

Der Computer als Modell des Geistes?

Probleme mit der 'Denkmaschine'.*

Andreas Schierwagen

Institut für Informatik, Abt. Intelligente Systeme

Universität Leipzig

Augustuspl. 10, 04109 Leipzig

* Publiziert in: W. Eisenberg, H. Herre u.a. (Hg.), Symposium "Physik, Information und Informationssysteme" - Leipzig 2002, Leipziger Universitätsverlag 2005, S. 141-147

1. Die aktuelle (Medien-) Diskussion zur „Künstlichen Intelligenz“

Gegenwärtig haben in den Medien Themen aus dem Bereich der Forschungen zu Künstlicher Intelligenz und Kognitionswissenschaft Konjunktur. Wissenschaftler dieser Disziplinen kommen regelmäßig mit populärwissenschaftlichen Beiträgen zu Wort, und wissenschaftliche Konferenzen zu KI-Themen finden ausführliche Beachtung. Im Zentrum stehen die vielfältigen und komplexen Möglichkeiten, die die Computertechniken eröffnen und die die Imagination mancher Forscher so sehr beflügeln, daß sie die gebotene kritische Distanz gegenüber ihren Gegenständen und Phänomenen aufgeben. Hohen Bekanntheitsgrad haben inzwischen "Futurologen" wie Ray Kurzweil, Marvin Minsky und Hans Moravec, die gekonnt auf der Klaviatur medialer Aufmerksamkeit spielen und den Auszug des Geistes aus seiner angestammten Hülle, den Sieg der Software über die Biologie prophezeien. Nach ihrer Überzeugung ist es nur noch eine Frage der Zeit, bis es gelingt, die Rätsel des menschlichen Geistes zu lösen und künstliche kognitive Systeme zu schaffen bzw. das Bewußtsein eines Menschen auf neuen Datenträgern zu speichern.

Prognosen dieser Art sind allerdings keineswegs neu. Einen Startpunkt stellte Alan Turings Artikel *Computing Machinery and Intelligence* aus dem Jahre 1950 dar, in dem er seinen Optimismus über die Möglichkeit formulierte, daß 50 Jahre später denkende Maschinen existieren würden [1]. Diese Arbeit bewirkte maßgeblich, daß sich KI und Kognitionswissenschaft als wissenschaftliche Disziplinen etablierten.

In diesem Beitrag soll skizziert werden, mit welchen Schwierigkeiten KI und Kognitionswissenschaft in den vergangenen 50 Jahren bei dem Versuch konfrontiert wurden, Turings Zielstellung zu verwirklichen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Frage, ob KI-Maschinen eine Semantik besitzen können. Am Beispiel des Computersehens wird der Semantikbegriff der klassischen KI als der einer internalistischen Semantik gekennzeichnet, mit der ein Zugang zur Welt nicht erreicht werden kann. Wir stellen weiter den Symbolverankerungsansatz vor, der einem Symbolsystem den Zugang zu seiner Umwelt ermöglichen soll. Damit wird eine Verankerung der intrinsischen Repräsentationen in sensorischer (visueller etc.) "Erfahrung" angestrebt, eine Lösung des Verstehensproblems im eigentlichen Sinne aber nicht erreicht. Wir argumentieren dafür, daß die Rede von semantischen Systemen in der KI nur metaphorisch sein kann.

2. Turing-Test und Symbolverarbeitungsansatz in der KI

In dem genannten Artikel [1] versuchte Turing die Frage: "Kann eine Maschine denken" (dieser Titel trägt die 1967 erstmals erschienene deutsche Übersetzung [2]) zu beantworten. Da Turing die psychologische und philosophische Frage, was das Denken sei, ausdrücklich vermeiden wollte, formulierte er ein *Imitationsspiel* als operationales Kriterium für das Denken: ein Fragesteller in einem Raum kommuniziert (z.B. via Tastatur und Bildschirm) in vorgegebener Zeit mit einer Person in einem zweiten Raum und einem programmierten Computer in einem dritten Raum (Abb. 1). Kann der Fragesteller die Ausgaben des Computerprogramms nicht von den Antworten des Menschen unterscheiden, dann dürfe man sagen, daß die Maschine 'denken' kann. Turing ersetzte also das ursprüngliche Problem durch eine nach seiner Ansicht äquivalente Fragestellung, die in der Künstliche Intelligenz später als *Turing-Test* bekannt wurde.

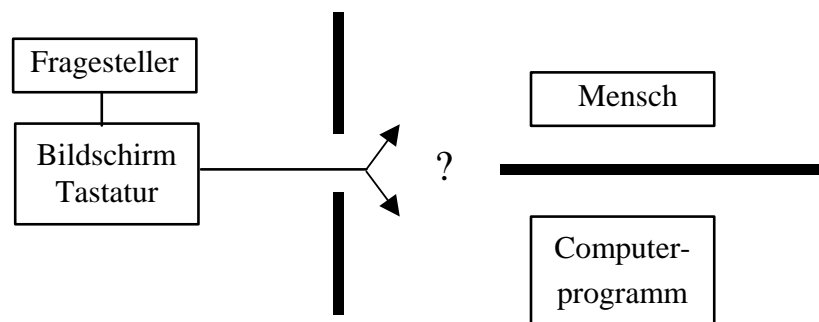


Abb. 1. Der Turing-Test.

In der weiteren Entwicklung der KI spielte der Turingtest eine wichtige Rolle. Manche Vertreter der KI betrachten den Turingtest als objektives Kriterium für das Denken: sie behaupten, daß von einer Maschine, die den Turingtest besteht, gesagt werden kann, sie könne im eigentlichen Sinne denken. Eine derartige Auffassung kennzeichnet SEARLE in seinem Aufsatz "Geist, Gehirn und Programme" [3] als 'starke These der künstlichen Intelligenz' und unterscheidet sie von der 'schwachen These der künstlichen Intelligenz', nach der mit Computerprogrammen Kognitionen *simuliert* werden können, ohne sie damit zu duplizieren.

Die mathematisch-logischen Grundlagen für seine Überzeugung, daß entsprechend programmierte Computer das Imitationsspiel bestehen könnten, waren 1936 von Turing mit dem Kon-

zept der (später nach ihm benannten) abstrakten Maschine selbst geschaffen worden [4]. Auf dieser Basis formulierten NEWELL und SIMON 1976 die *Physical Symbol Systems Hypothesis* (PSSH), nach der ein materiell realisiertes Symbolverarbeitungssystem die notwendigen und hinreichenden Bedingungen für Kognition besitzt [5].

Da das materielle Symbolsystem als universelle Turingmaschine konzipiert ist und die Turingmaschine ein universelles Berechnungsmodell darstellt, ist die PSSH gleichbedeutend mit der Behauptung, daß *Kognition als Berechnung* aufzufassen sei. Diese Sicht wurde konstitutiv für die Kognitionswissenschaft (s. Gardner [6] für eine lesenswerte Darstellung ihrer Geschichte) als einer Disziplin, die Kognition als nicht an biologische Systeme gebundenes Phänomen begreift, sondern von der Möglichkeit ihrer *multiplen Instanzierbarkeit* ausgeht.

Für NEWELL und SIMON ist das Konzept des Symbols vollständig innerhalb der Struktur des *Physical Symbol System* (PSS) definiert, auch wenn eine Verbindung zum designierten Objekt gefordert wird. Die Form der Symbole ist arbiträr, ihre Interpretation erfolgt gemäß der Übereinkunft zwischen Beobachtern des PSS. Nach der PSSH besteht intelligentes Verhalten aus folgenden Schritten: Erzeugung von Symbolen durch den sensorischen Apparat und anschließende Manipulation dieser Symbole (etwa mit Inferenz-Techniken oder algorithmischer Suche) mit dem Ziel, ein Symbol oder eine Symbolstruktur als Ausgabe zu erzeugen.

In diesem Zusammenhang entsteht sofort die Frage: Wie kann in einem PSS – nach der 'starken KI-These' kann das ein Mensch oder ein Computer sein - ein inhaltliches Verständnis der Sachverhalte entstehen, die durch die Symbole referenziert werden? Da die Verhältnisse bei Menschen nach wie vor weitgehend unklar sind, betrachten wir ein KI-System, das im Bereich des Computersehens *Bildverstehen* realisieren soll.

3. Bildverstehen im Symbolverarbeitungsansatz

Bildverstehen (Image Understanding) wird im Rahmen der Forschungen zur KI dem Maschinensehen (Computer Vision) zugeordnet. Die Zielstellungen des Bildverstehens bilden einen Schwerpunkt bei den Bemühungen, eine Maschine zur "intelligenten" Interaktion mit ihrer Umwelt zu befähigen. Eine solche Maschine gewinnt mit Sensoren Information aus ihrer 3D-Umwelt, die in Form von natürlicher Sprache, Bildern, Geräuschen u.ä. auftreten können. Diese Information wird weiter verarbeitet, um zu verschiedenen Formen interner Repräsentation zu gelangen, die wiederum die Interaktion mit der Umwelt ermöglichen, sei es in sprach-

licher Form oder durch Handlungen eines Roboters. Die internen Repräsentationen stellen das "Wissen" des wissensbasierten Computersehens dar.

Als theoretischer Rahmen des wissensbasierten Computersehens dient einerseits die PSSH, andererseits MARRS Konzeptualisierung des Sehens als Prozeß der Informationsverarbeitung [7]. Computersehen ist dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene konzeptuelle Sichten nebeneinander bestehen (vgl. [8]). Eine weitgehende, verschiedene Richtungen zusammenfassende Definition wurde von NEUMANN [9, S.567] vorgeschlagen:

"Bildverstehen ist die Rekonstruktion und Deutung einer Szene anhand von Bildern, so daß mindestens eine der folgenden operationalen Leistungen erbracht werden kann:

- Ausgabe einer sprachlichen Szenenbeschreibung
- Beantwortung sprachlicher Anfragen bezüglich der Szene
- kollisionsfreies Navigieren eines Roboters in der Szene
- planmäßiges Greifen und Manipulieren von Objekten in der Szene."

Diese Definition schließt Bilddeutung ein und legt damit den Akzent auf das Verstehen. Eingaben für das System sind Bilder einer Kamera, aus denen in einem mehrstufigen Prozeß eine Repräsentation der Umweltszene (d.h. ein räumlich-zeitlicher Ausschnitt der Umwelt), die die Bilder verursacht hat, gewonnen werden soll. Für die interne Repräsentation der Szenenbeschreibung werden Methoden der Wissensrepräsentation und Inferenz-Verfahren (insbesondere räumliches Schließen) eingesetzt.

Der Rahmen, in dem in der klassischen KI Sehen untersucht wird, ist in Abb. 2 dargestellt. Bildverstehen als Prozeß wird durch das Zusammenwirken von vier aufgabenspezifischen Teilprozessen beschrieben, die jeweils spezifische Zwischenrepräsentationen erfordern.

Aktuelle wissensbasierte Bildverstehens-Systeme orientieren sie sich weiter an diesem Konzept, auch wenn sie i.a. von der strikten Verarbeitungshierarchie abweichen. Stattdessen verfügen sie über eine interaktiv-hierarchische Architektur, in der Teilergebnisse früherer Verarbeitungsschritte Prozesse auf höheren Ebenen auslösen, deren Ergebnisse auf die Verarbeitungsschritte niederer Ebenen rückwirken [8].

4. 'Verstehen' bei KI-Maschinen: das Problem der Symbolverankerung

Nachdem Bildverstehen als mehrstufiger Prozeß dargestellt wurde, wenden wir uns der Frage zu, welcher Begriff von 'Verstehen' hier zugrunde gelegt wird und wodurch bzw. an welcher Stelle in diesem Prozeß 'Verstehen' stattfindet.

Wissensarten	Repräsentationsebenen	Teilprozesse
Alltagswissen Situationsmodelle Vorgangsmodelle	Vorgänge Situationen Objektkonfigurationen	<i>höhere Bilddeutung</i>
Objektmodelle	Objekte, Trajektorien	<i>Objekterkennung</i>
projektive Geometrie	Szenenelemente: 3D-Oberflächen Volumina, Konturen	<i>niedere Bilddeutung</i>
Photometrie allgemeine Realwelt- eigenschaften	Bildelemente: Kanten, Bereiche Textur, Bewegungsfluß	<i>primäre Bildanalyse, Segmentierung</i>
	digitales Rasterbild (Rohbild)	

Abb. 2. Bildverstehen als hierarchischer, wissensbasierter Prozeß. Dargestellt sind die unterschiedlichen Wissensarten, mit denen der Rückschluß vom Bild auf die Szene realisiert werden soll (links) und die Zwischenrepräsentationen auf den verschiedenen Ebenen (Mitte), die durch die entsprechenden Teilprozesse (rechts) erzeugt werden (vgl. [8]).

In der o.g. Definition ist Bildverstehen zum einen damit verbunden, daß Objekte einen Namen zugewiesen bekommen. Dies kann durch verschiedene Matching-Verfahren erreicht werden,

d.h. Resultate der niederen und mittleren Bildverarbeitung werden auf der hohen Repräsentationsebene (Bild- oder Szenenbeschreibung) mit gespeicherten Objekt-Modellen bezüglich Übereinstimmung verglichen. Im Fall eines Roboters dagegen geht es nicht um das explizite Verstehen durch Designation, sondern um den "impliziten" Beweis für Verstehen, indem der Roboter in seiner Interaktion mit der Umwelt angepaßtes Verhalten zeigt.

Stellen wir uns nun ein geeignet programmiertes System vor, das den Turing-Test für Bildverstehen besteht. Nach dem Anspruch der "starken KI" versteht ein solches System die Szene und stellt gleichzeitig auch die Erklärung dafür dar, wie Menschen diese Szene verstehen.

Vergegenwärtigen wir uns die oben skizzierte Arbeitsweise eines BVS, wird allerdings die Unhaltbarkeit dieser Behauptung klar. Die Schritte bei der Verarbeitung von Bilddaten sind völlig transparent: auf die frühen, signalnahen Verarbeitungsschritte folgen solche der Symbolmanipulation (Objekterkennung, höhere Bilddeutung), für die sich die Argumentation SEARLES [3] bezüglich des *chinesischen Zimmers* anwenden läßt¹. Obwohl ein Beobachter des BVS den Eindruck hat, daß es die Szene versteht, kann davon nicht die Rede sein: die Algorithmen, die ein Programmierer in einer bestimmten Programmiersprache formuliert hat, besitzen von sich aus und für sich selbst keine Bedeutung².

Im Anschluß an SEARLE wurde von HARNAD [10] ein konzeptuelles Modell entwickelt, mit dem Symbole in der Umwelt eines Systems verankert werden sollen. HARNAD kritisiert den Symbolverarbeitungsansatz für die Behauptung, daß bedeutungsvolle Programme durch regelgeleitete Symbolmanipulationen entstehen könnten. Als *Symbolverankerungsproblem* (Symbol Grounding Problem) versteht HARNAD die Aufgabe, einem formalen Symbolsystem die Semantik mitzugeben, anstatt daß diese nur "parasitär in unseren Köpfen ist". Als Lösung schlägt er vor, Symbole über nichtsymbolische (ikonische und kategoriale) Zwischenrepräsentationen kausal mit den Objekten zu verbinden, auf die sie verweisen. Neuronale Netze sollen dazu dienen, die Zwischenrepräsentationen zu erzeugen. Ziel ist ein hybrides System, das die Verbindung von sensorischer Erfahrung und Symbol enthält. HARNAD betont, daß mit derart verankerten Symbolen die Kompositionalität des Systems leicht zu erreichen wäre. Ein

¹ Darunter versteht SEARLE das inzwischen klassische Gedankenexperiment, um die starke These der KI zu widerlegen. Angenommen, es gäbe ein Computerprogramm, das chinesische Sätze verarbeiten und chinesische Fragen auf Chinesisch beantworten kann. Prinzipiell kann ein Mensch das, was ein Computerprogramm ausführt, nämlich nach bestimmten vorgegebenen Regeln Symbole zu manipulieren, auch ausführen. Man kann sich also einen Menschen vorstellen, der in einem Raum eingeschlossen ist und – ohne selbst Chinesisch zu verstehen – ein Regelbuch in einer ihm verständlichen Sprache hat, in dem festgelegt ist, wie chinesische Symbole zu verarbeiten sind. Auch wenn der Output für einen Chinesisch Sprechenden richtig sein mag, und er davon überzeugt ist, daß er mit jemandem spricht, der die chinesische Sprache beherrscht, so ist er doch im Irrtum. Der Mensch versteht kein Chinesisch, er führt lediglich Manipulationen an Hand syntaktischer Symbolmerkmale aus.

² Die Argumente SEARLES werden durch Analysen des Semantikkonzepts der Informatik gestützt, vgl. etwa [12, 13].

BVS könnte danach eine komplexe Szene verstehen, indem Elementarobjekte in sensorischer Erfahrung verankert würden und die inhärente Bedeutung von komplexen Objekten, Objektkonstellationen u.ä. gemäß dem FREGESchen Prinzip sich daraus ergeben würde.

Später hat HARNAD eingeräumt, daß durch Symbolverankerung wohl nur erreicht werden kann, die Interpretationsmöglichkeiten für die Symbole einzuschränken. Es kann nicht sichergestellt werden, daß die Semantik der Symbole intrinsisch, also unabhängig von Interpretation ist [11]. Mit dem Symbolverankerungsansatz läßt sich eine Korrelationssemantik realisieren, die für eine technisch ausgerichtete KI allerdings durchaus von Vorteil sein kann³.

5. Schlußfolgerungen

Wie ist angesichts des Verstehensproblems bei KI-Maschinen die eingangs formulierte Prognose Turings zu bewerten, dass zur Jahrtausendwende Digitalrechner in der Lage sein würden, den Turing-Test erfolgreich zu meistern, also denkende Maschinen existieren würden?

Zunächst ist festzuhalten, dass in KI und Kognitionswissenschaft die Akzeptanz von Turing-Tests als Kriterium für die Verstehenskapazität von KI-Systemen schwindet [14]. Wie wir am Beispiel eines BVS gezeigt haben, ist der Turing-Test ungeeignet um zu entscheiden, ob ein System intentionale Zustände besitzt oder nicht. Selbst wenn ein Computer den Turingtest bestehen sollte (was übrigens bis heute nicht gelungen ist), wären wir nicht berechtigt, von ihm zu sagen, daß er in dem Sinne versteht, meint, hofft etc. wie ein Mensch. In diesem Sinn ist das Scheitern der Erwartungen einer KI, die diesen Namen verdient, sicher unbestreitbar⁴.

Ein weiterer Kritikpunkt betrifft die PSSH. Diese Hypothese klammert semantische Aspekte bei der Beschreibung intelligenten Verhaltens aus, indem zwischen der syntaktischen und der semantischen Ebene, d.h. den regelgeleiteten Manipulationen von Zeichen und der jeweiligen semantischen Interpretation Unabhängigkeit postuliert wird⁵. Wie wir gesehen haben, kann

³ In den Worten HARNADS [11, p. 340]: "...the fact that our own symbols do have intrinsic meaning whereas the computer's do not, and the fact that we can do things that the computer so far cannot, may be indications that even in AI there are performance gains to be made (especially in robotics and machine vision) from endeavouring to ground symbol systems."

⁴ Trotzdem kann die Künstliche Intelligenz Erfolge verbuchen, etwa Deduktionssysteme, die prinzipiell die prozedurale Komponente klassischer KI-Systeme darstellen, oder wissensbasierte Systeme (Expertensysteme), die der erste große Verkaufserfolg der KI wurden (vgl. [15]).

⁵ HAUGELAND [16, p. 23] formuliert dies so: "... if you take care of the syntax, the semantics will take care of itself."

jedoch ein KI-System bestenfalls den Anschein erwecken, als würde es verstehen; in Wirklichkeit sind wir es (als Nutzer, Programmierer usw.), die diesem System Bedeutung "borgen". Es ist also unser Dasein, durch das die Symbolstrukturen eines PSS semantisch instanziiert werden können. Mit anderen Worten, die Redeweise vom Verstehen (etwa Bild- oder Sprachverstehen) bei KI-Maschinen ist ein Kategorienfehler: Maschinen haben keine Subjektivität, und deshalb ist es unsinnig zu erwarten, daß sie je eine echte Verstehenskapazität erlangen könnten. Die Einsicht greift sich Raum, daß diese Einschätzung nicht auf "intelligente" Systeme auf der Basis des Symbolverarbeitungsansatzes beschränkt ist, sondern auch für alternative (konnektionistische, enaktive u.a.) Ansätze Gültigkeit hat (z.B. [13, 17]). Ursächlich dafür dürfte der Informationsverarbeitungsansatz sein, mit dem es - ungeachtet der Betonung der Agent-Umwelt-Interaktion in modernen Forschungskonzeptionen - nicht gelingt, die historisch begründete, ganzheitliche Natur von Lebewesen und ihre lebensweltliche Einbindung zu erfassen. Es spricht viel dafür, dass Kognitionen eben doch keine Berechnungen sind [18, 19] ! Für die KI kann das nur bedeuten, die Werkzeugperspektive⁶ einzunehmen und ihre Möglichkeiten gezielt und konstruktiv zu nutzen. Wichtige Schritte zur theoretischen Fundierung der Werkzeug-Perspektive wurden in jüngster Zeit von Vertretern des *Kulturalismus* unternommen [21].

Literatur

- [1] Turing, A.: *Computing Machinery and Intelligence*. Mind 59 (1950), 433-460.
- [2] Turing A.: *Kann eine Maschine denken?.*- In: *Kursbuch 8*, / Hans M. Enzensberger (Hrsg.), 1967, S. 106-138.
- [3] Searle, J.R.: *Geist, Gehirn und Programme*. In: *Kognitionswissenschaft* / Münch, D. (Hrsg.). Frankfurt: Suhrkamp 1992, S. 225-252.
- [4] Turing, A.: *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*. Proc. London Math. Soc., Ser. 2, 42 (1936), 230-265.

⁶ Bekannte Vertreter dieser Position sind WINOGRAD & FLORES [20], die grundsätzliche Kritik an der traditionellen KI formulieren. Sie schlagen vor, Computersysteme zu bauen, die die menschliche Intelligenz unterstützen und verstärken, anstatt zu versuchen, Systeme zu bauen, die selbst intelligent sind, was ihrer Meinung nach ein nutzloses Unterfangen ist. Diese Sicht wird von einer relativ starken Gruppe aus dem Bereich des Software-Engineerings vertreten (*Human Design*).

- [5] Newell, A., Simon, H. A.: *Computer science as empirical enquiry: Symbols and search*. Communications of the ACM, 19 (1976), 113-126.
- [6] Gardner, H.: *Dem Denken auf der Spur: der Weg der Kognitionswissenschaft*. Stuttgart: Klett-Cotta, 1989.
- [7] Marr, D.: *Vision*. San Francisco: W.H. Freeman, 1982.
- [8] Schierwagen, A.: *Vision as Computation, or: Does a Computer Vision System Really Assign Meaning to Images?* In: *Integrative Systems Approaches to Natural and Social Sciences - Systems Science 2000* / M. Matthies; H. Malchow; J. Kriz (eds.). Berlin Heidelberg: Springer, 2001, pp. 579-787.
- [9] Neumann, B.: *Bildverstehen - ein Überblick*. In: *Einführung in die künstliche Intelligenz / Görz, G. (Hrsg.)*. Bonn [u.a.]: Addison-Wesley, 1993. S. 559-588.
- [10] Harnad, S.: *The symbol grounding problem*. - In: *Physica D*, 42 (1990), 335-346.
- [11] Harnad, S.: *Symbol grounding is an empirical problem*. - In: *Proc. 15th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Boulder, CO, 1993, pp. 169-174.
- [12] Hesse, W.: *Können Maschinen denken - eine kritische Auseinandersetzung mit der harten These der KI*. In: *Informatik zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Informatik-Fachberichte Bd. 309* / Kreowski, H.-J. (Hg.) : Berlin Heidelberg: Springer, 1992. S. 280 - 289.
- [13] Meretz, S.: *Informatisierung der Psychologie – Psychologisierung der Informatik*. http://www.kritische-informatik.de/psy_inf.htm , 2001.
- [14] Gold, P.; Engel, A.K. (Hrsg.): *Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1998.
- [15] Görz, G. (Hrsg.): *Einführung in die künstliche Intelligenz*. Bonn [u.a.]: Addison-Wesley, 1993.
- [16] Haugeland. J.: *Semantic engines: An introduction to mind design*. In: *Mind Design. Philosophy Psychology Artificial Intelligence* / Haugeland. J. (Hg.): Cambridge, Mass. / London, England: MIT Press, 1981. pp. 1-34.
- [17] Ziemke, T.: *Rethinking grounding*. In: *Does Representation Need Reality?* / Riegler, A.; vom Stein, A.; Peschl, M. (eds.). New York: Plenum Press, 1999. pp. 97-100.
- [18] Searle, J.R.: *Is the brain a digital computer?* In: *Proc. Adr. Amer. Philos. Assoc.* 3 (1990), 21-37.
- [19] Harnad, S.: *Computation is just interpretable symbol manipulation; cognition isn't*. *Mind and Machines* 4 (1994), 379-390.

[20] Winograd, T.; Flores, F.: *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*. New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1986.

[21] Janich, P.: *Die Naturalisierung der Information*. In: *Sitzungsberichte der Wissenschaftlichen Gesellschaft an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main; Bd. 37, Nr. 2*. Stuttgart: Steiner 1999. S. 23-54.