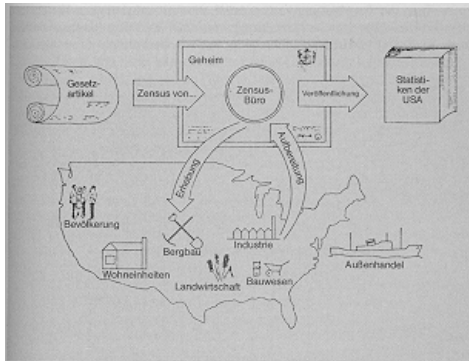
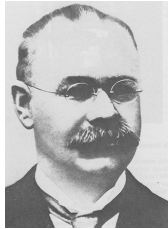
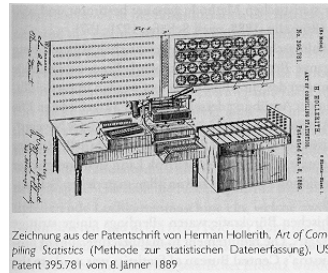
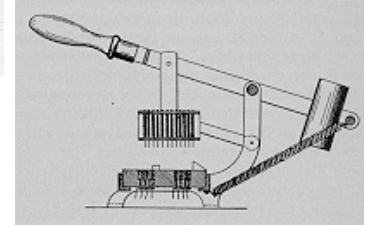
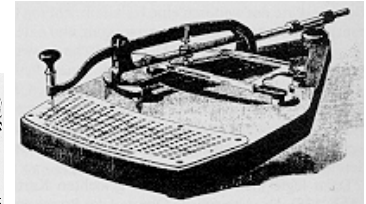


Hermann Hollerith (1860-1929)

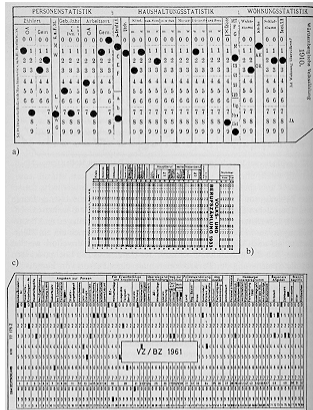
Volkszählung in den USA



145: Basisprofil des amerikanischen Bureau of the Census, das zur Bewältigung von anfallenden Massendaten in einem Großesatz erstmals Datenverarbeitungsmaschinen erprobte, 1890.



Zeichnung aus der Patentschrift von Herman Hollerith, Art of Compiling Statistics (Methode zur statistischen Datenerfassung), US Patent 395.781 vom 8. Jänner 1889

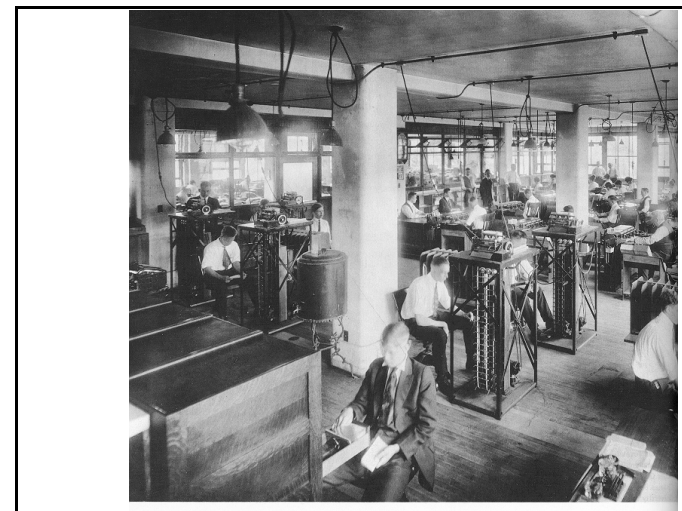
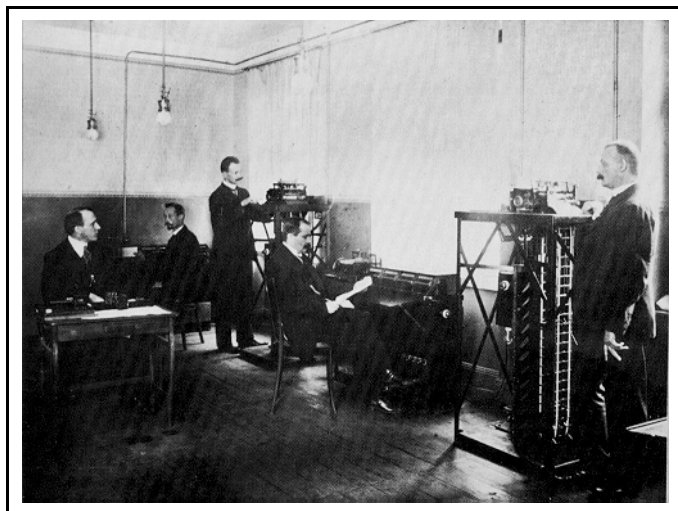
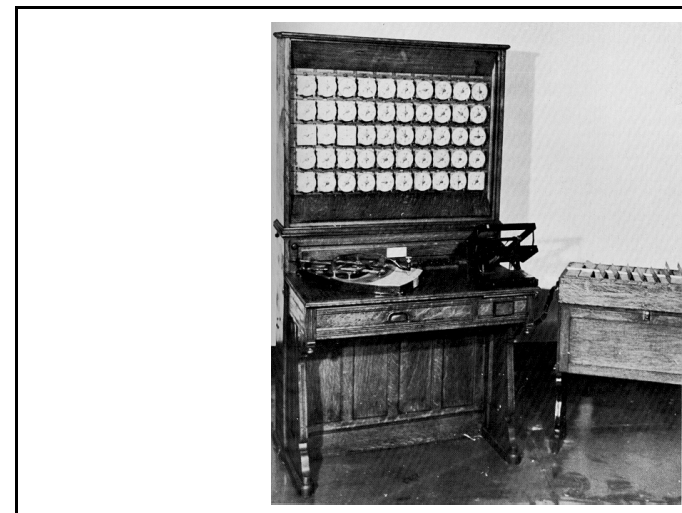
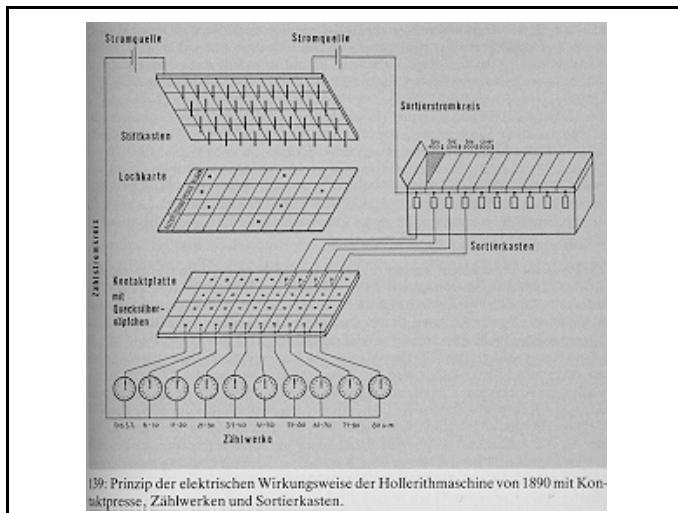


153: Erweiterung der mit Lochkarten erhebbaren, personenbezogenen Merkmale bei Volkszählungen (alle Karten haben im Original die gleiche Breite).
a) Lochkarte der württembergischen Volkszählung von 1910 mit 340 Lochungen,
b) Karte der Volks- und Berufszählung 1933 mit 600 Lochpositionen,
c) Karte der Volks- und Berufszählung der Bundesrepublik von 1961 mit 900 möglichen Lochpositionen.

Alter	Stand	Beruf	Religion	Alter	Stand	Beruf	Religion
bis 5 Jahre	ledig	Indust.-Arbeit	prot.	bis 5 Jahre	ledig	Indust.-Arbeit	prot.
6-10 J.	verheir.	Land.-Arbeit	kath.	6-10 J.	verheir.	Land.-Arbeit	kath.
11-20 J.	gesch.	Kaufm. Ang.	jud.	11-20 J.	gesch.	Kaufm. Ang.	jud.
21-30 J.	Zahl der Kinder	andere Religion		21-30 J.	Zahl der Kinder	andere Religion	
31-40 J.	Kind	Mit Eink.		31-40 J.	Kind	Mit Eink.	
41-50 J.	2 Kinder	Freier Beruf	bis 100 \$	41-50 J.	2 Kinder	Freier Beruf	bis 100 \$
51-60 J.	3 Kinder	andere Berufe	bis 200 \$	51-60 J.	3 Kinder	andere Berufe	bis 200 \$
61-70 J.	4 Kinder	Bürger-Recht	bis 500 \$	61-70 J.	4 Kinder	Bürger-Recht	bis 500 \$
71-80 J.	5 Kinder	ja	über 500 \$	71-80 J.	5 Kinder	ja	über 500 \$
über 80 Jahre	mehr Kinder	nein		über 80 Jahre	mehr Kinder	nein	



The New Census of the United States, Titelblatt von Scientific American, 30. August 1890

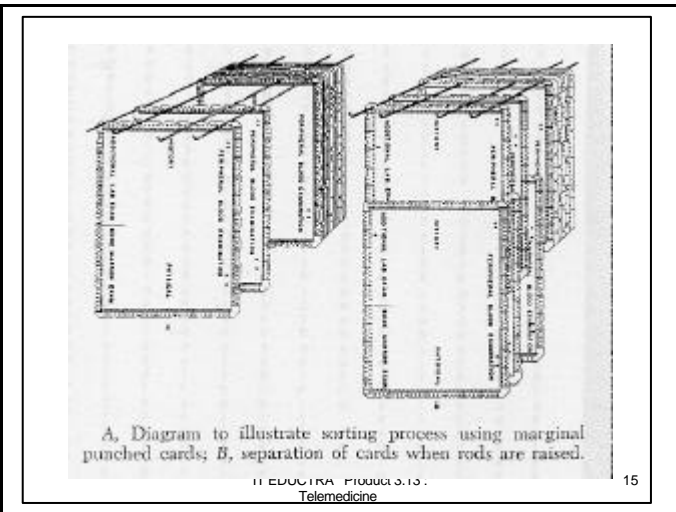
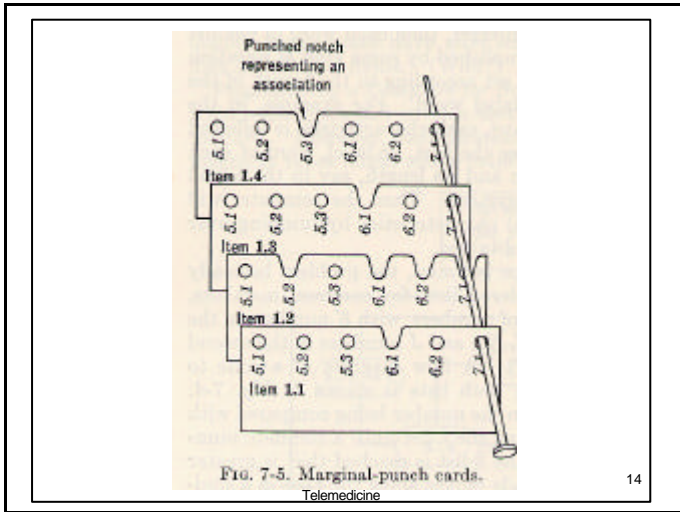


9

C

11

12

[illegible]

16

Logische Grundlagen

Mehrwertige Logik

„Eine Aussage, von welcher wir nicht wissen, ob sie wahr oder falsch ist, könnte überhaupt keinen Wert haben im Hinblick auf Wahrheit oder Falschheit, sondern einen dritten, unbestimmten Wert haben. Man könnte z. B. meinen, dass die Aussage

‘Ich werde in einem Jahr in Warschau sein’

weder wahr noch falsch ist und den dritten, unbestimmten Wert hat, den wir mit dem Symbol ‘ $\frac{1}{2}$ ’ bezeichnen können.

Man könnte aber auch noch weiter gehen und den Aussagen unendlich viele Werte zuschreiben, die zwischen der Falschheit und der Wahrheit liegen“

Jan Lukasiewicz: Elemente der mathematischen Logik, Warschau 1929.

Mehrwertige Logik von Lukasiewicz

	\emptyset	$\bar{\cup}$	1	$\frac{1}{2}$	0		$\bar{\cup}$	1	$\frac{1}{2}$	0
1	0	1	1	$\frac{1}{2}$	0	1	1	1	1	1
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
0	1	0	0	1	0	0	1	$\frac{1}{2}$	0	0

\otimes	1	$\frac{1}{2}$	0	\ll	1	$\frac{1}{2}$	0
1	1	$\frac{1}{2}$	0	1	1	$\frac{1}{2}$	0
$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$
0	1	1	1	0	0	$\frac{1}{2}$	1

$$\delta(\neg a) = 1 - \delta(a)$$

$$\delta(a \wedge b) = \min[\delta(a), \delta(b)]$$

$$\delta(a \bar{\cup} b) = \max[\delta(a), \delta(b)]$$

Diagnostik mittels zweiwertiger Aussagenlogik

Betrachtung von Aussagen über das Vorliegen von Symptomen und deren Wahrheitswerte z. B.

- „Symptom S_1 liegt vor“, (wahr / falsch)
- „Symptom S_2 liegt vor“, (wahr / falsch)
- „Symptom S_3 liegt vor“, (wahr / falsch)

Eine Krankheit wird dann als ein bestimmter Ausdruck von Aussagen über Symptome aufgefasst.

Diagnostik mittels zweiwertiger Aussagenlogik

Beispiel:

- Symptom S_1 : Fieber, Gewichtsverlust, Nachtschweiß,
- Symptom S_2 : LDH-Anstieg
- Symptom S_3 : Lymphknotenvergrößerung

Für eine bestimmte Kombination dieser Symptome könnte das hochmaligne Non-Hodgkin-Lymphom (NHL) (in erster Näherung) vorliegen:

- Ohne Lymphknotenvergrößerung keine positive Diagnose,
- Entweder Symptom 1 oder Symptom 2 müssen hinzukommen.

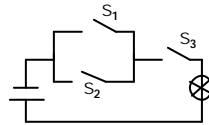
Diagnostik mittels zweiwertiger Aussagenlogik

Aussagen über das Vorliegen von Symptomen

S ₁	S ₂	S ₃
0	0	0
0	0	1
0	1	0
1	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Aussagen über das Vorliegen der Krankheit als logischer Ausdruck von Symptomen

$(S_1 \vee S_2) \wedge S_3$
0
0
0
0
1
1
0
1



How do you make a medical diagnosis?

- First, I obtain the case facts from the patient's history, physical examination, and laboratory tests.
- Second, I evaluate the relative importance of the different signs and symptoms. Some of the data may be of first-order importance and other data of less importance.
- Third, to make a differential diagnosis I list all the diseases which the specific case can reasonably resemble.
- Then I exclude one disease after another from the list until it becomes apparent that the case can be fitted into a definite disease category, or that it may be one of several possible diseases, or else that its exact nature cannot be determined.

R. S. Ledley, L. B. Lusted: Reasoning Foundations of Medical Diagnosis.
In: *Science*, 3. July 1959, Volume 130, Nr. 3366, S. 9-21.

3 July 1959, Volume 130, Number 3366

SCIENCE



Reasoning Foundations of Medical Diagnosis

Symbolic logic, probability and value theory aid our understanding of how physicians reason.

Robert S. Ledley and Lee B. Lusted

The purpose of this article is to analyze the complicated reasoning processes inherent in medical diagnosis. The importance of this problem has received recent emphasis by the increasing interest in the use of electronic computers as an aid to medical diagnostic processes

fitted into a definite disease category, or that it may be one of several possible diseases, or else that its exact nature cannot be determined." This, obviously, is a greatly simplified explanation of the process of diagnosis, for the physician might also comment that after seeing a

once are the ones who do remember and consider the most possibilities."

Computers are especially suited to help the physician collect and process clinical information and remind him of diagnoses which he may have overlooked. In many cases computers may be as simple as a set of hand-sorted cards, whereas in other cases the use of a large-scale digital electronic computer may be indicated. There are other ways in which computers may serve the physician, and some of these are suggested in this paper. For example, medical students might find the computer an important aid in learning the methods of differential diagnosis. But to use the computer thus we must understand how the physician makes a medical diagnosis. This, then, brings us to the subject of our investigation: the reasoning foundations of medical diagnosis and treatment.

Medical diagnosis involves processes that can be systematically analyzed, as well as those characterized as "intangible." For instance, the reasoning foundations of medical diagnostic procedures

Computer-Assisted Medical Diagnosis and Therapy

Reasoning Foundations of Medical Diagnosis (1959) in: *Science* by Ledley and Lusted:

- symbolic logic
 - symptom complexes = logic combinations; diagnoses implicated or excluded
- probability
 - frequency of symptoms with diseases, frequency of symptoms and frequency of diseases in a population; most probable diagnosis
- value theory
 - decision trees; optimal treatment

Attribute eines Patienten, etwa das Anzeichen „Fieber“ oder die

Krankheit „Lungenentzündung“: Kleinbuchstaben x, y, \dots ,

Behauptungen (Aussagen) über das Attribut: Großbuchstaben X, Y, \dots

Steht Y für die Aussage „Der Patient hat das Attribut y “,

so ist deren **Negation** die Aussage $\neg Y$: „Der Patient hat nicht das Attribut y “

$X \cdot Y$: „Der Patient hat die Attribute x und y “,

$X + Y$: „Der Patient hat Attribut x oder Attribut y oder beide.“

$X \Rightarrow Y$ Wenn der Patient das Attribut x hat, dann hat er Attribut y “

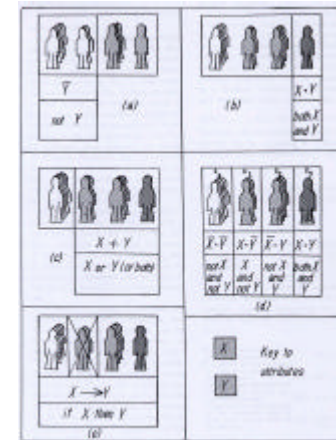


Fig. 1. Combination of attributes.

Ledley and Lusted 1959

Examples

If a patient has disease 2,
he must have symptom 1 $D(2) \Rightarrow S(1)$

If a patient has disease 1 and not disease 2,
then he must have symptom 2 $D(1) \cdot \neg D(2) \Rightarrow S(2)$

If a patient has disease 1 and disease 2,
then he cannot have symptom 2 $D(1) \cdot D(2) \Rightarrow \neg S(2)$

If a patient has either or both of the
symptoms, then he must have
one or both of the diseases $S(1) + S(2) \Rightarrow D(1) + D(2)$

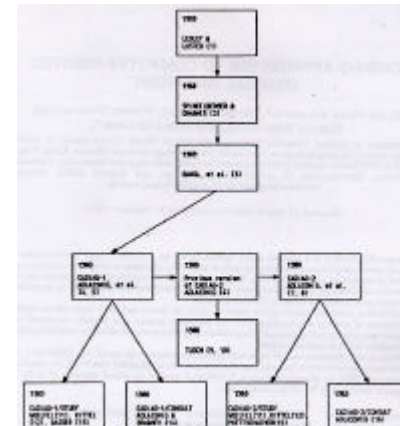
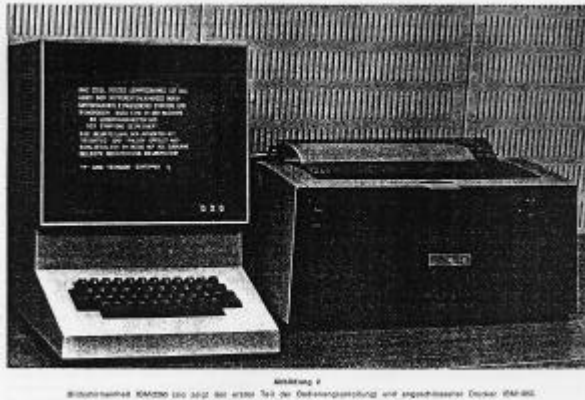
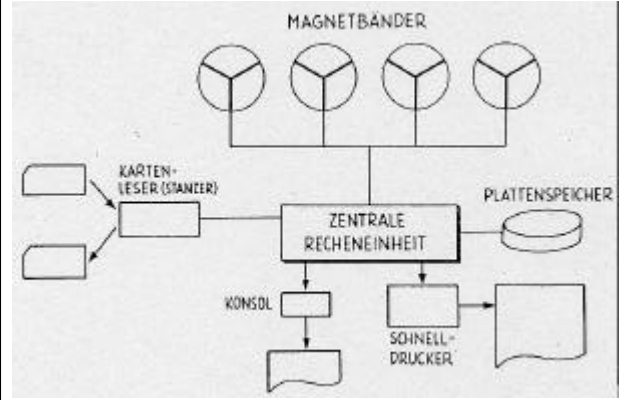


Fig. 1. Line-of-development of CADFAG-1 and CADFAG-2.

Das Wiener Computer Assisted Diagnostic System von 1968
Hardware



Das Wiener Computer Assisted Diagnostic System von 1968
Hardware



Das Wiener Computer Assisted Diagnostic System von 1968
Lochkarten 1 und 2

KLKNR-KA WHO-NR
00151 286900030

DIAGNOSE / STADIUM
S 3066 N-GDUGER OT-NOUWER-SYKROH

KLKNR-KA WHO-NR
00152

DIAGNOSE / STADIUM (FORTSETZUNG)

Das Wiener Computer Assisted Diagnostic System von 1968
Lochkarte 3

KLKNR-KA 00153 WHO-NR 286900030 SEITE 2

01	TECHNISCHE	1	1
02	VEREINIGT	1	1
03	MAGNET / BESCHWERDE	1	1
04	* 1 SPALIS	1	1
05	* 1 SPALISCH	1	1
06	HERSTELLE	1	1
07	WALZ / SCHMERZEN	1	1
08	GLIEDER / *	1	1
09	TEMPERATUREN / SUBFEHLE	1	1
10	SEKUN / SICHEN / VERMINDERT	1	1
11	POLYARTHRITIS / CHRONICA	1	1
12	STÄTIGKEIT / VERMINDERT	1	1
13	TRAKTION / VERMINDERT	1	1
14	ADN (ADN / VERMINDERT)	1	1
15	BRONCHITIS / SICCA	1	1
16	BRONCHITIS / HYPEREMIE	1	1
17	LEUKOPENIE	1	1
18	BLUTENKREIS / VERMINDERT	1	1
19	STICHHELDREISE / VERGRÄßERT / SEHR	1	1
20	BEGRÜN / SCHLECHT	1	1

Das Wiener Computer Assisted Diagnostic System CADIAG-1 Systemkombinationen

- Negation
- Konjunktion
- Disjunktion

Außerdem:

- Symptom S ist obligat und beweisend für Krankheit K: $S \leftrightarrow K$
- Symptom S ist fakultativ und beweisend für Krankheit K: $S \rightarrow K$
- Symptom S ist obligat und nicht beweisend für Krankheit K: $S \leftarrow K$
- Symptom S schließt Krankheit K aus: $S \rightarrow \neg K$

Das Wiener Computer Assisted Diagnostic System CADIAG-1

Symptom-Diagnosen-Relationen

Wahrheitswerttafeln

A diagnosis (D) can be absent (0), present (1) or possible (2).
The truth tables for the relationships are as follows:

1) obligatory and proving (OP): $S \leftrightarrow D$

S/D	0	1	2
0	1	0	2
1	0	1	2
2	2	2	2

2) obligatory excluding (E): $S \rightarrow \neg D$ or $\neg(S \wedge D)$

S/D	0	1	2
0	1	1	1
1	1	0	2
2	1	2	2

3) facultative and proving (FP): $S \rightarrow D$

S/D	0	1	2
0	1	1	1
1	0	1	2
2	2	1	2

4) obligatory and not proving (ON): $S \leftarrow D$ or $S \vee \neg D$

S/D	0	1	2
0	1	0	2
1	1	1	1
2	1	2	2

5) facultative and not proving (FN): The FN-relationship is a tautology (permanent true) and consequently anispecific.

S/D	0	1	2
0	1	1	1
1	1	1	1
2	1	1	1

Computer Assisted Diagnostic System

CADIAG-I

Relationen zwischen Symptomen (S) und Diagnosen (D)

$S, OC D_j$: obligatory occurrence and confirmation, i.e., the symptom has to be present in the patient in order to establish the diagnosis, and, if it is present, it confirms the diagnosis. If the symptom is definitely absent, the diagnosis is excluded.

$OC \triangleq \text{if } S, \text{ then } D_j \text{ or if not } S, \text{ then not } D_j.$ [2.1]

EXAMPLE 1: if endoprosthesis of the knee in X-ray then arthroplasty of the knee or if not endoprosthesis of the knee in X-ray then not arthroplasty of the knee.

$S, FC D_j$: facultative occurrence and confirmation, i.e., the symptom does not have to be present in order to establish the diagnosis, but if the symptom occurs, the diagnosis is thus confirmed.

$FC \triangleq \text{if } S, \text{ then } D_j.$ [2.2]

EXAMPLE 2: if intracellular uric acid crystals in joint effusion then gout.

$S, ON D_j$: obligatory occurrence and nonconfirmation, i.e., the symptom has to be present in order to establish the diagnosis. Therefore, if the symptom is absent, the diagnosis is excluded.

$ON \triangleq \text{if not } S, \text{ then not } D_j.$ [2.3]

EXAMPLE 3: if not onset of disease prior to 16th year of age then not juvenile rheumatoid arthritis.

Computer Assisted Diagnostic System

CADIAG-I

Relationen zwischen Symptomen (S) und Diagnosen (D)

$S, EX D_j$: exclusion, i.e., if the symptom is present, the diagnosis is excluded.

$EX \triangleq \text{if } S, \text{ then not } D_j.$ [2.4]

EXAMPLE 4: if Waaler Rose titer $\geq 1:64$ then not seronegative rheumatoid arthritis.

$S, FN D_j$: facultative occurrence and nonconfirmation, i.e., the symptom does not have to be present in order to establish the diagnosis, and, if it occurs, it does not confirm the diagnosis. The symptom certainly provides evidence for the diagnosis, but it only expresses the existence of an association between the exhibited symptom and the underlying disease.

$FN \triangleq \text{if } S, \text{ then may be } D_j.$ [2.5]

EXAMPLE 5: if elevated amylase in serum then may be acute pancreatitis.

$$S_i \text{ OC } D_j \triangleq \forall p(S_i(p) \rightarrow D_j(p)) \wedge \forall p(D_j(p) \rightarrow S_i(p)) \wedge \exists p(S_i(p) \wedge D_j(p)) \quad [2.6]$$

$$S_i \text{ FC } D_j \triangleq \forall p(S_i(p) \rightarrow D_j(p)) \wedge \neg \forall p(D_j(p) \rightarrow S_i(p)) \wedge \exists p(S_i(p) \wedge D_j(p)) \quad [2.7]$$

$$S_i \text{ ON } D_j \triangleq \forall p(D_j(p) \rightarrow S_i(p)) \wedge \neg \forall p(S_i(p) \rightarrow D_j(p)) \wedge \exists p(S_i(p) \wedge D_j(p)) \quad [2.8]$$

$$S_i \text{ EX } D_j \triangleq \forall p(S_i(p) \rightarrow \neg D_j(p)) \wedge \exists p(S_i(p) \wedge \neg D_j(p)) \wedge \exists p(D_j(p) \wedge \neg S_i(p)) \quad [2.9]$$

$$S_i \text{ FN } D_j \triangleq \neg \forall p(S_i(p) \rightarrow D_j(p)) \wedge \neg \forall p(D_j(p) \rightarrow S_i(p)) \wedge \exists p(S_i(p) \wedge D_j(p)) \quad [2.10]$$