



Auskunfts- und entscheidungsunterstützende Systeme (Teil 2)

von
Wolfgang Giere
Zentrum der Medizinischen Informatik
Klinikum der J.W.Goethe-Universität



Ziel der zweiten Vorlesung

- Wiederholung: Szenario der KI
- Vertiefung des Kapitels Robotik
- Einstieg in das Kapitel „Expertensysteme“

Erinnern an das generelle Ziel:

- Lieferung von (zeitlosen) Beurteilungskriterien



Szenario der künstlichen Intelligenz Roboter

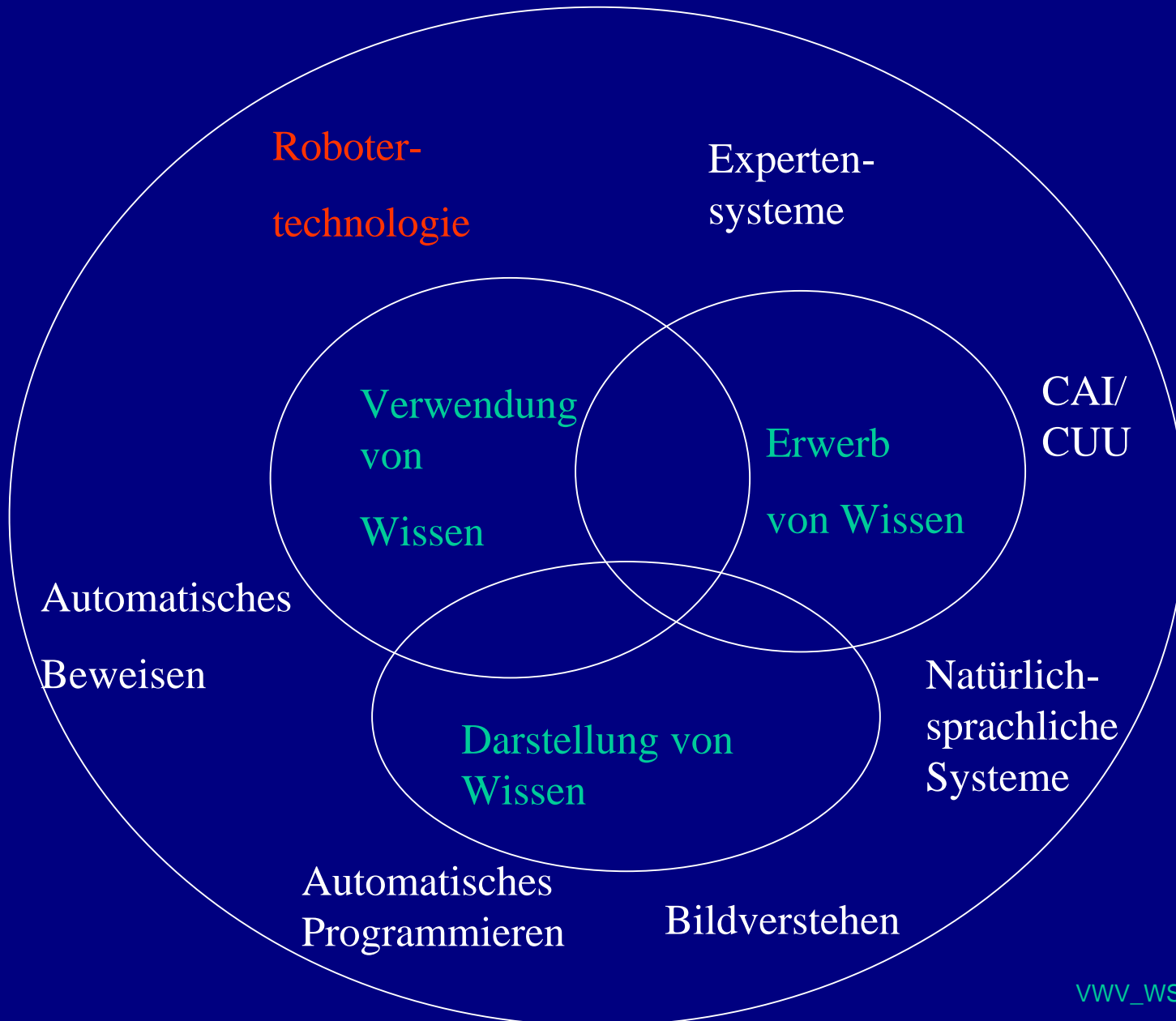




Bild: Kollege Roboter



Roboter - Realität, auch in der Medizin

- Älteste Anwendung: Bestrahlungsplanung
- Operationsroboter auf dem Vormarsch (auch Telemedizin!)
 - numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, z.B.
 - Fräsen von Hüftgelenksköpfen nach Röntgenbefund
 - dto. Für Kniegelenke (Börner, BG-Unfallklinik)
 - Gefäßverbindungen
 - Navigationssysteme (z.B. Neurochirurgie, endoskopische)
- Bedarfsgesteuerte Implantate z.B.:
 - Herzschrittmacher
 - Kunstherz
 - Insulininjektionspumpe
- Robotik in Geräten ist generell Standard
- Pflegerobotik ist zweifellos kommendes Gebiet



Steuerung von Robotern

Generell Problem der KI, alle Kernbereiche betroffen

- Erwerb von Wissen
- Darstellung von Wissen
- Finden von relevantem Wissen

Bei Robotern finden sich alle „reasoning“ Systeme

- Regelbasierte (deterministische)
- Zahlenbasierte (probabilistische)
- Relationenbasierte (semantische und neuronale Netze)



Viel KI-Forschung erfolgte an Spielen

Beispiele

- Schach
- Maus



Schach

Berühmt:

Nach jahrelangen vergeblichen Bemühungen schlägt Big Blue den amtierenden Schachweltmeister

Was sind die Probleme beim Schach(computer)?

- Legende von der Belohnung des Schacherfinders
- Er verlangte $2^{128} - 1$ Reiskörner (stimmt das?)
- Kombinatorische Explosion

Lösung einerseits Rechenpower,
andererseits Berücksichtigung von Strategien
(„Springer an der Wand, mein Schand!“) Wie geht das?



Beispiel: Maus im Labyrinth

Wettbewerb der KI-Laboratorien:

Wessen Maus kommt am schnellsten durch Labyrinth?

- Lernphase mit „trial and error“
- Anwendung aufgrund „Gedächtnis“

Methodik freigestellt



Probleme der künstlichen Maus

- Sensorik (wie orientiert sich die Maus)
- Antrieb (wie bewegt sie sich, Rad oder Füße?)
- Steuerung (wie weicht sie aus)
- Lernen (wie erkennt sie richtigen Weg)
- Gedächtnis (wie speichert sie Erkanntes)
- Abruf (wie nutzt sie Gespeichertes)
- Evolution (wie wird das Systemverhalten verbessert)



Sensorik (1) Künstliches Hören

- „Kunstkopf-Stereophonie“
- Lauschangriffe
- Diagnostik am Klang?
- Ultraschalldiagnostik



Sensorik (2) Künstliches Fühlen

- Drucksensoren
- Feuchtigkeitssensoren
- Wärmesensoren
- Leitfähigkeitsdetektoren
- Strömungsmessung
- ...



Sensorik (3) Künstliches Sehen

- Digitale Kamera
- „pattern recognition“
- neuronale Netze (training/recognition)
- Künstliches Riechen:
 - Sensoren für Duftstoffe erlauben feinste Unterscheidungen (vielversprechend zur Diagnostik)
 - Bionik-Ergebnis



Sensorik (4) Künstliches Riechen

- Sensoren für Duftstoffe erlauben feinste Unterscheidungen
- Bionik-Ergebnis
- Vielversprechend zur Diagnostik

Übrigens:

Es gibt digitale Geruchsgeneratoren, die Gerüche aus 150 Grundgerüchen zusammensetzen

Geruchsortel ...



Christian Morgenstern: Die Geruchs-Orgel

Palmström baut sich eine Geruchsortel und spielt darauf v. Korfs Nieswurz-Sonate.

Diese beginnt mit Alpenkräuter-Triolen und erfreut durch eine Akazien-Arie.

Doch im Scherzo, plötzlich und unerwartet, zwischen Tuberosen und Eukalyptus,

folgen die drei berühmten Nieswurz-Stellen, welche der Sonate den Namen geben.

Palmström fällt bei diesen H-Cis-Synkopen jedesmal beinahe vom Sessel, während

Korf daheim, am sicheren Schreibtisch sitzend, Opus hinter Opus aufs Papier wirft ...



Christian Morgenstern: Der Aromat

Angeregt durch Korfs Geruchs-Sonaten,
gründen Freunde einen „Aromaten“

Einen Raum, in welchem, kurz gesprochen,
nicht geschluckt wird, sondern nur gerochen.

Gegen Einwurf kleiner Münzen treten
Aus der Wand balsamische Trompeten,
die den Gästen in geblähte Nasen,
was sie wünschen, leicht und lustig blasen.

Und zugleich erscheint auf einem Schild
des Gerichtes wohlgetroffnes Bild.

Viele Hunderte, um nicht zu lügen,
speisen nun erst wirklich mit Vergnügen.



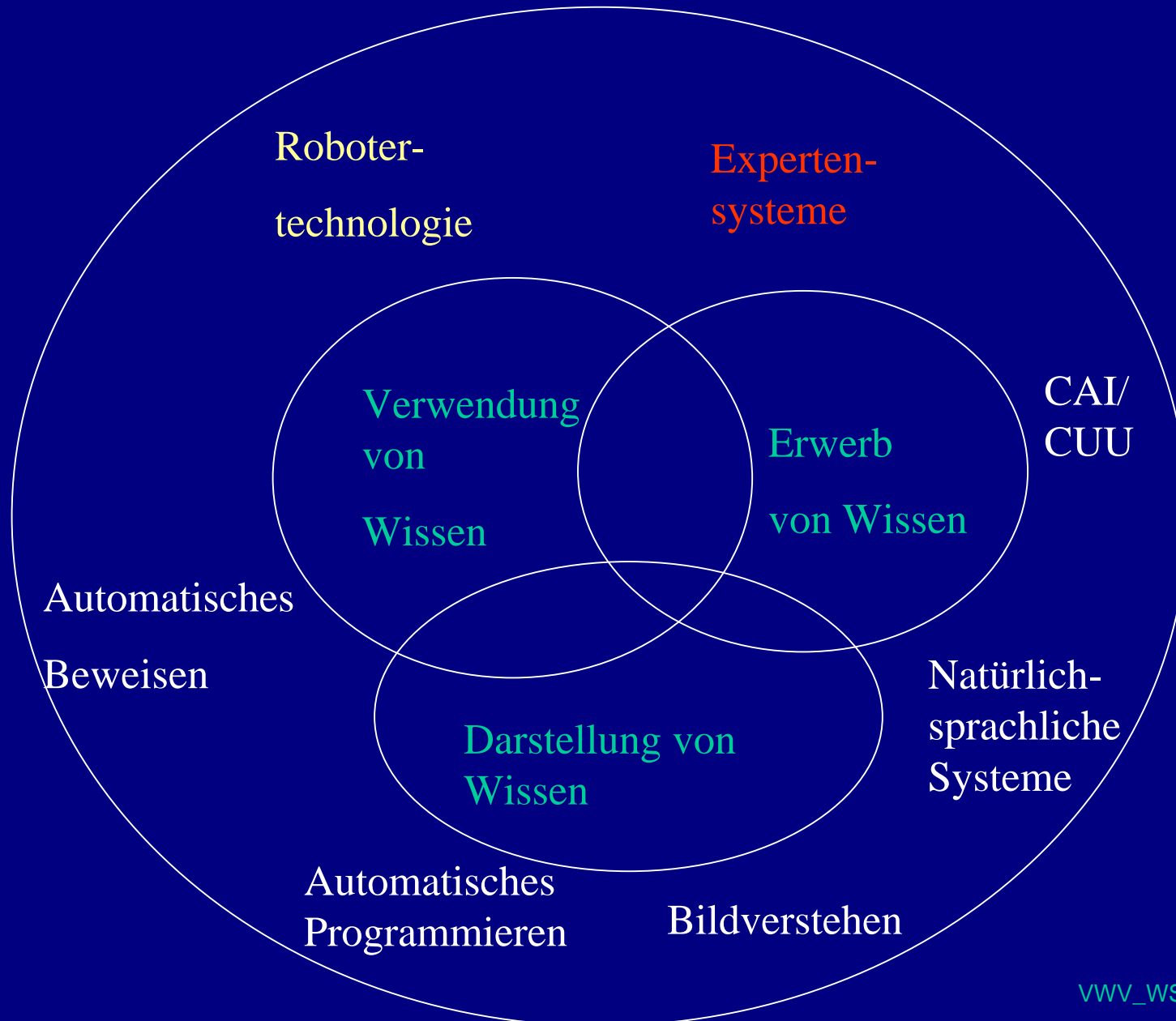
Sensorik - Gemeinsamkeiten

- Spezifische Sensoren
 - optisch
 - akustisch
 - haptisch
 - olfaktorisch
 - ...
- zentrale Verarbeitung,
häufig mit neuronalen Netzen

Einzelheiten zu neuronalen Netzen später ...



Szenario der künstlichen Intelligenz Roboter



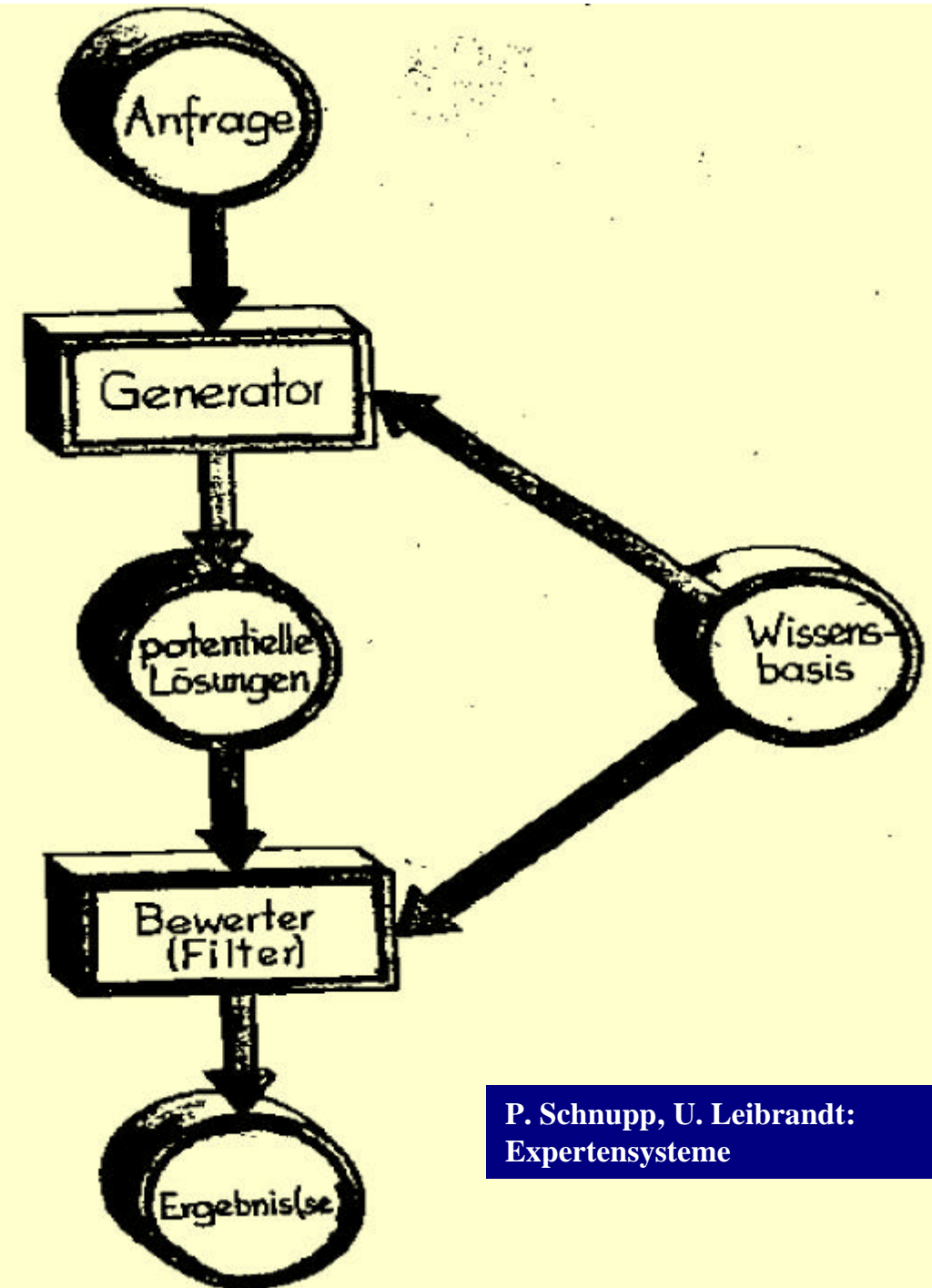


„Expertensysteme“

- Schlechter Begriff, geistert aber immer noch durch die Presse.
- Besser: Entscheidungsunterstützende Systeme (EUS)
- im engeren Sinne Systeme, die zu Symptomen Diagnosen nennen und zu den Diagnosen Zusatzinformation
- Frühes (erstes) Beispiel in Deutschland: MEDIUC



EUS-Schema



P. Schnupp, U. Leibbrandt:
Expertensysteme

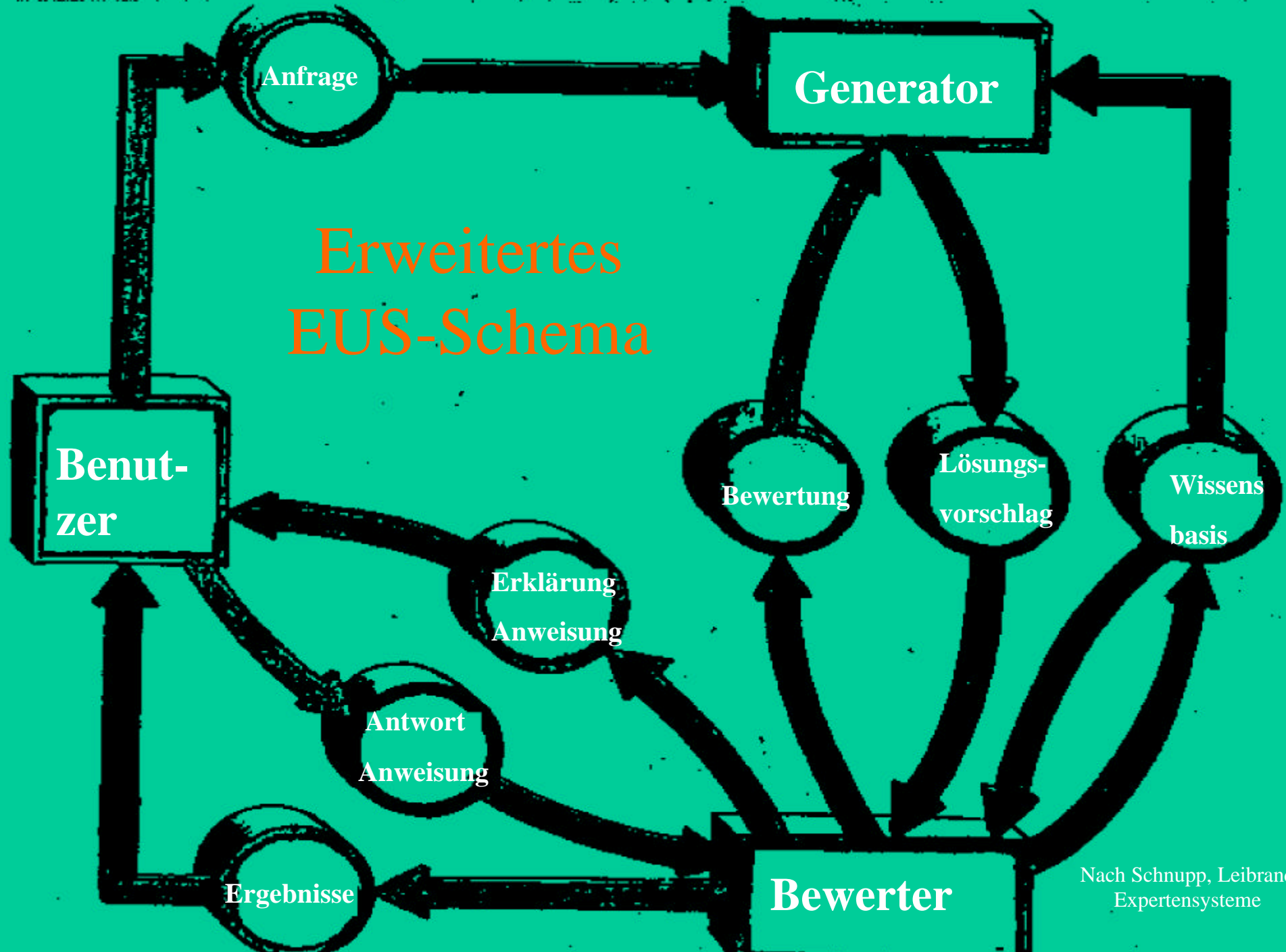


Einfaches EUS-Schema

- Benutzerinterface für Anfrage
- Lösungsgenerator (Inferenzmaschine)
erstellt aus Wissensbasis **Liste möglicher Lösungen**
- Bewerter (Filter)
beurteilt, akzeptiert (verwirft), sortiert Lösungen
- Präsentationsinterface für Ergebnisse

Dieses Schema enthält die Minimalanforderungen an
nicht interaktives System

Erweitertes EUS-Schema



Nach Schnupp, Leibrand
Expertensysteme



Erweitertes EUS-Schema

Zusätzlich Rückkopplungen

- zwischen Bewerter und Benutzer, z.B.
 - Rückfragen
 - Zusatzinformation
 - Vorbefunde
 - geänderte a priori Wahrscheinlichkeiten (Seuchen)
 - Erklärungen
- zwischen Bewerter und Generator, z.B.
 - Ein-/Ausschlußregeln
 - Verfeinerung der Frage



EUS: Adressat und Situation

- Arzt beim Routinefall
- Arzt beim Problemfall
- Arzt bei der Weiterbildung
- Arzt beim fachexternen Problem
- Student bei der Ausbildung
- Oberarzt bei der Aufsicht



EUS: mögliche Ziele

- Differentialdiagnose
(was kommt in Frage ?)
- Differentialdiagnostik
(was untersuchen ?)
- Qualitätssicherung
(was wurde vergessen)
- Weiterbildung
(was kann ich lernen ?)
- Differentialtherapie



EUS: Benutzung (Modell, Interface)

- Bildschirm, aktive Anfrage (Notepad ?)
- Papier, automatische Information in Krankengeschichte
- Alarm, Warnung bei Abweichung



EUS: Interaktion

- Einzeitig - jeweils Gesamtbeurteilung
- Mehrzeitig - schrittweise Einzelbeurteilung
- Verlauf ?



Historie - global

Mitte der sechziger Jahre, d.h. mit Beginn des computings,
zahlreiche Versuche in den USA, z.B.

- Pipberger: EKG
- Ledley, Lusted: Bayes Theorem / Hämatologie



Historie: MEDIUC (Pirtkien und Giere)

- Medizinische Diagnose Unterstützender Computer
- entstanden am Robert Bosch Krankenhaus, Stuttgart
- ursprünglich homöopathische Simile-Suche
- 1968 Vergiftungsdiagnostik
 - ca 3 000 Giftstoffe und Vergiftungsursachen (Diagnosen)
 - ca 2 000 Symptome
 - Literatur-Basis: Lehrbücher, Publikationen, Handbuchbeiträge
 - Stoff-Basis: Bundesgesundheitsamt
 - Krankengeschichten: Berlin und München je einige Tausend
- Übertragen 1970 auch nach Neapel
- Weiterentwicklung für gesamte Gastroenterologie



Prinzip der Entscheidungsunterstützung: Symptom/Diagnose-Matrix

Dx Sy	S1	S2	S3	Sn	Summe/Dx
D1						
D2						
...						
Dn						
Summe/Sy						



Symptom-Diagnose-Matrix

enthält

- Zeilenwerte (Merkmale der Diagnosen)
- Spaltenwerte (Merkmale der Symptome)
- Zellenwerte (Merkmale der Kombination)



Prinzip der Entscheidungsunterstützung: Symptom/Diagnose-Matrix (Symptome)

Dx Sy	S1	S2	S3	Sn	Summe/Dx
D1	x		x		x	S(1,3,n)
D2	x	x				S(1,2)
...						
Dn		x	x			S(2,3)
Summe/Sy						



Prinzip der Entscheidungsunterstützung: Symptom/Diagnose-Matrix (Diagnosen)

Dx\Sy	S1	S2	S3	Sn	Summe/Dx
D1	x		x		x	
D2	x	x				
...						
Dn		x	x			
Summe/Sy	D(1,2)	D(2,3)	D(1,3)		D(1)	



Prinzip der Entscheidungsunterstützung: Symptom/Diagnose-Matrix (Boole)

Dx\Sy	S1	S2	S3	Sn	Summe/Dx
D1	x		x		x	S(1,3,n)
D2	x	x				S(1,2)
...						
Dn		x	x			S(2,3)
Summe/Sy	D(1,2)	D(2,3)	D(1,3)		D(1)	



Entscheidungsunterstützung deterministisch

Grundlagen:

- Logische Sy/Dx Beziehungen (kommt vor/nicht vor)
- Regeln (wenn das und nicht das, dann das oder ...)
- **Literatur**

Mögliche Antworten:

- kommt in Frage
- kommt nicht in Frage

Keine Bewertung!



Deterministische Sy/Dx-Beziehungen

Grabner (Wien) hat die möglichen logischen Beziehungen zwischen Symptomen und Diagnosen untersucht:

- Notwendig und beweisend (Beispiel: Bubo/Pest)
- Notwendig, nicht beweisend (Beispiel: Fieber/Malaria)
- Fakultativ, beweisend (Beispiel: Koplik-Flecken/Masern)
- Fakultativ, nicht beweisend (Beispiel Fieber/Magen-Ca)
- dito auch mit Negationen: Dx-ausschließenden Symptomen

Problem: Fast alle Beziehungen sind fakultativ, nicht beweisend



Beispiel für „deterministische“ Systeme: MYCIN

- **Autoren:** E.Shortliffe u.a. Stanford
- **Anwendungsgebiet:** Infektionskrankheiten und Antibiotikatherapie
- **Wissensbasis:** Sy/ Dx- Beziehung als Fakten und Regeln
- **Bewertung:** „Chaining“, systematische Regelsuche
- **Benutzerinterface:** Dx-Vorschlag, Th.-Empfehlungen + Erklärungen,



Probleme mit der Deterministik

- Ja/Nein-Beziehungen sind schwierig
- Regeln sind mühsam zu erstellen und zu pflegen, oft nicht eindeutig
- Deswegen hat man sich früh auch mit semiquantitativen und/oder probabilistischen Systemen beschäftigt
- Sie basieren auf Berechnungen, Schätzungen, Statistik bzw. Wahrscheinlichkeiten
- Zunächst zu Größen, die sich aus der Literatur berechnen lassen



Entscheidungsunterstützung von Literatur, semi-probabilistisch

Zählung der Nennung von Symptomen bei Diagnosen:

- bei vielen Diagnosen genanntes Symptom trägt wenig zur Diagnose bei
- bei wenigen Diagnosen genanntes Symptom ist spezifischer
- Maß hierfür ist die „Reziproke Häufigkeit“ bei **MEDIUC** $1000/\text{Zahl der Nennungen}$ bei verschiedenen Diagnosen
- Benutzt auch von Sc. BLOIS für das System **Reconsider**, das auf automatisch erfaßter Literatur (CMIT) basiert.



Reconsider (historisches System)

- **Autoren**

M.S.Blois, D.Sherertz,
M. Tuttle San Francisco

- **Anwendungsgebiet**

CMIT gesamte Medizin
Symptom/Diagnose-Beziehungen
Synonyme, Aetiologie
„Symptomspezifität“

- **Besonderheit**

Automatische Generierung der
Wissensbasis aus der Literatur



Semi-Probabilistik: Maximum Match

- Ein weiteres Verfahren, aus der Ja/Nein Beziehung eine quantitative abzuleiten, hat sich weitgehend durchgesetzt:
- Zählung und Vergleich der „gefundenen Symptome“.
- Hypothese: Die Diagnose, die mehr Symptome erklärt, als eine andere, ist „richtiger“.
- Verfeinerung durch Ausgabe der „nicht gefundenen Symptome“, also der Symptome, die bei der infrage kommenden Diagnose nicht vorkommen



Prinzip der Entscheidungsunterstützung: Symptom/Diagnose-Matrix (Boole)

Dx\Sy	S1	S2	S3	Sn	Summe/Dx
D1	x		x		x	S(1,3,n)
D2	x	x				S(1,2)
...						
Dn		x	x			S(2,3)
Summe/Sy	D(1,2)	D(2,3)	D(1,3)		D(1)	



Ende von Teil 2.
Ich bedanke mich
für Ihre Aufmerksamkeit!
(Es folgt Teil 3)