
FUNDAMENTAL STUDIES
IN COMPUTER SCIENCE

8

human and artificial intelligence

f. klix, editor,

north-holland

TP12
K1

7965853

Human and Artificial Intelligence

Edited by:

FRIEDHART KLIX

Professor of Psychology

Humboldt-University of Berlin

German Democratic Republic



1979



E7965853

NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY
AMSTERDAM · NEW YORK · OXFORD

8282081

© VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN,
BERLIN 1979
LICENCED EDITION OF NORTH-HOLLAND
PUBLISHING COMPANY-1979

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means,
electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise,
without the prior permission of the copyright owner.*

North-Holland ISBN for the Series: 0 7204 2500 X

North-Holland ISBN for this Volume: 0 444 85173 9



Published by:

NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY
AMSTERDAM · NEW YORK · OXFORD

Sole distributors for the U.S.A. and Canada:

ELSEVIER NORTH-HOLLAND, INC.
52 VANDERBILT AVENUE
NEW YORK, N. Y. 10017

PRINTED IN THE GERMAN DEMOCRATIC REPUBLIC

Fundamental Studies in Computer Science

Advisory Board:

J. Feldman, R. Karp, L. Nolin, M. O. Rabin, J. C. Shepherdson,
A. van der Sluis and P. Wegner

VOLUME 8



NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY
AMSTERDAM · NEW YORK · OXFORD

HUMAN AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

VORWORT

Vom 18. bis 25. Juli 1976 fand in Paris der XXI. Internationale Kongreß für Psychologie statt. Kongresse dieser Art haben die Aufgabe, bedeutsame und erkenntnisträchtige Entwicklungen vor allem der psychologischen Grundlagenforschung kenntlich zu machen und dabei die Vertreter charakteristischer Forschungsrichtungen zusammenzuführen. Diese Aufgabe ist auf dem Kongreß in starkem Maße erfüllt worden. Der vorliegende Symposiumsbericht kann wohl als ein Beispiel dafür gelten.

Der Herausgeber erhielt vom Präsidenten des Kongresses (Prof. Dr. PAUL FRAISSE, Paris) sowie vom Vorsitzenden des Programmkomitees (Prof. Dr. JEAN FRANCOIS LE NY) die Bitte um Ausrichtung eines Symposiums unterbreitet. Die Wahl der Thematik war frei, sollte aber den eingangs genannten Bedingungen in Verbindung mit eigenen Forschungsergebnissen entsprechen.

Uns schien in diesem Zusammenhang hinreichend Grund gegeben zu sein, aktuelle Entwicklungen bei der experimentellen Erforschung kognitiver Prozesse in einigen charakteristischen Akzenten zum Ausdruck zu bringen und dies in Beziehung zu setzen mit Entwicklungen, die sich gegenwärtig im Rahmen der sogenannten Computerwissenschaften vollziehen. Dort ist eine neue Disziplin, genannt Künstliche Intelligenz entstanden, und es ist für den mit der Literatur Vertrauten ganz offenkundig, daß dort funktionelle Strukturen in Form von Rechnerprogrammen entwickelt werden, deren Leistungscharakteristik, wüßte man über ihre Entstehung nichts, ganz unstreitig als intelligentes Vorgehen identifiziert werden würde. Die Frage ist nur, inwieweit die zugrunde liegenden Funktionsprinzipien, die erzeugenden Mechanismen als vergleichbare oder auch nur in Analogie setzbare Komponenten angesehen werden können. Das ist die eine Seite. Und der Leser des vorliegenden Bandes mag sich durch diese Frage angeregt fühlen, daraufhin eine Antwort zu suchen.

Die andere Seite ist weniger methodologischer als vielmehr forschungspraktischer Art. Bekanntlich ist die Modellmethodik in vielen Wissenschaftsdisziplinen zu einem unentbehrlichen Erkenntnismittel geworden. Bedingt durch den wenigstens teilweise algorithmisch darstellbaren Charakter kognitiver Prozesse, bedingt vor allem durch die Tatsache, daß Suche, Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung, Verknüpfung und Nutzung

von Information auf rationelle Weise den künstlichen Systemen wie den menschlichen Intelligenzleistungen zugrunde liegen, ließ sich die Erwartung begründen, daß eine gemeinsame Veranstaltung von Experimentalpsychologen und Computerwissenschaftlern wechselseitig befruchtende Ideen und gemeinsam interessierende Forschungsaspekte sichtbar machen oder anders: daß eine solche Begegnung als Bereicherung des jeweils fachspezifischen Denkens empfunden werden könnte. Leider kann die mehrstündige, meist leidenschaftlich geführte Diskussion zu den Symposiumsvorträgen hier nicht wiedergegeben werden. So muß denn die schriftliche Fassung einen etwas anderen Charakter annehmen als die „life-Form dieses geistig erquickenden Symposiums“ (Zitat eines Teilnehmers). Die Abfolge der Berichte habe ich entsprechend der thematischen Schwerpunktsetzungen gewählt:

Im Einleitungsvortrag des Herausgebers werden die Grundanliegen des Symposiums am Beispiel einiger früherer Ergebnisse bei der Erforschung kognitiver Prozesse kenntlich gemacht.

Danach sind in einem ersten thematischen Komplex Beiträge zusammengefaßt, die sich entweder (von der psychologischen Seite aus) mit Darstellungs- oder Modellierungsproblemen kognitiver Prozesse oder Leistungen befassen oder die (unter dem Aspekt der Künstlichen Intelligenz) kognitive d. h. Erkenntnisgewinnungsprozesse, zum Gegenstand haben.

In dem Vortrag von N. NILSSON, einem Initiator gegenwärtiger Entwicklungen in den Computerwissenschaften, wird in fünf Modellentwürfen für künstliche Systeme nicht nur gezeigt, wie durch zunehmende Komplexität ihrer Struktur erhöhte Leistungsfähigkeit entsteht, sondern vor allem, daß mit den Prozeduren „Ziel-suchen“, „Vorausplanen von Aktivitäten“, „Hierarchisches Planen“, „deduktives Schließen“ und „Bewerten von Verhaltensentscheidungen nach Wahrscheinlichkeit und Zuverlässigkeit“ Aktivitäten realisiert sind, die man in großer Vielfalt und in unterschiedlichen motivationalen Einbettungen auch in menschlichen kognitiven Leistungen vorfindet.

Der Beitrag D. NORMAN's ist daran angeschlossen, weil er das Problem intellektueller Leistungsfähigkeit von einer ganz anderen Seite aufnimmt, nämlich von der Organisation des Gedächtnisses her und seiner *aktiven* Funktion z. B. bei der Herleitung von Inferenzen aus Fakten und Relationen.

In einem ebenfalls grundsätzlichen und die gesamte Problematik fundierenden Beitrag gibt D. POSPELOV eine Modellebene an, durch die eine Vergleichbarkeit von natürlich entstandenen und künstlich erzeugten Intelligenzleistungen ermöglicht wird. Das Paradigma der Problemlösungsprozesse ist dabei zu Recht als Bewährungsfeld für eine derartige Metasprache erkannt.

I. SCANDURA geht, in gewissem Sinne anknüpfend an POSPELOV, der Frage nach den kognitiven Grundmechanismen für das Lösen von Pro-

blemen nach. Tatsächlich ist neben dem Kriterium der Sprachbeherrschung die Befähigung, Probleme zu lösen, das charakteristische Kennzeichen intellektueller Potenz. SCANDURAS strukturelle Lerntheorie versucht, die kognitiven Komponenten intellektueller Kompetenz zu bestimmen und in ihrer Wirkungsweise bis hin zur Erklärung des subjektiven Gefühls der Schwierigkeit oder Unlösbarkeit eines Problems aufzuklären.

Die gleiche Problematik, wiederum von anderer Seite, greift H. A. SIMON auf. Was muß der Problemlöser wissen und nutzen, um „seine“ Probleme effektiv lösen zu können? Es wird gezeigt, wie beim Menschen der Typ der Anforderung die Verschiedenartigkeit der Mittel mitbestimmen und welcher Informationswert über die natürlichen Prozesse den Simulationsmitteln aus dem Arsenal der AI-Prozeduren zukommen kann.

D. DÖRNER greift als Psychologe wiederum das gleiche Thema unter einem Aspekt auf, der für menschliche Kreativität höchst bedeutsam, für eine computertechnische Realisierung aber noch nicht unter Kontrolle, will sagen, handhabbar ist: die menschliche Selbstreflexion über eine Problemlage als eine Art Metaebene, von der aus Wechsel auch in der heuristischen Vorgehensweise initiiert werden.

W. KRAUSE et al. leiten mit ihrem Beitrag zum zweiten großen Themenkomplex der Künstlichen Intelligenz und einem wesentlichen Teilaspekt bei der Erforschung kognitiver Prozesse über: zum Einfluß der natürlich-sprachlichen Belegung von Strukturen für kognitive Prozesse und Leistungen. Bemerkenswert der Befund, daß die unterschiedliche Repräsentation des gleichen Problems unterschiedliche und gut begründbare Schwierigkeiten einer Lösungsfindung bedingt.

Mit dem Beitrag von V. BRIABRIN und D. POSPELOV ist dann endgültig der Übergang zum zweiten Komplex vollzogen: zur Rolle und Funktion der Sprache, speziell ihrer kognitiven Funktion im Dialog. Indem sie die dafür *notwendigen* Komponenten definieren, setzen sie zugleich den Rahmen, in dem natürliches wie künstliches Sprachverstehen untersucht und erfaßt werden kann. Die Konzeption ihres Systems DILOS ist ein Beispiel für die Wahl einer Metaebene, von der aus beide Realisierungsformen des Sprachverstehens einesteils begriffen und anderenteils erforscht werden können. Auch hier erweist sich das Repräsentationsproblem als höchst bedeutsam. Man beachte diesbezüglich ihre Ausführungen über die „relationale“ bzw. über die „prädikative“ Annäherung.

R. SCHANK ist einer der Begründer leistungsfähiger Verfahren des künstlichen Sprachverstehens mittels Rechner. Interessant, wie stark er den psychologischen Hintergrund zur intuitiven Begründung seines Verfahrens betont.

J. HOWE und T. O'SHEA behandeln ein nahezu klassisches entwicklungspsychologisches Thema vom Standpunkt der Künstlichen Intelligenz aus: wie der Zusammenhang aus Handeln und Bewirken (hier vermittelt über einen Rechner) zu generativen kognitiven Strukturen führt. Wenn

nicht alles täuscht, wird hier ein neues Gebiet der experimentellen Didaktik beschritten.

Beim selben Thema verbleibt I. F. RICHARD in der klassisch-psychologischen Behandlungsweise. Aber er zeigt auch, wie die genaue Analyse der entwicklungsabhängigen Hypothesenbildung vom Typ der verfügbaren Information abhängt. Untersuchungen dieser Art stellen eine noch lange nicht ausschöpfbare Fundgrube für eine reale Weiterführung der psychologischen Entwicklungsdiagnostik dar.

F. KLIX und J. HOFFMANN behandeln in ihrem Beitrag einige neue Gesetzmäßigkeiten, die dem Verstehen einfacher Sätze der deutschen Sprache zugrunde liegen.

Was zeigt das Symposium im ganzen?

Im wesentlichen wohl dreierlei:

1. Intelligenz, natürliche (d. h. biologisch *und* sozial determinierte) wie künstliche (d. h. computertechnisch realisierte) ist derzeit vor allem in zwei Äußerungsrichtungen Gegenstand der Forschung: als Kompetenz zur Lösung von Problemen sowie als Kompetenz der Spracherzeugung und des Sprachverstehens.

2. Übereinstimmend unter beiden Aspekten ist das Gütekriterium intellektueller Kapazität vor allem mit der Minimalisierung des Aufwands in Problemlösungsprozessen gegeben. Nicht die Lösung eines Problems für sich ist hinlänglich zur Beurteilung, sondern seine Bewältigung mit minimalen Mitteln bei Auswahl eines verfügbaren Kalküls an Denkmöglichkeiten.

3. Die Computersimulation ist ein wichtiges Mittel, um kognitive Prozesse in ihrem Aufbau wie in ihrem Ablauf zu begreifen. Die psychologische Analyse kognitiver Leistungen ist es nicht weniger für die Ausarbeitung analoger Verfahrenstechniken im Rahmen der Künstlichen Intelligenz. Insofern ist die Fruchtbarkeit einer Wechselwirkung auf beiden Seiten unbestritten. Doch es scheint auch qualitative Spezifika in menschlichen Phänomenen der Intelligenz zu geben, die wenigstens vorerst noch völlig singulär sind. Die Rolle und Funktion des Selbstbewußtseins für die Erzeugung *und die Bewertung* kognitiver Strategien und ihrer Wirkung gehört als ein Beispiel hierher.

Gleichwohl dürfte das Symposium Zeugnis für eine neue Verflechtung psychologischer Problemstellungen in der modernen, interdisziplinären Wissenschaftsentwicklung geworden sein.

Einige Beiträge haben den Herausgeber nicht mehr rechtzeitig erreicht, um in den vorliegenden Band noch aufgenommen werden zu können. Dabei bleibt in besonderem Grade zu bedauern, daß die Arbeit von LINHART und VOHNÍK (Prag) über die Modellierung kognitiver klassifikatorischer Strukturen, der Bericht von L. M. VEKKER (Leningrad) über Struktur und Entwicklung der menschlichen Intelligenz sowie der stark methodologisch orientierte Beitrag von TELEGINA und TICHOMIROW (Moskau) über

Aspekte in menschlichen und artifiziellen intelligenten Systemen nicht enthalten sind. Der Herausgeber ist bemüht, nach Eintreffen der Manuskripte eine Veröffentlichung in der Zeitschrift für Psychologie zu besorgen. Der Beitrag von LINHART und VOHNIK erscheint bereits in Heft 2 (1978) der Zeitschrift.

Die ursprüngliche Bestimmung des Umfangs ermöglichte es dem Herausgeber, zwei thematisch mit dem Symposiumsinhalt eng verbundene Arbeiten aufzunehmen: E. LEHMANN behandelt Probleme des Sprachverstehens vom Standpunkt einer künstlichen Realisierung. F. KLIX und E. VAN DER MEER berichten über die Erkennung von Analogien und ihre wahrscheinlichen kognitiven Grundlagen.

Dem VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften und dem verantwortlichen Lektor, Herrn W. HAENSCHKE, sei für die fördernde Betreuung gedankt. Dem Verlag Elsevier Publ. Comp. danke ich für die Bereitschaft, das Buch in Lizenz einer weit verzweigten, fach- und sachkundigen Leserschaft zugänglich zu machen. Der Herausgeber möchte auch auf diesem Wege seinem langjährigen Kollegen und Mitarbeiter Dr. J. MEHL für die Hilfe beim Korrekturlesen der Texte auf das herzlichste danken.

Es ist dem Herausgeber eine große Freude, einem der Autoren des vorliegenden Bandes, seinem langjährigen Diskussionspartner und hochgeschätzten Kollegen HERBERT A. SIMON, zur Verleihung des Nobelpreises 1978 zu gratulieren.

Professor H. A. SIMON hat gerade die dem vorliegenden Symposionsbericht zugrunde liegende Problemsicht wie kaum ein anderer begründet und für die Psychologie erschlossen. Fruchtbare Ideen und bleibende Impulse sind der Entwicklung der Psychologie aus seinen Arbeiten erwachsen.

Berlin, im Juni 1977

FRIEDHART KLIX

FOREWORD

The present book is a report on a symposium, held during the XXI International Congress of Psychology 1976 in Paris.

World Congresses of Psychology have the aim to reveal topical and fruitful trends in theoretical as well as in experimental research and new approaches to basic research problems.

Focal points of such congresses are streams in scientific developments which promise new enlightenments in psychological knowledge. It is well-known from the history of sciences that the borderlines between different disciplines are very often sources of new cognition. Generally this is due to the interlinkage of the different approaches, methods and hypotheses.

Today we have such an interlinkage between psychological research and some areas in computer-sciences, especially those which are covered by the term Artificial Intelligence (AI). Cognitive Psychologists know that in AI-research procedures are realized as programs which everybody would undoubtedly identify as intelligent behaviour of man — as long as their origin remains unknown. The question arises in what degree the underlying mechanisms are comparable with mechanisms of cognitive processes in humans. The treating and answering of this question allows us to clarify to what a degree AI-procedures may be seen as a model domain for natural cognitive processes.

On the other hand there are reasons to assume that the functioning of the human central nervous system has been optimally adapted to large scale sensory information inputs for 25 millions of years. Due to evolution mechanisms it has developed (or 'implemented') effective procedures of processing and condensing information with the help of hierarchical organization and storing principles. These principles optimize information-processing procedures as well as procedures of motoric control in monitoring sensory inputs and in performing actions.

We may assume that these mechanisms of natural intelligent behaviour might contain functions or procedures whose simulation as soft- or hardware realization could claim high interest in AI-research, and not at least for practical reasons.

Due to the algorithmically describable nature of cognitive processes,

due especially to the fact that search, processing, storing and use of information in an effective manner is required and realized in both kinds of intelligent systems in at least partially different manner, it might be assumed that a common symposium between cognitive psychologists and computer scientists would be a fruitful undertaking, fruitful in the sense that the exchange and interlinkage of ideas might be stimulating for using or adapting the results in research work on both sides.

As the organizer and chairman of this symposium I would like to claim that this aim of our symposium was realized. Unfortunately it was impossible to insert the exciting discussion in the afternoon of the symposium-day which lasted more than three hours. Altogether I would like to express our gratitude especially to Prof. P. FRAISSE as the President of the Congress and to Prof. J.-F. LE NY as the Secretary General of this outstanding scientific event.

In the present volume the sequence of the contributions is arranged according to the main thematic topics:

The introductory report of the editor contains, besides the introduction to the purpose of the symposium, some research results in the area of "more or less intelligent problem-solving techniques" and the analyses of the applied strategies.

Then in a first group of contributions, problems of modelling or realizing cognitive (i.e. in a broader sense intelligent) capabilities are handled:

N. NILSSON demonstrates with five model-designs how to enlarge intelligent efficiencies of an artificial system by stepwise introducing well defined mechanisms such as 'goal-search', 'planning', 'hierarchical planning', 'deductive reasoning', and evaluation of behaviour decisions with regard to truth values and reliability.

NORMAN's approach to the topic deals with the same problem under another point of view, namely with regard to the organization of an active memory and its function in deriving implicitly-stored information by using inference rules.

A fundamental contribution to the same field of problems was given by D. POSPELOV, who has developed a model domain by which a comparison of natural and artificial intelligence performances has been made possible. He has recognized the importance of the paradigm of problem solving processes for proving the effectiveness of such a meta-language. SCANDURA, working in a similar field of questions as POSPELOV, has investigated the basic mechanisms of problem solving. He has demonstrated, that besides the criteria of language performance the capacity of problem-solving has to be considered as the characteristic feature of intellectual power. The structural learning theory of SCANDURA aims at the determination of the cognitive components of intellectual competence and of their effectiveness, including the subjective estimation of the degree of difficulty or unsolvability of tasks. The same problem area, again from

another side, has been attacked by H. A. SIMON and L. W. GREGG. What must the problem-solver know and utilize in order to solve "his" problems effectively? They demonstrate the ways in which human-problem-solving is determined by the relation of the type of task requirement and the variation (variability) of tools and which information value about the natural processes can be derived from the tools of simulation out of the store of AI-procedures.

D. DÖRNER approaches the same topic from an aspect, which is essential for human creativity but which cannot yet be controlled by computer simulation. He is concerned with human self-reflexion about a problem in terms of a meta-level which can also initiate a change in the heuristic approach.

The second main section was introduced by W. KRAUSE et al. Their research work represents an essential aspect in the investigation of cognitive processes, dealing with the verbal labeling of structures for cognitive processes and performances. Their paper emphasizes the result that different representations of the same problem lead to different degrees of difficulties in finding the solution.

V. BRIABRIN and D. POSPELOV have investigated the role and function of language, especially its cognitive function in dialogue. Defining the necessary components, they discuss the frame in which natural and artificial comprehension of language can be investigated. The conception of their system DILOS is an example of choosing a meta-level from which both ways of language comprehension can be understood and investigated. Again the problem of representation is shown to be most essential and can be recognized in their discussion of the "relational" respectively "predicative" approach.

R. SCHANK is one of the inventors of effective procedures of artificial language comprehension by computer. It is interesting to note how strongly he is emphasizing the psychological background for an intuitive foundation of his procedure.

T. O'SHEA and I. HOWE are discussing an almost classical problem of developmental psychology under the aspect of artificial intelligence concerning the generative cognitive structures (mediated by a computer). His results may lead to a new field of experimental didactics.

J.-F. RICHARD has dealt with the same problem. He demonstrates, how the exact analysis of hypothesis formation depends on the type of information available. Investigations of this kind seem to be a rich source for the further extension of developmental diagnostics.

KLIX and HOFFMANN in their paper have studied some regularities which govern the comprehension of simple sentences.

The publication of the volume by the publishers VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN and ELSEVIER PUBL. COMP. allows us to include additionally two recent research reports

from our group. They were not present at the symposium itself but they deal exactly with its topic adding additional information from both sides: The report of E. LEHMANN deals with artificial language comprehension. There are obvious similarities with the work of WOODS, SCHANK, SIMMONS and others. Then we have the report by KLIX and VAN DER MEER which treats the cognitive analyses of analogous reasoning. It is well-known that analogous reasoning contains specific criteria for human intelligence.

Summarizing the results of the symposium we may outline three main trends:

1. Intelligence, from the biological and social determined point of view as well as from the artificial one, has recently become the subject of research under two aspects: These aspects may be seen as the competence of problem-solving as well as of language formation and language comprehension.

2. Under these two aspects the criteria of validity of intellectual capacity is to be seen as the minimization of expenditure. Not the solution of a problem in itself is sufficient for estimation of intelligence but the achievement of goals with a minimum of tools available.

3. An important tool is computer-simulation in order to comprehend cognitive processes in their structure as well as in their time-course. The psychological analysis of cognitive performances on the other hand is important for the construction of techniques and procedures in artificial intelligence. An interaction of both approaches proves to be very fruitful. But there also seem to exist several qualitative features in human intelligence which are so far still completely unique, for example the role and the function of self-estimation for the formation and the evaluation of cognitive strategies.

Nevertheless the symposium has proved to be a new way of multidisciplinary approaches to the field of human intelligence.

Berlin, June 1977

FRIEDHART KLIX

7965853

TABLE OF CONTENTS



Vorwort	VII
Foreword	XII
F. KLIX	
On Interrelationships between Natural and Artificial Intelligence Research	1
N. J. NILSSON	
Some Examples of AI Mechanisms for Goal Seeking, Planning, and Reasoning	11
D. A. NORMAN	
Analysis and Design of Intelligent Systems	37
D. POSPELOV	
Semiotic Models in Psychology and Artificial Intelligence Systems	45
J. M. SCANDURA	
Human Problem Solving: A Synthesis of Content, Cognition, and Individual Differences	59
H. A. SIMON	
What the Knower Knows: Alternative Strategies for Problem-Solving Tasks	89
D. DÖRNER	
Self Reflection and Problem Solving	101
B. JÜLISCH, R. KLEIN, F. KLIX, W. KRAUSE and F. KUKLA	
Some Experimental Results Regarding the Effects of Different External Representations in Human Problem Solving	109
V. M. BRIABRIN and D. A. POSPELOV	
The Problems of Dialog Communication with Artificial Intelligence Systems	121
	V

R. C. SCHANK and W. LEHNERT	
Computer Understanding of Stories	135
J. HOWE and T. O'SHEA	
Computational Metaphors for Children	141
J. F. RICHARD	
Hypothesis Testing Behavior	157
F. KLIX and J. HOFFMANN	
The Method of Sentence-Picture-Comparison as a Possibility for Analys- ing Representation of Meaning in Human Long-Term Memory . . .	171
F. KLIX and E. VAN DER MEER	
Analogical Reasoning — an Approach to Mechanisms Underlying Human Intelligence Performances	193
E. LEHMANN	
Human-like knowledge acquisition by natural language understanding and learning	213
List of Contributors	225

On Interrelationships between Natural and Artificial Intelligence Research

F. KLIX

1. There is no performance in perception, motor skills or adaptive sensorimotoric control in which some lower or higher animals are not superior over human except one: the capability to recognize structures in analogous situations, to change them in pursuing goals and by using given knowledge. The psychological analysis of this efficiency gave cause to the development of many tasks the managing of which should be due to a disposition, called intelligence. Uncounted correlation analyses (GUILFORD, JÄGER, MEILI) reveal that there are different dispositions, dependent (beside others) on the type of the task and identified as factors of intelligence. Though there is little congruence between different schools, it is given to a large extent in one aspect, namely that intelligence has something to do with a disposition for solving problems. Intuitively this seems convincing, but also trivial as long as it is not definitely clear what that means, a problem or a problem-solving process.

2. Exactly at that point, progress of knowledge came from artificial intelligence research (AI). Computer simulations of problem-solving procedures reveal that problem-situations are to be seen as information-bearing structures whose internal representation within the problem-solving system may be quite different, though nevertheless equivalent. The problem-solving process itself is due to procedures or strategies of gaining and processing information. They have their elementary mechanisms in the interplay between a given state and operations applicable to it. We know the forward and backward reasoning procedures as well as the method of hierarchical planning in problem solving procedures of intelligent subjects. The goal-directedness of the process is due to evaluations of states or operations which are working as selecting criteria. The quality of the procedure depends on the effectiveness of the strategy carried out. Measures of the expenditure or complexity are derived by KOLMOGOROFF, THIELE and others. Fig. 1 marks some essential aspects and parameters, suitable for describing problems and problem-solving procedures.

If that frame is appropriate for mapping problem-situations and for analysing problem-solving procedures in general (and therewith independent of the type of realization, i.e. biologic or electronic) it must also be appropriate to analyse intelligent behavior strategies of man. This assumption