

WISSENSNETZE UND KOGNITIVE STRUKTUREN

Ipke Wachsmuth
FB Mathematik/Informatik
Universität Osnabrück
Postfach 4469
4500 Osnabrück

Kurzfassung eines Beitrags für den Workshop
"Wissen - Wissensrepräsentation"
am 19./20. März 1986 in München

Der Beitrag soll sich mit dem in psychologischen Theorien verwendeten Begriff "Wissensstruktur" bzw. "kognitive Struktur" auseinandersetzen und in Zusammenhang bringen mit dem im LAKOS-Modell (Wachsmuth, 1985) verwendeten Ansatz der "Wissensnetze", hier insbesondere unter dem Gesichtspunkt einer hierarchischen Organisation von Wissen.

Struktur als organisatorische Grundlage von kognitiven Prozessen wird explizit diskutiert in verschiedenen psychologischen Ansätzen:

(1) Gestaltpsychologie: Struktur des psychologischen Feldes, d.i. die Tendenz, daß Wahrnehmung und Denken in funktionalen Einheiten ("functional wholes") organisiert ist, welche objektive Elemente der Wahrnehmung dominieren und ihre Zusammenhänge determinieren. (Etwa Koffkas Schlagwort: What one sees depends upon what one knows).

(2) Piagets Interesse gilt logischen Strukturen des menschlichen Gedächtnisses/Denkens, welche das Verständnis von mathematischen Sachverhalten bestimmen. Die graduelle Entwicklung solcher Strukturen nimmt er als abhängig von Interaktionen des Lernalters mit seiner Umgebung an.

(3) Aus dem Information-processing-Ansatz des Studiums von Kognition geht eine dritte Definition von Struktur hervor: Wissensstrukturen (Knowledge structures) des individuellen Lernalters; etwa wird die Lernerperformanz bei mathematischen Aufgaben benutzt, um Inhalt und Organisation ihres mathematischen Wissens zu verifizieren (cf. Resnick & Ford, 1981).

Eine große Zahl der Information-processing-Theorien oder -modelle des semantischen Gedächtnisses (Anderson, 1976, Anderson & Bower, 1973, Norman & Rumelhart, 1975, Collins & Quillian, sowie Beiträge in Bobrow & Collins, 1975) beschreiben sämtlich menschliches Wissen als strukturiert und organisiert. Netzwerkansätze reflektieren diese Auffassung; "Struktur" bezieht sich dabei auf die Zwischenbeziehungen/-verbindungen im Wissen.

Hervorgehoben wird in solchen Ansätzen die Annahme, daß der Mensch Wissen konstruieren kann in der Weise, daß nicht explizit gespeichertes Wissen mittels Inferenzen gewonnen werden kann oder durch Aufstellen neuer Beziehungen zwischen Konzepten. Dadurch gelingt es mit Netzwerkansätzen, Wissen ohne Auflistung jeder Einzelheit zu repräsentieren.

"Wissen" wird dabei offensichtlich von einer pragmatischen Sicht angegangen; es gibt sicherlich eine Reihe von Aspekten menschlichen Wissens, die Gefahr läuft, in solchen Ansätzen vernachlässigt zu werden (cf. Negrotti, ECCAI newsletter 2(3) 1985). Ziel der Diskussionen des Workshops sollte es daher auch sein, in dieser Hinsicht eine Position zu erarbeiten, die aus pragmatischen Gründen vorgenommene Einschränkungen hinsichtlich der Zielsetzung maschineller Wissensverarbeitung rechtfertigt.

"STRUKTUREN"

Gestaltpsychologie: "Struktur des psychologischen Feldes": Organisation von Wahrnehmung und Denken in funktionalen Einheiten. "What one sees depends upon what one knows" (KOFFKA).

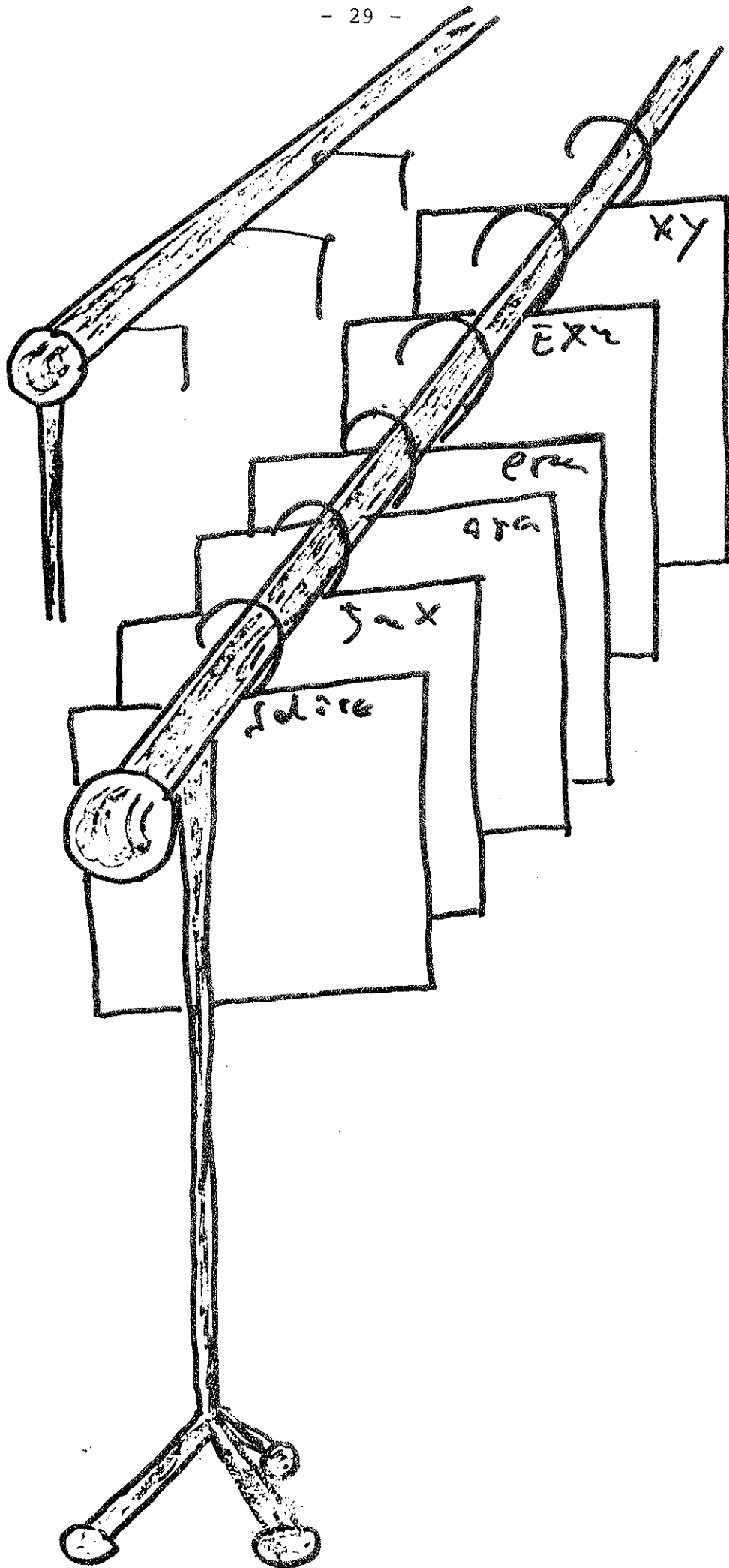
PIAGET: Logische Strukturen im Denken bestimmen Verständnis von (math.) Sachverhalten; Graduelle Entwicklung durch Interaktion d. Lerners m. Umgebung.

Kritik SEILER: Beschränkte Generalisierungstendenz solcher Strukturen, Bereichspezifität, unterschiedliche Lösungssysteme zum selben Gegenstandsbereich können konkurrieren.

Structural learning theory (SCANDURÀ): Wissen repräsentiert in diskreten Einheiten (Regeln); Strukturen = Mengen von Regeln.

Information processing Psychology:

kognitive Strukturen (Inhalte des sem. Gedächtnisses, Netzwerkausätze; Strukturen = Zwischenbeziehungen/-verbindungen im Wissen. Möglichkeit der Konstruktion nicht explizit gespeicherten Wissens.



Encyclopaedia Britannica

Macro-
paedia

Knowl
in
Depth

4

Ceylon

Encyclopaedia Britannica

Macro-
paedia

Knowledge
in
Depth

3

Boliv-
Cervantes

Encyclopaedia Britannica

Macro-
paedia

Knowledge
in
Depth

2

Bolan
Boliv

Encyclopaedia Britannica

Macro-
paedia

Knowledge
in
Depth

1

Aalto-
Arithmetic

Encyclopaedia Britannica

Propaedia

Outline
of
Knowledge

Guide to
the
Britannica

VERGLEICH

Prädikatenlogik ↔ "rational denkender" Mensch.

Theorie:

- logische Axiome
- u. Schlußregeln
- nicht logische Axiome
- Theoreme

Konsistenz!

Theorembeweiser hat
 Zugriff zu allem diesem
 ("globale Übersicht")

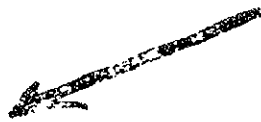
Mensch:

selbst wenn logischer Intellekt
 ≈ logische Schlußregeln
 ∃ wesentliche Unterschiede:



"Axiome" nicht geblockt
 sondern verteilt, bestimmt
 durch Geschichte ihres Erwerbs
 (Kontext!)

keine globale Sicht!



"Wissen" wird
 von anderer
 Seite übernommen.
 keine globale
 Konsistenzprüfung
 bei "Neueinträgen"
 → Inkonsistenzen
 möglich!



Kognitive Beschränkungen
 (KZG) behindern
 kompliziertere Inferenzen

EIN VIERTKLÄSSLER :

Anything divided by zero is zero.

How do you know that ?

Well, one reason is because I learned it.

How did you learn it ? Did a friend tell you ?

No, I was taught at school by a teacher.

Do you remember what they said ?

They said anything divided by zero is zero.

Do you believe that ?

Yes.

Why ?

Because I believe what the school says.

[REYS & GROUWS, 1975, p.602]

Postulate:

① "Wissensstrukturen" im (LZ-) Gedächtnis gebildet von (mindestens) folgendem:

(i) in sich abgeschlossenen Wissensbereichen

("Wissensinseln", "-pakete")

~ frames (Davis), microworlds (Lawler),
subjektive Erfahrungsbereiche (Bauersfeld)

(ii) Verbindungen zwischen diesen

("organisierendes Netzwerk")

... sind Resultat von Wissenserwerbsprozessen

... bilden das persönliche Wissen

... können Objekt pädagogischen Handelns sein

② Alles dem Langzeitgedächtnis überreignete Wissen permanent gespeichert

"accretion" (Anderson)

- Wissens-elemente werden nicht zerstört

- aber Zugangsstrukturen können sich ändern

verschiedene Wissens-elem. können gleichen

Bereich betreffen ⇒ konkurrierendes

Wissen!

Verstehen einer Sache (Äußerung, Problem...):
= Erstellung einer Bedeutungsrepräsentation

"Repräsentation": geistiges Modell für den geäußerten Sachverhalt (oder Problemsituation), das das Individuum konstruiert u. manipuliert, um Grundlage für Antwort (Lösung) zu finden.

(NEWELL & SIMON, 1972)

→ beinhaltet in jedem Fall, daß eine geeignete "Wissensrepräsentationsstruktur" im Gedächtnis aktiviert wird.

→ Voraussetzungen für erfolgreichen Verstehensprozess:

1. Eine WRS existiert im LZG, die den Sachverhalt angemessen repräsentieren kann;
2. Eine solche WRS wird tatsächlich aufgefunden "retrieval";
3. die aktuellen Daten der Situation werden korrekt in die aktuelle WRS eingebettet;
4. Wenn die Anforderungen über den Wissensbereich der aktuellen WRS hinausführen, werden nach Bedarf zusätzliche WRS'en (rekursiv) aktiviert.

wesentlich: Mit dem Aktivieren einer WRS stehen prototypische Handlungsmuster bereit.

LAKOS

LOGISCHE ANALYSE KOGNITIVER ORGANISATIONS-STRUKTUREN

Wissensrepräsentationsmodell zur Erklärung
kognitiver Prozesse

Implementiert als Dialogmodell zur
Simulation von Interviewdialogen

Kontextabhängige Analyse von Eingaben

Kontextabhängige Synthese von Ausgaben

Erklärung von Aspekten des Handelns
des "rational denkenden" Individuums

Analyse der Handlungsgrundlagen mit
den Mitteln der formalen Logik

Fernziel: Diagnose- und Evaluations-
instrument für den Erwerb bereichs-
spezifischen Wissens, z.B. i.d. Mathematik

Kurz: Die wesentlichen Gesichtspunkte

(1) Stichwort "wissensbasiert":

Es wird angenommen, daß kognitives Verhalten auf relativ einfachen Prozessen inferentieller Natur beruht; die Komplexität beobachtbaren Verhaltens hat ihre Ursache in der Vielzahl interagierender Fakten und Regeln, die den Wissensbestand ausmachen.

(2) Stichwort "dynamische Aktivierung":

Es wird angenommen, daß nicht der gesamte Wissensbestand jederzeit kognitiven Prozessen zugänglich ist, sondern es von Kontext/Situation abhängt, ob und welches Wissen zur Inferenzenbildung eingesetzt werden kann.

(3) Stichwort "organisatorische Strukturierung des Wissens"

Einordnung (nach Ueckert/Harbordt):

Klassifikation von Simulationsmodellen

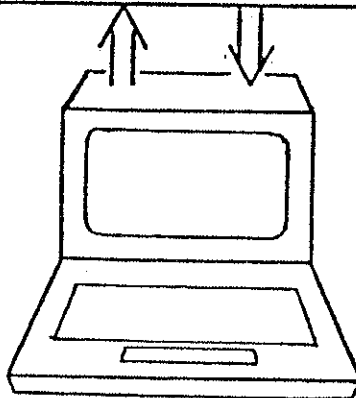
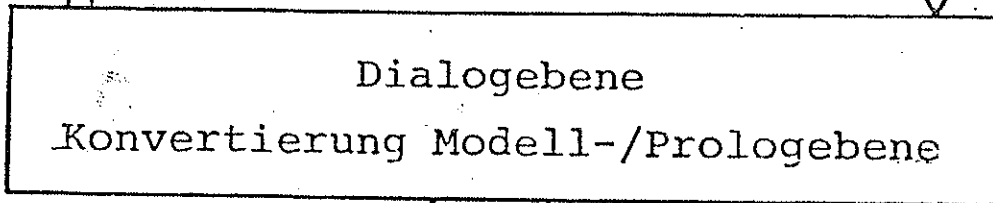
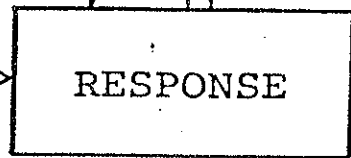
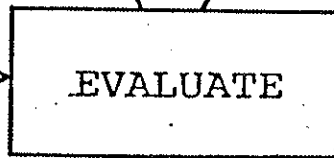
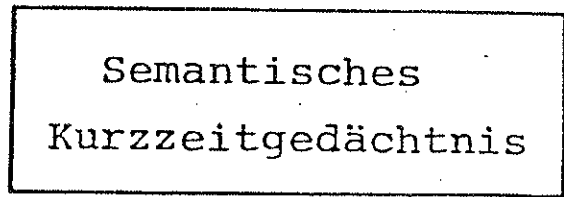
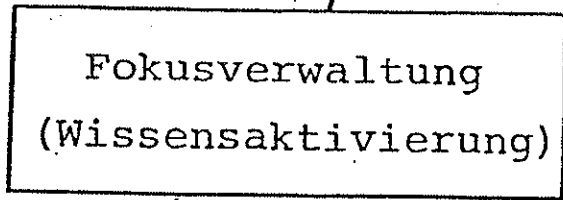
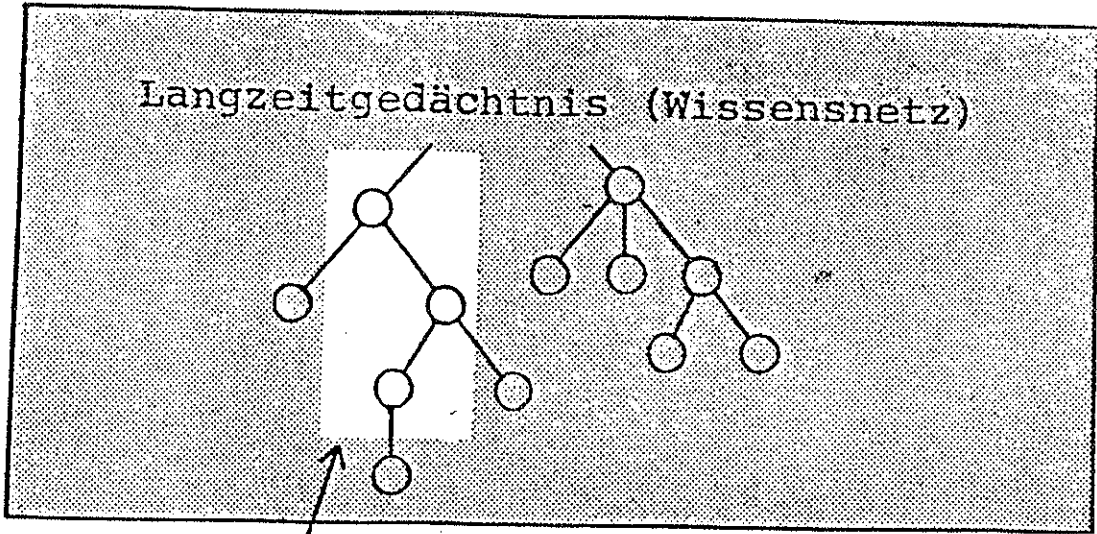
(1) statische - dynamische

(2) deterministische - indeterministische.

(3) quantitative - qualitative

(4) analytische - synthetische

(5) Erkundungs- Entscheidungsmodelle



Terminal

"Kurzzeitgedächtnis":

- relativ klein; Beschränkung in der Zahl der Einträge (z.B. 7);
- Einträge $\hat{=}$ im Augenblick "bewußt beobachtbare" Dingen (z.B. Ergebnis einer Inferenz);
- Reihenfolge der Einträge bestimmt durch "Geschichte";
- bei Überschreiten der Kapazität fällt ältester Eintrag weg.

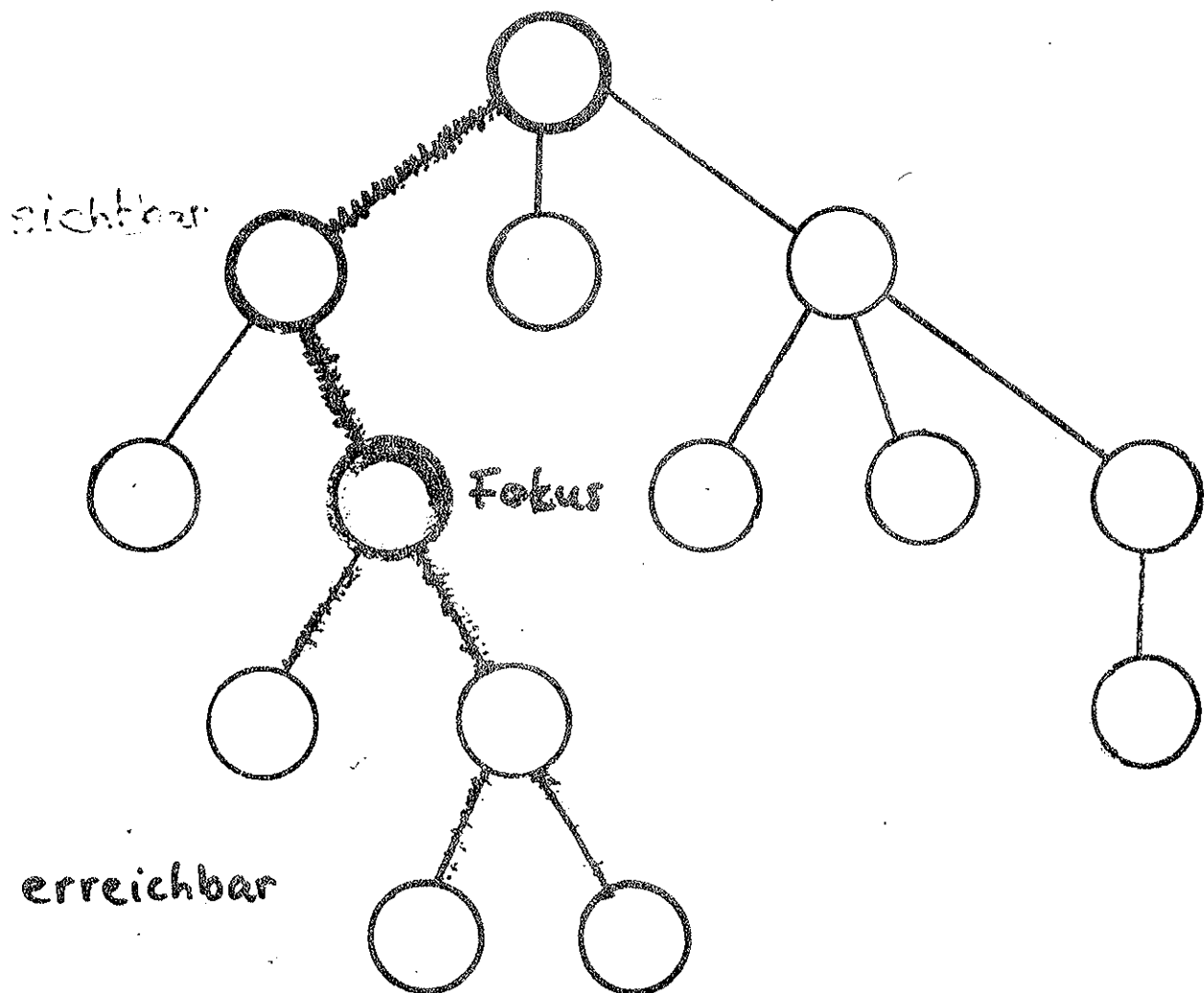
"Langzeitgedächtnis" (Wissensbasis):

- ▶ zusammengehöriges (z.B. im gleichen Kontext erworbenes) Wissen gespeichert in Wissenselementen (Knoten eines Graphen);
- ▶ organisatorische Strukturierung der WB durch Beziehungen zwischen Wissenselementen ausgedrückt durch gerichteten Graphen (z.B. Baum, Verband);

→ "Wissensnetz"

- ▶ dynamische Aufteilung des Wissens im LZG in
 - nicht-aktuelles W.
 - aktuelles
 - sichtbares W.
 - erreichbares W.

- ▶ Aufteilung bestimmt durch FOKUS (repräsentiert durch Knoten im Wissensnetz)



Ein Arbeitszyklus des Systems:

= Analyse einer Eingabe und
Synthese der entspr. Ausgabe.

WICHTIG: Der Fokus am Ende
eines Arbeitszyklus bleibt erhalten
und ist Ausgangspunkt für nächsten Zyklus.
(~ Kontext, "mind set")

Bereich für die Überprüfung der
Konsistenz ist das sichtbare Wissen.

Wissensbasis kann inkonsistent sein,
ohne daß dies manifest (sichtbar) wird.

Erreichbares Wissen kann sichtbar
werden dadurch, daß sich der Fokus
entlang der Kanten des Wissensnetzes
(nach "unten") verschiebt.

Regeln für die Dynamik des Fokus':

- 1) Wird für die Analyse einer Eingabe mehr Wissen benötigt, verschiebt sich der Fokus im Baum nach unten (zu speziellerem Wissen).
- 2) Kann die Eingabe im aktuellen Fokus nicht analysiert werden (z.B. aufgrund mangelnden Wissens oder Inkonsistenz), verschiebt er sich nach oben im Bereich des sichtbaren Wissens

und danach - soweit vorhanden - in anderem Wissensbereich wieder nach unten usw. (rekursiv)

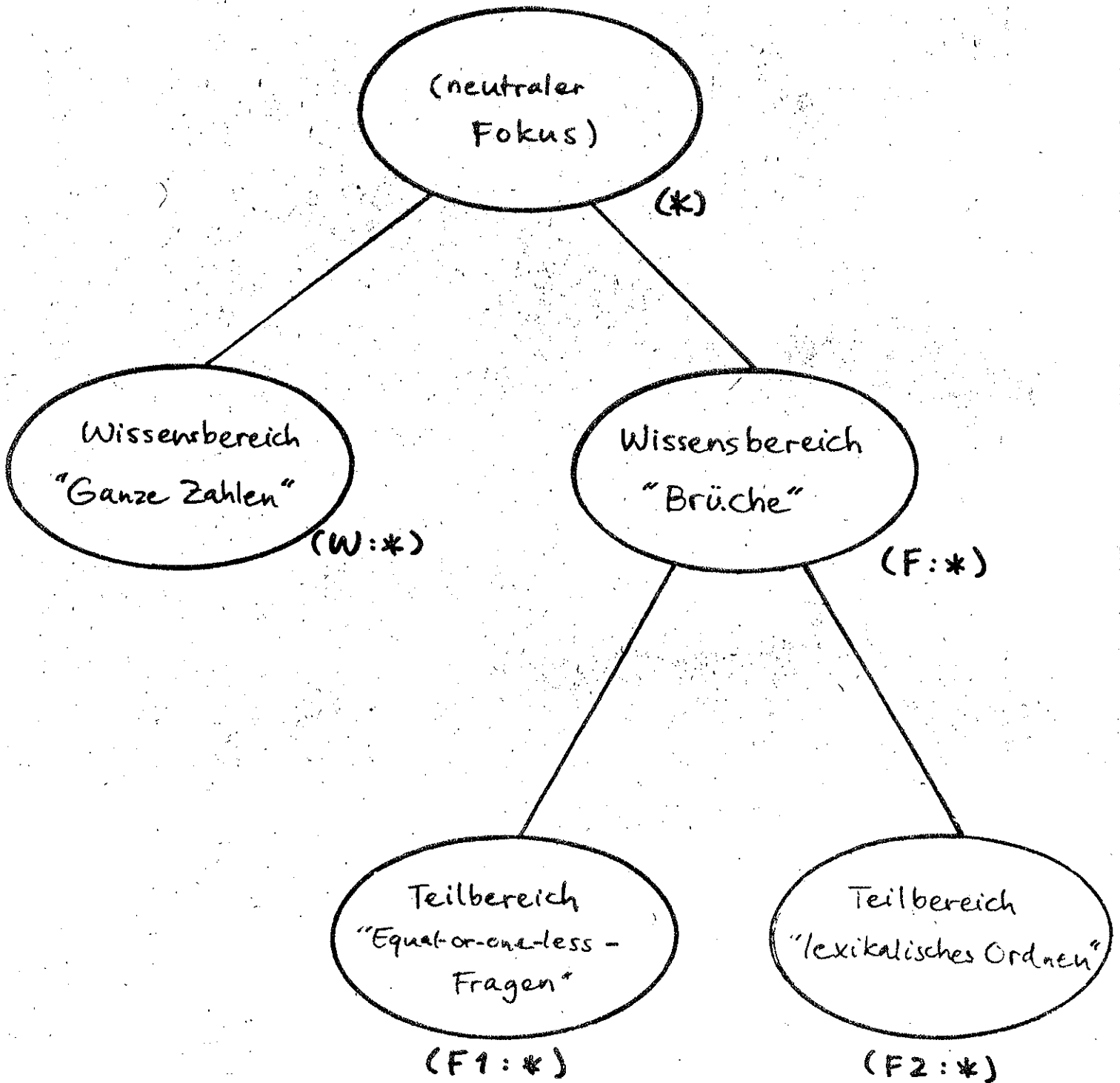
solange bis Erzeugung einer Bedeutungsrepräsentation gelingt ("FINISH")

oder endgültig mißlingt ("FAIL").

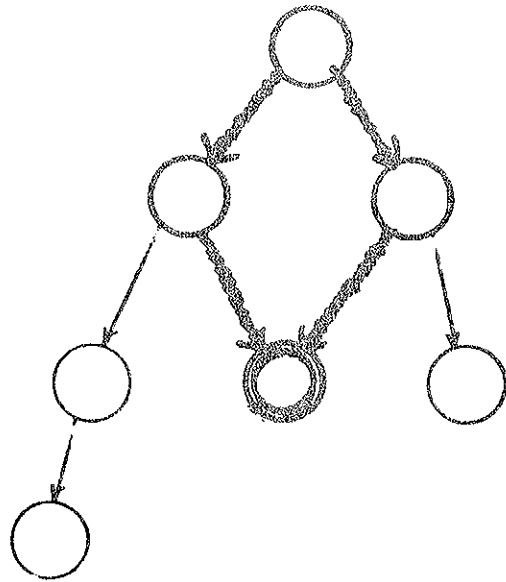
Kritischer Fall:

Wenn der Fokus zu Beginn des Analyseprozesses zu tief lag, so daß kein Knoten im Bereich des sichtbaren Wissens den Zugang zu anderem relevantem Wissen ermöglicht.

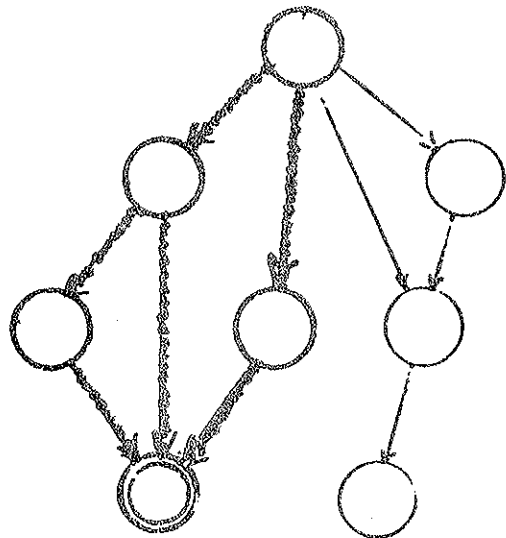
Wissensnetz als Präzisierung des Begriffs "kognitive Struktur" (Beispiel)



Schwächere Hierarchieforderungen:



Strenge
Hierarchie



Hierarchie

Literatur

Wachsmuth, I. Modeling the knowledge base of mathematics learners: Situation-specific and situation-unspecific knowledge. Erscheint in: H. Mandl & A. Lesgold (Eds.) Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems. New York: Springer.

Wachsmuth, I. & Lorenz, J.H. Sharpening one's diagnostic skill by simulating students' error behaviors. Erscheint in: Focus on learning problems in mathematics, special issue on computers in diagnosis and remediation in mathematics.

Wachsmuth, I. Logische Analyse kognitiver Organisationsstrukturen - Anwendung eines Wissensrepräsentationsmodells zur Erklärung mathematischen Verhaltens. In H.G. Steiner (Hg.) Grundfragen der Entwicklung mathematischer Fähigkeiten (S. 217-228). Köln: Aulis, 1986.

Wachsmuth, I. LAKOS - Ein Modell der Wissensrepräsentation zur Erklärung kognitiven Verhaltens. In H. Mandl & P.M. Fischer (Hg.): Lernen im Dialog mit dem Computer (S. 24-39). München: Urban und Schwarzenberg, 1985.

Wachsmuth, I. Inconsistent student performance in applicational situations of mathematics. In L. Streefland (Ed.) Proceedings of the Ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education (pp.362-368), Utrecht 1985.

Wachsmuth, I. Logical analysis of cognitive organizational structures: The LAKOS project (Part A). A computer model of student performance (Part B). Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, April 1985. ERIC Document No. ED 257635.