

mit Gedankens zum Team Wock

HIPPOKRATES

biol
EDV

Wissenschaftliche Medizin und praktische Heilkunde im Fortschritt der Zeit

Schriftleitung:

K. E. ROTHSCHUH/Münster und F. BRECKE/St. Blasien zusammen mit R. POLACSEK/Ulm/D. und J. KRICK/Augsburg

Dem „Hippokrates“ angebotene Manuskripte dürfen nicht gleichzeitig andernorts zum Abdruck angeboten werden. Im allgemeinen werden nur Arbeiten als Erstdruck angenommen. Mit der Annahme des Manuskriptes erwirbt der Verlag das ausschließliche Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung der in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangten Beiträge, insbesondere auch das Recht, die Herstellung von fotomechanischen Vervielfältigungen in gewerblichen Unternehmen zum innerbetrieblichen Gebrauch nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens zu genehmigen. Wertmarken für Fotokopieblatt DM —,10.

Hippokrates-Verlag Stuttgart

40. Jahrgang Heft **11** Seite 416-421 (1969)

Sonderdruck

Aus der Med.-Biol. Forschungsstelle am Robert-Bosch-Krankenhaus Stuttgart
(Leitender Arzt der Dokumentations- und Biologischen Abteilung: Dr. R. PIRTKIEN)

Die Arbeitsweise eines Computers in der medizinischen Diagnostik

Von R. PIRTKIEN und W. GIERE

Warum elektronische Datenverarbeitung in der Medizin?

Die Schwierigkeiten der modernen Medizin beschreibt GROSS 1965 mit folgenden Worten: „Ein geistreicher Spötter hat das Problem der Spezialisierung in der Medizin einmal auf 2 Infinitesimalgleichungen zurückgeführt: Danach weiß der praktische Arzt von immer mehr immer weniger, das theoretische Ende wäre, daß er von allem nichts weiß. Der Spezialist weiß demgegenüber von immer weniger immer mehr, das theoretische Ende wäre, daß er von nichts alles weiß.“

Ursache dieser Entwicklung ist die exponentiell anwachsende Informationsflut. Alle 5–6 Jahre verdoppelt sich nach Untersuchungen in Kalifornien zur Zeit das medizinische Wissen. Der Einsatz elektronischer Rechenanlagen zum Speichern und gezielten Abrufen dieser Informationen wird damit zur zwingenden Notwendigkeit. Die Probleme, die sich dabei aus der uneinheitlichen Nomenklatur und dem oft schwer faßbaren Informationsgehalt medizinischer Angaben ergeben, sollen hier außer acht gelassen werden. Ziel dieser Abhandlung soll sein, zu untersuchen, welcher Methoden man sich bedienen kann, um den aktuellen medizinischen Wissensschatz bei der Diagnosefindung jedem Arzt zur Verfügung zu stellen.

Ebenfalls außer acht bleiben soll auch die Frage, wieweit in Zukunft die Diagnose tatsächlich das entscheidende Glied zwischen Untersuchung und Behandlung bleiben muß. Es wurde auf der letzten Tagung der Deutschen Gesellschaft für medizinische Dokumentation diskutiert, ob nicht der konsequente Einsatz elektronischer Rechenanlagen bei der Festlegung der Therapie anhand der beobachteten Patientendaten die Diagnose überflüssig werden läßt – ein weites Feld!

Der MEDIUC oder der die medizinische Diagnose unterstützende Computer

Kein bisheriger Versuch, die Diagnosefindung durch Computereinsatz zu erleichtern, kann von der prinzipiellen Überlegung ausgehen, daß sich die Informationsverarbeitung, die im ärztlichen Gehirn zur Festlegung der Diagnose führt, in einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage simulieren läßt. Die Verschiedenheit der Ansätze für MEDIUC ist daher ein Abbild der Schwierigkeiten, den Ablauf der Diagnosefindung im Gehirn des Arztes zu beschreiben.

Der Umgang des Arztes mit dem Computer im Dialogverfahren oder im einzeitigen Abfragen

Ganz generell lassen sich verschiedene Arbeitsrichtungen herauskristallisieren:

1. Betrachtet man die Kommunikation zwischen Arzt und Computer im zeitlichen Zusammenhang, lassen sich zwei Arbeitsrichtungen unterscheiden:

a) Ein Dialog zwischen Arzt und Computer, der sich aus der Verarbeitung einer Information und der daraus resultierenden, gezielten Frage nach der nächsten ergibt. Dies ist ein Vorgehen, das dem dichotomen Aufbau von Bestimmungstabellen z. B. in der Botanik ähnelt.

b) Eine Entscheidung wird durch einen einzeitigen Vergleich der gefundenen Patientensymptome¹ mit einer mehr oder weniger detaillierten Krankheits-Symptommatrix gefällt. Natürlich kann diese Entscheidung nach Komplettierung der Beobachtungen beliebig oft wiederholt werden.

Der Unterschied der beiden Methoden läßt sich auch so charakterisieren: Bei der Dialogverarbeitung werden in jedem Schritt Einzelentscheidungen gefällt, die durch jeweils eine Angabe über den Patienten ausgelöst werden, ohne daß bereits weitere Angaben bekannt sein müssen. Die Suche nach notwendigen Entscheidungskriterien wird durch das Computerprogramm² gesteuert.

Daher brauchen am Patienten nur die Untersuchungen angestellt zu werden, die nach den Computerangaben zur Diagnosefindung relevant sind. Anders bei der einzeitigen Methode, die das Gesamtmuster der vom Patienten bekannten Angaben in die Entscheidung einbezieht. Ein weiterer Gesichtspunkt für diese Trennung ist, daß Dialogmethoden für die gesamte Zeit der Diagnose den direkten Zugriff zum Computer erfordern, einzeitige nicht. Aber auch bei den einzeitigen kann nach Feststellung einer ausreichenden Wahrscheinlichkeit einer Diagnose auf weitere Untersuchungen verzichtet werden.

¹ Unter Symptomen sollen im folgenden alle zur Diagnostik relevanten Angaben über einen Patienten, also symptoms, signs, tests verstanden werden.

² Programm nennt man die sinnvolle Aufeinanderfolge von Befehlen (LUTZ, HAUFF) – meist mittels Lochkarten in den Computer eingelesen –, welche den Arbeitsablauf der Maschine steuern. Die Flexibilität der elektronischen Datenverarbeitung beruht auf der Möglichkeit, den Befehlsablauf nach dem Ergebnis vorhergegangener Arbeitsschritte zu variieren.



Abb. 1: Zusammenstellung einer kleinen Symptom-Krankheits-Matrix nach K. E. ROTHSCHUH (Prinzipien der Medizin, Urban & Schwarzenberg, München/Berlin 1965), wie sie für Diagnoseverfahren erstellt werden muß. — Die unterschiedliche Dichte der Striche entspricht der Penetranz der symptoms, signs und tests

Der Umgang des Arztes mit dem Computer unter Verwendung logischer oder statistischer Kriterien

2. Eine andere Einteilungsmöglichkeit der Programme für den MEDIUC liefern die Entscheidungskriterien, die der Computer-unterstützten Diagnostik zugrunde gelegt werden. Es sind dies

a) logische Kriterien, die sich mit Hilfe der BOOLEschen Algebra formulieren lassen. Die Fragestellung läßt sich für diese Entscheidungsmodelle etwa mit folgenden Formulierungen umschreiben: Was kann, was muß, was darf bei dieser Krankheit auftreten oder nicht. Die Antworten können sein „ja“, „nein“, „ungewiß“, wobei das letztere neue Informationen erfordert, um die Entscheidung treffen zu können. Der Grad der Ungewißheit läßt sich, im Gegensatz zur folgenden Methode, nicht feststellen. Die Entscheidungskriterien müssen vom Arzt auf Grund seiner Beurteilung der bisherigen Informationen (= Erfahrung) festgelegt werden.

b) Statistische Kriterien, die sich u. a. als Wahrscheinlichkeiten formulieren lassen. Die Fragestellung läßt sich für Modelle dieser Art etwa mit folgenden Formulierungen kennzeichnen: Wie wahrscheinlich ist das Auftreten dieses Symptoms (oder Symptomenkomplexes) bei dieser Erkrankung im Vergleich zu der Wahrscheinlichkeit bei anderen? Wie wichtig ist das Symptom für die Diagnose dieser Erkrankung? Dabei muß „wichtig“ quantitativ verstanden werden (Abb. 1).

Nach den beiden Formulierungen für statische Ansätze ergaben sich auch zwei Lösungsmöglichkeiten:

Der ersten Fragestellung entsprechen die Wahrscheinlichkeitsansätze, welche letztlich auf der Errechnung der Korrelationen zwischen Krankheit und Symptom basieren. Der zweiten Fragestellung entsprechen die Lösungsversuche, die den Symptomen bei den einzelnen Krankheiten Gewichte zuteilen, die entweder der „Erfahrung“, einer „Statistik im Gehirn“ oder realen statistischen Unterlagen entstammen können.

Aus den bisher angeführten zwei mal zwei Einteilungsmöglichkeiten ergeben sich vier Kombinationen:

1. Dialog/logische Entscheidungskriterien,
2. Dialog/statistische Entscheidungskriterien,
3. Einzeitig/logische Entscheidungskriterien,
4. Einzeitig/statistische Entscheidungskriterien.

Zu jeder dieser vier Gruppen soll aus der umfangreichen Literatur für den MEDIUC ein charakteristisches Beispiel vorgestellt werden.

Zu 1. In Form eines Dialogs mit logischen Entscheidungskriterien arbeitet das von IBM entwickelte Clinical Decision Support System, CDSS (MOORE, GOERTZEL, MARLER, BÜNTE). Der Einsatz des CDSS setzt die erfolgte Formulierung der Einzelentscheidungen im Computer voraus, die den Arzt zur Zielentscheidung führt. Jeder Einzelentscheidung entspricht ein sog. Modul, das einer mit Hilfe von Zah-

lenwerten vereinfachten BOOLEschen Und/Oder/Nichtkombination entspricht. Die Art der Zielentscheidung ist für die Anwendung des CDSS ohne Belang. Es kann sich dabei ebenso um die Diagnostik handeln wie um die Therapie, die sinnvolle Laborverordnung oder die optimale Menüzusammenstellung. Ein Beispiel einer solchen logischen Verknüpfung zeigt Abb. 2 (nach BÜNTE).

Zu 2. Als Beispiel für die Dialogmethode mit statistischen Entscheidungskriterien sei das von REICHERTZ und Mitarbeitern entwickelte *Radiate* genannt. Es handelt sich hierbei um ein Dialogsystem zwischen Arzt und Computer, wobei der Computer aus den bisher vorliegenden Untersuchungsergebnissen mit bestimmten Unterprogrammen meist auf der Basis von Wahrscheinlichkeitsrechnungen Entscheidungen fällt. Zugleich mit diesem Ergebnis wird dem Arzt ein Vorschlag zur weiteren Diagnosestrategie geliefert (Abb. 3).

Zu 3. Typisch für einzeitige Entscheidungen auf Grund logischer Kriterien sind die Programme, die aus der Schule von FELLINGER in Wien stammen. SPINDELBERGER und GRABNER unterscheiden zur Gewinnung der zur Erstellung eines Diagnosevorschlags notwendigen logischen Kriterien „beweisende“ und „hinreichende“ Symptome und Symptomkombinationen. Beweisende Symptome bzw. Symptomkombinationen kommen bei keinem anderen Leiden vor und können nicht durch das gleichzeitige Auftreten mehrerer Erkrankungen zufällig zustande kommen. Die hinreichenden Symptome bzw. Symptomkombinationen dürfen zwar bei keinem anderen Leiden vorkommen, sind aber möglicherweise das Ergebnis des gleichzeitigen Auftretens mehrerer Erkrankungen. Wie bei dem unter 1 geschilderten CDSS liegen auch hierbei die Hauptarbeit und die Hauptfehlerquelle bei der Formulierung dieser Primär-Kriterien.

Zu 4. Es gibt inzwischen eine größere Zahl von Programmen für den MEDIUC, die sich der einzeitigen Entscheidung anhand statistischer Kriterien bedienen. Als eines unter vielen typischen Beispielen sei hier das von OVERALL und WILLIAMS angegebene Programm zur Diagnostik von Schilddrüsenerkrankungen angeführt. Die mathematische Strategie der diagnostischen Entscheidung ist aus dem BAYESSchen Theorem entsprechend den Vorschlägen von LUSTED und LEDLEY abgeleitet. Voraussetzungen zur Anwendung des BAYESSchen Theorems in der Diagnostik sind

1. eine vorzügliche *Morbiditätsstatistik*, da in die diagnostische Entscheidung die sog. a priori-Wahrscheinlichkeiten des Auftretens bestimmter Erkrankungen mit eingehen;

2. Kongruenz der bei jedem Patienten untersuchten Symptome und der der statistischen Entscheidung zugrunde liegenden Symptommatrix;

3. möglichst Unabhängigkeit der Symptome voneinander. Genügend große Fallzahlen sind für die

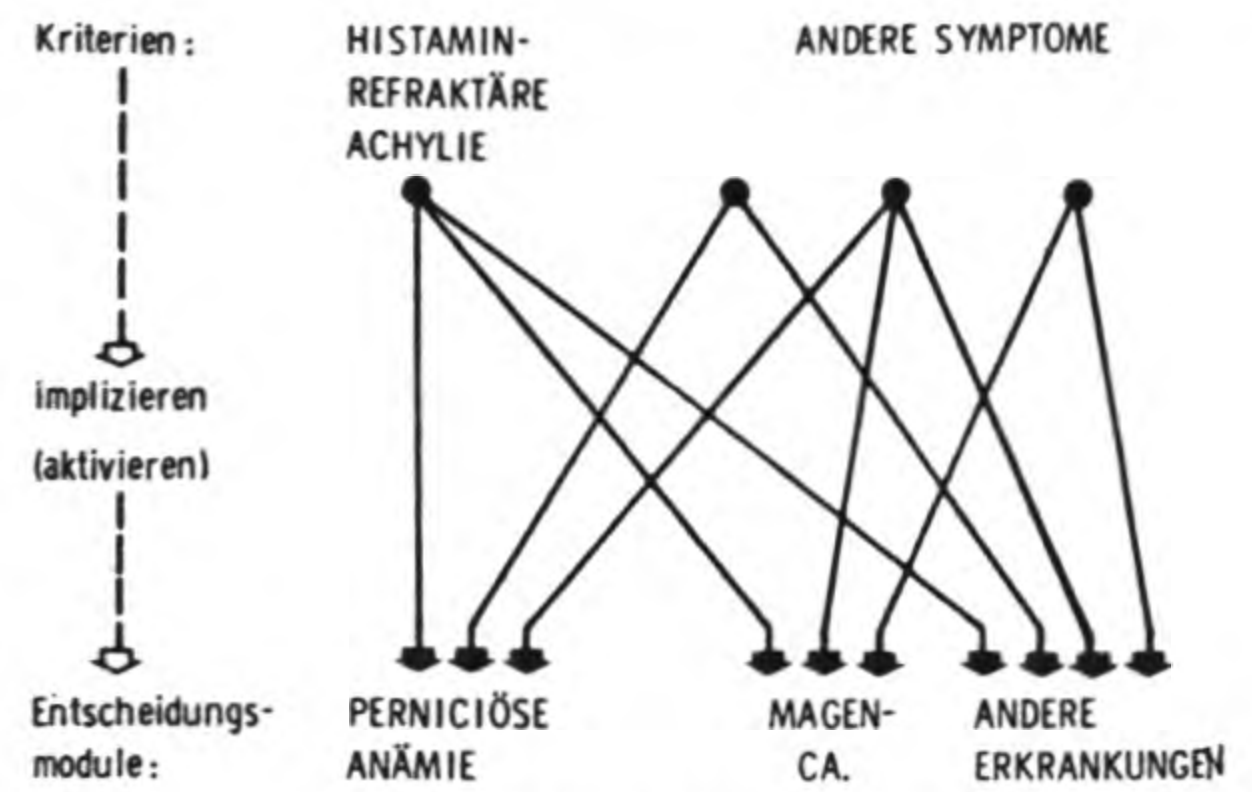


Abb. 2: Logische Verknüpfung von Symptomen nach BÜNTE (1969)

Abb. 3: Kurzes fiktives Beispiel der Diagnosefindung in Form eines Dialogs zwischen

Arzt und Computer

Symptome eines Patienten:

Anaemie hypochrom
Schmerzen hinter dem unteren Sternum
Sodbrennen
Dyspnoe
Pektanginöse Beschwerden
Erbrechen

Frage: Differentialdiagnose

Zur Klärung, welche der gespeicherten Diagnosen in Frage kommen, erfolgt Vorschlag folgender Untersuchungen:

- A. Lab. Magensaft
- B. Rö. Magen auch in Kopftiefe
- C. Wenn durch A. und B. keine Klärung, Oesophagoskopie

Eingabe der gefundenen Untersuchungsergebnisse:

Lab.: Hyperazidität
Rö.: Hiatushernie

Diagnose:
Hiatushernie
Wahrscheinlichkeit 99 %

Ende des Dialogs

Bestimmung der einzelnen Symptom/Krankheitswahrscheinlichkeiten Voraussetzung, bei seltenen Erkrankungen aber nicht vorhanden. Durch Korrektur der zu jedem Symptom/Krankheitskomplex gehörenden Wahrscheinlichkeitsangaben entsprechend regionalen oder epidemiologischen Unterschieden läßt sich ein solches Programmsystem an die gerade bei Schilddrüsenerkrankungen besonders auffälligen Populationsunterschiede anpassen.

Ein Programmsystem für den MEDIUC zur Diagnose bei Vergiftungsfällen

Zur Demonstration weiterer Methoden sei das eigene Programmsystem für den MEDIUC bei Ver-

giftungen beschrieben. Hierbei wurden verschiedene Ansätze kombiniert (PIRTKIEN).

1. Ein Listenvergleich — bei welcher Erkrankung (bei uns Vergiftungen) werden in der computergespeicherten zugehörigen Symptomtabelle die meisten Patientensymptome wiedergefunden — erlaubt bereits die Aussage, welche Krankheiten überhaupt in Frage kommen und wie groß die Übereinstimmung zwischen dem beim Patienten beobachteten und dem den einzelnen Krankheiten zugehörigen Symptommuster ist. Diese Methode gehört dem Wesen nach zu den einzeitigen logischen Methoden.

2. In dieselbe Gruppe gehört die nächste Aussage-methode. Es gibt bei Krankheiten obligate und fakultative Symptome. Benutzt man obligate als sog. „Sperrsymptome“, erfolgt durch sie eine schnelle Einengung der differentialdiagnostischen Möglichkeiten, da der Computer nur die Krankheiten weiter in Betracht zieht, bei denen alle beim Patienten beobachteten Sperrsymptome vorhanden sind. Wurden beispielsweise Leber- und Milzvergrößerungen bei einem Patienten festgestellt und diese Symptome zu „Sperrsymptomen“ erklärt, werden für die weitere computerunterstützte Diagnostik nur Krankheiten in Betracht gezogen, die eine Lebervergrößerung und einen Milztumor in ihrer Symptomatik haben. Logisch handelt es sich bei den Sperrsymptomen um BOOLEsche „Und“-Kombinationen, sog. Konjunktionen. Diese Technik läßt sich im Sinne der FELLINGERschen Schule ausbauen, indem man für jede Krankheit ein zur Diagnose notwendiges Symptommuster aufstellt. Unter Einbeziehung der logischen „Oder“-Kombinationen (sog. Disjunktion) und der Negation kann man die wichtig erscheinende Symptomatik recht genau eingrenzen, was dann etwa so aussieht:

Zur Diagnose dieser Krankheit muß das Symptom A vorhanden sein, außerdem entweder Symptom B oder C oder D, aber nicht Symptom E, auch nicht Symptom F oder G gleichzeitig usw.

3. Eine angewandte, einfache statistische Methode ist das Auszählen der Häufigkeit, mit der ein Symptom in der Literatur bei allen Krankheiten genannt ist. Man kann sagen, daß ein Symptom um so „spezifischer“ ist, je „seltener“ es vorkommt, d. h. bei je weniger Krankheiten es genannt ist. Damit ist nicht gesagt, daß das entsprechende Symptom bei der Krankheit selten oder häufig ist: Es kann ein Symptom für eine Krankheit spezifisch sein, d. h. nur bei dieser Erkrankung auftreten, jedoch nur bei 1% der an dieser Krankheit leidenden Patienten beobachtet werden. Dennoch bietet die einfache Summierung dieser (aus rechnerischen Gründen) reziproken Häufigkeit der Patientensymptome bei den einzelnen Krankheiten eine brauchbare differentialdiagnostische Handhabe, insbesondere in Kombination mit den o. g. Sperrsymptomen.

4. Bei seiner Diagnostik pflegt der Arzt unbewußt eine Gewichtung der Symptome vorzunehmen: Ein Symptom ist ihm wertvoll, es besitzt große Pene-

tranz; es erhält daher auch ein hohes, subjektiv geschätztes Gewicht (1...99). Die Summierung dieser Gewichte im Computer für die beobachteten Patientensymptome bei jeder Diagnose wurde ebenfalls als differentialdiagnostisches Kriterium herangezogen.

Die bisher genannten vier Methoden haben einen Vorteil: Sie sind von der aktuellen Auswertung von Krankengeschichten unabhängig, gelten also auch für extrem seltene „Literaturfälle“ und erlauben, auch diese in die Differentialdiagnose einzubeziehen. Diese vier Methoden erfüllen also eine der Forderungen SPINDELBERGERS und GRABNERS, daß alle Krankheiten gleichrangig beurteilt werden. Es wurde aber zusätzlich bewußt nicht auf den Wert „subjektiver“ Erfahrung, der sich in den geschätzten Gewichten niederschlägt, verzichtet.

Die folgenden Methoden wurden erst durch Auswertung und „Einfütterung“ von mehr als 1500 toxi-kologischen Krankengeschichten möglich.

5. Bei der Krankengeschichteingabe ließen sich Zähler gewinnen, z. B. die Häufigkeit einer bestimmten Erkrankung im Patientengut, die Häufigkeit eines Symptoms innerhalb einer Krankheit usw. Diese Zähler erlauben die Berechnung „echter Gewichte“, d. h. sie erlauben ausgehend von der Korrelation Symptom/Krankheit Wahrscheinlichkeitsaus-sagen. In der Differentialdiagnostik bewährte sich nach verschiedenen eigenen Versuchen als echtes Gewicht die Häufigkeit einer Erkrankung innerhalb eines Symptoms. Dieser Ansatz: der Quotient aus der Zahl der Symptom/Krankheitskombination und der Zahl der entsprechenden Krankheitsfälle innerhalb aller eingefütterten Krankengeschichten, summiert über alle Symptome eines Patienten, hat sich als recht trennscharf erwiesen.

6. Als Wahrscheinlichkeitsansatz, der darüber hinaus auch die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der entsprechenden Erkrankung selbst berücksichtigt, benutzten wir nach verschiedenen Versuchen eine Abwandlung des EADSSchen Signifikanz-INDEX, der auf dem BRODMAN-Index basiert. Für den mathematisch interessierten Leser sei — ohne auf die Ableitung einzugehen — kurz die von uns verwendete Form angegeben:

$$E_j = \frac{\sum_i V_1 \cdot V_2 (Z_0 \cdot Z_{3ij} - Z_{1j} \cdot Z_{2i})^2}{Z_{2i} \cdot Z_{3ij}}$$

$$\sum_i \frac{V_2 \cdot (Z_0 \cdot Z_{3ij} - Z_{1j} \cdot Z_{2i})^2}{Z_{2i} \cdot Z_{3ij}}$$

ZO = Anzahl der gespeicherten Krankengeschichten

Z1 = Häufigkeit von G_j in den Krankengeschichten

Z2 = Häufigkeit von S_j in den Krankengeschichten

Z3 = Häufigkeit der Kombination G_j-S_i in den Krankengeschichten

V = Vorzeichen

V1 ist +1, wenn S_i-G_j-Kombination in der Datei ist

V1 ist -1, wenn S_i-G_j-Kombination nicht in der Datei ist

$$V_2 \text{ ist } -1, \text{ wenn } \frac{Z_{3ij}}{Z_2} < \frac{Z_{1j}}{Z_0}$$

$$V_2 \text{ ist } +1, \text{ wenn } \frac{Z_{3ij}}{Z_{2i}} \geq \frac{Z_{1j}}{Z_0}$$

G_j = Giftstoff, S_i = Symptom

Zur Erstellung einer Liste der in Frage kommenden Differentialdiagnosen wurden einzelne der geschilderten Methoden nach einer Korrektur mit empirisch ermittelten Faktoren zu einem diagnostischen Gesamtgewicht aufsummiert und nach fallender Wahrscheinlichkeit geordnet ausgegeben. Als Ergebnis der kombinierten Anwendung der Methoden 2, 5 und 6 fanden wir die richtige Diagnose in mehr als 90% unter den ersten zwei Differentialdiagnosen und an erster Stelle in 84%.

Die Kombination der verschiedenen Methoden in einem Programm erlaubt es, einerseits die höhere Trennschärfe der statistischen Ansätze für die Fälle zu benutzen, für die dem Computer bereits Krankengeschichten eingegeben sind, andererseits auch die umfassendere Literatureingabe für die Differentialdiagnose dem Benutzer zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus erlaubt MEDIUC eine sinnvolle Kombination logischer und statistischer Methoden zur Kompensation ihrer Vor- und Nachteile. Gerade die logische Vorauswahl durch die sog. Sperrsymptome vor der Anwendung der statistischen Methoden 5 und 6 hat sich bewährt. — Soweit die einzelnen Methoden in unserem Programm.

Vorteile und Nachteile der besprochenen Verfahren

Zusammenfassend sei noch einmal auf die verschiedenen Entscheidungskriterien eingegangen, die durch das Programm maschinenintern zur Diagnose führen:

Der Vorteil der Methoden, die logische Entscheidungskriterien zur computerunterstützten Diagnosefindung benutzen, ist, daß sie „alle Krankheiten gleichrangig beurteilen und innerhalb der Symptome auf eine Gewichtung verzichten, sofern die Symptome nicht schon die eigentliche Krankheit definieren“; denn „nur dann kann der Computer dem Arzt eine wesentliche Hilfe bringen, wenn er auch seltene und unerwartete Krankheiten zur Diskussion bringt“ (SPINDELBERGER und GRABNER). Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Krankheit für die Diagnose bleibt also beim Individuum unberücksichtigt. Das Symptombild des gerade untersuchten Patienten als eines statistisch unabhängigen Individuums wird mit dem aus der „Erfahrung“ definierten logischen Symptommuster der einzelnen Diagnosen zur Deckung gebracht. Hierbei kann es geschehen, daß das Symptommuster des Patienten überhaupt nicht untergebracht werden kann, ebenso aber, daß es auf mehrere Krankheiten zutrifft. Der Hauptwert dieser Verfahren liegt wohl in einer ausgezeichneten differentialdiagnostischen Liste, die den Arzt zu weiterem Nachdenken und zu weiteren Untersuchungen an-

regt. Damit ist diese Methode für die klinische Anwendung vielversprechend, wahrscheinlich ist sie aber bei Screening-Untersuchungen breiter Bevölkerungsgruppen den statistischen Ansätzen unterlegen.

Bei Wahrscheinlichkeitsansätzen wird immer eine „wahrscheinliche Diagnose“ ausgegeben, wobei die Wahrscheinlichkeit — u. U. sogar unter Berücksichtigung regionaler, jahreszeitlicher und epidemiologischer Varianten des Auftretens der Krankheit — fortlaufend modifiziert werden kann. Bei diesem Vorgehen erhebt sich die Frage, ob die Stellung der Diagnose einer seltenen Krankheit, die, um ein Beispiel zu nennen, mit katarrhalischen Erscheinungen einhergeht, während einer Grippeepidemie erschwert werden darf, nur weil Katarrhe während einer Grippeepidemie häufiger bei Grippe als bei der fraglichen seltenen Erkrankung auftreten. Die Frage ist letztlich, ob es in der Diagnostik überhaupt berechtigt ist, aus der Morbiditätsstatistik auf den Einzelfall zu schließen. Für die Beschreibung und Abgrenzung von Krankheitsbildern kann der Computer für die Zukunft wichtige Arbeit leisten: Mit Hilfe multivariater Methoden, der Diskriminanz-, Faktoren- und Clusteranalyse z. B. läßt sich klären, welche Einzelsymptome besonders gut trennen, wie weit überhaupt die heute bekannten Diagnosen Individualitätswert besitzen oder umgekehrt, wie weit sich nicht unter ihnen verschiedene deutlich trennbare Krankheitseinheiten abgrenzen lassen. Zu demselben Problem gehört auch das Abgrenzen der Stadien von Erkrankungen. Die Diskriminanzanalyse selbst wird von uns auch nach Zusammenarbeit mit Herrn Dipl.-Math. N. VICTOR vom Institut für Med. Dokumentation und Statistik der Universität Mainz (Direktor Prof. Dr. S. KOLLER) zur computerunterstützten Diagnostik herangezogen.

Aber die statistischen Methoden bieten dem Benutzer noch einen anderen, wichtigen Vorteil: Sie lassen sich durch sog. „Kostenzuteilung“ so steuern, daß beispielsweise „falsch-negative“ Diagnosen (das entspricht dem Übersehen einer beim Patienten bestehenden Krankheit) dann minimiert werden, wenn diese Krankheit gefährlich, aber einer rechtzeitigen Therapie zugänglich ist. Diese Technik der „Kostenzuteilung“ läßt sich beispielsweise vorzüglich bei Vorsorgeuntersuchungen, dem sog. „Health check up“ benutzen. Es geht hierbei weniger darum, die richtige Diagnose zu stellen, als vielmehr wichtige Frühdiagnosen nicht zu übersehen. Man nimmt in Kauf, daß mehr „falsch-positive“ Diagnosen gestellt werden (d. h., daß in Wirklichkeit gesunde Patienten in den Kreis der verdächtigen einbezogen werden). Es leuchtet ein, daß man die „Kostenzuteilung“ nach den derzeitigen Möglichkeiten der Therapie steuern kann. Es hätte beispielsweise keinen Sinn, eine Diagnose, für die zur Zeit keine effektive Therapie besteht, vor einer anderen zu bevorzugen, die zwar selten, aber einer wirksamen Behandlung zugänglich ist.

Abschließend sei festgestellt, daß der Computer nur nach Programmierung, d. h. durch Steuerung seiner Verarbeitungsvorgänge und nur nach sorgfältiger Datenerfassung und Eingabe arbeiten kann. Er kann zwar diese Daten analysieren und u. U. zu neuen Erkenntnissen verhelfen, prinzipiell kann er aber nicht mehr Daten ausgeben, als vorher in ihn eingegeben worden sind. Er ist ein „Vollidiot“, nicht nur ein „Fachidiot“, wenn er nicht gesteuert arbeitet.

Die Güte der Ergebnisse des MEDIUC hängt von der Exaktheit, Einheitlichkeit und Größe seines Datenbestandes ebenso ab, wie vom Programm, d. h. den angewandten Methoden. Bei unvollständiger und schlechter Datenerfassung am Patienten wird die Zahl falscher Computeraussagen steigen. Daher kann der Prozentsatz richtiger, den Arzt unterstützender diagnostischer Aussagen in weiten Grenzen schwanken:

40 bis mehr als 80 % können erwartet werden – immer unter der Voraussetzung, daß der Computer die in Frage kommenden Diagnosen überhaupt stellen kann. So lange nicht das Gesamtwissen der Medizin gespeichert ist, muß immer gefragt werden, ob nicht Diagnosen außerhalb des „Fachgebietes“ des Computers in Frage kommen. Denn wenn er beispielsweise nur mit Magen-Darm-Trakt-Erkrankungen gefüttert ist, wird er möglicherweise die Symptomatik des Ischias als „Gallenkolik“ deuten. Bei „Vollständigkeit“ des gespeicherten Wissens über die gesamte Medizin ist über Steuerprogramme zu erreichen, daß anhand diskriminierender Symptome eine Vorauswahl der in Frage kommenden diagnostischen Themenkreise getroffen wird und – ganz analog dem Kollegen, der einen Facharzt zu Rate zieht – die verschiedenen implizierten „Fach“-Unterprogramme aufgerufen werden. Weniger Schwierigkeiten bietet die Verarbeitung von Daten abgeschlossener Gebiete in der Diagnostik, wie sie EKG- oder Laboratoriumsdaten darstellen.

Sicher ist, daß durch den Einsatz der EDV der Arzt nicht überflüssig wird. Zwar kann ihm Routinearbeit abgenommen und sein Gedächtnis entlastet werden. Es wird dafür aber mehr kritisches Denken von ihm verlangt. Die Transparenz der „BLACK BOX“, die Einsichtigkeit in die elektronische Datenverarbeitung muß gefordert werden, wenn man nicht blindlings der Autorität des „Kollegen Computer“ verfallen will. Die Durchsichtigkeit der Computerdiagnostik wird durch das Ausgeben der im Einzelfall unerfüllten Bedingungen, beispielsweise der nicht „gefundenen“ Symptome, erhöht. Aus dieser Sicht gewinnt die Forderung von KOLLER nach einer qualifizierten

Kontrollinstanz für die der Allgemeinheit angebotenen Daten und Programme für den MEDIUC ihre Bedeutung.

Schrifttum

- Bayes, T.: Essay towards solving a problem in the doctrine of chances. Philosophical Transactions of the Royal Society 53, 370, 1763 (Reprinted: Biometrika 45, 293 (1958) – Brodman, K.: Diagnostic Decisions by machine. Institute of Radio Engineers Transactions on Medical Electronics, ME-7, 216, 1960 – Bünthe, P.: Vorbereitung ärztlicher Entscheidungen – Struktur eines Programmsystems. Vortrag, IBM-Seminar „Datenverarbeitung und Medizin“ 22.–24. Januar 1969, Bad Liebenzell – Eads, D. L.: Medical diagnosis techniques and a program for the IBM 1410. T. I. E. 7. Aug. 1962 (IBM) – Feinstein, A. R.: Boolean Algebra and clinical taxonomy. New England J. Med. 269, 929 (1963) – Groß, R.: Von der Intuition zum Computer. Med. Welt 17, 874 (1965) – Koller, S.: Ärztliche Probleme bei der Computeranwendung zur Diagnostik. Vortrag, 16. Biometr. Colloquium der Dtsch. Region der Internat. Biomet. Gesellschaft 20.–22. Febr. 1969, Bad Nauheim – Ledley, R. S., und L. B. Lusted: Reasoning foundations of medical diagnosis. Science 130, 9 (1959) – Lutz, T., und V. Hauff: Programmierfibel. Franckh, Stuttgart 1965 – Overall, J. E., und C. M. Williams: Conditional probability program for diagnosis of thyroid function. J. Amer. Med. Ass. 183, 307 (1963) – Pirtkien, R.: Ein Programm zur Identifizierung von Arznei- und Giftstoffen nach Symptomen. Meth. Inform. Med. 5, 31 (1966) – Ders.: Die Differentialdiagnose von Vergiftungen mit Hilfe eines Elektronenrechners als Modell der Diagnose von Krankheiten. Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med. 72. Kongreß, 428 (1966) – Ders.: Diagnostik von Vergiftungen. Vortrag, IBM-Seminar „Datenverarbeitung und Medizin“ 5.–7. März 1969, Bad Liebenzell – Pirtkien, R., und E. Kenzelmann: Symptomverarbeitung zur Gift- und Arzneifindung mit Hilfe einer elektronischen Rechenanlage. Vortrag, 9. Jahrestagung Dtsch. Ges. Dokumentation, Arbeitsausschuß Med. 19.–21. Okt. 1964, Bonn – Reichertz, P. L.: Dialog zwischen Arzt und Computer – Adjunkte klinische Computerverfahren. Vortrag, IBM-Seminar „Datenverarbeitung und Medizin“ 22.–24. Januar 1969, Bad Liebenzell – Rothschild, K. E.: Prinzipien der Medizin. Urban & Schwarzenberg, München 1965 – Spindelberger, W., und G. Grabner: Ein Computerverfahren zur diagnostischen Hilfestellung, in: FELLINGER, K.: Computer in der Medizin – Probleme, Erfahrungen, Projekte. Hollinek, Wien 189–222 (1968).

Anschrift: Dr. med. Rudolf Pirtkien, Leitender Arzt,
Dr. med. Wolfgang Giere, Wissenschaftl. Mitarbeiter
Dokumentations- und Biologische Abteilung der
Med.-Biol. Forschungsstelle am R.-Bosch-Krankenhaus
7000 Stuttgart, Borsigstraße 5