

Künstliche Intelligenz und automatische Sprachverarbeitung - ausgewählte Forschungen im Kombinat ROBOTRON

Frank Zänker

Am Weißiger Bach 147 a
01328 Dresden
frank.zaenker@t-online.de

Abstract: Der Autor beschreibt aus seiner Erinnerung die Grundlagenforschungen auf den Gebieten *Künstliche Intelligenz* und *Computerlinguistik* bei ROBOTRON. Er nennt die Bedingungen, Umstände und Veränderungen, unter denen diese Arbeiten stattfanden und wie er sie wahrgenommen hat, nennt Ziele, Leistungen und Ergebnisse und resümiert das Ende dieser Arbeiten 1989/90. Insofern ist der Aufsatz ein Beitrag zur Chronik, zur Industriegeschichte des VEB KOMBINAT ROBOTRON. Zum Schluss wagt der Autor eine Prognose, wie die Künstliche Intelligenz durch einen Paradigmenwechsel in ihrem Verständnis und ihren Methoden, durch ein anderes Modell der Intelligenz eine neue Perspektive erhalten könnte.

1 Die Ursprünge in Dresden 1965 bis 1969

Im Jahre 1965 war unter Leitung von Prof.N.J.LEHMANN das *Institut für maschinelle Rechentechnik* (IMR) als eine Einrichtung der *Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (DAW) in Dresden gegründet worden. Diese Gründung ging formal auf das "Programm von Maßnahmen zur Entwicklung, Einführung und Durchsetzung der maschinellen Datenverarbeitung in der DDR in den Jahren 1964 bis 1970" vom 3.7.1964 zurück. Bereits 1967 wurde das IMR aber in die *VVB Datenverarbeitung und Büromaschinen Erfurt* eingegliedert, und Prof. LEHMANN zog sich auf seine Forschungs- und Lehraufgaben an der TU Dresden und die Mitarbeit in nationalen Gremien zurück. Die Leitung des IMR wurde an seiner Stelle an Prof. ADLER übertragen.

Das Institut war in zwei Baracken auf der Franklinstraße 17 in Dresden untergebracht, es waren etwa 100 Mitarbeiter beschäftigt, und die Arbeitsthemen waren auf ausgewählte Aspekte künftig erwarteter Computertechnologien orientiert: physikalischen Untersuchungen zu neuen Speichermedien, Entwurf und Konzipierung neuer, effektiver Rechnerstrukturen sowohl für Digital- als auch Analog- und Hybridrechner, optische Zeichen-, Bild- und Mustererkennung, spezielle Architekturen (zelluläre und Lernstrukturen), Verfahren, um die räumlichen Eigenschaften eines abgelichteten Objekts in der Reproduktion sichtbar zu machen (Holografie), Grundlagen der Softwaretechnologie wie vergleichende Untersuchungen von bestehenden universellen

Programmiersprachen (ALGOL 68, PL 1, SIMULA-67) einschließlich ihrer algebraischen Beschreibung und der Syntaxanalyse über die Entwicklung neuer Programmiersprachen bis hin zur Analyse und formalen Beschreibung von Lern- und Entscheidungsprozessen, u. a. automatisches Problemlösen. Die softwareorientierten Arbeiten waren im Fachbereich *mathematisch-kybernetische Grundlagen* zusammengefasst. Der andere, der hardwareorientierte Fachbereich hieß *physikalisch-technische Grundlagen*. Die gerätetechnische Basis der Arbeiten war der Digitalrechner D4a, programmiert wurde im Maschinencode.

Zu den Mitarbeitern und Führungskräften des IMR gehörten Wissenschaftler, die die Entwicklung des Digitalrechners vom D1 zum D4a unter Prof. LEHMANN begleitet und wesentlich mitgestaltet hatten, also v. a. Mathematiker, Physiker, Diplomingenieure. Die Arbeitsthemen und Forschungsziele wurden vorwiegend aus den Arbeitsgruppen entwickelt, waren aber inhaltlich und terminlich mit der Institutsleitung abgestimmt. Später kamen auch Biologen, Philosophen, Lehrer usw. als Mitarbeiter zum IMR. Das Studienfach *Informatik* kannte man damals in der DDR ebenso wenig wie den ausgebildeten Informatiker, der gängige russische Begriff *informatika* bezeichnete stattdessen die Lehre von der Information/Dokumentation im Bibliothekswesen und für Dokumentenverwaltungssysteme. Um diese Zeit begann sich das Arbeitsgebiet *automatisches Problemlösen*, in dem anfangs weniger als ein Dutzend Mitarbeiter des Instituts tätig waren, international als *Künstliche Intelligenz* (KI, auch *artificial intelligence*, AI) zu etablieren.

2 Von den Anfängen bei ROBOTRON ab 1969 bis 1980

Am 01.04.1969 wurde das *Großforschungszentrum* (GFZ) als die zentrale Entwicklungs- und Forschungseinrichtung des *VEB Kombinat Robotron* gegründet. Das IMR wurde in das GFZ übernommen und bildete dort als Fachgebiet E1 einen der anfänglich fünf Leistungsbereiche. An dem Wechsel in die volkseigene Industrie nahmen einige Fachkräfte des IMR schon nicht teil, die Fluktuation gerade der fähigsten wissenschaftlichen Führungskräfte und Mitarbeiter setzte sich auch in den folgenden Jahren fort. Die ehem. „wissenschaftlichen Mitarbeiter“ des IMR wurden Ende der 70er Jahre bei ROBOTRON, soweit noch dort tätig, in „Mitarbeiter F/E“ umbenannt.

Auch die beiden Fachbereiche des IMR wurden ins GFZ als fachliche Struktureinheiten übernommen. Im Fachbereich *mathematisch-kybernetische Grundlagen* wurden mit durchschnittlich etwa 15 Mitarbeitern die Forschungsarbeiten auf den Gebieten *Rechnerstrukturen*, *Automatisierung der Programmierung* (heute *Softwaretechnologie*), *Problemlösungsverfahren* (heute *Künstliche Intelligenz*) und *Lernstrukturen* erst einmal unverändert fortgeführt. Unter den Problemlösungsverfahren i. e. S. verstand man algebraische Formelmanipulation, Strategien des automatischen Problemlösens, automatischen Theorembeweis, Frage-Antwort-Systeme und allgemein die Verarbeitung der natürlicher Sprache, insbesondere die natürlchsprachige Kommunikation mit Computersystemen.

Es war die Zeit, als STEINBUCH die *Lernmatrix* (als besonderen Typ eines künstlichen neuronalen Netzes) konzipiert hatte [St63], die Publikationen von BOOTH [Bo67] oder MINSKY [Mi68] beschrieben den *state of the art* der „intelligenten“ Maschinenleistungen, und mit Interesse wurden auch die quasi-schöpferischen Experimente von GUNZENHÄUSER oder MAX BENSE zur „künstlichen Kunst“, die Geschichte der ENIAC-Symphonie oder das Dialogsystem ELIZA [We66] zur Kenntnis genommen. Es gab damals einen weit verbreiteten, nahezu grenzenlosen Glauben an die technische Entwicklung und die Möglichkeit, zukünftig immer komplexere intellektuelle Tätigkeiten auf Rechenautomaten zu übertragen. „Intelligenz“ wurde mittels des *Turing-Tests* [Tu50] definiert. Die weitgespannten Hoffnungen wurden auch durch die großzügigen, vielfältigen Forschungsprojekte in den USA und Westeuropa und ihre ersten Erfolge genährt, und in den 80er Jahren gab das hoch ambitionierte *5th generation project* der japanischen Ministerien für Wirtschaft und Technologie den Erwartungen und Zukunftsvisionen einen weiteren Auftrieb [Gr89].

Die Forschungen zur KI bei ROBOTRON hatten von Anfang an immer eine ambivalente Stellung: Einmal war es allen einsichtig, dass es sich um Grundlagenforschung handelte, deren Nutzen sich vermutlich nicht in kürzester Zeit realisieren würde. Das Verhältnis der anderen Mitarbeiter von ROBOTRON war zu „den Forschern“ deshalb eher freundlich-distanziert. Man war vielleicht auch besorgt, eine mögliche Zukunftschance zu verpassen, wenn man nicht zumindest mit einer kleinen Kapazität sich wissenschaftlich auf dem Laufenden hielt. Es gab auch keine Erfahrung, wie man mit einer Industrieforschung, die von zahlenmäßig wenigen Mitarbeitern betrieben wurde, in einem Kombinat mit tausenden Angestellten und klaren kurz- bis mittelfristigen wirtschaftlichen Zielvorgaben am besten umgehen sollte. Später, als die Erwartung wuchs, dass die KI in endlicher Zeit einen Beitrag zur Softwarestrategie und Softwareentwicklung bei ROBOTRON zu leisten habe, wurden die Arbeiten zur KI oft auch als „Vorlauf-“ oder „angewandte Forschungen“ interpretiert. Aus heutiger Sicht wäre vielleicht der Begriff „Verfolgungsforschung“ zutreffender, da zwischen den Forschungsleistungen zumeist an westlichen Universitäten, ihrer Veröffentlichung, ihrem Bekanntwerden bei den KI-Mitarbeitern von ROBOTRON und den Impulsen, die davon wieder für die eigenen Arbeiten ausgingen, in der Regel eine größere Zeitspanne lag. (Es kursierte sogar der böse Ausdruck der „Nachforschung“.) Literatur zur komplexen automatischen Verarbeitung der deutschen Sprache gab es in den Anfangsjahren ohnehin nur spärlich.

Die Vielfalt der Arbeiten zur KI bei ROBOTRON, so wie sie anfangs vom IMR übernommen worden waren, wurde bald auf die Verarbeitung der natürlichen Sprache, also speziell des Deutschen, und die Wissensverarbeitung durch Rechenanlagen konzentriert. Einmal war mit dem Personalbestand das gesamte KI-Spektrum ohnehin nicht abzudecken, nicht einmal die Fachliteratur konnte angemessen verfolgt werden. Zum anderen galten und gelten Sprachverstehen und Spracherzeugung als eine genuin menschlich-intellektuelle Leistung (*sprachliche Intelligenz*), für deren Modellierung eine Reihe von Wissensgebieten und Verfahren einzubeziehen sind: Ermittlung der Grundformen flektierte deutscher Wörter (*Lemmatisierung*), die Ermittlung von Struktur und Bedeutung (*Syntax* und *Semantik*) sprachlicher Äußerungen und ihre computergerechte interne Präsentation, Formulieren und Speichern axiomatischer

Grundtatsachen über Sprache und Diskurswelt (*Hintergrundwissen*) sowie geeignete deduktive Verfahren zur Ableitung „neuen Wissens“ (zur *Disambiguierung* von mehrdeutigen Äußerungen, als Antwort auf Fragen oder zur internen Revision des Hintergrundwissens), ggf. unter Einbeziehung geeigneter, auch nichtklassischer Logikkalküle, bis hin zu Verfahren der Generierung von Äußerungen aufgrund eines *Diskursverständnisses*. Dazu sind sprachwissenschaftliche Kenntnisse und Theorien heranzuziehen – von der Morphologie über die Syntax bis zur Semantik aus der klassischen Linguistik wie auch die pragmatische Intention von Äußerungen. Text- und Sprechakttheorie sowie Kommunikations- und Kognitionswissenschaft sind dabei ebenso bedeutsam, wie auch Fragen aus der Erkenntnistheorie und der Zeichentheorie (*Semiotik*) zum wissenschaftlichen Hintergrund gehören. Und für alle diese Prozesse, Beschreibungs- und Darstellungsebenen waren effektive programmtechnische Mittel zu entwickeln: effektive morphologische Zerlegungen, schnelle Wörterbuchzugriffe, Mittel für Aufbau und Pflege von Wörterbüchern, *Parsing*-Verfahren, kompakte Speichersformen für Bedeutungen, automatisches Schlussfolgern, Generierungsalgorithmen.

Für das Arbeitsgebiet *Verarbeitung natürlicher Sprache durch Computer* begann sich international der Begriff *Computerlinguistik* (CL) durchzusetzen. In der Computerlinguistik wird untersucht, wie natürliche Sprache mit Hilfe des Computers algorithmisch verarbeitet werden kann. Sie ist ein Teilbereich der Künstlichen Intelligenz und gleichzeitig die Schnittstelle zwischen Sprachwissenschaft und Informatik.

Die 60er und 70er Jahre waren für diese Arbeiten eine günstige, eine fruchtbare Zeit, als einmal CHOMSKY hilfreiche formale Grammatikformalismen vorgelegt hatte [Ch56], [Ch65], aber auch die geisteswissenschaftliche Strömung des Strukturalismus hatte sich weit verbreitet und zu interessanten neuen, theoretischen Einsichten auch über die Sprache geführt hatten [Ca45].

Die weltweiten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur automatischen Verarbeitung natürlicher Sprache umfassten damals schon ein sehr breites Spektrum - von akustischer Spracherkennung und dem *speech understanding* über natürlichsprachige Dialog- und Auskunftssysteme bis zur automatischen Übersetzung. Mit Blick auf die Aufgabenstellungen bei ROBOTRON wurde die Arbeiten speziell auf Auskunftssysteme, Frage-Antwort-Systeme bzw. die natürlichsprachige Abfrage von gespeicherten Datenbankinhalten in Rechnern beschränkt. Das Forschungsthema hieß deshalb auch in der Anfangszeit *POS-Frage-Antwort-System*. Die Arbeiten zielten auf ein System ab, über das man Fragen in natürlicher Sprache über Aufbau und Arbeitsweise von problemorientierten Softwarepaketen (POS) stellen konnte und darauf – ggf. kurze, schlagwortartige - Antworten erhielt, also sozusagen ein natürlichsprachig getriggertes *information retrieval*. Das Programmpaket, mit dem das realisiert werden sollte, war das „Frage-Antwort-System 1975“ (FAS-75).

Die Rechner, die für diese Arbeiten zur Verfügung standen, waren vergleichsweise leistungsfähige Großrechner aus der ROBOTRON-Baureihe R300, bald aber schon der R40. Die Programmierung und die Eingabe von Sprachäußerungen erfolgten mittels Lochkarten, der Output waren gedruckte Listen. Programmiert wurde in der Sprache LISP, die 1958 erstmals spezifiziert wurde und am *Massachusetts Institute of Tech-*

nology in Anlehnung an den Lambda-Kalkül entwickelt worden war. Bei ROBOTRON war 1970 die deutschlandweit erste Implementation eines LISP-Interpreters vorgenommen worden, die später noch um einen Compiler erweitert wurde [St77].

3 Forschungsbedingungen, Kommunikation und Kooperation

Die Fachkollegen und Spezialisten der KI, insbesondere auch aus den modernen Sprachwissenschaften, und die auf Teilgebieten der Computerlinguistik Tätigen innerhalb der DDR kannten sich untereinander alle und unterhielten über Jahre gute fachliche Kontakte. So bestand mit dem *Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse* (ZKI) an der AdW über lange Zeit ein Kooperationsvertrag, der schließlich zur gemeinsamen Implementierung des *FAS-80*, der Nachfolgeversion von *FAS-75*, führte [HB83]. Es gab einen regen Gedankenaustausch mit Vertretern der *Humboldt-Universität* (Sektion Psychologie, Prof. KLIX) und viele Gespräche an der *Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Angewandte Sprachwissenschaften* (Prof. CONRAD). Auch zum *Zentralinstitut für Sprachwissenschaften* (ZISW der AdW, Prof. KUNZE) gab es ausgezeichnete wissenschaftliche Beziehungen. Besondere Verbindungen bestanden weiterhin zur *Technischen Universität Dresden* (TUD), *Sektion Informationstechnik, Bereich Akustik* (Prof. TESCHNER). Diese Wissenschaftler arbeiteten bereits damals erfolgreich auf dem Gebiet der akustischen Spracherkennung. Es bestand stillschweigend Konsens darüber, dass in der Zukunft ein Frage-Antwort-System natürlich nur für gesprochene Sprache eine wirkliche Nutzungs- und Marktchance haben würde, und wenn alle anderen Probleme beim FAS gelöst wären, wäre „nur noch“ ein *speech interface* zu integrieren. Umgekehrt war es den Kollegen an der TUD auch immer bewusst, dass für das Verstehen gesprochener Sprache letztlich all die syntaktisch-semantisch-pragmatischen Prozesse notwendig wären, zu deren ganzheitlicher Modellierung beispielsweise eben ein FAS diene. Allen solchen externen Kontakten stand man bei ROBOTRON durchaus interessiert und aufgeschlossen gegenüber. Und da Fachgespräche innerhalb des Betriebes, aber außerhalb der KI-Arbeitsgruppe, mangels interessierter oder geeigneter Partner praktisch kaum stattfanden, war dieser Austausch mit externen Partnern natürlich besonders wichtig.

1989 wurde von ROBOTRON und der TUD sogar ein *Hochschul-Industrie-Komplex Künstliche Intelligenz* gegründet, der sich allerdings wegen der bald danach erfolgten Auflösung von ROBOTRON auf die praktische Arbeit überhaupt nicht mehr auswirkte.

Direkte beruflich-dienstliche Kontakte zu Fachkollegen und Forschungseinrichtungen im westlichen Ausland waren natürlich zu allen Zeiten völlig undenkbar. Selbst persönliche Kontakte – brieflich oder per Telefon – waren nicht erlaubt und wurden strengstens geahndet. Dafür war man bei ROBOTRON um Literaturbeschaffung durchaus bemüht: Periodika wie die *Communications of the ACM*, das *Journal of the ACM* oder die Zeitschrift *Artificial Intelligence* wurden – wenn auch verspätet, so doch einigermaßen regelmäßig und zuverlässig – zur Verfügung gestellt, ebenso die Proceedings einschlägiger internationaler Konferenzen. Man konnte über die Bibliothek des GFZ/ZFT Monographien oder Sammelwerke von einschlägigen Verlagen wie Academic Press, MIT Press, Elsevier, Addison-Wesley, Springer-Verlag, Oldenbourg-Verlag, usw.

bestellen und erhielt zumindest die vor geraumer Zeit erschienene Werke oder Beiträge. Nicht beschaffbar waren dagegen neuere Forschungsberichte, wie sie zeitnah und in großer Anzahl an den westlichen, auch westdeutschen Universitäten publiziert wurden. Bereitgestellt wurden die ausgewählten Beiträge meist als Kopien, Microfiches oder Rollfilme. Man war also – nicht zeitgleich, nicht vollständig, nicht sehr bequem, so aber doch wenigstens im Prinzip – über die Forschungen und Entwicklungen in anderen Ländern und Einrichtungen einigermaßen informiert, und man durfte sich einer internationalen *community* von Computerlinguisten zugehörig fühlen.

Die Bedingungen für die Arbeit am Rechner, zuletzt dem R55, war für das wissenschaftliche Personal eher unterdurchschnittlich: Die KI-Mitarbeiter hatten nur in engen Zeitfenstern Zugang zur online-Programmierung im TSO-Regime, bis zu den letzten Tagen von ROBOTRON wurde auch noch die Stapelverarbeitung mittels Lochkarten intensiv genutzt. Rechenzeiten mit persönlicher Anwesenheit und dadurch eine semi-interaktiven Arbeit am Großrechner waren ebenso knapp bemessen und lagen oft in den späten Abend- und Nachtstunden. Selbst für den ersten importierten PC, den die KI-Mitarbeiter ab September 1987 mit nutzen durften, gab es ein strenges Rechenzeitregime und Nutzungszeiten nach 20 Uhr. Vorrang vor aller Forschungsarbeit hatten natürlich die Entwicklung und Testung kommerzieller Programmsysteme für PCs.

Die Forschungsarbeiten zu KI und CL unterlagen – wie alle anderen Arbeiten beim GFZ/ZFT/ROBOTRON-PROJEKT auch –, solange es eine selbständige Struktureinheit „Forschung“ gab, einem strengen inhaltlichen und zeitlichem Controlling: Am Ende einer Themenlaufzeit waren formale Abschlußberichte anzufertigen, es gab eine Verteidigung der Ergebnisse, es wurden Lob und Kritik ausgeteilt und die Hauptlinien der nächsten Arbeiten bestätigt. Die vorzulegenden Ergebnisse bestanden in der praktischen Präsentation der bis dahin erreichten Systemlösung, dem Themenabschlußbericht und allen während der Themenlaufzeit entstandenen Publikationen. Viele davon waren ROBOTRON-interne Forschungsberichte. In aller Regel waren die Arbeiten im Kontrollplan des Kombinales (sog. „Z-Themen“) enthalten, es gab sogar einen Fall, in dem das Ministerium für Elektrotechnik und Elektronik in Berlin die Prüfung und Abnahme beaufsichtigte („ZZ-Thema“).

4 Die Jahre 1980 bis 1990

Mit dem 1.1.1973 wurde das *Großforschungszentrum* (GFZ) in das *Zentrum für Forschung und Technik* (ZFT) überführt, das FG E1 wurde später aufgelöst, die softwareorientierten Forschungen wurden per 1.4.1978 in der Hauptabteilung E4 zu einer Abteilung E4F zusammengefasst, und seit 1.1.1984 hieß das ZFT dann *VEB Robotron Projekt*. Welche Gründe zu diesen Änderungen führten und welche Konsequenzen das auf die Strategie und Aufgaben des Kombinales ROBOTRON hatten, ist bei [JM05] ausführlich nachzulesen. Es wechselten teilweise die Führungskräfte, es gab Änderungen und Umbenennungen in den Strukturen, man benutzte die Anlässe, um Arbeitsgebiete und Verantwortungsbereiche neu zu organisieren, für die Arbeiten auf dem Gebiete der KI/CL hatte das aber praktisch eher wenig Folgen.

Eine Zäsur für die KI-Forschung bei ROBOTRON erfolgte jedoch im Spätherbst 1980: Aus der Struktur E4F wurden die Mitarbeiter herausgelöst, die mit KI, CL und informationslogischen Systemen befasst waren. Sie wurden als Arbeitsgruppe E4325 der Abteilung 432 zugeordnet, in der das Informationsrecherchesystem IRS AIDOS entwickelt und weiterentwickelt wurde. Die KI-Forschung fand damit nicht mehr wie bis dahin in einem „geschützten“ Forschungsbereich statt, sondern sie wurde stringent auf AIDOS ausgerichtet, was aber von den meisten durchaus positiv aufgenommen wurde. Auf der Grundlage der bisherigen Kenntnisse, Erfahrungen und prototypischen Lösungen FAS-75 und FAS-80 wurde das Konzept entwickelt, eine Schnittstelle, ein *natürlichsprachiges Interface* (NLI) zu AIDOS zu schaffen. Damit sollten natürlichsprachige Abfragen zu großen Informationsbeständen in Form von „Sekundärdokumenten“ [Lö08], die per AIDOS gespeichert und verwaltet wurden, also z.B. bibliographische Daten und Fakten, möglich gemacht und beantwortet werden. Wie das erreicht werden sollte, ist in [He91, S. 264 ff.] sowie im Beitrag von NAUMANN u.a. [Na08] dargestellt. Mit kleiner Kapazität wurden auch noch die Themen *Vorlauf Expertensysteme* und *Wissensverarbeitung* weitergeführt. In der Spätphase der Forschungsarbeiten erfolgte eine Fokussierung auf die PC-Anwendung, nämlich auf ein NLI für das System AIDOS/M. Mit dem 9.11.1989 und den nachfolgenden politischen Ereignissen änderten sich auch radikal die wirtschaftlichen Prioritäten, die Arbeiten am NLI-AIDOS wurden im Verlaufe des Jahres 1990 ganz eingestellt. Immerhin war das System konzeptionell zu Ende durchdacht, es wäre durch eine intensive Programmierung zu komplettieren gewesen.

Es gab weitere Leistungen, die parallel zum NLI in der Spätphase erbracht wurden: Einmal wurden die Untersuchungen zu Stand und Perspektiven von Expertensystemen weitergeführt [Bö86], und es wurde mit einem PROLOG-Verarbeitungssystem experimentiert. Dann wurde mit AIDOS/M eine umfangreiche *Datenbank KI-Literatur* aufgebaut, die als experimentelle Datenbasis für das NLI eingesetzt werden sollte, die aber auch einen „Wert an sich“ darstellte. Zum Weiteren war ein Algorithmus zur Rekonstruktion von *Ellipsen* gefunden worden. Im natürlichsprachigen Dialog werden nur selten von den Diskursteilnehmern grammatisch vollständige Sätze ausgetauscht, sondern meist nur unvollständige Sätze mit erheblichen, aber regelgeleiteten Auslassungen, sog. „Ellipsen“. Für ein „Verstehen“ solcher elliptischer Sätze durch Rechenautomaten und seine Teilnahme als Dialogpartner sind aber grammatisch korrekte Sätze erforderlich. Wie man elliptische Sätze anhand des vorangegangenen Diskurses zu korrekten Sätzen rekonstruieren kann, das sollte dieser Algorithmus leisten. In der CL war ein solches Verfahren bis zu diesem Zeitpunkt sonst nicht bekannt. Und schließlich waren auf Anforderung des Herausgebers von den KI-Mitarbeitern eine Reihe von Beiträgen verfasst worden, die in einem *Lexikon der Künstlichen Intelligenz des Akademie-Verlages Berlin* (Hrsg. W. Kolbe) erscheinen sollten.

Im Spätherbst 1990 löste sich dann die KI-Arbeitsgruppe aus zuletzt 8 Mitarbeitern vollständig auf – durch Vorruhestand, Zuweisung anderer Aufgaben bei einer Nachfolgeeinrichtung SRS, Tätigkeiten für die SAP in Walldorf und bei SNI, München, usw. gingen das kollektiv erworbene know-how und die Ergebnisse einer mehr als 20jährigen wissenschaftlichen Arbeit großteils verloren. Ein Mitglied der KI-Arbeitsgruppe wurde noch in einem Eilverfahren zum Sprecher der GI, Sektion

Computerlinguistik, bestellt, um ihn zu legitimieren, Gespräche zur Rettung und Weiterführung der CL-Kompetenzen und -Arbeiten in Sachsen zu führen. Aber weder der damalige Wissenschaftsminister des Freistaates Sachsen, Prof. MEYER, noch der Gründungsdekan für die neue Volluniversität in Dresden, Prof. OBERREUTER, waren für diese Vorstellungen zugänglich. Auch dass danach noch drei Semester eine Gastvorlesung *Grundlagen der Computerlinguistik* im Rahmen des *studium generale* an der TUD, Fakultät Informationsverarbeitung, gehalten wurde, konnte daran nichts mehr ändern. Bis Mitte 1991 wurde im Auftrage von SNI noch das Thema *Expertensysteme* weiter bearbeitet, bis diese Arbeiten 6/1991 ebenfalls endgültig eingestellt wurden.

5 KI – ein Blick zurück und einer voraus

Man mag sich vielleicht fragen, was mit den bis heute fast 50-jährigen weltweiten Forschungsarbeiten zur KI und CL erreicht wurde, was davon Bestand hat, und wie eine Zukunft auf diesem Gebiet aussehen kann.

Mit *Intelligenz* bezeichnet man in der differentiellen und kognitiven Psychologie die Fähigkeit zum Erkennen von Zusammenhängen und zum Finden optimaler Problemlösungen. Intelligenz ist erst einmal primär die menschliche Fähigkeit, etwas zu verstehen, zu abstrahieren, Probleme zu lösen, Wissen und Sprache zu verwenden. Der Begriff *Künstliche Intelligenz* wurde erstmals 1955 in der Vorbereitung einer Konferenz durch McCHARTY geprägt. Diese später berühmt gewordene *Dartmouth Conference* begann am 13. Juli 1956 und war von JOHN McCHARTY, von MARVIN MINSKY, NATHAN ROCHESTER und CLAUDE SHANNON organisiert worden.

Im Begriff *Künstliche Intelligenz* spiegelt sich die schon in der europäischen Aufklärung entstandene Vorstellung vom „Menschen als Maschine“ wider, dessen Nachahmung sich die orthodoxen Vertreter einer *starken KI* zum Ziel setzen: eine Intelligenz zu erschaffen, die wie der Mensch kreativ nachdenken und Probleme lösen kann und die sich durch eine Form von Bewusstsein beziehungsweise Selbstbewusstsein sowie Emotionen auszeichnet. Das mag auch der Hintergrund für eine überlieferte frühe Prognose von MINSKY gewesen sein: „Wenn wir etwas Glück haben, werden uns die Roboter als Haustiere halten“. Solche Ziele der starken KI sind auch nach Jahrzehnten der Forschung weithin unerreicht und visionär, zumindest solange, wie man am derzeitigen Paradigma künstlich-intelligenter Systeme festhält.

Im Gegensatz dazu geht es den Vertretern einer *schwachen KI* um die Lösung konkreter Anwendungsprobleme, für die nach allgemeinem Verständnis eine bestimmte Form von „Intelligenz“ notwendig zu sein scheint. Es geht hier also eher um die Simulation intelligenten Verhaltens mit Mitteln der Mathematik und der Informatik, es geht nicht um Schaffung von Bewusstsein oder um tieferes Verständnis von Intelligenz. Dieser konstruktivistische Ansatz begnügt sich damit, intelligente Fähigkeiten von vorliegenden Anwendungen vom Vorhandensein gewisser Merkmale abhängig zu machen:

1. die Fähigkeit zur Verarbeitung beliebiger Symbole (nicht nur von Zahlen);
2. der Aufbau eines internen Modells der äußeren Welt;

3. die Fähigkeit zu einer zielorientierten Anwendung von Wissen.

(Es gibt darüber hinaus noch 9 weitere Merkmale, deren Vorhandensein eine jeweils höhere Art von Intelligenz ausmacht.) Für beide Lesarten gilt aber, dass die KI kein abgeschlossenes Forschungsgebiet darstellt. Vielmehr werden Techniken aus verschiedensten Disziplinen verwendet, ohne dass diese eine wissenschaftstheoretische Verbindung miteinander haben müssen.

Folgt man dieser zweiten, schwächeren Lesart, dann sind Erkenntnisse der Künstlichen Intelligenz mit der Zeit oft in die anderen Gebiete der Informatik übergegangen: Sobald ein Problem gut genug verstanden war, hat sich die KI neuen Forschungsaufgaben zugewandt. Zahlreiche heutige Anwendungen wurden auf der Grundlage von Techniken entwickelt, die einst Forschungsgebiete der KI waren oder es noch sind, z.B.:

- wissensbasierte und Expertensysteme;
- künstliche neuronale Netze;
- optische Zeichenerkennung für gedruckte Texte;
- Handschrifterkennung in PDAs;
- Computeralgebra-Systeme;
- Computer-Vision-Systeme;
- Algorithmen für Computerspiele;
- Gruppensimulationen für Sicherheitsplanung oder 3D-Computergrafik ;
- Entwicklung neuer, nichtprozeduraler Programmiersprachen und -stile: funktionale Programmierung (LISP), logische Programmierung (PROLOG), Grundlagen objektorientierter Sprachen (SIMULA, SMALLTALK).

Speziell in der Computerlinguistik haben solche Anwendungen ihren Ursprung wie z.B.:

- Textverarbeitung: Prüfung auf orthografische und grammatische Korrektheit;
- intelligente Autorensystemen (z.B. Finden eines treffenden Ausdrucks oder der richtigen Terminologie);
- Suche nach Textstellen anhand semantischer Kriterien, information retrieval, Suchmaschinen;
- interaktive oder vollautomatische Übersetzung;
- Erkennen gesprochener Sprache (Wörter, Texte), Sprachsynthese;
- Algorithmen des *data mining*;
- Verfahren des *content management* und der *business intelligence*;
- *summarizing*, Informationsabstraktion, Erstellen von *abstracts*;
- automatische Schlagwortvergabe für Texte oder andere sprachliche Informationen.

Die Liste solcher Ergebnisse und Anwendungen wird sich zukünftig sicher weiter verlängern, wenn man KI in der schwachen Lesart akzeptiert.

Man kann sich auch die Frage zu stellen, wie denn die KI-Forschungen bei ROBOTRON aus heutiger Sicht zu bewerten sind. ROBOTRON hat sich bewusst drei Jahrzehnte Forschungsarbeiten in kleinem Umfang geleistet, und zwar nicht nur die KI-Forschung.

Damit bestand einmal die Gewähr, an Ergebnissen partizipieren zu können, deren Erfolg schwer vorauszusagen war, aber im positiven Falle einen Qualitätssprung bzgl. des Einsatzes von Rechnern bedeutet hätte. Damit wurde andererseits auch die Reputation des Kombinales in der Öffentlichkeit außerordentlich gefördert, denn die in der Forschung tätigen Mitarbeiter hatten auf ihren Arbeitsgebieten einen festen, anerkannten Platz sowohl in der ostdeutschen Wissenschaftslandschaft, wie sie auch in diesen zwei Jahrzehnten mit vielen Publikationen und öffentlichem Auftreten an der sächsischen Wissenschaftsgeschichte mitgeschrieben haben. Das wissenschaftliche Niveau dieser Arbeiten wird beispielsweise auch dadurch belegt, dass aus diesem Kreis der Mitarbeiter drei von ihnen später auf einen Lehrstuhl berufen und fünf Dissertationen erfolgreich verteidigt wurden. Die relativ langen Themenlaufzeiten und der scheinbar zögerliche Fortschritt der KI-Forschungsarbeiten bei ROBOTRON waren v. a. dem Umstand geschuldet, dass hier praktisch keinerlei studentischen Hilfskräfte zur Verfügung standen, dass Moduln, Programmpakete oder Softwarewerkzeuge bestenfalls aus der DDR hätten hinzu erworben werden können, die es aber eben dort gar nicht gab, so dass alles von Grund auf „mit der Hand am Arm“ programmiert werden musste, und dass die Informationsmöglichkeiten besonders in den späteren Phasen der KI- und CL-Forschung immer mehr eingeschränkt waren. Das NLI-AIDOS wäre vielleicht nach etwa einem Jahr vollständig praktisch demonstrierbar gewesen, dann hätten sich Anpassung, Praxiseinsatz, Weiterentwicklung anschließen können. Infolge der Vorgänge nach dem Oktober 1989 blieben von all dem aber nur Kenntnisse, Dokumentationen und Reminiszenzen – ein Schicksal, das leider auch allen anderen Software-Produkten von ROBOTRON wie AIDOS, DBSR, REDABAS, ... zuteil wurde. Dauerhafte wissenschaftliche Spitzenleistungen waren in einem Umfeld, das von Wirtschaftsembargo, Devisenmangel, Misstrauen und Geheimhaltung, Abgrenzung und kaltem Krieg geprägt war, letztlich nicht ernsthaft zu erwarten gewesen.

Wie kann man sich aber eine Zukunft der intelligenten Maschinen, eine Künstliche Intelligenz auf höherem Niveau denken? Ist ein qualitativer Sprung dadurch möglich, dass man das menschliche Gehirn und seine Leistungen besser nachbildet, dass man einen Paradigmenwechsel vornimmt und eine neue Hardwarearchitektur dafür entwickelt? Die neuronalen Netze der 80er Jahre und die dafür aufgestellten wissenschaftlichen Modelle der KI waren jedenfalls nicht geeignet, um wirklich intelligente Maschinen zu bauen. Technisch ist aber inzwischen ein Stand erreicht, wo der Rechner mühelos manche Leistungen des menschlichen Gehirns übernehmen könnte: Neuronen arbeiten im Millisekundenbereich, Siliziumbauteile operieren bereits heute im Nanosekundenbereich und werden immer schneller. Ein „Verstand“ auf Si-Basis wäre millionenfach schneller als das menschliche Gehirn. Der menschliche Cortex weist etwa 32 Billionen Synapsen auf. Wenn man für jede Synapse zwei Bits braucht und jedes Byte 8 Bits hat, braucht man für ein Gedächtnis mit menschlicher Kapazität etwa 8 Billionen Bytes. Die Festplatte eines heutigen PC hat eine Kapazität im 100-Gigabyte-Bereich, wäre also nur noch etwa um den Faktor 10^2 zu klein. Die theoretisch erforderliche Speicherplatzgröße ist wenn nicht schon heute, so doch ganz bestimmt in wenigen Jahren erreichbar. Und man muss auch nicht den gesamten Cortex nachbauen, bei einem „weichen“ Verständnis von KI genügt sicher viel weniger. Ein Problem scheint allerdings die Konnektivität zu sein: Menschliche Gehirne verfügen über große Mengen subcorticaler weißer Substanz, die aus Millionen von Axonen besteht, die kreuz

und quer verlaufen und die verschiedenen Regionen der corticalen Hierarchie miteinander verbinden. Diese massive Parallelverschaltung ist mit traditionellen Si-Herstellungstechniken nur schwer, vielleicht überhaupt nicht zu erreichen. Eine Lösung könnte darin bestehen, dass – wie beim Telefonnetz – auf einem Draht simultan mehrere Signale übertragen werden.

Technisch scheint also eine Simulation des menschlichen Gehirns denkbar, jedenfalls in absehbarer Zeit. Auch die Feinstruktur und Hierarchie der corticalen Regionen und deren Austausch von Signalen ist durch die Ergebnisse der Neurowissenschaften offenbar hinreichend aufgeklärt. Bereits seit dem vergangenen Jahrhundert weiß man ziemlich genau, dass die unterschiedlichen kognitiven Funktionen des Gehirns in unterschiedlichen Cortexregionen angesiedelt sind, und wo sich diese Regionen befinden. Diese funktionellen Areale sind in einer verzweigten Hierarchie angeordnet. Ankommende Außensignale gelangen als individuelle Signalfolgen an die entsprechenden untersten, primär sensorische Areale, und die untergeordneten senden mittels eines bestimmten neuronalen Verknüpfungsmusters die erkannten Signalfolgen aus sich und assoziierten Arealen an übergeordnete Areale, die mittels anderer Verknüpfungsmuster ein feedback-Signal zurücksenden. Alle Leistungen des Gehirns beruhen allein auf dem Empfangen, dem Speichern, Weitersenden und Verifizieren solcher Signalfolgen oder -muster, die, je höher in der Verarbeitungshierarchie hoch gereicht und verarbeitet, desto spezialisierter und abstrakter werden. In der obersten Region des entwicklungsgeschichtlich jungen Neocortex, dem eigentlichen Zentrum der Intelligenz, entsprechen die ankommenden Muster unseren Begriffen, die als solche gespeichert werden und Grundlage des begrifflichen Denkens sind.

Was bisher fehlte, war eine schlüssige Theorie darüber, was die Intelligenz in einem solchen System des Gehirns ausmacht. Dafür haben HAWKINS und BLAKESLEE nun einen interessanten Vorschlag entwickelt – das *Gedächtnis-Vorhersage-Modell* [HB04]. Intelligentes Verhalten beruht auf Erfahrung, Wissen über die Umwelt i. w. S. und zweckmäßiges Verhalten. Aufgrund seiner riesigen Gedächtniskapazität kann nach HAWKINS der Cortex anhand eines neu ankommenden Signalfusses ständig voraussagen, welche äußeren Informationen als nächstes höchstwahrscheinlich zu erwarten sind, was man sehen, hören, tasten wird. Und das geschieht größtenteils unbewusst. Aber diese Vorhersagen machen unsere Gedanken aus, und zusammen mit dem motorischen Input konstituieren sie unsere Wahrnehmung. Und diese Kette von *elementarer Wahrnehmung über Sensoren - Abstraktion über mehrere Ebenen hinweg bis zur Begriffsbildung - Speichern von invarianten Mustern auf allen Ebenen - autoassoziatives Wiedererkennen/Identifizieren neu ankommender Signalfolgen auf den verschiedenen Niveaus - Erwartung/Vorhersage der nächsten Signalfolgen aufgrund früher gespeicherte Muster - zweckmäßiges Verhalten aufgrund von Erfahrung oder Zielsetzung* – gerade diese Abfolge macht nach den Autoren die menschliche Intelligenz aus. Also nicht Verhalten (wie etwa noch bei TURING), sondern Erwartung, Vorhersage der nächsten Wahrnehmungen aufgrund von Wissen und Erfahrung sei das Kriterium für Intelligenz. Intelligente Maschinen, die nach diesem Paradigma und mit einer anderen Hardwarearchitektur arbeiten, könnten damit vielleicht menschlichen Intelligenzleistungen deutlich näher kommen.

Literaturverzeichnis

- [Al95] Allen, J.: Natural Language Understanding. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City/CA, 1995
- [Bo67] Booth, A.D. (ed.): Machine translation. John Wiley & Sons, New York, 1967
- [Bö86] Böttger, H.: Expertensysteme in der 4. und 5. Rechnergeneration. In: .Roth, M. (ed.): Beiträge zur Mikrocomputertechnik. Verlag Technik, Berlin, 1986.
- [Br06] Brosch; H.-J.: Informatik-Grundlagenforschung im Kombinat ROBOTRON – ein Erfahrungsbericht. In [NS06], S. 501 ff.
- [Ca45] Cassirer, E.: Structuralism in modern linguistics, in: Word 1/2 (1945), S. 99ff.
- [Gr84] Groß, B.: Japans fünfte Computer-Generation und die sozial-ökonomische Dimension der Informatik. Schriftenreihe Dokumentation/Information, 76 (1984), TH Ilmenau
- [Ha00] Hausser, R: Grundlagen der Computerlinguistik, Mensch-Maschine- Kommunikation in natürlicher Sprache. Springer, Berlin, New York, 2000
- [HB04] Hawkins, J.; Blakeslee, S.: On intelligence. Henry Holt & Co., New York, 2004
- [HB83] Helbig, H.; Böttger, H.; String, P.; Wicas, R.; Zänker, F.; Koch D.; Heicking, W.: FAS-80 – Ein natürlichsprachiges Auskunftssystem. Wiss.Inf.u.Berichte, Nr. 18, Robotron ZFT, 1983
- [He91] Helbig, H.: Künstliche Intelligenz und automatische Wissensverarbeitung. Verlag Technik, Berlin, 1991
- [JM05] Junge, S., Merkel, G. (eds.): Sammlung von Beiträgen zur Geschichte der Zentralen Forschungs- und Entwicklungseinrichtung des VEB Kombinat Robotron., 2005
- [Ju00] Jurafsky, D.; Martin, J.H.: Speech and Language Processing - An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition. Prentice Hall, New Jersey, 2000
- [Lö08] Löhr, H.: Die Verarbeitung unformatierter Daten am Beispiel der Beschreibung von wissenschaftlich-technischen Dokumenten. – in diesem Band
- [Mi68] Minsky, M.(ed.): Semantic information processing. MIT Press, Cambridge/Mass., 1968
- [Na08] Naumann, P.: Das Robotron-Informationsrecherchesystem (IRS) AIDOS: Software-Technologie von gestern? - in diesem Band
- [NS06] Naumann, F.; Schade, G. (eds.): Informatik in der DDR – eine Bilanz. Reihe "Lecture Notes in Informatics", Vol. T-1, Köllen Druck + Verlag GmbH, Bonn, 2006
- [St63] Steinbuch, K.: Automat und Mensch. Springer-Verlag, Berlin, 1963
- [St77] Stoyan, H.: LISP-Programmierhandbuch. Akademie-Verlag, Berlin, 1977
- [Tu50] Turing, A.: Computing Machinery and Intelligence. In "Mind", vol. LIX, no. 236, October 1950, S. 433–460
- [We66] Weizenbaum, J.: „ELIZA - A Computer Program for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine“; in "Communications of the Association for Computing Machinery" 9 (1966), S. 36–45
- [Wi08] Artikel "Computerlinguistik", "ENIAC", "Intelligenz", "Künstliche Intelligenz", "Strukturalismus" in: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Abgerufen am 24.1.2008, 15:57 UTC
- [Zä 81] Zänker, F.: Dialogrecherche in natürlicher Sprache? In "Schriftenreihe des Instituts INER", Heft 54, S. 76 ff., TH Imenau, 1981
- [Zä87] Zänker, F.: Computersprachen und Sprachverarbeitungssysteme – Schritte auf dem Weg zur Künstlichen Intelligenz. In "Mikroelektronik und Künstliche Intelligenz", S. 62 – 86, Akademie-Verlag, Berlin 1987
- [Zä89] Zänker, F.: Erste Ergebnisse mit einem NLI für AIDOS/M". In "Informatik", Heft 5/89, S. 171-173, Berlin 1989