

## Instand-Preis

Der INSTAND-Preis wurde

Herrn Prof. Dr. Chr. Trendelenburg  
Institut für Laboratoriumsmedizin  
Städtisches Krankenhaus Frankfurt a. M.-Höchst

zu seinen wissenschaftlichen Tätigkeiten über Labor-EDV-  
und Expertensysteme in der Laboratoriumsmedizin ver-  
liehen.

Der Vortrag des Preisträgers anlässlich der Preisverlei-  
hung am 30. Mai 1989 ist nachfolgend abgedruckt.



Lab.med. 13: 437-441 (1989)

# Vom Labor-EDV- zum Expertensystem\*

## From Laboratory Data Processing System to Expert-System

Chr. Trendelenburg  
Institut für Laboratoriumsmedizin, Städtisches Krankenhaus Frankfurt a. M.-Höchst

### I. Einleitung

Für die Verleihung des Instand-Preises möchte ich mich sehr herzlich bedanken. Mein Dank gilt auch all denen, die mit Impulsen unterschiedlichster Art, mit Kritik und mit Unterstützung bei den Systementwicklungen meine Arbeit wesentlich beeinflusst haben. Mein aus diesem Anlaß entstandener Beitrag bedarf hinsichtlich des Titels einer initialen Erläuterung. Es handelt sich bei Labor-EDV- und bei wissensbasierten Systemen um zwei durchaus verschiedene Entwicklungen der EDV-Anwendung im Bereich der Laboratoriumsmedizin, die jede für sich ihren eigenen Stellenwert haben. Hinsichtlich eines Zieles, nämlich des noch zu definierenden Begriffes einer erweiterten Qualitätskontrolle – nicht nur des Resultates sondern des Befundes, besteht jedoch eine Weiterentwicklung, die basierend auf den Erfahrungen mit Labor-EDV-Systemen zur Entwicklung von wissensbasierten Systemen speziell für unser Fachgebiet – die Laboratoriumsmedizin – geführt hat.

#### *1. Definition eines erweiterten Qualitätsbegriffs*

Definiert man für das Fach Laboratoriumsmedizin den Begriff Qualität in einem weiterführenden Sinne als die positiven Auswirkungen aller Bemühungen um eine optimale Befundbereitstellung für den Patienten, so kommen aufbauend auf den üblichen Prinzipien der allseits vertrauten Qualitätskontrolle zusätzlich so unterschiedliche Aspekte wie der zeitliche Ablauf der Befundübermittlung, die Güte des Übertragungsweges bzw. -prinzips oder die Güte der Befundanordnung und -präsentation zum Tragen. Man kann das auch einfacher so formulieren: „Ein

handschriftlich unleserlich geschriebenes, zum Vorwert schon aufgrund pathobiochemischer Voraussetzungen nicht passendes, zu spät oder fehlerhaft übermitteltes Resultat führt alle Bemühungen der laborinternen Qualitätskontrolle ad absurdum“.

Über die durch die bekannten Methoden der Qualitätskontrolle zu sichernde analytische Qualität hinaus muß demnach zusätzlich eine besondere Prüfqualität zum Tragen kommen, mit Hilfe derer es vor allem im Krankenhauslabor möglich wird, Abnahmefehler, Verwechslungen, kurzfristige Performance-Beeinträchtigungen von Geräten, die sich nur auf einzelne Patientenproben auswirken, oder nicht absolut sicher ausschließbare Zuordnungsfehler erkennen zu können, wie dies dem Stationsarzt durch Einbeziehung individuell-klinischer und allgemein pathobiochemischer Informationen patientenbezogen möglich ist.

Auch die Befundungsqualität hat über die reine Anordnung hinaus eine wesentliche medizinische Dimension. Hier kommt es darauf an, je nach Kenntnisstand des Anwenders und je nach Komplexität des Befundes bzw. des Befundmusters die optimale medizinische Information in knapper Form mit bereitzustellen, falls erforderlich, Zahleninformationen zu reduzieren und damit den Aussagegehalt zu verdichten, eben einen tatsächlichen Befund und nicht nur ein Zahlenresultat zu übermitteln. Ist die gerade definierte Prüfqualität in den Labor-EDV-Systemen der wesentlichen Hersteller mittlerweile recht gut abgebildet, so läßt sich eine optimale Befundungsqualität mit großen Labor-EDV-Systemen häufig gar nicht oder nur sehr mühsam erreichen, so daß hier im Einklang mit der laborärztlichen Spezialbefundung der Einsatz von wissensbasierten Systemen sinnvoll sein oder werden kann, wenn wesentliche Voraussetzungen beachtet werden.

\* Vortrag anlässlich der Verleihung des INSTAND-Preises 1988, Kongreß für Laboratoriumsmedizin, Frankfurt, 30. 5. 1989

## 2. Entwicklungsaspekte

Auch Entwicklungsaspekte sind den beiden EDV-Anwendungen gemeinsam. Aufgrund des Bedarfes starteten entsprechende Eigenentwicklungen in unserem Fachgebiet häufig früh, bevor das industrielle Umfeld geeignet war. Als Beispiel kann man die Bemühungen um die maschinenlesbare Probenidentifikation anführen. Eine ähnliche Entwicklung ist im Bereich der Expertensysteme absehbar. Abgeleitet aus den Erfahrungen mit der Entwicklungsdynamik anderer PC-Software-Produkte kann in einigen Jahren mit preiswerter, sehr leistungsfähiger Expertensystemsoftware gerechnet werden, die als Standardprodukt in unserem Fachgebiet einsetzbar ist. Hieraus abzuleiten, daß man mit der Entwicklung labormedizinischer wissenschaftlicher Systeme erst die Entwicklung des industriellen Umfeldes abwarten müßte, ist sicher falsch, da die derzeit verfügbaren Werkzeuge für die Eigenentwicklung kleinerer Systeme durchaus bereits geeignet sind. Auch können wertvolle Erfahrungen hinsichtlich der Möglichkeiten und hinsichtlich der Verantwortlichkeit für den Einsatz wissenschaftlicher Systeme bereits jetzt gesammelt werden. Dies wird Gegenstand des zweiten Teiles meines Beitrages sein.

## II. Labor-EDV

Zunächst möchte ich jedoch wesentliche Eigenschaften von Labor-EDV-Systemen, die in den letzten Jahren in fast alle Systeme der marktrelevanten Hersteller integriert wurden und die durch die patientenbezogene Arbeitsweise zu einer Qualitätssteigerung im Sinne des eingangs definierten erweiterten Qualitätsbegriffes geführt haben, zusammenfassen und darauf aufbauend eine Standortbestimmung für diese EDV-Anwendung in unserem Fachgebiet mit Ausblicken auf weitere mögliche Entwicklungen geben.

### 1. Patientenorientierte Arbeitsweise

Viele Stationsärzte schauen hinsichtlich der individuellen Befundqualität auf einen Laborarzt (Abb. 1). Dabei haben Stationsärzte wesentlich mehr patientenbezogene Prüfinformationen verfügbar, als dies laborintern realisierbar ist. Da Befunde einen erheblichen Einfluß auf die diagnostische bzw. therapeutische medizinische Qualität haben können und da die psychologische Qualitätsbeurteilung von seiten der Stationen üblicherweise auf einzelnen Vorfällen beruht, muß es das Ziel von qualitätssteigernden Prüfverfahren sein, unter Ausnutzung aller dem Labor

### Das Klinische 'Interface'

## Warum Optimierung ?

Die taegliche Dimension



### 2. Qualitaetsbeurteilung nach Einzelvorfaellen

Ziel: Aktion statt Reaktion

Labor-EDV

Abb. 1: Befundprüfung: Aktion statt Reaktion

verfügbarer Informationen frühzeitig entsprechende Aktionen zur Überprüfung von Befunden auszulösen, wo dies notwendig ist, anstatt auf Anfragen zu reagieren. Dieses Ziel kann durch die Verwirklichung grundlegender organisatorischer Prinzipien erreicht werden, wobei die Unterstützung durch ein Labor-EDV-System bei richtiger Konfiguration und richtig eingesetztem Verstärkereffekt für patientenorientierte Prüfverfahren die Realisierung erheblich erleichtern kann. Ganz wesentlich in diesem Zusammenhang ist die zeitgerechte Anwendung der Prüfverfahren (Abb. 2).

### Das Klinische 'Interface'

## Wie Optimieren ?

Werkzeuge zur Optimierung

### Fortwaehrend UND parallel durch Labor-EDV:

- Erkennung fertiger Befunde
- Schnelle vorlaeufige Wertuebermittlung fuer Intensivstationen
- Erkennung ungewoehnlicher Befundkonstellationen
- Aktionsmechanismus fuer selektierte Befunde
- Ausgabe fertiger Befunde in kumulativ integriertem Format (auch laborintern!) mit Kommentarfeld

Labor-EDV

Abb. 2: Befundprüfung: EDV-Werkzeuge

Die Erkennung ungewöhnlicher Wertkonstellationen kann unter anderem zum Beispiel durch geeignet konfigurierte Vorwertkontrollen geschehen. Dieses und andere Verfahren beruhen generell auf dem kumulierten Befundbericht, die Darstellung für den prüfenden Laborarzt sollte auch in diesem Befundformat erfolgen. Durch Anwendung statistischer Verfahren, durch vermehrte Inkorporation von Erfahrungswerten, aber auch von pathobiochemischem Wissen kann sicher noch eine wesentliche Effizienzsteigerung unterschiedlichster laborinterner Prüfverfahren erreicht werden, mit dem Ziel, nur tatsächlich unpassende Resultate anzuzeigen. Praktikabel ist aber auch der Weg, diese Kenngrößen so einzustellen, daß der prüfende Laborarzt gleichzeitig über relevante krankheitsbezogene Veränderungen informiert wird.

### 2. Standortbestimmung

Hieß es in der Frühphase der Labor-EDV-Entwicklung noch 'Die Labor-EDV muß sich der Labororganisation anpassen und nicht umgekehrt', so hat sich in der Realität häufig gezeigt, daß das Umgekehrte eintrat, teilweise mit schmerzlichen Folgen. Vielleicht sollte man die Forderung so formulieren, daß ein gutes Labor-EDV-System eine medizinisch sinnvolle, gute Labororganisation unterstützen sollte, aber eben nicht jede historisch gewachsene Labororganisation. Sonst wird jedes Projekt wieder zum Pilotprojekt, mit allen damit verbundenen negativen Auswirkungen. Mittlerweile zeichnet sich jedoch ab, daß bei allen marktrelevanten Anbietern eine sehr hohe Konfigurierbarkeit, die übrigens teilweise den Anwender wieder überfordert, speziell für die Routineanalytik erreicht wurde, so daß auf Dauer kaum pflegbare Spezialprogrammierungen soweit wie möglich vermieden werden können.

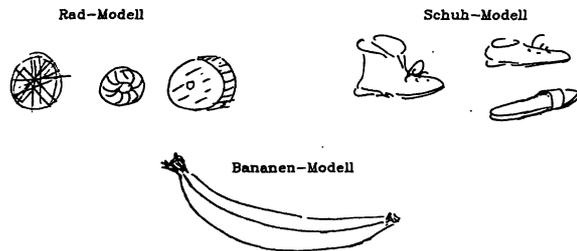
Noch nicht gilt dies für eigenständige Bereiche innerhalb der Labororganisation, wie Blutdepot oder Mikrobiologie. Im Fall des Blutdepots oder der Mikrobiologie muß

zwar der Identifikationsfluß des Routinesystems für die Patientendaten ausgenutzt werden, alleine durch Konfiguration wird aber eine organisationsgerechte EDV-Unterstützung nicht erreicht werden können. Dies ist auch der Grund, warum PC-Lösungen hier, möglichst eingebunden in den Identifikationsfluß des Labor-EDV-Systems, eine sinnvolle Alternative darstellen können. Viel wird auch davon gesprochen, daß mit PC-Netzen, d. h. ohne zentralen Minicomputer der gehobenen Leistungsklasse, ein ganzes Labor-EDV-System meist auf der Basis eines relationalen Datenbanksystems lauffähig gemacht werden könnte. Mir scheint hier immer noch große Skepsis sinnvoll zu sein, gerne lasse ich mich in einem Zentrallabor eines Krankenhauses mit mehr als 1000 Betten und allen labormedizinisch relevanten Bereichen inklusive Blutdepot und Mikrobiologie von Gegenteil überzeugen, bisher habe ich eine auf der Basis eines PC-Netzes implementierte leistungsfähige Problemlösung noch nicht gesehen. Hier zeichnen sich jedoch sehr positive Änderungen durch die Leistungssteigerung der PC-Processoren (z. B. Intel 80486) und die noch wichtigere Leistungssteigerung der PC-Netzwerksoftware (z. B. Novell-Net) ab.

Diese Standortbestimmung möchte ich mit zwei bildlich dargestellten Überlegungen abschließen, die zwar aus dem Jahre 1982 stammen, aber, wie ich meine, keineswegs an Aktualität verloren haben. In Abb. 3 ist dargestellt, daß verschiedene Wege zum Ziel führen oder auch nicht und daß bei Nichtbeachtung wichtiger Voraussetzungen immer noch schmerzliche Installationsprozesse beobachtet werden können.

Labor-EDV

## turnkey or turkey



"Das Produkt reift beim Kunden"

Wenn man den Bananeneffekt von vornherein in die Planung mit einbezieht, erhöhen sich die Realisierungschancen ganz erheblich.

Abb 3: Labor-EDV: Wege zum Ziel

Auch sind, wie Abb. 4 assoziativ verdeutlicht, immer wieder Erdbeben am Markt der Anbieter zu verzeichnen, die teilweise auch durch überschaues Verhandeln der Anwender mit dem Ziel einer übertriebenen EDV-Durchdringung des Laborablaufes verursacht sind. Man sollte seltene Speziallösungen nicht unbedingt einem Standard-EDV-System aufzwingen.

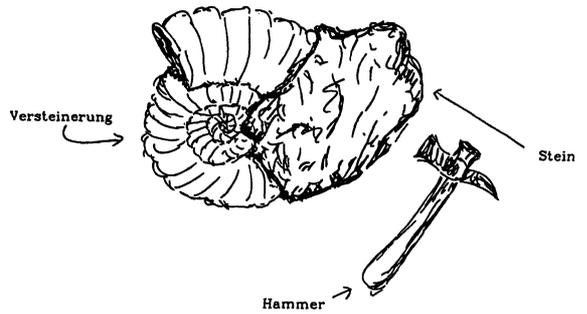
### III. Wissensbasierte Systeme

#### 1. Trennung von Wissen und Programm

Hinsichtlich der Experten- oder besser wissensbasierten Systeme sollen zunächst einige Bezeichnungen definiert werden (3, 4). Eine für eine spezielle Problemstellung er-

Labor-EDV

## Firmeninterface



"Beim vorletzten Schlag aufhoeren"

Abb. 4: Labor-EDV: Firmeninterface

stellte Wissensbasis ergibt zusammen mit einer sogenannten Expertensystemschaale ein ausführbares Experten- oder wissensbasiertes System für einen speziellen Anwendungszweck (Abb. 5).

Schon hier wird der wesentliche Unterschied zur konventionellen Programmierung deutlich: die Trennung von deklarativ notiertem Wissen von dem ausführenden Programm. Hierdurch wird die Wissensnotation für den Experten selbst pflegbar, was bei konventioneller Programmierung nahezu unmöglich ist. Mit unterschiedlichen Patientendaten können dann über das wissensbasierte System individuelle Ergebnisberichte erstellt werden. Bedingt durch den Anlaß für diesen Beitrag und die Kürze der Zeit soll kein Überblick über die derzeit verfügbaren Systeme gegeben werden. Wo immer es möglich ist, sollen aus den Erfahrungen mit dem Pro.M.D.-System (2, 4) allgemeingültige Überlegungen abgeleitet werden.

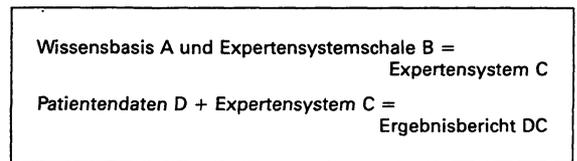


Abb. 5: Wissensbasierte Systeme - Definitionen

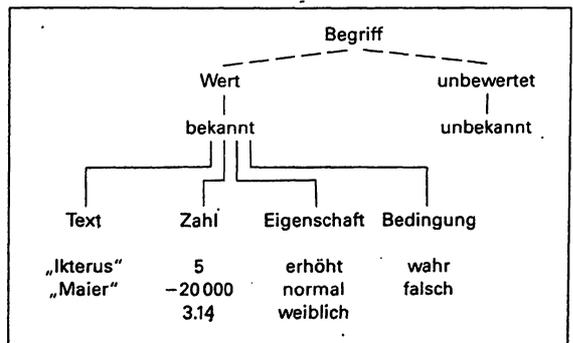


Abb. 6: Begriffsabbildung in Pro.M.D.

## 2. Wissensnotation

Neben der Trennung von Wissen und Programm ist die Wissensnotation selbst in ihrer Verständlichkeit und damit in ihrer Wiederverständlichkeit bei Systemänderungen ein wesentlicher Bestandteil des wissensbasierten Ansatzes. Aus den umfangreichen Sprachelementen, die die Notation medizinischen Wissens unterstützen, sei die Begriffslogik (3, 4) herausgegriffen (Abb. 6).

Durch Verwendung von Begriffen mit den Ausprägungen bekannt und unbekannt können nun Wissens Elemente formuliert werden, die zunächst allgemein den Inferenzfluß danach optimieren, welche Angaben bekannt sind und welche nicht. Hier wird deutlich, daß bei geeigneter Wissensdeklaration solche Systeme auch bei unvollständigen Angaben entsprechend angepaßte Aussagen machen können, da die Wissensnotation die Ausprägungen bekannt und unbekannt als generalisierte Ausprägungen unterstützt. Auch werden bei leistungsfähigen Systemen der Aufbau von Eingabemasken, die Zuordnung von Ausprägungen zu Begriffen und die Gestaltung von Ergebnisberichten automatisch aus den Regeln generiert, so daß sich der Anwender ganz auf die Wissensnotation konzentrieren kann.

Möglich wird die Erstellung von leistungsfähigen Expertensystems chalen durch die Verfügbarkeit mächtiger, selbst auch deklarativ arbeitender Programmiersprachen, mit denen die Abbildung komplexer Sachverhalte inklusive der für die Wissensnotation notwendigen Satzanalyse wesentlich vereinfacht wird.

## 3. Anwendungen

Die Entwicklung wissensbasierter Systeme erfolgt derzeit in zwei Hauptrichtungen. Zum einen werden sehr große, komplexe Systeme mit der Hilfe von Wissensingenieuren in größeren Arbeitsgruppen für entsprechend umfangreiche und komplexe Fragestellungen entwickelt, zum anderen zeichnet sich verstärkt die Entwicklung von kleineren Systemen ab, die direkt vom Anwender häufig ohne Wissensingenieure für eng umschriebene Fragestellungen erstellt werden. Für Anwendungen in der Laboratoriumsmedizin wird derzeit vor allem der Weg zu den kleineren Systemen beschritten, wobei, und dies ist wesentlich, auch hier die Systeme von den Anwendern selbst erstellt werden. Auf diese Weise werden Übersetzungsbedingte Informations- und Performance-Verluste vermieden. Im Bereich der Laboratoriumsmedizin eignen sich vor allem die eng umschriebenen Wissensgebiete der sogenannten Spezialbefundung für den Einsatz wissensbasierter Systeme, wie aus der Übersicht in Abb. 7 über Anwendungen der Expertensystems chale Pro.M.D. hervorgeht.

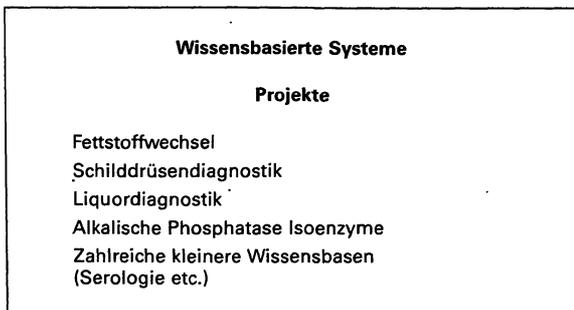


Abb. 7: Anwendungen von Pro.M.D.

Gemeinsam ist diesen aufgeführten, im Hinblick auf die notierte Anzahl der Wissens Elemente größeren und mittelgroßen Anwendungen, daß die kommentierten Resultate für die Diagnostik wesentlich sind und daß stets eine größere Anzahl von zusammengehörenden Parametern individuell befundet werden sollte, wie dies häufig auch direkt durch den Laborarzt z. B. über diktierter Befunde geschieht. Erwähnt werden sollte auch, daß eine für eine solche Befundung geeignete Expertensystems chale für die schnelle Erzeugung auch nicht besonders komplexer Befunde geeignet ist, wie zusätzliche kleinere Anwendungen unseres Systems zeigen, da die Wissensbasis hierfür mit relativ wenigen Wissens Elementen schneller erstellt werden kann als mit jeder herkömmlichen Programmierung. Bei den größeren Systemen wird erfahrungsgemäß eine hohe, aber stets weiterhin überschaubare Komplexität und Relevanz der Befundung erreicht.

Wie sollen nun solche Systeme in den laborinternen Informations- und Identifikationsfluß (Abb. 8) integriert werden? Erste Realisierungen der in der ersten Zeile von Abb. 8 aufgezeigten Anordnung gibt es bereits. Die in der zweiten Zeile aufgezeigte, anzustrebende Integration wissensbasierter Systeme in Labor-EDV-Systeme ist wegen der Unflexibilität der Labor-EDV-Systeme und wegen der für die Erstellung von Expertensystems chalen verwendeten Programmiersprachen derzeit ziemlich unrealistisch. Möglicherweise rückt das wissensbasierte System auch näher an spezielle Analysengeräte, wie es in der dritten und vierten Zeile dargestellt wird. Hier gibt es bereits realistische Ansätze.

## 4. Verantwortlichkeit

Alle bisherigen Erfahrungen mit dem Einsatz solcher Systeme zeigen, daß dieses neue Werkzeug nur von Erfahrenen angewandt werden sollte, die jedoch nicht hochspezialisierte Experten sein müssen. Ein solches System kann dem verantwortlichen Laborarzt immer nur einen individuellen, konstellationsbezogenen Befundungsvorschlag machen. Dies aber in gleichbleibender, je nach Güte der Wissensnotation oft sehr hoher Qualität. Dieser Vorschlag kann zu einem eigenen Befund modifiziert und erweitert werden. In jedem Falle entsteht der eigentliche Befund erst in der Verantwortung des befundenden Laborarztes.

Bei verantwortlich geplantem und geführtem Einsatz solcher Systeme wird eine Verbesserung der inhaltlichen Aussage und des technischen Ablaufs der Spezialbefundung bei richtig gewählten Einsatzgebieten erreicht. Außerdem eröffnet sich eine neue Art der Wissensnotation und Wissenspflege (2), die über die in Büchern und son-

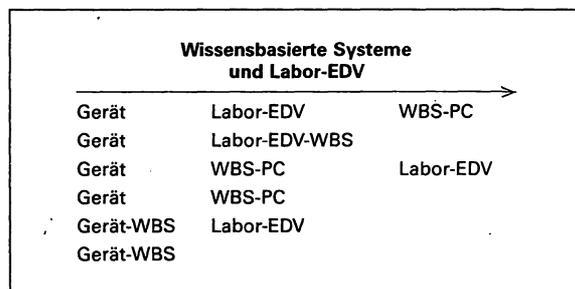


Abb. 8: Mögliche Anordnungen von wissensbasierten Systemen im Informationsfluß

stigen Publikationen gewohnte verallgemeinernde Darstellung hinausgeht, um so zu einer raschen Anwendung umfangreichen Wissens in einer dem einzelnen Patienten gerecht werdenden, individuellen Art zu gelangen.

**Schrifttum:**

1. TRENDELENBURG, C.: Von der auftrags- zur patientenorientierten Arbeitsweise bei Einsatz eines Labor-EDV-Systems. Laboratoriumsmedizin 1984.
2. TRENDELENBURG, C.: Zum Einsatz sogenannter Expertensysteme zur Unterstützung labormedizinischer Diagnostik: Das System PRO.M.D. G-T-T Labormedizin 9, 284-293 (1986).
3. POHL, B.: Probabilistische Wissensverarbeitung - Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung in einem regelbasierten medizinischen Diagnosesystem. Dissertation, Universität Freiburg, 1988.
4. TRENDELENBURG, C., POHL, B.: Pro.M.D. - Medizinische Diagnostik mit Expertensystemen - Eine Einführung in die Expertensystemschale Pro.M.D. mit Disketten. Thieme Verlag Stuttgart-New York, 1988.

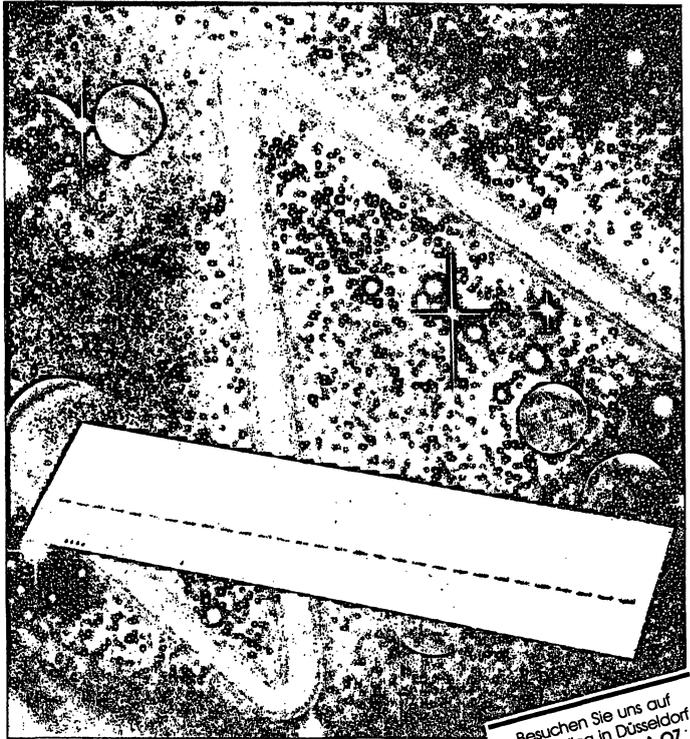
**Anschrift des Verfassers:**

Prof. Dr. med. Chr. Trendelenburg  
 Institut für Laboratoriumsmedizin  
 Städtisches Krankenhaus  
 Frankfurt a. M.-Höchst  
 Gotenstraße 6-8  
 6230 Frankfurt a. M. 80



NEU zur Medica'89

**BENDER&HOBEIN**



Besuchen Sie uns auf  
 der Medica in Düsseldorf  
 Halle 5, Stand 5 A 07  
 22. - 25. November

**ELPHOR FRACTOSCAN-  
 DAS ERSTE VOLLAUTOMATISCHE  
 ELEKTROPHORESE SYSTEM  
 MADE IN GERMANY**

Elphor Fractoscan, ein völlig neues High-Tech-System zur vollautomatischen Elektrophorese. Spitzentechnologie für höchste Ansprüche.

- 90 Trennungen pro Stunde
- Einfache Bedienung
- Gleichbleibend hohe Präzision der Ergebnisse durch modernste Computertechnik

- Wirtschaftlich, da wenig Verbrauchsmaterial
- Kein Wasseranschluß nötig
- Ergebnis-Ausdruck wahlweise im DIN A4/DIN A5 Format Normalpapier

Schreiben Sie uns oder sprechen Sie direkt mit unseren Fachberatern.

**BENDER&HOBEIN**

Bender & Hobein GmbH · Lindwurmstraße 71 · 8000 München 2  
 Telefon 089/51494-168 · Telex 529566 beho d · Telefax 089/51494-176