
2. EXISTIERENDE MODELLE DES ÄRZTLICHEN DENKENS UND HANDELNS

2.1. MODELLE:

EIGENSCHAFTEN UND FUNKTIONEN

Ein Modell ist das Abbild eines Originals.¹ Das Original läßt sich beschreiben durch die Menge seiner Teile, durch die Eigenschaften dieser Teile und durch die Beziehungen der Teile sowohl untereinander wie zum Zweck des Ganzen. Bei der Konstruktion eines Modells werden den verschiedenen Attributen des Originals korrespondierende Attribute des Modells zugeordnet. Dabei werden keineswegs alle Aspekte des Originals berücksichtigt: Modelle sind verkürzende und vereinfachende Abbilder ihres Originals. Für die Auswahl der Attribute des Originals und die Art ihrer Darstellung im Modell maßgebend ist der Zweck, für den das Modell gebraucht wird:

"Modelle sind Modelle von etwas, für jemanden unter bestimmten Intentionen und für bestimmte Zeiten ihrer Originalersetzung" (36).

Ein Modell erfüllt im idealen Fall vier Funktionen (2) :

1. eine **SYMBOLFUNKTION**: die gewählte Art der Darstellung bestimmt die Anschaulichkeit des Modells;
2. eine **ANALOGIEFUNKTION**: seine Ähnlichkeit mit dem Original macht Vergleiche zwischen Modell und Original möglich und sinnvoll;
3. eine **OPERATIONALISIERUNGSFUNKTION**: die Handhabung des Modells im konkreten Anwendungsfall wird bestimmt durch die Angabe parametrisierter und quantifizierter Prozeduren;

4. eine **SIMULATIONSFUNKTION**: ein Modell ist seinem Original nicht nur ähnlich sondern strukturgleich, wenn eine definierte Abbildfunktion das Verfahren vorschreibt, nach dem die Elemente des Originals und deren Relationen in die korrespondierenden Elemente und Relationen des Modells "übersetzt" werden. Das Verhalten des Originals kann am Verhalten seines strukturgleichen Modells untersucht werden; die Ergebnisse sind durch Umkehr der Abbildfunktion auf das Original übertragbar.

In wissenschaftstheoretischer Sicht sind Modelle Großtheorien, mit deren Hilfe ein Ausschnitt der komplexen Wirklichkeit zugänglich und begreifbar gemacht werden kann. Wie alle Theorien stützen sich auch Modelle auf einige grundlegende Kategorien für die Beschreibung der Realität. Die allgemeinsten Kategorien für die Beschreibung der Wirklichkeit sind Raum, Zeit, Relation, Modalität und Bedeutung.

Bei der Konstruktion ihrer Krankheitsmodelle hat die Medizin diese Kategorien implementiert:

- den **RAUM**
durch Beschreibung von Sitz und Ausdehnung des krankhaften Prozesses ("*de sedibus morborum*");
- die **ZEIT**
durch Differenzierung des Krankheitsprozesses in verschiedene Stadien und Verlaufsformen, z.B. Prodromalstadium, Folgestadium, akut, chronisch usw;
- die **RELATION**
durch Unterscheidung von Anlaß und Ursache, Wirkung und Wechselwirkung sowie durch die Gliederung des Organismus in Strukturen und Funktionen, Systeme und

¹ zur Problematik des Originals vgl. (35), p 285 ff

Subsysteme;

- die **MODALITÄT**

durch Relativierung ihrer Sätze mit Prädikaten wie möglich oder wahrscheinlich, Kritik ihrer Methoden durch Angabe von Spezifität, Sensitivität und Wirksamkeit und Rücksichtnahme auf den Kontext von Prävalenz und Inzidenz einer Krankheit in verschiedenen Populationen;

- die **BEDEUTUNG**

durch Orientierung des ärztlichen Handelns an Zielsetzung, Werten und Sinnvorstellungen.

Nimmt man die vier genannten Grundfunktionen als Richtschnur für die Konstruktion eines Modells des ärztlichen Handelns, dann sollte ein solches Modell folgenden Forderungen genügen:

- die Analogie zur klinischen Praxis verlangt, daß zentrale Begriffe des ärztlichen Denkens (Symptom, Diagnose, Indikation, Prognose, Therapie, Pathogenese usw.) im Modell ebenso repräsentiert sind wie eine Darstellung der auf den genannten Kategorien beruhenden Krankheitsmodelle und die Abbildung des ärztlichen Entscheidungsprozesses;
- die Symbolfunktion eines Modells ärztlichen Denkens und Handelns beinhaltet, da die Mehrzahl der Sachverhalte sprachlich dargestellt werden muß, daß es sich weitgehend um ein semantisches Modell, ein System bedeutungstragender Zeichen und Begriffe handeln wird; dies setzt eine intensionale oder extensionale, durch Beispiele instantiierte Definition medizinischer Begriffe und ihrer Tragweite voraus; falls erforderlich, müssen vertraute Begriffe mit neuer Bedeutung belegt werden; sogar die Konstruktion einer streng formalisierten medizi-

nischen Kunstsprache erscheint manchen Autoren möglich(9) ;

- das Kriterium der Operationalität des Modells verlangt die Beschreibung expliziter, wenn immer möglich parametrisierter und quantifizierter Prozeduren, welche den Gang der Problemlösung steuern;
- schließlich sollte ein solches Modell das Durchspielen realer Problemsituationen im Sinne eines Konsultationssystems gestatten.

Dieses Modellverständnis impliziert, daß es bei der Entwicklung eines solchen Modells, im Gegensatz zu den klinischen Algorithmen oder den noch zu besprechenden Expertensystemen, nicht darum geht, ein normatives Modell ärztlichen Handelns zu konstruieren, welches dem Arzt vorschreibt, was er wie tun sollte. Ziel ist vielmehr eine möglichst wirklichkeitsnahe, an der tatsächlichen Praxis orientierte Deskription des ärztlichen Handelns, weil sich dieses - trotz zugestandener Schwächen und Fehler - als robust und letztlich erfolgreich erwiesen hat (15, 32). Im übrigen bestehen zwischen den Regeln normativer Modelle (Bayes Theorem; *decision analysis* usw.) und dem faktischen Handeln der Ärzte nachweislich erhebliche Diskrepanzen (6, 17, 18, 26). Dieser Widerspruch beruht, wie noch gezeigt wird, weniger auf dem Unvermögen der Ärzte zu rationalem Handeln als auf den vereinfachenden Annahmen der normativen Modelle (14) .

Die folgende, kurze Darstellung einiger existierender Modelle des ärztlichen Denkens und Handelns soll dazu dienen, charakteristische Merkmale ärztlicher Problemlösungsstrategien herauszuarbeiten, die auch in einem neuen, umfassenderen Modell ärztlicher Expertise enthalten sein sollten.

2.2. PRÄSKRIPTIVE MODELLE

2.2.1 DER KLINISCHE ALGORITHMUS

Ein klinischer Algorithmus ist eine eindeutige, normative Instruktion für die schrittweise Lösung einer klinischen Fragestellung (31). Die Darstellung des Lösungsweges stützt sich, wie die Abbildung 2 beispielhaft zeigt, auf die Konstruktion von Flußdiagrammen mit dichotomen Verzweigungen. An den Verzweigungspunkten des Diagramms wird eine definierte Prüfung eines Sachverhaltes vorgeschrieben. Das Ergebnis dieser Prüfung bestimmt den weiteren Weg durch den Algorithmus. In den meisten Fällen wird das Ergebnis mit Hilfe eines Gegensatzpaares bewertet: richtig/falsch, ja/nein, positiv/negativ, vorhanden/nicht vorhanden. Am Startpunkt des Flußdiagrammes findet man eine kurze Eingangscharakteristik als Problembeschreibung, zum Beispiel: "männlicher Patient mit einer ST-Streckensenkung im Belastungs-EKG". Der Algorithmus beschreibt die weiteren Schritte, die unternommen werden sollten, um auf kürzestem Wege zur "Problemlösung", in Form einer Diagnose oder einer Therapie zu kommen.

Modelltheoretisch sind solche klinischen Algorithmen anschauliche und stark operationalisierte Modelle des ärztlichen Handelns. Die Vorzüge dieses Modells liegen auf der Hand: es wird ein streng formalisierter, damit verbindlicher und reproduzierbarer Lösungsweg vorgeschrieben; das Handeln des Arztes folgt damit einem vorher gefaßten Plan. Die Lösung eines komplexen Problems wird in leicht überschaubaren Einzelschritten erreicht. Die zugrundegelegte zweiwertige Logik ist einfach zu handha-

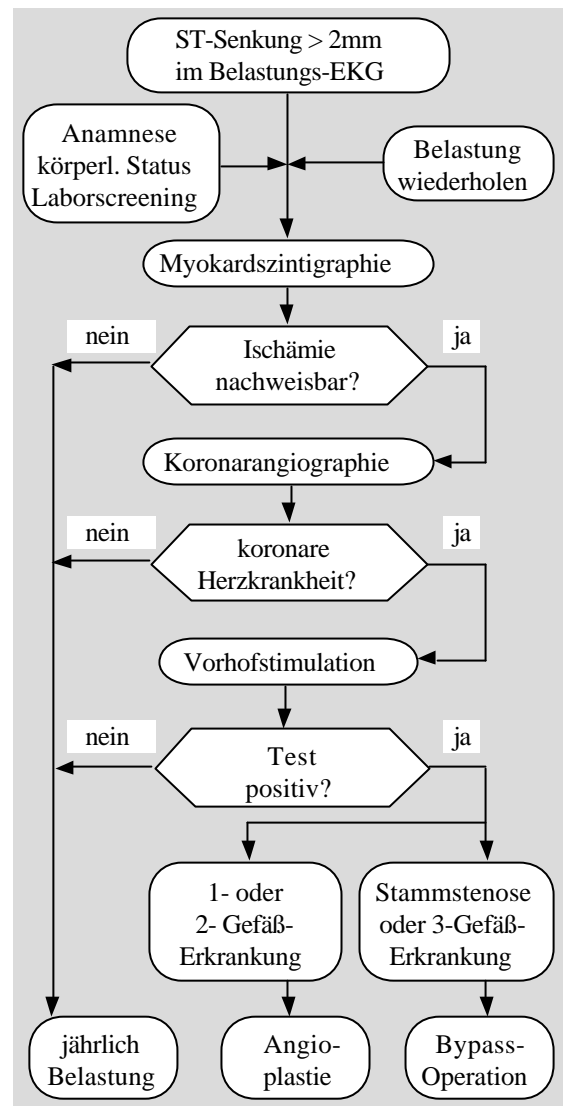


Abb. 2: Algorithmus zur Stufendiagnostik bei pathologischem Belastungs-EKG; nach (5).

ben. Diese Vorteile erklären, warum sich klinische Algorithmen in allen Fachgebieten der Medizin verbreitet haben (5, 21). Die Nachteile des Modells sind jedoch schwerwiegend.

Die "Vorwärtsverkettung" der einzelnen Lösungsschritte macht die nachträgliche Neubewertung von Ergebnissen oder den gelenkten Rückzug aus einem einmal eingeschlagenen Pfad so gut wie unmöglich. Falsch-positive oder falsch-negative Ergebnisse sind ebensowenig vorgesehen, wie nicht durchführbare oder nicht interpretierbare Untersuchungen. Der Algorithmus versagt damit gerade dann, wenn eine Hilfe am dringendsten gebraucht wird. Das "vorwärtsgerichtete" zwei-

wertige Denken erzwingt die Übersetzung von Grauwerten in Schwarz-Weiß-Entscheidungen. Häufige Folge dieser Problemlösungsstrategie ist die diagnostische oder therapeutische Kaskade:

"an innocent initial action leads to a series of prolonged and expensive investigations and interventions, frequently of no benefit to either patient or physician and commonly a source of frustration to both" (28).

Diese auch als "*spiralising empiricism*" (24) kritisierte Problemlösungsstrategie bei der Diagnostik erklärt, warum in der Praxis ein grenzwertiger Befund häufig den nächsten grenzwertigen Befund generiert, so daß die schließlich gestellte Diagnose auf einer höchst zweifelhaften Beweislage beruht. Dieser Spiraleffekt macht auch verständlich, warum das Ausbleiben des erwarteten Therapieerfolges öfter zu mehr Therapie als zur Revision der Diagnose führt. In aller Regel ist der klinische Algorithmus zu sensitiv. Grenzwertige oder falsch-positive Befunde führen zu mehr Intervention oder gänzlich in die Irre (31). Wie noch zu zeigen ist, sind Algorithmen jedoch nützlich als Teil einer breiteren Gesamtstrategie.

2.2.2 DAS PROBLEMORIENTIERTE KRANKENBLATT

Noch ein weiteres, präskriptives Modell des ärztlichen Handelns muß in diesem Zusammenhang erwähnt werden: das problem-orientierte Krankenblatt. Dieses von Weed entwickelte Konzept des "*problem oriented medical record*" (POMR) zur Strukturierung der Krankengeschichte hat in den USA weite Verbreitung gefunden (10,11, 39).

Ein POMR besteht aus vier wesentlichen Komponenten (Abb. 3).

Zunächst aus einer **Datenbasis**, in die

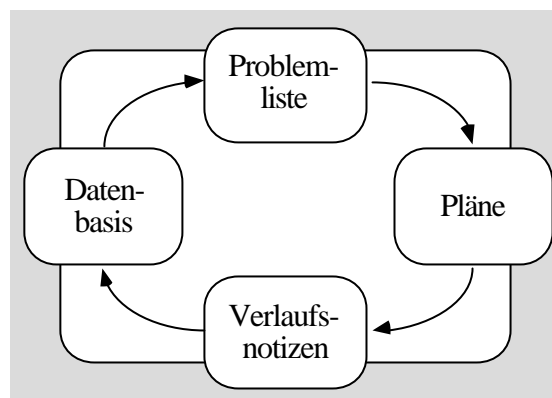


Abb. 3: die Komponenten des *problem oriented medical record* nach (10).

alle für die ärztliche Betreuung des Patienten relevanten Informationen Eingang finden. Eine umfassende Datenbasis enthält Daten zur Anamnese, zum körperlichen Aufnahmezustand und Ergebnisse der anfangs durchgeführten technischen Routineuntersuchungen. Auf der Grundlage dieser Daten werden in einem zweiten Schritt auffällige Besonderheiten als "Probleme" herausgestellt und in einer **Problemliste** erfaßt. Dabei hängt es vom jeweiligen Informationsstand ab, mit welchem Grad der Abstraktion die einzelnen Probleme formuliert werden können. Die Problemliste enthält daher in der Regel neben Diagnosen auch eine Anzahl von Leitsymptomen oder auch nur Beschwerden als zu bearbeitende Probleme. Je nach Akuität wird eine Gruppierung der Probleme in akute und chronische, letztere unterteilt in aktive und inaktive, vorgenommen. In einem dritten Schritt wird für jeden Eintrag in der Problemliste ein **Plan** für das weitere Vorgehen aufgestellt. Der Plan wird gegliedert nach weiteren diagnostischen Schritten, therapeutischen Anordnungen und Maßnahmen zur Patientenedukation. Den vierten Teil des POMR schließlich bilden **Verlaufsnutzen** (*progress notes*) über den Stand der Bearbeitung der einzelnen Probleme und den Krankheitsverlauf, gegliedert in Veränderungen des subjektiven Befin-

dens und objektiver Befunde, die ärztliche Wertung des bisherigen Verlaufs und die Fortschreibung der diagnostischen und therapeutischen Pläne.

Der POMR bietet mit dieser Struktur ein geeignetes Instrument für die Dokumentation der zeitlichen Entwicklung des Krankheitsverlaufes und der Abfolge ärztlicher Bemühungen. Darüberhinaus stellt das Konzept des POMR auch eine Leitlinie für die umfassende Bewertung aller Probleme des Patienten und ein planvolles ärztliches Handeln zur Verfügung. In die Problemliste werden nicht nur somatische sondern auch psychische und soziale Probleme des Patienten aufgenommen. Der POMR verdeutlicht auch, daß in der Regel bei einem Patienten mehrere Probleme parallel zu bearbeiten sind. Neben diesen Stärken weist das Konzept des POMR aber auch Schwächen auf, die selbst von den Befürwortern der Weedschen Ideen gesehen werden (10). Die Enumeration einzelner Probleme unterschiedlichen Abstraktionsgrades leistet einem "Kästchendenken" eher Vorschub als einer ganzheitlichen Betrachtungsweise. Da es zwischen der anfangs erstellten Datenbasis und den später erstellten Verlaufsnotizen keine organisierte Rückkopplung gibt, werden falsche oder fehlerbehaftete Einträge in der Datenbasis nicht korrigiert oder die Korrektur findet sich an einer ganz anderen Stelle des Krankenblattes. Eine der größten Schwächen des POMR ist der Mangel an expliziten Regeln für die Aufstellung der Problem-Liste, für die Gewichtung der Probleme oder deren Neuformulierung im Lichte weiterer Befunde:

"For example, does a non-specifically abnormal electrocardiogram permit 'atypical chest pain' to be restated as 'angina'? If not, does a moderately ab-

normal coronary angiogram? Should angina be dismissed as a possibility if the angiogram is normal?" (10).

Eine weitere Schwäche des POMR beruht auf dem weitgehenden Verzicht einer Begründung des ärztlichen Handelns mit Hilfe funktionaler, pathophysiologischer Überlegungen einerseits und wertgeleiteter Erwägungen andererseits. Sowohl die erstellte Problemliste als auch die Diagnose- und Therapiepläne sind damit nur in individuellen Heuristiken des betreuenden Arztes begründet:

"Workshop exercises, in which competent physicians are asked to develop a problem list from an identical data base, always yield as many different problem lists as there are participants" (10).

Die Probleme des Arztes beginnen offensichtlich schon bei der Interpretation und Gewichtung der Daten. Und, wie noch zu zeigen ist, auch mit deren Genauigkeit und Zuverlässigkeit.²

2.3. DESKRIPTIVE MODELLE

2.3.1 DER SITUATIONSKREIS

Der von Uexküll und Wesiack (37) als "Ordnungsschema" für das ärztliche Handeln vorgeschlagene Situationskreis ist eine besondere Form des allgemeineren Modells eines Regelkreises (Abb. 4).

² zwei weitere präskriptive Modelle (Bayes Theorem und decision making) werden in den Kapiteln 5.4.4 bzw 7.4.1 besprochen.

Der Situationskreis beschreibt die Wechselwirkung zwischen Individuum und Umgebung als einen in sich rückgekoppelten Kreisprozeß von "Merken" und "Wirken". Wenn man die dem Situationskreis eigentümlichen Begriffe aus rückübersetzt in die gebräuchlichere Sprache des Regelkreises, ergeben sich folgende Entsprechungen: "Merken" und "Wirken" sind analoge Bildungen zu "Fühler" und "Regler". Die "Problemsituation" des Situationskreises entspricht der Sollwertabweichung durch Störgrößen einfluß in der Regeltechnik. Die "Problemlösung" schließlich gleicht der Ist-Wert-Rückführung über eine Regelstrecke, bestehend aus Stellglied und Stellgröße.

Für die ärztliche Modellsituation ist dabei bedeutsam die prinzipielle Offenheit des Situationskreises. Eine erste Problemsituation wird über die Schritte "**Bedeutungserteilung**" und "**Bedeutungsverwertung**" einer Problemlösung zugeführt, welche ihrerseits als neue Problemsituation zum Ausgangspunkt eines neuen Zyklus wird.

Uexküll und Wesiack begreifen den Situationskreis ausdrücklich als Modell für den "diagnostisch-therapeutischen Zirkel" des ärztlichen Handelns. In ihrer Interpretation entspricht die "Bedeutungserteilung" dem diagnostischen Bemühen des Arztes, während die "Bedeutungsverwertung" die abgeleiteten therapeutischen Konsequenzen beschreibt. Der Situationskreis geht insofern über das Modell eines einfachen Regelkreises hinaus, als zwischen "Merken" und "Wirken" noch der wichtige Schritt der "**Probehandlung**" eingeschaltet wird. Technisch gesehen beschreibt der Situationskreis damit einen Regelautomaten, dem mehrere "Programme" zur Ist-Wert-Rückführung (Problemlösung) zur

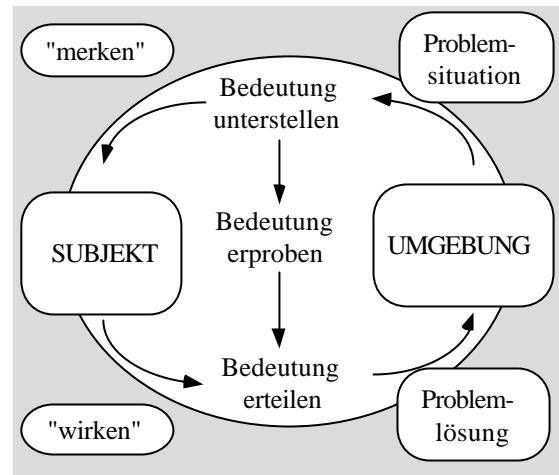


Abb. 4: der Situationskreis nach (37)

Verfügung stehen, die vor der Ausführung auf ihre Zweckmäßigkeit geprüft werden können.

Im Vergleich zum klinischen Algorithmus weist der Situationskreis auf neue Aspekte des ärztlichen Handelns. Die ärztliche Problemlösungsstrategie ist danach nicht mit einem linear fortschreitenden Programm sondern mit einem rekursiven bzw. iterativen Prozeß zu beschreiben. Das Ergebnis jedes einzelnen Zyklus wird Bestandteil der neuen Gesamtsituation, erst damit wird eine Neubewertung aller bisher gesammelten Daten und bisher getroffener Entscheidungen möglich. Die Problemlösung ergibt sich aus der Iteration als anzustrebender "Grenzwert" für eine je nach den Umständen erreichbare minimalisierte Sollwert-Abweichung. Das schließt ein, daß es häufig keine "endgültige", sondern nur eine "**Situationsdiagnose**" als Grundlage für ärztliches Handeln gibt. Die Gefahr eines Endlos-Zirkels ist offenkundig, das daraus resultierende Halteproblem muß in einem verbesserten Modell gelöst werden.

Mit dem Situationskreis wird auch die strikte Trennung von Diagnostik und Therapie überwunden, wie sie der bekannte Satz von Vollhardt:

"Vor die Therapie haben die Götter die Diagnose gesetzt"

als scheinbar göttliches Gesetz beschreibt. Moderne Medizin ist arbeitsteilig organisiert. Die dadurch oft bedingte zeitliche Trennung von Diagnose und Therapie berechtigt nicht zu dem Schluß, daß im ärztlichen Bereich auch zwischen "Erkennen" und "Handeln" ein kategorialer Unterschied bestehe:

"Er (der Einwand) ist aber falsch, wenn man aus dieser zeitlichen Sukzession einzelner Schritte folgert, man könne unabhängig voneinander erst das Erkennen (die Diagnose) zu Ende bringen, ehe man mit dem Handeln (der Therapie) beginnen dürfe. Das ist schon deshalb nicht möglich, weil es kein Erkennen ohne Handeln gibt".³

Modelltheoretisch betrachtet nimmt im Situationskreis die Grundkategorie der "**Bedeutung**" eine zentrale Stellung ein. Damit wird unterstrichen, daß der ärztliche Erkenntnisprozeß nicht dargestellt werden kann als ein Sammeln von objektiven, soliden Fakten, sondern vielmehr begriffen werden muß als ein Prozeß der Interpretation von Beobachtungen mit der Hilfe von Krankheitsmodellen.

"Semiotisch formuliert würden wir sagen, daß Patient und Arzt in der Vis-a-Vis Situation den Kode suchen müssen, der Symptome, welche als bloße Zeichen der Signalisation die Gegenwart der Krankheit als ein Naturereignis signalisieren, in Zeichen der Kommunikation übersetzt, die eine Gemeinschaftshandlung begründen".⁴

Mit den Worten Zeichen, Kode und Bedeutung werden zentrale Begriffe der **Semiotik** als Bestandteile eines Modells des ärztlichen Denkens und Handelns eingeführt.

Neben das Handeln nach vorgefaßtem

Plan tritt im Situationskreis das "Handeln" auf Probe als wichtiges Werkzeug der Problemlösungsstrategie. Als Modell des ärztlichen Handelns zeigt der Situationskreis hier jedoch seine größte Schwäche: es fehlt jede Operationalisierung, jede Zerlegung eines offenbar hochkomplexen Lösungsweges in formalisierte und nachvollziehbare Einzelschritte. Die Frage ist, wie "geht" Probehandeln? Nach welchen Regeln und Verfahren wird Bedeutung erteilt oder verwertet? Wer entscheidet über den Schlüssel, nach dem die Zeichen zu deuten sind? Aus der von Uexküll und Wesiack gegebenen Beschreibung der Probehandlung geht deutlich hervor, wie komplex dieser Lösungsschritt sich darstellt:

"Dadurch wird die Situation in der Phantasie experimentell (durch Probehandeln) vorkonstruiert; d.h. die Bedeutungserteilung erfolgt zunächst als (hypothetische) Bedeutungsunterstellung, deren Konsequenzen in der Phantasie, durch Probehandeln, das heißt Bedeutungserprobung, abgetastet werden".

Offensichtlich läßt sich das Verfahren in mindestens vier Schritte zerlegen: die **Wahrnehmung** von Zeichen, die Bildung von **Hypothesen**, die Ableitung von **Konsequenzen** und die experimentelle **Erprobung**. Diese vier Elemente der fiktionalen Probehandlung zeigen deutliche Entsprechungen zur Struktur realer, erfahrungsgeleiteter Handlungen, die im Kapitel 2.5 dargestellt wird.

2.3.2 MEDIZIN UND METAMEDIZIN

Von Stachowiak wurde in Anlehnung an Gross ein Modell des diagnostischen Prozesses vorgestellt, das Elemente des klinischen Algorithmus und des Regelkreises vereint und zugleich über beide Modelle hinausgeht (36) .

³ lc p 656

⁴ lc p 564

Wie der klinische Algorithmus stützt sich die Darstellung des diagnostischen Prozesses auf ein Flußdiagramm. Es gibt jedoch keine dichotomen Verzweigungen, vielmehr besteht der Prozess aus einer Folge von verschiedenen Unterprogrammen, also für sich wiederum komplexen Lösungsschritten. Am Start vertritt die Anamnese die "Problembeschreibung". Zu einem Halt gelangt das Modell mit einer "endgültigen Diagnose". Vor der endgültigen Diagnose dient eine "vorläufige Diagnose" als Arbeitshypothese für die Aufstellung des Therapieplanes. Das Ergebnis der Therapie geht ein in die endgültige Diagnose (Abb. 5). Typische Regelkreiselemente dieses Modells sind die Rückkopplungsschleifen von beiden Diagnosearten zu den Primärbefunden und zur Befundkonstellation ("Summe der Befunde"). Eine weitere Rückkopplung erfolgt zwischen der endgültigen Diagnose und dem Lösungsschritt "Therapieplan". Charakteristisch für einen Regelkreis ist auch der Vergleich der Summe der Befunde mit vorgegebenen Sollwerten. Leider ist auch in diesem globalen Modell wie beim Situationskreis keine Operationalisierung der komplexen Unterprogramme oder ein formal beschriebener Übergang zwischen den Einzelschritten des Prozesses enthalten. Wie wird die Summe der Befunde gebildet? Genügt eine Aufzählung der "unmittelbaren Befunde"? Sind alle unmittelbaren Befunde gleichwertig? Wann ist der Übergang von einer "vorläufigen Diagnose" zu "Therapieplänen" sinnvoll und gerechtfertigt? Was geschieht bei der Rückkopplung von der endgültigen Diagnose zu den Primärbefunden? Trotz dieser Einschränkungen führt das Modell über den klinischen Algorithmus und den Situationskreis hinaus durch die Korrela-

Abb. 5: der diagnostische Prozess nach (36).

tion der einzelnen Programmschritte mit verschiedenen, für den jeweiligen Schritt spezifisch notwendigen Wissensarten.

"Kausales" Denken verlangt eine Erklärung der vorläufigen Diagnose durch Rückführung auf gesetzmäßige Abläufe und Reaktionen des Organismus. Diese Erklärung liefert die Deduktion der Befunde aus dem Fundus des theoretisch-nomologischen Wissens. Planvolles Handeln im Rahmen der Therapie greift zurück auf operationales und praxeologisches Wissen. Das operationale Wissen beinhaltet das Reservoir von medizinisch sinnvollen Handlungsmöglichkeiten (vgl. Probehandeln); praxeologisches Wissen umfaßt die Menge der faktisch auszuführenden Direktiven. Modelltheoretisch liefert das Diagnosesystem A, B1, B2, V, D1 und D2 ein Beschreibungsmodell; aus dem Wissenssystem W1, W2, W3 gewinnt der Arzt Vorhersagemodelle; das Therapiesystem TPl und T ist Quelle von Direktivenmodellen des ärztlichen Handelns. Es fällt auf, daß ein wichtiger Teil der klinischen Praxis, die technischen Untersuchungsverfahren mit ihren Indikationen und Kontraindikationen, im vorgestellten Modell nicht berücksichtigt ist. Ärztliches Handeln und Entscheiden im Rahmen einer rationalen Stufendiagnostik ist mit dem Modell im Gegensatz zum klinischen Algorithmus nicht zu beschreiben.

Als Generalisierung dieses Modells des diagnostischen Prozesses entwickelt Stachowiak dann ein Modell der Medizin als Ganzes. In dieser Modellerweiterung sind die Wissenskomponenten theoretisches Wissen, operationales Wissen und praxeologisches Wissen ergänzt durch die Kompo-

nente "Zulieferungswissen" im Sinne von Grundlagenforschung und Komponenten der Planung. Bedeutsamer als die Einführung weiterer Wissenskomponenten ist jedoch die Einfügung einer zweiten Ebene in das Modell. Jede Komponente der Arbeitsebene findet ihre Entsprechung auf der Reflexionsebene im Sinne einer metamedizinischen Erweiterung. Wissenschaftstheoretische und methodologische Reflexion, Anthropologie und Ethik sind beispielsweise wesentliche Komponenten einer Modellierung der Medizin als Ganzes. Mit dieser metamedizinischen Erweiterung wird zum einen die Interdependenz von medizinischer Forschung und medizinischer Praxis verdeutlicht. Zum anderen wird medizinisches Wissen durch soziale und ethische Aspekte, durch Gewissen, kontrolliert. Im Ergebnis liefert die Unterscheidung verschiedener Arten des Wissens und die Einführung einer höheren Abstraktionsebene wesentliche neue Elemente für das gesuchte Modell ärztlichen Denkens und Handelns.

2.4 MEDIZINISCHE EXPERTENSYSTEME

2.4.1 "FLACHE" EXPERTENSYSTEME

Seit etwa drei Jahrzehnten gibt es Bemühungen, den Arzt bei der Lösung diagnostischer und therapeutischer Probleme durch den Einsatz von Computern zu unterstützen. Neben der Theorie der Entscheidungsanalyse (20) erheben vor allem computergestützte Expertensysteme den Anspruch, die Qualität ärztlicher Entscheidungen verbessern zu wollen (29,34). Die Konstrukteure solcher Expertensysteme verfolgen bedeutende Ziele: die Genauigkeit klinischer Diagnosen soll erhöht, die Zuverlässigkeit ärztlicher Ent-

scheidungen verbessert, die Effizienz von Untersuchungs- und Therapieplänen verstärkt und das Verständnis für die inneren Strukturen des ärztlichen Problemlösens soll vertieft werden. Programme wie MYCIN, CASNET und INTERNIST zählen zu den typischen, in der Literatur immer wieder zitierten und besprochenen, Beispielen medizinischer Expertensysteme. Während MYCIN (33) und CASNET (40) nur für die eng begrenzten Bereiche der Diagnose und Therapie bakterieller Meningitiden bzw. des Glaukoms konzipiert wurden, umfaßt INTERNIST (27) das gesamte Gebiet der Inneren Medizin und ist damit das bisher umfassendste Expertensystem überhaupt. Inzwischen wurden in nahezu allen Fachgebieten der Medizin Expertensysteme für begrenzte Problemstellungen entwickelt (13, 22, 30, 42, 43).

Trotz ihrer teilweise beachtlichen Leistungen hat jedoch bis heute kaum ein Expertensystem den Weg aus den Entwicklungslabors in den klinischen Alltag gefunden. Ein wesentlicher Grund für die fehlende Akzeptanz der bisherigen Expertensysteme durch die Kliniker liegt in den vereinfachenden und verkürzenden Annahmen über die Natur medizinischer Probleme, die der Konstruktion dieser Systeme zugrundeliegen. Die Expertensysteme der ersten Generation werden mittlerweile unter dem gemeinsamen Begriff "flache Expertensysteme" rubriziert, da sich ihre Problemlösungsstrategie ausschließlich auf heuristische Regeln stützt. Eingehenderes Wissen über kausale Zusammenhänge und pathophysiologische Prozesse ist in ihnen nur ansatzweise oder nicht explizit repräsentiert.

Bei den diagnostisch orientierten Expertensystemen der ersten Generation handelt es sich um Versuche zur rechnergestützten automatischen Klassifikation von Befundkonstellationen. Auf Grund vorhandener oder zu erhebender Informationen über einen Patienten werden eine oder mehrere Diagnosen als "Erklärung" vorgeschlagen. Die Systeme sind in der Regel nur in der Lage, eine bestimmte Befundkonstellation mit einer Sammlung vorgegebener Konstellationen zu vergleichen und daraus Schlüsse zu ziehen. Medizinische Diagnostik wird damit reduziert auf die Bestimmung der Schnittmenge von erwarteten Symptomen einerseits und beobachteten Symptomen andererseits (vgl. Abb. 6):

"Der Problembereich besteht aus zwei explizit gegebenen, disjunkten Mengen von Problemmerkmalen (Symptomen) und Problemlösungen (Diagnosen) und aus typischerweise unsicherem Wissen über die Beziehungen zwischen Symptomen und Diagnosen. Ein Problem ist durch eine eventuell unvollständig gegebene Teilmenge der Symptome charakterisiert. Die Lösung eines Problems besteht aus einer oder mehreren der Diagnosen. Wenn die Qualität der Problemlösung durch Erfassung zusätzlicher Symptome verbessert werden kann, so ist eine Teilaufgabe der Diagnostik zu bestimmen, ob und welche zusätzlichen Symptome angefordert werden sollen"(30).

Daraus ergibt sich ein scheinbar einfacher Ablauf der Problemlösung: auf die Eingabe der Problembeschreibung folgt die Ausgabe der Lösung. Während bei der Eingabe Unschärfen und Ungenauigkeiten hingenommen werden, ergibt sich die Lösung präzise aus den internen Regelverkettungen und Inferenzstrategien:

"Die Funktionsweise eines Expertensystems läßt sich vollständig anhand seiner Eingabe und der -gegeben eine Eingabe -erfolgenden Ausgabe beschreiben.

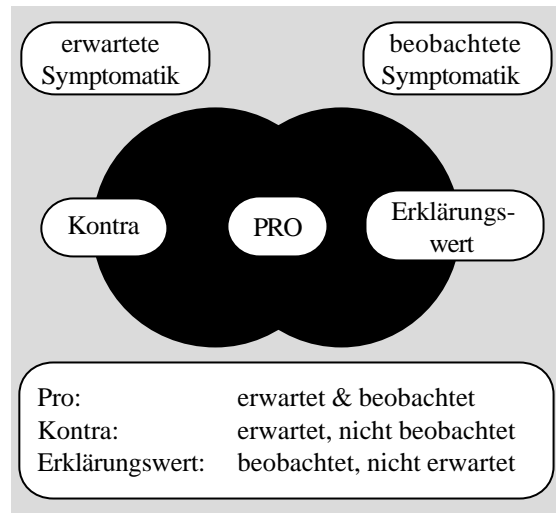


Abb.6: der differentialdiagnostische Wert von Symptomen nach (30) .

Aus der Sicht eines Benutzers beschreibt die Eingabe ein Problem, das einer Problemlösung zugeführt werden soll; die Ausgabe soll zu dieser Problemlösung beitragen"(13).

Das Problem der richtigen Diagnose stellt somit eine Aufgabe für die Informatik dar:

"The task of medicine as currently practised consists of acquiring the relevant information from a patient and using it in the light of current knowledge to establish a diagnosis or to treat a disease "(8).

Unsicherheiten und Unschärfen resultieren vorwiegend aus ungenauen oder fehlenden Informationen über den Patienten, inkomplettem Wissen über Krankheiten und aus der Komplexität des Organismus. Diesen Unschärfen wird bei der Ausgabe der Lösung, Diagnose genannt, Rechnung getragen durch die Angabe von Wahrscheinlichkeitswerten für die in Betracht gezogene Diagnose. Noch konsequenter versucht "fuzzy reasoning" die Nachteile der Anwendung einer zweiwertigen Logik (wahr/nicht wahr) auf unscharfe Konzepte durch die Verwendung von kontinuierlichen Wahrheits- bzw. Gewissheitswerten zu überwinden (16, 23) .

Es ist offenkundig, daß diesem Konzept ein untaugliches Modell von

Krankheit und ärztlichem Denken und Handeln zugrunde liegt. Die wesentlichen Kritikpunkte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Krankheit ist kein unveränderlicher Zustand, der einer Klassifikation durch Zuschreibung einer Zahl von unwandelbaren und mehr oder weniger genau beschreibbaren Attributen zugänglich ist. Krankheit ist vielmehr ein dynamischer Prozeß der Auseinandersetzung eines reaktionsfähigen Organismus mit Veränderungen seines inneren und äußeren Milieus. Bei jedem erwarteten aber nicht beobachteten Symptom beispielweise ist deshalb die Frage zu stellen: "Noch nicht oder nicht mehr?", bevor über den "diagnostischen Wert" dieses Umstandes befunden werden kann.
2. Es gibt keine "natürliche" und streng hierarchische Taxonomie der Krankheiten nach einem einheitlichen z.B. "ätiologischen" System. Die heute verwendeten Krankheitsbegriffe sind evolutiv gewachsene, pragmatische Modellvorstellungen über das "Wesentliche" einer Krankheit (12). Das Verständnis dieser Modelle ist demzufolge auch einem stetigen Wandel unterworfen (1, 3, 41).
3. Die Vorstellungen von Arzt, Patient und Gesellschaft über das Wesen von Krankheiten und die Spielregeln zu ihrer Erkennung und Behandlung beeinflussen nachweisbar die Deutung der Symptome (25). Wie bei anderen Zeichen auch, ist die Deutung von Symptomen und Befunden in hohem Maße abhängig vom jeweiligen individuellen Kontext.
4. Im Laufe des diagnostisch-therapeutischen Prozesses ist der Arzt mehrfach gezwungen, die Sehweise zu wechseln. Bei der Interpretation von Laborwerten steht die somatische, biochemische Betrachtung und Deutung im Vordergrund. Bei der Deutung von Klagen und Beschwerden wird die rein "somatisch-biochemische" Sicht ersetzt durch ein menschliches "Verstehen", das seine Regeln, Wertungen und Gewichtungen psychologischen Erkenntnissen verdankt. Bei der Wahl zwischen mehreren möglichen Therapien werden nicht nur die somatischen Wirkungen und Nebenwirkungen, sondern auch die psychosozialen Folgen der Behandlung berücksichtigt.
5. Medizinische Diagnostik ist keine wertfreie "Informationsgewinnung", die nur gesteuert wird von der Menge der für eine Diagnose minimal erforderlichen Attribute. Diagnostik beinhaltet ständige Wahlakte und Abwägung von Nutzen und Risiken; die hier zugrundeliegenden Regeln gehören zu den ältesten und bewährtesten Prinzipien der Medizin.
6. Die Begründungen für ärztliche Handlungen, auch für diagnostische Maßnahmen, erfordern eine Extrapolation über den gegenwärtigen Zustand hinaus in eine absehbare Zukunft. Prognose und Planung erfordern mehr Wissen als die Kenntnis von noch so vielen heuristischen Regeln zur Verknüpfung von Symptomkombinationen mit einer Krankheitsbezeichnung.

Shortliffe, einer der Konstrukteure von MYCIN, hat das Problem erkannt:

"As all practioners know, however it is unrealistic to view diagnosis as a process separable from considerations of the avaiable options for data collection and therapy. Moreover, many physicians believe, that the majority of questions about which they seek consultation deal with what they should do rather than with what is true about a patient, given a fixed

data set" (34).

2.4.2 "TIEFE" EXPERTENSYSTEME

Die Schwächen der ersten Generation von Expertensystemen werden inzwischen auch von anderen kritischen Vertretern der "Künstlichen Intelligenz" eingeräumt:

"Expert systems do not exhibit the flexibility that characterize human expertise and they are not in a position to recognize, when a problem does not belong to their particular area of expertise. In addition, expert systems cannot explain their reasoning and conclusions in meaningful ways and often cannot converse intelligently with the user" (20).⁵

Daher wird für eine neue Generation von Expertensystemen eine Wissensrepräsentation von größerer Tiefe gefordert. Die folgenden Eigenschaften sollen die nächste Generation von sog. "*deep systems*" auszeichnen:

- das System kennt kausale Zusammenhänge und die zeitliche Entwicklung von Krankheitsbildern; in seiner Wissensbasis sind pathophysiologische Kenntnisse explizit repräsentiert;
- das System erreicht eine mit Ärzten vergleichbare Flexibilität durch unterschiedliche Formen argumentativen Schließens; neben rein heuristische Regeln treten statistisch-probabilistische, fallvergleichende und modellbasierte Formen des Schließens;
- das System ist in der Lage, einmal gezogene Schlußfolgerungen im Lichte neuer Informationen zu revidieren;
- das System enthält nicht nur eine explizite Darstellung der Struktur des in ihm repräsentierten faktischen

Wissens sondern auch der Struktur der Regeln einschließlich einer transparenten Erklärung, wann und warum die Schließweise gewechselt wurde;

- die Repräsentation des faktischen Wissens umfaßt ätiologisch geordnete Taxonomien, empirische Assoziationen zwischen Befunden und Ätiologien und die Berücksichtigung von Interdependenzen zwischen einzelnen Symptomen und Befunden.

Die Erfüllung dieser Forderungen setzt in der Tat ein vertieftes Verständnis des Wissensgebietes voraus:

"Deep understanding of a domain implies knowledge of how the various domain entities interact with each other so that a particular instantiation at a certain point of the problem space can be propagated through the space. A deep system must combine a deep domain understanding with the experiential domain knowledge. An expert system must explicate the conceptual structure of the domain knowledge" (22).⁶

Wie weit führende Vertreter der Künstlichen Intelligenz aber noch von dem geforderten tieferen Verständnis medizinischer Probleme entfernt sind, zeigt sich an der folgenden Darstellung diagnostischen Denkens (Abb. 7):

"For the purpose of this discussion, we consider the goals of diagnostic reasoning as being of two general types. In the first type, which we will call D1, given some undesirable behavior in a device or system the goal is to identify what state of a component of the system being diagnosed accounts for it. It could be that: (a) the behavior of the component is not what was expected; or (b) there is something about the connection between the components which is not what was expected. D1 is the more common type of diagnostic reasoning. Its goal is to

⁵ lc p 26

⁶ lc p 27

identify the likely structural cause of an observed undesirable behavior. Generally it is preferable to find the likely root cause rather than a proximate cause. D2, the second type of diagnostic reasoning, has the goal of not simply naming the likely malfunction hypothesis that accounts for the observed undesirable behavior but also postulating a comprehensible account of how the observed behavior came about given hypothesized structural faults"(4).

Die Autoren beziehen in dieses Verständnis der Diagnostik die Medizin ausdrücklich ein:

"we have found them useful in many areas, including diagnosis of nuclear power plants and chemical processing plants, among other complex mechanical systems. These ideas have singular relevance, however, to the field of medical diagnosis".

Das unbiologische Mißverstehen des menschlichen Organismus als einer komplexen Maschine hat zwar auch in der Medizin eine lange Tradition und das Fehlen einer umfassenden Methodologie der Klinischen Medizin leistet diesem Denken Vorschub. Genau diese Sehweise ist aber der zentrale Punkt der Kritik an der "reduktionistischen" Apparatemedizin. Es ist offenbar, daß Expertensysteme, denen dieses Verständnis der Medizin zugrunde liegt, keine Hilfe bei der Überwindung dieser Sehweise darstellen, sondern diese vielmehr perpetuieren. Feinstein bringt die Kritik auf den Punkt:

"Perhaps the most shocking aspect of all this ethereal model-building is that the model-builders have begun to confuse the difference between clinical reality and abstract imaginery. In the customary standards of science, a model that failed to fit reality was rejected and the model-builder was sent back to the drawing board. Today however, in the Procrustean era made possible by confusion about modern technology, a model-builder can avoid the constraints of reality

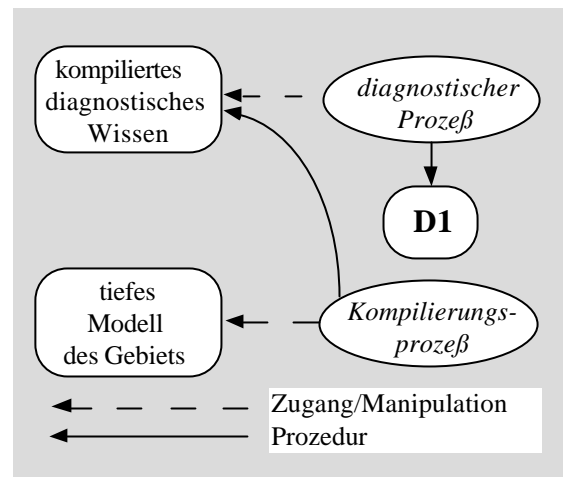


Abb. 7: der Zusammenhang zwischen "tiefem" Verständnis eines Wissensgebietes, "compiliertem" Wissen von Experten und diagnostischem Denken nach (4).

and demand, instead, that reality adapt itself to fit the model [...] There is no need for the mathematicians, scientists, and machines to understand what happens in clinical reality; it is the clinician's job to learn and apply what is offered by techno-physiatics"(7).

Nach einer Analyse über die bisherigen Erfolge diskriminanzanalytischer Methoden in der ärztlichen Diagnostik gelangt Victor (38) ⁷ zu dem bündigen Urteil:

"Den Hauptgrund für das Scheitern der bisherigen Ansätze sehe ich im Fehlen einer grundsätzlichen Analyse des ärztlichen Entscheidungsprozesses".

Kassirer und Mitarbeiter (19) beurteilen die Ausgangslage ähnlich:

"Little is known about the mental processes that enable physicians to make the diverse and difficult decisions required in clinical setting. The intellectual abilities that form the basis of clinical expertise seem to many to be mysterious, collectively constituting the cognitive skills or wisdom of which physicians are most proud but about which they have little explicit understanding".

Die Bemühungen um die Entwicklung leistungsfähiger medizinischer Exper-

tensysteme mit dem Zwang zur Formalisierung des Wissens und der verschiedenen Inferenzverfahren haben wichtige Einsichten in Teilaspekte der ärztlichen Problemlösungsstrategien gebracht, vor allem aber haben sie das Fehlen einer Theorie der Klinischen Medizin offengelegt.

2.5 EMPIRISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUM ÄRZTLICHEN DENKEN UND HANDELN

Es wurde schon wiederholt darauf hingewiesen, daß es kein allgemein akzeptiertes Modell der ärztlichen Problemlösungsstrategie gibt. Neben den verschiedenen präskriptiven Modellen hat man daher versucht, durch empirische Analyse des ärztlichen Verhaltens die Struktur ärztlicher Problemlösungsstrategien aufzudecken. Meist bediente man sich dabei der Methode, Ärzte ihre Überlegungen bei der Lösung eines diagnostischen oder therapeutischen Problems laut kundtun zu lassen und zu kommentieren. Die bei solchen Sitzungen angefertigten Transkripte wurden anschließend auf zugrundeliegende Heuristiken oder Strukturen der Problemlösung untersucht.

Kassirer und Kopelman (18) analysierten die Transkripte der ärztlichen Überlegungen bei der Lösung von 34 meist diagnostischen Problemen. Ihre Untersuchung hatte das Ziel festzustellen, welche kognitiven Fehler Ärzten im Laufe einer Fallbearbeitung unterlaufen können. Um die verschiedenen Fehler gruppieren zu können, benutzten Kassirer und Kopelman ein pragmatisches Schema der Problemlösung:

"one that is based on modern cognitive science and that follows the process of scientific discovery".

Nach Kassirer und Kopelman voll-

zieht sich die Lösung eines diagnostischen Problems in vier Schritten:

1. der "Triggerung" von einer oder mehreren diagnostischen Hypothesen durch Informationen über den Patienten wie Alter, Geschlecht, Rasse und vorgetragene Beschwerden; in der Literatur über Künstliche Intelligenz (KI) wird dieser Vorgang als Hypothesen-Aktivierung oder Hypothesen-Generierung bezeichnet;
2. der Entwicklung eines kognitiven Kontextes für das diagnostische Problem (*framing*); dieser Kontext sei in typischer Weise gegeben durch eine Krankheit, ein Syndrom oder eine klinische Entität; das Konzept des medizinischen Kontextes entspreche der in der KI gebräuchlichen Bezeichnung "Problembereich";
3. der dritte Schritt wird von Kassirer und Kopelman als Sammlung und Verarbeitung von Informationen beschrieben; er umfasse die Interpretation vorliegender Daten, die Sammlung relevanter neuer Informationen und die Aufstellung bzw. Revision von Arbeitshypothesen unter Berücksichtigung der Prävalenz von Krankheiten, der Häufigkeit von Symptomverknüpfungen und, falls erforderlich, der Anwendung klinischer Axiome;
4. der letzte Schritt in der Diagnosefindung sei die Verifikation; die abschließende Diagnose ergebe sich nach Ausschluß aller Konkurrenten als adäquate, alle Symptome ableitende und kohärente, mit den Gesetzen der Pathophysiologie übereinstimmende Erklärung.

Jedem dieser Schritte ordnen Kassirer und Kopelman nach der Analyse der Transkripte charakteristische Fehlerarten zu. Sie finden und geben Beispiele für fehlerhafte Hypothesenbildung,

fehlerhafte Kontextformulierung oder fehlerhafte Verifikation. Dabei zeigt sich jedoch, daß beispielsweise in der Gruppe "fehlerhafte Informationsgewinnung und Informationsverarbeitung" ganz verschiedene Fehlerarten, die verschiedenen Stadien der Problemlösung zugehören, zusammengefaßt werden. Neben der fehlerhaften Interpretation findet sich in der gleichen Gruppe "fehlerhaftes kausales Modell" oder "Überbewertung einer klinischen Regel". Selbst ein Beispiel, bei dem unter der Verdachtsdiagnose "Phäochromozytom" mehrere Hormonanalysen veranlaßt wurden, wird unter "fehlerhafte Informationsgewinnung" subsumiert mit der Begründung, im vorliegenden Falle sei die Prävalenz eines Phäochromocytoms falsch eingeschätzt worden.

Trotz der scheinbaren Operationalisierung des ärztlichen Vorgehens in vier Teilschritten liefert die Analyse von Kassirer und Kopelman keine detaillierte und strukturierte Beschreibung der ärztlichen Problemlösungsstrategie. Die Autoren weisen selbst darauf hin, daß zwischen den einzelnen von ihnen identifizierten Problemlösungsschritten beträchtliche Überlappungen bestünden.

Eine weitere empirische Studie zur Analyse des **diagnostischen** Denkens stützt sich auf die Auswertung von 50 Kasuistiken, die im Rahmen einer klinisch-pathologischen Konferenz detailliert besprochen wurden (6). Die Protokolle der Konferenzen wurden im New England Journal of Medicine publiziert. Nach der Analyse der einzelnen Protokolle gelangten die Autoren Eddy und Carlton zu der Auffassung, die Lösung eines diagnostischen Problems ergebe sich als Resultat aus mindestens sechs Schritten:

- zunächst gruppiere der Arzt eine Reihe von Befunden zu einem Ge-

samtbild ("*pattern*");

- anschließend wähle er einen "Angelpunkt" d.h. ein pathognomonisches Leitsymptom als Anhalt für weitere Überlegungen;
- anhand des "Angelpunktes" erstelle er eine Liste von möglichen Krankheitsursachen ("*cause list*");
- anschließend werde jeder Eintrag der Liste für sich mit den bekannten Fakten verglichen; unwahrscheinliche oder unplausible Hypothesen würden dabei aus der Liste entfernt;
- die endgültige Wahl einer Diagnose aus der verbleibenden Liste beruhe auf dem paarweisen Vergleich der Konkurrenten; die jeweils weniger glaubwürdige Diagnose werde ebenfalls fallengelassen;
- schließlich erfolge die Validierung der gewählten Diagnose durch Konfrontation mit allen Befunden; blieben einige Symptome durch die gewählte Diagnose unerklärt, beginne der Prozess von vorn.

Bei der Beschreibung und Diskussion der einzelnen Schritte betonen Eddy und Carlton, daß die Elimination von Hypothesen beim vierten Schritt nicht nach den Regeln des probabilistischen Schließens, etwa nach einem auf dem dem Theorem von Bayes fußenden Kalkül erfolge:

"If the likelihood of a disease falls below some threshold of credibility it is rejected [...] this is rather a comparison than a calculation".

Nach Ansicht von Eddy und Carlton ist das "Leitsymptom" ein heuristisches Werkzeug, das für den Arzt ein formales Vorgehen nach den Regeln des probabilistischen Schließens überflüssig macht. Der Arzt berechne nicht die Wahrscheinlichkeit der einzelnen Hypothesen auf seiner Liste sondern berücksichtige ausschließlich ihren Erklärungswert für die beobachteten Befunde. Eine Stufendiagnostik durch

sukzessive Anwendung zusätzlicher Untersuchungen kann in dem Modell von Eddy und Carlton naturgemäß nicht abgebildet werden, da sich ihre Analyse auf "abgeschlossene" Fälle mit einer zwar begrenzten aber endgültigen Menge von verfügbaren Daten stützt. Daher sind die Ergebnisse dieser Studie auch nur bedingt auf reale klinische Situationen übertragbar.

In einer empirischen Studie über die Strategie von Ärzten bei **therapeutischen** Entscheidungen kamen Mancuso und Rose (26) zu der Auffassung, daß die beteiligten Ärzte auch in diesem Fall die komplexe Fragestellung zunächst in Teilaspekte zerlegten. Dabei folgten die Mediziner einem dreistufigen Schema :

- zunächst fokussiere der Arzt seine Überlegungen auf einige wenige Fakten wie Alter, Ventrikelfunktion und Stärke der Beschwerden; diese "Brennpunkte" würden anfangs einzeln und für sich bewertet; die Auswahl der Fakten und die Bewertung seien beim gleichen Fall von Arzt zu Arzt verschieden und werde stark von dessen persönlichen Präferenzen bestimmt;
- im nächsten Schritt folge eine Neubewertung jedes einzelnen "Brennpunktes" im Lichte der Bewertung der anderen Punkte;
- anschließend werde eine Gesamtbewertung durch Summation aller Einzelwerte vorgenommen.

Mancuso und Rose kommen nach ihrer Analyse zu dem Schluß, daß Ärzte bei realen therapeutischen Entscheidungen nicht einem hypothetisch-deduktiven Zyklus folgten, sondern sich vielmehr von persönlichen Heuristiken bei Auswahl und Bewertung von "Brennpunkten" leiten ließen. Die "Brennpunkte" erfüllten im therapeutischen Entscheidungsprozess die gleiche Funktion wie die "Angel-

punkte" von Eddy und Carlton im diagnostischen Denken.

Diese kurze Beschreibung der Ergebnisse dreier empirischer Untersuchungen zur Analyse des ärztlichen Denkens zeigt, daß in Teilen vergleichbare, in wesentlicheren Teilen jedoch nicht miteinander vereinbare Modelle gewonnen werden. In einem Modell wird die falsche Einschätzung der Prävalenz einer Erkrankung als Fehler charakterisiert, im anderen Modell spielen solche Überlegungen angeblich keine Rolle bei der Elimination von Hypothesen. Weder im Modell von Eddy und Carlton noch im Modell von Mancuso und Rose findet sich eine formale Berücksichtigung des individuellen Kontextes. In allen drei Modellen bleiben das "Triggern" einer Hypothese, die Wahl eines "Angelpunktes" oder die Fokussierung auf "Brennpunkte" letztlich unerklärte Akte, weil auch diese empirischen Analysen sich nicht auf eine unabhängige und allgemeine Methodologie erfahrungsgeleiteter Problemlösungen stützen.

2.6 ZUSAMMENFASSUNG

Ärztliches Handeln folgt einem vorgefaßten Plan. Die Lösung eines komplexen medizinischen Problems wird zweckmäßigerweise in weniger komplexen Teilschritten angestrebt. Die "Lösung" ergibt sich als "Näherung" in einem iterativen, rückgekoppelten Prozess. Neue Beobachtungen führen so zu einer Neubewertung der Gesamtsituation. Der rekursive Zyklus besteht aus mindestens vier Einzelschritten: beobachten, vermuten, folgern und erproben. Die Erprobung kann fiktional allein in der Vorstellung oder real in der Praxis vor sich gehen. Beobachten bedeutet nicht die vorurteilslose Sammlung von Fakten, son-

dern die Deutung von Krankheitszeichen mit Hilfe von Krankheitsmodellen. Ärztliches Handeln greift auf unterschiedliche Arten des Wissens zurück; Wissen, das durch methodische Reflexion und Wertvorstellungen kontrolliert wird. Über der Arbeitsebene der klinischen Praxis muß daher mindestens eine Ebene der Reflexion und Abstraktion in ein Modell des ärztlichen Handelns eingeführt werden.

Die bisher vorliegenden Versuche, ärztliches Problemlösungsverhalten in deskriptiven bzw. präskriptiven Modellen oder rechnergestützten, regelbasierten Expertensystemen nachzubilden, führten nicht zu brauchbaren Modellen des ärztlichen Denkens und Handelns, weil ihnen eine statische Konzeption von Krankheit, ein Maschinenmodell des menschlichen Körpers oder eine schlichte zweiwertige Logik zugrunde liegt. Die Abbildung des ärztlichen Denkens und Handelns durch einen Prozeß der Eingabe und der anschließenden, auf festen Regeln fußenden, Verarbeitung von Informationen wird der medizinischen Wirklichkeit nicht gerecht. Ärztliches Handeln beruht auf schwankenden Interpretationen, unsicheren Vorhersagen und riskanten Entscheidungen. Die Bewältigung dieser Aufgaben verlangt unterschiedliche Formen des Argumentierens, ein dynamisches Verständnis von Krankheiten und an Werten orientierte Zielvorgaben.

2. 7 LITERATUR

- 1 Beeson P (1980):
Some diseases that have disappeared.
Am J Med 68: 806-811
- 2 Benesch H, Saalfeld H (1987):
Atlas zur Psychologie. Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH, München
- 3 Burnum J (1987): Medical practice a la mode. How medical fashions determine medical care.
New Engl J Med 317: 1220-1222
- 4 Chandrasekaran B, Smith J, Sticklen J (1989): `Deep` models and their relation to diagnosis. Artif Intell Med 1: 29-40
- 5 Cohn L, Doty D, McElvein R (1987): Decision making in cardiothoracic surgery. B.C. Decker Inc., Toronto, Philadelphia
- 6 Eddy D, Clanton C (1982): The art of diagnosis. Solving the clinicopathological exercise.
New Engl J Med 306: 1263-1268
- 7 Feinstein A (1977): Clinical Biostatistics XXXIX. The haze of Bayes, the aerial places of decision analysis and the computerized Ouija board.
Clin Pharmacol Ther 21: 482-496
- 8 Fieschi M (1990): Artificial intelligence in medicine. Expert systems. Chapman and Hall, London
- 9 Fox J, Glowinski A, Gordon C (1990): Logic engineering for knowledge engineering. Artif Intell Med 2: 323-339
- 10 Goldfinger S (1973): The problem-oriented record: A critique from a believer.
New Engl J Med 288: 606-608
- 11 Goldfinger S, Dineen J (1970): Problem-oriented medical record. In: Wintrobe M, Thorn G, Adams R, Braunwald E, Isselbacher K, et al. (Hrsg) Harrison's Principles of Internal Medicine. McGraw-Hill Book Company, New York, St. Louis, San Francisco
- 12 Gupta G (1990): Diagnosis-related Groups: a twentieth-century nosology.
Pharos 53: 12-17
- 13 Haux R (1988): Expertensysteme in der Medizin - Eine einführende Übersicht. Software Kurier 1+2: 1: 65-77 und 2: 1-11
- 14 Hershey J, Baron J (1987): Clinical reasoning and cognitive processes.
Med Decis Making 7: 203-211
- 15 Hlatky M, Botvinick E, Brundage B (1982): Diagnostic accuracy of cardiologists compared with probability calculations using Bayes' rule. Am J Cardiol 49: 1927-1932
- 16 Kalmanson D, Stegall H (1975): Cardiovascular investigations and fuzzy sets theory. Am J Cardiol 35: 80-84
- 17 Kassirer J (1989): Diagnostic reasoning. Ann Intern Med 110: 893-900
- 18 Kassirer J, Kopelmann R (1989): Cognitive errors in diagnosis: instantiation, classification and consequences.

- Am J Med 86: 433-441
- 19 Kassirer J, Kuipers B, Gorry G (1982): Toward a theory of clinical expertise. Am J Med 73: 251-259
- 20 Kassirer J, Moskowitz A, Lau J, Pauker S (1987): Decision analysis: a progress report. Ann Intern Med 106: 275-291
- 21 Kaufmann W (1991): Internistische Differentialdiagnostik. Entscheidungsprozesse in Flußdiagrammen. Schattauer Verlag, Stuttgart, New York
- 22 Keravnou E, Washbrook J (1989): Deep and shallow models in medical expert systems. Artif Intell Med 1: 11-28
- 23 Kerre E (1989): Outline of an expert system for ECG diagnosis using fuzzy sets. Artif Intel Med 1: 139-144
- 24 Kim J, Gallis H (1989): Observations on spiraling empiricism: its causes, allure and perils, with particular reference to antibiotic therapy. Am J Med 87: 201-206
- 25 Kleinmann A, Eisenberg L, Good B (1978): Culture, illness and care. Clinical lessons from anthropologic and cross-cultural research. Ann Intern Med 88: 251-258
- 26 Mancuso C, Rose D (1987): A model for physicians' therapeutic decision making. Arch Intern Med 147: 1281-1285
- 27 Miller R, Pople H, Myers J (1982): INTERNIST-1: an experimental computer-based diagnostic consultant for general internal medicine. New Engl J Med 307: 468-476
- 28 Ober K (1987): Uncle Remus and the cascade effect in clinical medicine. Am J Med 82: 1009-1013
- 29 Pollock B, Diamond G (1988): Accuracy of heuristic and algorithmic interpretations of cardiac stress tests in comparison to expert clinicians. Am J Noninvas Cardiol 2: 339-346
- 30 Puppe F (1987): Diagnostik-Expertensysteme. Informatik Spektrum 10: 293-308
- 31 Sadler C (1986): Pitfalls in the use of clinical algorithms. Orthop Clin North America 17: 545-547
- 32 Shapiro A (1977): The evaluation of clinical predictions. A method and initial application. N Engl J Med 296: 1509-1514
- 33 Shortliffe E (1976): Computer-based medical consultations: MYCIN. American Elsevier Publishing C, New York
- 34 Shortliffe E, Buchanan B, Feigenbaum E (1979): Knowledge engineering for medical decision making. A review of computer-based clinical decision aids. Proc IEEE 67: 1207-1224
- 35 Stachowiak H (1973): Allgemeine Modelltheorie. Springer, Wien, New York
- 36 Stachowiak H (1983): Medizin als Handlungswissenschaft. In: Gross R (Hrsg) Modelle und Realitäten in der Medizin. Schattauer Verlag, Stuttgart
- 37 Uexküll T, Wesiack W (1988): Theorie der Humanmedizin. Urban & Schwarzenberg, München
- 38 Victor N (1983): Probleme des Einsatzes diskriminanzanalytischer Methoden in der medizinischen Diagnostik. In: Rorhschuh K, Toellner R (Hrsg) Anamnese, Diagnose und Therapie Münstersche Beiträge zu Geschichte und Theorie der Medizin. Burgverlag, Tecklenburg
- 39 Weed L (1985): The computer as a new basis for analytical clinical practice: coupling individual problems with medical knowledge. Mount Sinai J Med 52: 94-98
- 40 Weiss S, Kulikowski C, Safir A (1978): Glaucoma consultation by computer. Comput Biol Med 8: 25-40
- 41 Wooley C (1976): Where are the diseases of yesteryear? DaCosta's syndrome, soldier's heart, the effort syndrome, neurocirculatory asthenia and the mitral valve prolapse syndrome. Circulation 53: 740-751
- 42 Wyatt J (1991): Computer-based knowledge systems. Lancet 338: 1431-1436
- 43 Wyatt J (1991): Use and sources of medical knowledge. Lancet 338: 1368-1373
