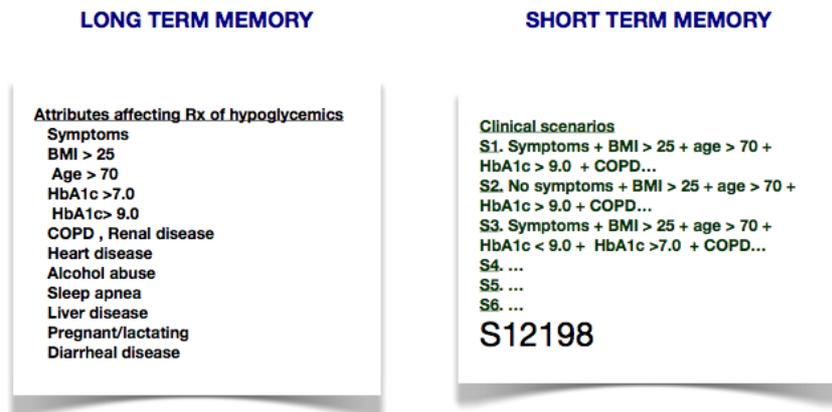
IDM Stiftung
Institut für Digitale Medizin

Abbildung 2: Medizinische Bibliothek der Universität von San Francisco, Kalifornien.

Abbildung 2 zeigt auf der linken Seite eine Anzahl von Buchregalen in einer typischen medizinischen Bibliothek und rechts einzelne Regale. Die Bibliothek hat 3 Stockwerke, weiterhin sind zunehmend Zeitschriften nur online vorhanden. Es ist offensichtlich, dass ein Individuum nicht den gesamten Inhalt lernen kann, aber selbst ein einzelnes Regal kann inhaltlich nicht bewältigt werden.

In Abbildung 3 ist dargestellt wie die Begrenzungen des Kurzzeitgedächtnisses die Anwendung von Wissen beeinträchtigen. Das gewählte Beispiel illustriert eine Standardsituation in der ärztlichen Praxis: Die Verschreibung eines Medikamentes zur Behandlung von erhöhtem Blutzucker. Auf der linken Seite der Abbildung ist eine Liste von klinischen Variablen aufgeführt, die für die Auswahl eines geeigneten Medikamentes wichtig sind. Diese Faktoren müssen gelernt werden bzw. ihre Bedeutung in diesem Zusammenhang und im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Die Verarbeitung muss dann im Entscheidungsprozess im Kurzzeitgedächtnis erfolgen, wobei zwei Stufen unterscheidbar sind: 1. Zunächst muss die Erhebung der relevanten Daten durch Anamneseerhebung, körperliche Untersuchung und Laboranalysen erfolgen. 2. Dann muss eine Synthese erfolgen, die für den individuellen Patienten die Entscheidungsgrundlage wie auf der rechten Seite dargestellt ergibt.

POSSESSING AND USING KNOWLEDGE ARE FUNCTIONALLY INDEPENDENT TASKS



IDM Stiftung
Institut für Digitale Medizin

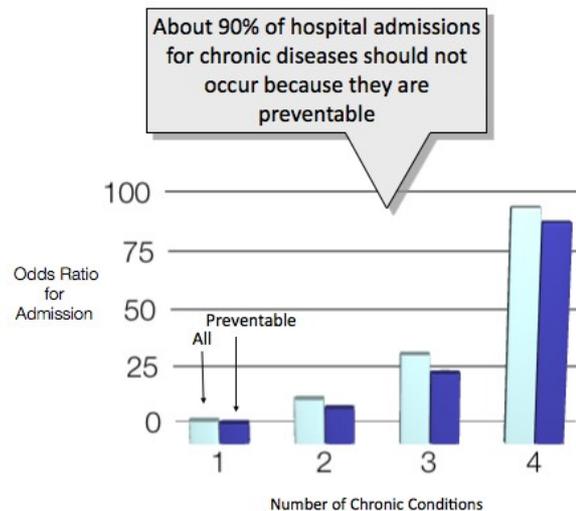
Abbildung 3: Faktoren, die bei Verschreibung eines Antidiabetikum berücksichtigt werden müssen.

Das Kurzzeitgedächtnis kann nur 3 bis 7 simultane Variablen berücksichtigen. Es gibt aber bei den 13 Variablen für diese Standardsituation bereits 8132 verschiedene Kombinationsmöglichkeiten. Das bedeutet: Es ist nicht nur unmöglich alles Wissen zu lernen, sondern weiter ist es für den Arzt ohne Hilfsmittel auch unmöglich das vorhandene Wissen in den zunehmend komplexeren Situationen anzuwenden. Natürlich könnten Hilfsmittel wie Papier und Bleistift zum Einsatz kommen um den Überblick zu behalten. Dies ist in der Praxis aber in der Regel nicht der Fall. Ein solches Vorgehen wäre zu zeitaufwendig.

Diese ineffektive Anwendung von Wissen beeinträchtigt die Qualität und verursacht Kosten.

In Abbildung 4 sind die Ergebnisse einer Untersuchung dargestellt, welche zeigen, dass durch dieses Versagen individuelle aber auch volkswirtschaftliche Probleme entstehen. Es lässt sich unschwer ablesen, dass 90% aller stationären Aufenthalte durch präventive Maßnahmen vermeidbar wären [Wolff et al. 2002].

Medical Decisions need Improvement



*Data replotted from Wolff, JL Starfield B Anderson G. (2002) Arch Int Med 162, 2269-76

IDM Stiftung
Institut für Digitale Medizin

Abbildung 4: Ergebnisse einer Arbeit, die zeigen, dass 90% aller Krankenhaus-einweisungen vermeidbar wären.

4 „The way forward“

Es besteht Einigkeit, dass durch Informationstechnologien (IT) die medizinische Praxis hinsichtlich Qualität verbessert werden kann und Kosten reduziert werden. Beispielsweise kommen die Autoren des Berichtes „Die Vision einer individuellen quantitativen Medizin“ zu den folgenden Aussagen [De05]:

Wir gehen davon aus, dass im Jahr 2020 für jedes Individuum - zu „erträglichen“ Preisen - eine Überfülle an gesundheitsrelevanter Information zur Verfügung stehen wird. Es handelt sich hierbei einerseits um Wissensdaten und andererseits um individuelle Patientendaten. Neue Techniken zur Sammlung, Strukturierung, Speicherung, Verbreitung und Präsentation von gesundheitsrelevanter Information werden es erleichtern, das rapide wachsende medizinische Wissen zugänglich und nutzbar zu machen. Viele der hiermit zusammenhängenden Entwicklungen sind bereits voll im Gange. So wird medizinisches Personal bei seiner Arbeit zunehmend durch leistungsfähige Informationssysteme mit Wissen unterstützt, das nah am aktuellen Forschungsstand ist. Umfangreiche medizinische Information über Prävention, Diagnose, Therapie und Prognose wird per Internet angeboten und interessierten Patienten zur Verfügung stehen.

Auch hier sind Ansätze bereits vorhanden. Immer mehr Patienten werden mit medizinischem Vorwissen (inklusive Halbwissen) in die Praxen kommen. Die Patienten entwickeln zunehmend Urteilsfähigkeit hinsichtlich medizinischer Fragen, aber auch Anspruchshaltungen. Hier könnten medizinisch sauber geprüfte Informationssysteme ein Korrektiv darstellen und das Patient-Arzt-Verhältnis bei überzogenen Anspruchshaltungen entkrampfen helfen.

Die derzeit bestehenden Programme haben aber hinsichtlich dieser Ziele bisher nicht überzeugen können.

Der Grund dafür liegt daran, dass die bisherigen Programme nicht die Begrenzungen der kognitiven Funktionen als Hauptproblem adressiert haben und nicht eingesetzt werden, um die breite Anwendbarkeit wissenschaftlicher Medizin durchgehend zu fördern.

Um das Potential von Informationstechnologien unter dem Aspekt größtmöglicher Qualität bei minimalen Kosten für die medizinische Praxis zu nutzen ist ein spezielles Design des Programms notwendig:

Die Lösung medizinischer Probleme erfordert zunächst eine komplette Datensammlung unter Einschluss einer präzisen Anamneseerhebung und körperlichen Untersuchung. Weiterhin muss dann eine Evidenz-basierte Entscheidung simuliert werden, wie sie der Arzt in der täglichen Praxis idealerweise treffen sollte.

Computer sind besser wie das menschliche Langzeitgedächtnis für die Datenvorhaltung geeignet. Der Datenabruf geht schneller und präziser. Weiterhin kann eine Analyse verschiedener Faktoren in komplexen Situationen bewältigt werden, in denen der menschliche Verstand versagt. Wir müssen deshalb einen Weg finden, wie das in Computer vorhandene Wissen effektiv genutzt werden kann um wissenschaftliche Entscheidungen in der täglichen Praxis zu ermöglichen.

Wir haben ein medizinisches Programm entwickelt [CLEOS®- CLinical Expert Operating System] welches diese Aspekte berücksichtigt und Ärzte teilweise ersetzen kann. CLEOS® ist web-basiert und kann über das Internet genutzt werden. Es kann in einem „intranet“ drahtlos über einfache und simple Geräte („handhelds“) angewandt werden [A108].

CLEOS® beginnt mit der Erhebung der medizinischen Anamnese, da auch heute noch 80% aller Diagnosen durch eine präzise Anamneseerhebung gestellt werden können und dadurch Folgekosten vermieden werden, die ansonsten durch technische Untersuchungen angefallen wären [Ba03]. CLEOS® interagiert direkt mit den Patienten und erhebt die Anamnese. Durch die Antworten wird der weitere Weg im System gesteuert, kein Patient bekommt die gleichen Fragen gestellt, sondern das Programm erstellt orientiert an den detektierten Problemen eine individuelle Anamneseerhebung (!).

CLEOS® erhebt aber nicht nur die Anamnese: das Programm soll zukünftig wesentliche Labordaten integrieren und direkt mit Pflegepersonal und Ärzten interagieren.

Es soll zusätzlich beispielsweise in der Notaufnahme die Behandlungsdringlichkeit durch das Manchester-Triage-System erheben und die Parameter der klinischen Untersuchung können schon jetzt durch den Arzt direkt eingegeben werden.

Die Analyse der Daten erfolgt durch interne Interferenzen auf der Basis von pathophysiologischen Überlegungen. Es erfolgt dadurch eine erhebliche Individualisierung der medizinischen Problemlösung.

CLEOS® ist einfach zu programmieren, so dass auch Ärzte direkt Inhalt hinterlegen können. Als Folge der Anwendung des Programms werden große Datenbanken gebildet, welche der wissenschaftlichen Analyse im Rahmen von Versorgungsforschung zur Verfügung stehen. Dies ist aus unserer Sicht ein äußerst wichtiger Aspekt, da zukünftige Forschung an solchen Datenbanken durchgeführt werden wird. Zukunftsaussichten, beispielweise für Internisten, wie von den Fachgesellschaften als Szenario veröffentlicht, gehen davon aus, dass mit solchen Instrumenten die wissenschaftlichen Fragestellungen der Zukunft beantwortet werden. Die amerikanischen Fachgesellschaften haben hierzu wie folgt Stellung bezogen [He07]:

*„Given the drastic changes witnessed between 1985 and 2005, subsequent advances in technology by the year 2025 will completely alter the face of internal medicine. The proliferation of technology will decrease the workforce needs of subspecialties, especially procedure-based subspecialists. The prevalence of genetic information, proteomics, imaging, pharmacogenetics, robotics, nanotechnology, laser surgery, and noninvasive surgery make telemedicine and distance care mainstream. Testing and procedures are executed by technicians; the internist becomes “Dr. McCoy”: diagnostician, interpreter, and manager for the patient. **Despite access to software and databases to help manage the proliferation of science, internists require advanced understanding of modern scientific principles, medical technology, and emerging as well as classic disease entities.** The specific internal medicine competency remains “finely honed diagnostic reasoning.” Internal medicine attracts “the best of the best,” restoring the respect and prestige of the discipline. Medical school curricula meld basic science with clinical science throughout all years of medical school, effectively reversing the trend of the late 20th century decrease in basic science education. Collaboration among colleges of medicine, nursing, pharmacy, and allied medical professions becomes commonplace. Scientific education is central to postgraduate and continuing professional education; clinical experience reverts to an apprenticeship model.“*

Die Datenbanken in CLEOS® erlauben, die Qualität der Betreuung von Patienten zu messen. CLEOS® kann selbständig zum Einsatz kommen und auch in strukturschwachen Regionen hohe Qualität garantieren.

Warum sollte ein solches Instrument in gemeinnütziger Hand sein? Wichtig ist, dass der medizinische Inhalt akademischen, überprüfbaren Kriterien genügt und nicht korrumpiert werden kann. Deshalb muss die Bewahrung und Weiterentwicklung des Inhaltes in einer gemeinnützigen, möglichst akademischen Struktur erfolgen.

CLEOS® ist im Besitz einer deutschen Stiftung: IDM-Stiftung (Institut für Digitale Medizin) (www.idm-foundation.org). Es ist damit ein gemeinnütziges Instrument und entspricht den skizzierten Bedingungen.

Die Anwendung des Programms hat gezeigt, dass im Rahmen einer klinischen Studie dieser Ansatz dem klassischen Ansatz einer Anamneseerhebung durch den Arzt hinsichtlich der Anzahl der detektierten medizinischen Probleme und der Qualität der Erhebung deutlich überlegen war [Za08]. In der Publikation zu diesem Thema kommen wir in der Zusammenfassung zum Schluss:

„A combination of physician and computer-acquired histories, in non-emergent situations, with the latter available to the physician at the time he or she sees the patient, is a far superior method for collecting historical data than the physician interview alone.“

Hinsichtlich einer individuellen Betreuung von Menschen mit ärztlichen Problemen bei hoher Qualität und Bezahlbarkeit für eine Mehrheit der Bevölkerung wird man zukünftig ohne die hier skizzierten Lösungen nicht auskommen können. Es ist aus meiner Sicht entscheidend, dass sich die medizinischen Professionen aktiv und prägend in der Ausgestaltung beteiligen, ansonsten werden sie ihre Gestaltungsmöglichkeiten zunehmend verlieren.

Literaturverzeichnis

- [Al08] Alscher DM. Computer in der Medizin - Chancen für eine Individualmedizin. Dtsch Aezzteblatt 2008;105:A1897-A1900.
- [Ba03] Bachman JW. The patient-computer interview: a neglected tool that can aid the clinician. Mayo Clin Proc2003;78(1):67-78.
- [De05] Deuffhard P, Hege H-C. Die Vision einer individuellen quantitativen Medizin. ZIB-Report 2005;05-47:1-7.
- [Gr01] Gross R. Individualität in der Medizin im Lichte neuerer Logiken. Med Klin 2001;96(11):690-1.
- [He07] Hemmer PA, Costa ST, DeMarco DM, Linas SL, Glazier DC, Schuster BL. Predicting, preparing for, and creating the future: what will happen to internal medicine? Am J Med 2007 Dec;120(12):1091-6.
- [Re87] Reitter R. A Theory of Diagnosis from First Principles. Artificial Intelligence1987;32:57-95.
- [Wo02] Wolff JL, Starfield B, Anderson G. Prevalence, expenditures, and complications of multiple chronic conditions in the elderly. Arch Intern Med 2002;162(20): 2269-76.
- [Za08] Zakim D, Braun N, Fritz P, Alscher MD. Underutilization of Information and Knowledge in Everyday Medical Practice: Computer-based Solutions. BMC Med Inform Decis Mak2008 Nov 5;8(1):50.