

Siegfried Kanngießer (Universität Osnabrück)

PERSPEKTIVEN DER PSYCHOLINGUISTIK

Mit "Künstliche Intelligenz"(KI) wird ein Zweig der Computerwissenschaft bezeichnet, in dem es auch, und zwar in zentraler Hinsicht, darum geht, Computersysteme zu konstruieren, die natürliche Sprachen vollständig und uneingeschränkt beherrschen. KI-Forschung, die in dieser Perspektive betrieben wird, wird auf Grund ihrer Nähe zur Linguistik oft auch kurz als "Computerlinguistik" bezeichnet. Das Ziel der einschlägigen Forschung ist es, sozusagen einen künstlichen Sprecher-Hörer beziehungsweise eine Sprecher - Hörer - Maschine zu entwickeln, sodaß eine effektive Mensch - Maschine - Kommunikation möglich wird. Vermöge dieser Zielsetzung ist die KI jedoch nicht nur darauf festgelegt, praktisch verwertbare Forschungsergebnisse zu erzielen; mit der computerlinguistischen Arbeit ist vielmehr auch und gerade ein weitreichender theoretischer Anspruch verbunden: bei ihr geht es auch darum, im Modus der Konstruktion einer Sprecher - Hörer - Maschine eine Erklärung der internen Struktur natürlicher Sprecher - Hörer und damit eine Erklärung der Mechanismen der Sprachbeherrschung zu liefern. Und dieser Anspruch, durch die Konstruktion von KI-Systemen Erklärungen zu induzieren, die üblicherweise als psycholinguistische Erklärungen begriffen werden, hat natürlich die Forschungslandschaft verändert und wird sie weiter verändern; jede neue Generation von Sprecher - Hörer - Maschinen wird den Anspruch der KI, zugleich auch theoretische Psycholinguistik zu sein, weiter erhärten. Die Mechanismen der Sprachverarbeitung werden immer subtiler, ausgefeilter konstruiert werden, sodaß für die zugrundeliegenden Modelle in immer größeren Umfängen Adäquatheit wird behauptet werden können, und zwar kognitive Adäquatheit. Die zunehmende Einlösbarkeit dieser Adäquatheitsansprüche wird zwangsläufig auch Konsequenzen für das haben, was als signifikante Psycholinguistik soll gelten können, und es muß darum gehen, sich dieser Konsequenzen so weit wie möglich vorab zu vergegenwärtigen, um ein signifikantes

Konzept der psycholinguistischen Forschung etablieren zu können. Mit anderen Worten : eine Perspektive für die Psycholinguistik wird sich dann und nur dann gewinnen lassen, wenn sich klar angeben läßt, in welcher Relation sie zu den theoretischen Ansprüchen der einschlägigen KI-Forschung steht, genauer : wenn klar ist, welche Relation zwischen den Sprecher - Hörer - Modellen der Psycholinguistik und den Sprecher - Hörer - Maschinen der KI-Forschung besteht. Diese Relationen sind nicht nur der Klärung bedürftig, sondern einer solchen Klärung auch fähig ; es ist gerade in Ansehung des Vorgangs der KI, möglich, die Perspektiven der Psycholinguistik zu skizzieren¹. Freilich wird eine solche Skizze zwangsläufig spekulative Elemente enthalten müssen. Aber es dürfte angebrachter sein, die epistemischen Risiken zu laufen, die jede Spekulation notwendigerweise enthält, als risikofrei, aber auch perspektivenlos zu forschen.

1

Es war Chomsky, der in aller Deutlichkeit demonstriert hat, daß Spracherklärungen und Sprachbeschreibungen immer auch Sprecher - Hörer - Erklärungen und Sprecher - Hörer - Beschreibungen induzieren und mithin in genau dem Grade adäquat sind, in dem sie als Erklärungen und Beschreibungen der Mechanismen der Sprachbeherrschung und damit als Erklärungen und Beschreibungen der internen Struktur des Sprecher - Hörers adäquat sind. Die Linguistik, die unter den Voraussetzungen dieses Induzierungszusammenhanges betrieben wird, ist demzufolge - und zwar aus systematischen Gründen - stets Psycholinguistik, und als solche eine Unterdisziplin der kognitiven Psychologie überhaupt². Im Rahmen dieser Unterdisziplin geht es primär darum, ein abstraktes, funktionales Modell der menschlichen Sprachbeherrschung zu entwickeln und die dieses Modell strukturierenden Prinzipien zu spezifizieren. Ein derartiges Modell wird, nach dem derzeitigen Stand der einschlägigen Forschung, mindestens die folgenden Komponenten mit umfassen müssen :

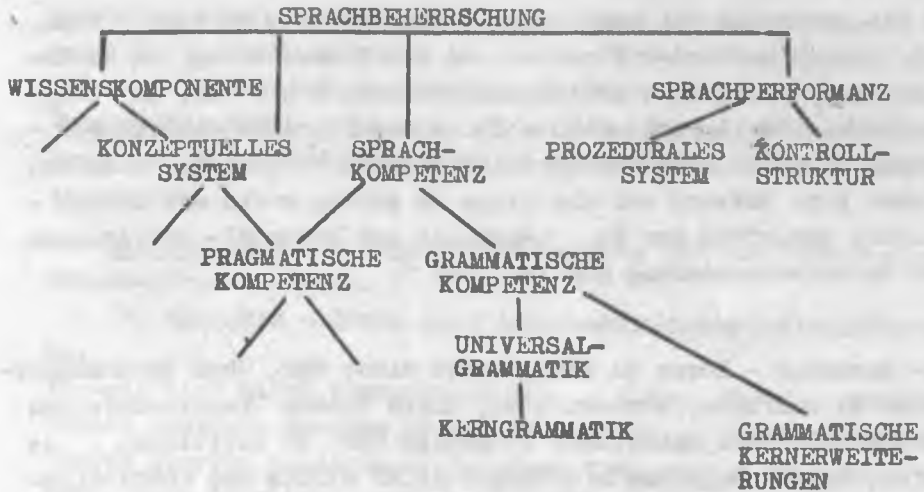


Fig. 1

Ziel der psycholinguistischen Forschung - und damit eben der linguistischen Forschung - ist es, die einzelnen, in Fig. 1 angegebenen Untersysteme des Systems Sprachbeherrschung theoretisch und empirisch zu explizieren und die Modalitäten ihrer Kooperation miteinander zu erklären und zu beschreiben, um so ein abstraktes, funktionales Modell der internen Struktur der Sprecher - Hörers zu etablieren.

Diese Struktur ist im Fall des Menschen bekanntlich organisch realisiert, wobei diese Art der Realisierung natürlich eine biologische Limitation der hier überhaupt möglichen Strukturen induziert.

Ziel der KI-Forschung scheint es nun, zumindest auf den ersten Blick, zu sein, diese in Fig. 1 skizzierte Struktur (unter Beachtung der biologischen Limitationen) maschinell zu realisieren und so eine Sprecher - Hörer - Maschine zu konstruieren. KI-Forschung, so betrieben, wäre dann nichts anderes als eine Realisierungspraxis und als solche sicher nichts, aus dem ein psycholinguistischer Erklärungsanspruch resultieren könnte. Gleichwohl wird dieser Anspruch erhoben; die KI wird nicht nur als Ingenieurwissenschaft ins Werk; es geht in ihrem Rahmen nicht nur

um die Erzeugung von kognitiven Technologien : es geht auch, und zwar in zentraler Hinsicht, um die Formulierung von KI-Erklärungen des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG. Somit ist, um Psycholinguistik (im erläuterten Sinne des Begriffs) und KI-Forschung sinnvoll miteinander relationieren zu können, zunächst einmal eine Antwort auf die Frage zu geben, worin die theoretischen Ansprüche der KI begründet und warum KI-Erklärungen der Sprachbeherrschung möglich sind ³.

2

A.- Sprecher - Hörer zu sein, heißt nicht nur, über Sprachkenntnisse zu verfügen, sondern auch, diese intern repräsentierten Sprachkenntnisse aktivieren zu können und zu aktivieren ; es heißt, über Subsysteme wie PROZEDURALES SYSTEM und KONTROLLSTRUKTUR, der Sprachproduktion und der Sprachrezeption und damit der Sprachverarbeitung fähig zu sein. Sprachbeherrschung ist somit immer auch Sprachverarbeitung, in einem Sinn, der durch die folgende Figur dokumentiert ist ⁴, mit der die Informationen, die in Fig. 1 enthalten, in einer spezifischen Hinsicht weiter ausdifferenziert werden :

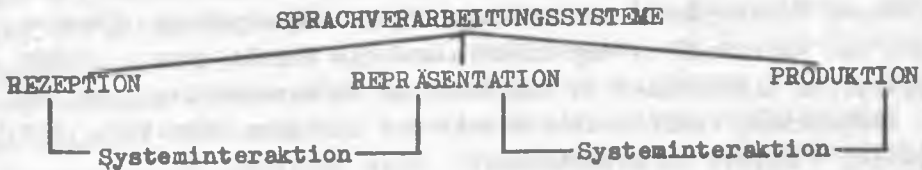


Fig. 2

Die Konsequenzen, die sich aus dieser Ausdifferenzierung ergeben, sind offenkundig : die Sprachbeherrschung des Menschen ist kein statisches, sondern ein dynamisches System ; Sprachbeherrschung ist Sprachverarbeitung - die Verarbeitung - sprecher-hörer-intern repräsentierter Kenntnisysteme im Modus der Sprachproduktion und Sprachrezeption. Sprechen und Hören sind Modi der Sprachverarbeitung, in denen sich menschliche Sprachbeherrschung manifestiert.

B.- Sofern die mit Fig. 2 verbundenen Hypothesen zutreffen, ist es wohl mehr als naheliegend, die Natur der dynamischen Prozesse der Sprachbeherrschung aufzuklären zu versuchen. Und ein

wiederum naheliegendes Ergebnis eines solchen Versuches ist wohl die folgende Annahme, die - in unterschiedlichen, nicht immer miteinander äquivalenten, aber doch zumindest tendenziell übereinstimmenden Fassungen - von einer Vielzahl von Theoretikern vertreten wird, die die Natur dieser Prozesse thematisiert haben :

Annahme 2B-1. (a) Sprachbeherrschung ist ein informationsverarbeitender Prozeß.

(b) Sprecher - Hörer sind informationsverarbeitende Systeme.

Es soll hier nicht versucht werden, diese für die Argumentation zentrale Annahme 2B-1 systematisch zu rechtfertigen, sie dürfte bereits intuitiv hinreichend überzeugend sein. Dies wird schon dann deutlich, wenn man bedenkt, welche Alternativen sich zu Annahme 2B-1 entwickeln lassen : jede von ihnen - ob man den Sprecher - Hörer nun als Handlungssystem, als soziales System, als Verhaltenssystem, etc., begreift - ist weniger signifikant als die Subsumption der Sprecher - Hörer unter den Begriff des informationsverarbeitenden Systems. Denn nur Annahme 2B-1 spezifiziert die aller Sprachpraxis zugrundeliegende kognitive Struktur der Sprecher - Hörer. Annahmen wie die angeführten sind nur auf der Basis der Annahme 2B-1 sinnvoll möglich ; sie sind, wenn sie signifikante Sprecher-Hörer-Spezifizierungen sein sollen, immer nur abgeleitete Annahmen-Spezifizierungen sein sollen, immer nur abgeleitete Annahmen - abgeleitet aus Annahme 2B-1 und einschlägigen Zusatzannahmen. Es ist schwer genug, auch nur Ansatzpunkte für eine Argumentation gegen die Annahme 2B-1 zu finden : nicht deshalb, weil der empirische Gehalt der Annahme nicht zu lokalisieren ist, sondern deshalb, weil der empirische Gehalt der Annahme in einem Grade evident ist, relativ zu dem es als aussichtslos erscheint, Gegenargumente überhaupt finden zu können. Praktisch ist die Signifikanz der Annahme wohl unbestreitbar.

C.- Sprecher - Hörer sind informationsverarbeitende Systeme : sie sind natürliche Systeme der Informationsverarbeitung, wobei die Natürlichkeit dieser Systeme einfach daraus resultiert, daß SPRACHBEHERRSCHUNG physikalisch vermöge einer organischen Struktur realisiert wird. Es gibt aber auch andere Arten der physikalischen Realisierung informationsverarbeitender

Prozesse ; insbesondere gibt es informationsverarbeitende Maschinen : Computersysteme, die Informationen in Informationen transformieren⁵. Die Frage, die sich somit nahelegt, in diesem Argumentationskontext, lautet somit : läßt sich SPRACHBEHERRSCHUNG im Sinn von Fig. 1 und Fig. 2 auch vermöge eines Computersystems realisieren ? Man betrachte in diesem Zusammenhang Annahme 2C-1 :

Annahme 2C-1. Für irgendzwei informationsverarbeitende Prozesse P_1 und P_2 gilt : P_1 und P_2 sind vom gleichen Typ. Mit Annahme 2C-1 wird offenbar die Homogenität der Informationsverarbeitung behauptet. Nimmt man nun ferner an, daß jeder informationsverarbeitende Prozeß, der physikalisch vermöge einer organischen Struktur realisiert werden kann, auch maschinell verwirklicht werden kann und umgekehrt (Voraussetzung der Realisierungsäquivalenz), so folgt aus den Annahmen 2B-1 und 2C-1, wenn der eingeführte Begriff des Computersystems akzeptiert wird (und dies sollte unproblematisch möglich sein), daß es Maschinen geben kann-Computersysteme eben -, die der Sprachbeherrschung fähig sind. Denn wenn Computer, wie die Sprecher-Hörer, informationsverarbeitende Systeme sind, wenn die Sprachbeherrschung ein informationsverarbeitender Prozeß ist (also 2B-1 gilt), und wenn alle informationsverarbeitenden Prozesse vom gleichen Typ sind (also 2C-1 gilt), dann ist es eben möglich, SPRACHBEHERRSCHUNG sowohl durch einen Menschen mit organischer Struktur als auch durch einen Computer mit einer anderen physikalischen Struktur zu realisieren (unter der Bedingung, daß die Realisierungsäquivalenz zu Recht behauptet werden kann). Wie es Sprecher - Hörer gibt, so kann es dann auch Sprecher - Hörer - Maschinen geben ; Sprecher - Hörer - Maschinen und Sprecher - Hörer sind dann einfach physikalisch voneinander verschiedene, aber miteinander äquivalente Realisierungsvarianten des abstrakten Systems SPRACHBEHERRSCHUNG.

D.- Aus der Möglichkeit der Sprecher - Hörer - Maschine resultiert der Anspruch der KI-Forschung, als Kognitionswissenschaft betrieben werden und somit, wie dies auch das Ziel der Psycholinguistik ist, Erklärungen des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG liefern zu können. Die Einlösbarkeit dieses Anspruchs ergibt sich dabei wie folgt. SPRACHBEHERRSCHUNG ist Teil der mentalen Struktur des Menschen (seiner M-Struktur, kurz gesagt) ; diese M-

Struktur aber ist der direkten Untersuchung grundsätzlich nicht zugänglich : ihre Erklärung ist - wenn überhaupt - nur indirekt möglich ⁶. Ein solcher indirekter Erklärungsweg ist es, den die KI-Forschung eröffnet. Denn Maschinen - und mithin auch Sprecher - Hörer - Maschinen - sind, was auch immer sie sonst noch sein mögen, jedenfalls eines : nämlich erklärbare Größen ; die Erklärbarkeit der Maschine folgt direkt aus ihrer Konstruierbarkeit ⁷. Erklärt werden kann insbesondere auch die software-Komponente eines Computersystems, also seine M-Struktur, und mithin auch das System SPRACHBEHERRSCHUNG, das Teil dieser M-Struktur ist. Und diese Erklärung der Sprachbeherrschungsmechanismen der Maschine induziert nach Annahme 2B-1 und Annahme 2C-1 zugleich eine Erklärung der Sprachbeherrschungsmechanismen des Sprecher - Hörers, da diese ja typgleich mit den einschlägigen Mechanismen der Sprecher - Hörer - Maschine sind ; anders gesagt : indem SPRACHBEHERRSCHUNG als Teil einer M-Struktur durch die Sprecher - Hörer - Maschine simuliert wird, wird SPRACHBEHERRSCHUNG als Teil der M-Struktur des Sprecher-Hörers erklärt (Simulationskonzept der Erklärung). In Konsequenz dieses Simulationskonzeptes der Erklärung ⁸ ist die KI-Forschung, sofern es in ihr um die Konstruktion von Sprecher - Hörer - Maschinen geht (aber letztlich auch in Hinsichten, in denen andere Aufgaben zur Lösung anstehen, wie etwa die Mechanisierung von Wahrnehmungsprozessen), in der Tat ein Zweig der Kognitionswissenschaft und somit nichts anderes als eine der theoretischen Humanwissenschaften. Denn das Simulationskonzept eröffnet die Möglichkeit, Sprecher - Hörer - Erklärungen zu formulieren, aus denen sich signifikante Spracherklärungen ableiten lassen, und mit solchen Erklärungen findet der Mensch in der bestimmten Hinsicht, eine Erklärung für sich selbst. Und weil sie solche Selbsterklärungen ermöglicht, ist es korrekt , die KI-Forschung den Humanwissenschaften zuzurechnen.

E.- Diese Zurechnung der KI-Forschung ergibt sich aus dem Simulationskonzept der Erklärung. Nun ist dieses Konzept aber offenbar nur in dem Grade signifikant, in dem die Annahme 2C-1 signifikant ist, mit der die Typgleichheit von Sprecher-Hörern und Sprecher - Hörer - Maschinen behauptet wurde. Und gegen diese Annahme ist ein naheliegender Einwand möglich, der oft derart vorgetragen wird : Es wird eingeräumt, daß sowohl Spre-

her - Hörer als auch Sprecher - Hörer - Maschinen informationsverarbeitende Prozesse instantiieren ; insofern wird die Annahme 2B-1 - verallgemeinert - durchaus akzeptiert. Aber Annahme 2C-1 wird bestritten, indem festgestellt wird, daß die Sprecher - Hörer - Maschinen grundsätzlich andere informationsverarbeitende Prozesse instantiieren als die Sprecher - Hörer; anders gesagt : es wird die Existenz von auch M-strukturellen Realisierungsvarianten von SPRACHBEHERRSCHUNG behauptet, und ferner behauptet, daß zwischen den Sprecher - Hörern und den Sprecher - Hörer - Maschinen genau diese Beziehung der Realisierungsvarians besteht. Trifft diese Argumentation zu, wird das Simulationskonzept der Erklärung natürlich hinfällig, mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen : die KI- Forschung kann dann nicht mehr als Humanwissenschaft, sondern nur noch als eine reine Ingenieurwissenschaft begriffen werden, denn die Sprecher - Hörer - Maschinen, die natürlich nach wie vor konstruierbar sind, können im Fall der Instantiierungsungleichheit schlechterdings keine Sprecher - Hörer - Erklärungen mehr induzieren. - Aber der zentrale Teil des Einwands , eben die Behauptung der Instantiierungsungleichheit, ist zugleich auch der kritische Teil des Einwands ; mehr noch : die Behauptung ist unhaltbar. Denn sie wird, in einer ersten Hinsicht, bereits durch die folgende Annahme ausgeschlossen, die so unproblematisch ist, daß sie einer näheren Begründung oder weiteren Erläuterung wohl schwerlich noch bedarf :

Annahme 2E-1. Wenn P_1 ein informationsverarbeitender Prozeß ist, dann gilt : P_1 ist algorithmisch organisiert. Es ist klar, daß nach Annahme 2E-1 das System SPRACHBEHERRSCHUNG durch die Sprecher - Hörer und durch die Sprecher - Hörer-Maschinen, beide verstanden als informationsverarbeitende Systeme, in gleicher Weise instantiiert wird : beide Größen instantiieren SPRACHBEHERRSCHUNG als algorithmischen Prozeß und sind insofern M-strukturell gleich. Es ist aber auch klar, daß der Einwand, Sprecher - Hörer - Maschinen und Sprecher-Hörer seien M-strukturell ungleich, durch die Annahme 2E-1 noch nicht erschöpfend ausgeräumt ist. Denn die Annahme erlaubt noch eine Variante des Einwands ; variiert lautet er : Zwar instantiieren Sprecher - Hörer und Sprecher - Hörer - Maschinen SPRACHBEHERRSCHUNG strukturierende Algorithmen, aber eben

Algorithmen, die radikal voneinander verschieden sind ; entsprechend gilt, daß Sprecher- Hörer und Sprecher - Hörer - Maschinen M-strukturell ungleich sind. - Aber auch in dieser Variante ist der Einwand nicht zutreffend, und dies vermöge der folgenden These :

Annahme 2E-2. Wenn A ein Algorithmus ist, dann gilt :

- (a) A kann durch eine Turingmaschine T instantiiert werden,
- (b) Für alle Turingmaschinen T gilt : T kann durch eine universelle Turingmaschine instantiiert werden.

Bei der Annahme 2E-2 handelt es sich offenbar um nichts anderes als um eine der möglichen Fassungen der Turingschen These, die ihrerseits wiederum nur ein Spezialfall der Churchschen These ist. Und aus der Annahme folgt, daß es eine kanonische Repräsentation für beliebige Algorithmen gibt, und daß entsprechend die Strukturgleichheit der Algorithmen behauptet werden kann. Diese Behauptung gilt natürlich auch für die SPRACH-BEHERRSCHUNG strukturierenden Algorithmen, und da die M-Struktur der Sprecher - Hörer wie auch der Sprecher - Hörer - Maschinen nach Voraussetzung durch Algorithmen gegeben ist, folgt in der Tat, daß beide Systeme SPRACHBEHERRSCHUNG in gleicher Art instantiiieren. Und mit dieser Konsequenz ist der Einwand ausgeräumt ; die KI-Forschung kann demzufolge zu Recht als eine der Humanwissenschaften begriffen werden - sie muß geradezu als Humanwissenschaft angesehen werden. Das heißt nicht, daß der Einwand irrational ist ; im Gegenteil : er macht sehr deutlich, unter welchen Bedingungen das Simulationskonzept der Erklärung bestritten werden kann. Bestritten werden kann Annahme 2B-1 - obwohl es schwer ist, ein Argument gegen die Annahme zu finden, daß die Sprecher - Hörer informationsverarbeitende Systeme sind. Schwer, aber vielleicht nicht unmöglich; jedenfalls bleibt hier ein - wenngleich nur geringer - Falsifikationsspielraum. Wird Annahme 2B-1 dagegen zugestanden, so können gegen das Simulationskonzept der Erklärung Einwände nur noch im Modus der Widerlegung der Thesen von Church und Turing erhoben werden ; das Konzept wäre hinfällig, wenn es gelänge , erstens einen Algorithmus anzugeben, der nicht durch eine universelle Turingmaschine instantiiert werden, und zweitens zu zeigen, daß es auch dieser Algorithmus ist (oder daß es viel-

leicht nur Algorithmen dieser Art sind), durch den SPRACHBEHERRSCHUNG strukturiert ist (beziehungsweise durch die SPRACHBEHERRSCHUNG strukturiert wird). Wiederum ist es schwer zu sehen, wie eine solche Widerlegung soll möglich werden können, aber das ändert nichts daran, daß sie logisch möglich ist – das Simulationskonzept der Erklärung ist nicht unbestreitbar. Es ist vollkommen klar, unter welchen Bedingungen es bestritten werden kann. Und es ist auch vollkommen klar, daß diese Bedingungen beim derzeitigen Stand der Dinge unerfüllt sind und daß es, darüber hinaus, extrem schwer ist, auch nur eine Möglichkeit ausfindig zu machen, diese Bedingungen überhaupt erfüllen zu können. So bleibt nur ein Fazit zu ziehen : es ist zwar im Prinzip möglich, die Signifikanz des Simulationskonzepts der Erklärung zu bestreiten. Aber es ist nicht zu sehen, wie diese prinzipielle Möglichkeit soll realisiert werden können ; es gibt nicht einmal einen Ansatz zu einer Widerlegungsstrategie. Insofern gilt, daß die Signifikanz des Simulationskonzepts des Erklärens maximal gesichert ist ; sie ist in einem Grade gesichert, der weit über den Sicherheitsgraden liegt, mit denen gerade zentrale wissenschaftliche Sätze üblicherweise behauptet werden können. Mehr Sicherheit, als die Chuchsche These und das Paradigma der informationsverarbeitenden Systeme sie bieten, ist nicht erreichbar ; das Simulationskonzept der Erklärung ist wohlbegründet, und mit ihm der humanwissenschaftliche Anspruch der KI.

3

Da der humanwissenschaftliche Anspruch der KI-Forschung zu Recht geltend gemacht wird, bleibt zu klären, welche Konsequenzen sich aus dem Simulationskonzept der Erklärung der Sprachbeherrschung für die Psycholinguistik (also für die kognitive Linguistik und damit, im erläuterten Sinn, für die Linguistik überhaupt) ergeben. Im § 1 wurde gezeigt, daß es die Aufgabe der Psycholinguistik ist, ein funktionales Modell des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG zu entwickeln, und das heißt : die M-Struktur des Menschen, sofern er Sprecher - Hörer ist, zu erklären und zu beschreiben. Genau dies aber ist es, was auf der Basis des Simulationskonzepts der Erklärung im Rahmen der sprachorientierten KI-Forschung zu leisten versucht wird ; in

dieser Hinsicht, bezogen auf die respektiven Aufgabenstellungen, besteht keinerlei disziplinäre Differenz mehr zwischen der sprachorientierten KI-Forschung und der Psycholinguistik, im erläuterten Sinn des Begriffs. Die beiden Disziplinen sind zu einer Disziplin, zu einem Zweig der Humanwissenschaften, integriert, in Konsequenz ihrer Aufgabenstellungen wie auch der Verfahren, die in ihnen zur Lösung ihrer Aufgaben verwendet werden. (Integrationssthese). Das heißt, daß die beiden Disziplinen auf eine Art zugewachsen sind, hinsichtlich derer es keinen Sinn ergibt zu fragen, ob die Psycholinguistik unter die sprachorientierte KI-Forschung subsumiert wird oder, umgekehrt, die sprachorientierte KI-Forschung der Psycholinguistik zuzurechnen ist : die Entwicklung der Disziplinen, die hier vonstatten geht, ist nicht als ein Fall der Subsumption einer Disziplin unter eine andere Disziplin zu begreifen, sondern als ein Integrationsfall, in dem aus dem Zusammenwachsen zweier Disziplinen eine neue Disziplin, und zwar ein spezieller Zweig der Humanwissenschaften hervorgeht. - Natürlich ist es zur Erhärtung der Integrationssthese erforderlich, genauer zu spezifizieren, in welchem Sinn durch die Integration eine neue Disziplin konstituiert wird und was deren Konstitution für die Entwicklung der Wissenschaften vom Menschen austrägt ; noch dringlicher jedoch dürfte es sein zu demonstrieren, warum die disziplinären Grenzen vermöge einer Integration fallen konnten. Das heißt : die Integrationssthese darf nicht nur behauptet werden, sondern es muß auch gezeigt werden, wodurch die Integration der beiden Disziplinen überhaupt möglich wurde⁹. Denn die Gleichheit der Aufgabenstellungen garantiert sicher noch nicht die Integrierbarkeit der Disziplinen ; zwischen ihnen können durchaus noch, unerachtet aller Gleichheit der Aufgabenstellungen, konzeptuelle und methodische Differenzen bestehen, die eine Integration der Disziplinen unmöglich machen. Zu demonstrieren bleibt somit, daß die Integrationssthese im Fall der Psycholinguistik und der sprachorientierten KI-Forschung gilt, und zu demonstrieren bleibt auch, daß die Geltung der These in diesem Fall kein Zufall ist ; das heißt : es muß erklärt werden, warum die Möglichkeit des Zusammenwachsens von sprachorientierter KI-Forschung und Psycholinguistik sich in unproblematischer Art ergeben hat und ergeben konnte. Erst relativ

zu einer solchen Erklärung wird sich die Perspektive, in der der Vorgang der Psycholinguistik zu verstehen ist, zuverlässig bestimmen lassen ; entsprechendes gilt im Hinblick auf die Forschung in der KI.

4

A.- Gegenstand der Psycholinguistik ist das System SPRACHBEHERRSCHUNG, wie es in Fig. 1 näherungsweise charakterisiert ist. Es sind somit nicht nur die Prozesse der Rezeption und der Produktion von sprachlichen Äußerungen, die psycholinguistisch zu erklären und zu beschreiben sind, sondern auch Systeme wie UNIVERSALGRAMMATIK und KERNGRAMMATIK und damit eben grammatische Regularitäten und deren kognitive Grundlage. Im Kontext der hier angestellten Betrachtungen ist nun insbesondere die Form der einschlägigen psycholinguistischen Erklärungen und Beschreibungen von Interesse, aus Gründen, die noch deutlich zu machen sind. Und hier gilt nun, ganz allgemein, daß psycholinguistische Erklärungen und Beschreibungen in kalkülisierter Form vorgelegt werden (Kalkülisierungsthese) ; mit dieser These gilt somit auch die folgende Annahme, und zwar trivialerweise :

Annahme 4A-1. Wenn G eine Grammatik ist, dann gilt : G ist ein Kalkül.

Diese Annahme soll hier, im Anschluß an eine von Winograd (1973) vorgenommene Beispielanalyse, exemplarisch unter Beweis gestellt werden ¹⁰. Man betrachte hierzu die beiden folgenden Sätze des Deutschen :

- (1) Die Giraffe aß die Äpfel und Pfirsiche
- (2) Die Giraffe aß die Äpfel und trank den Wodka

Die Sätze in (1) und (2) können, wie jedem Linguisten klar ist, durch das in (3) unter Nutzung üblicher Notationskonventionen angegebene Regelsystem generiert werden (wobei es sich an dieser Stelle nahezu erübrigt, noch hervorzuheben, daß mit (3) keinerlei Ansprüche bezüglich der Korrektheit der Analyse verbunden sind ; die Regeln dienen lediglich der Illustration) ; ferner ist klar, daß durch die Deduktionen, die (3) ermöglicht, unter anderen auch die in (4) und (5) angegebenen Bäume induziert werden, mit denen die grammatische Struktur der Sätze in (1) und (2) grob spezifiziert ist :

- (3)
- (i) S → NP + VP
 - (ii) NP → DET $\begin{cases} \text{NOM} \\ \text{N} \end{cases}$ (a)
 - (iii) NOM → N + K + N (b)
 - (iv) VP → $\begin{cases} \text{VP} + \text{K} + \text{VP} \\ \text{IV} \\ \text{TV} + \text{NP} \end{cases}$ (a)
 - (v) K → und (b)
 - (vi) DET → $\begin{cases} \text{die} \\ \text{den} \end{cases}$ (a)
 - (vii) TV → $\begin{cases} \text{trank} \\ \text{aß} \end{cases}$ (a)
 - (viii) IV → flucht (b)
 - (ix) N → $\begin{cases} \text{Giraffe} \\ \text{Äpfel} \\ \text{Pfirsiche} \\ \text{Wodka} \end{cases}$ (a)

(4) S(NP(DET (die) N (Giraffe)) VP(TV(aß) NP(DET (die) NOM (N (Äpfel) K(und) N(Pfirsiche))))

(5) S(NP(DET (die) N(Giraffe)) VP(TV(aß) NP(DET(die) N(Äpfel)))K(und) VP(TV(trank) NP(DET(den) N(Wodka))))

Es geht hier, wie bereits festgestellt, im Hinblick auf (3)-(5) nicht um Korrektheitsfragen. Wichtig ist im hier betrachteten Zusammenhang nur, daß

- Deduktionen wie die exemplarisch skizzierte integrale Elemente der psycholinguistischen Erklärung und Beschreibung des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG sind (man vergegenwärtige sich hier nochmals, in welchem umfassenden Sinn hier von Psycholinguistik die Rede ist), und daß

- diese Deduktionen im Rahmen eines Kalküls sind. Denn die Regeln in (3) sind Kalkülregeln, und zwar Regeln eines speziellen Kalküls, nämlich einer Typ 2-Grammatik, deren Regeln durchgängig von der Form

(+) $A \longrightarrow y$, mit : $A \in V_N, y \in (V_N \cup V_T)^*$

sind. (Daß die Regeln in (3) die Bedingung in (+) erfüllen, dürfte trivialerweise klar sein.) - Natürlich sind auch andere Kalküle als Typ 2-Grammatiken einer signifikanten Verwendung im Rahmen der Psycholinguistik fähig, aber hier interessiert nicht die Bandbreite der relevanten Kalküle. Von Interesse ist hier nur die durch die Exemplifizierung verdeutlichte Kalkülierungsthese, mit der die Form der hier betrachteten Erklärungen und Beschreibungen charakterisiert ist. Und dabei gilt eben : psycholinguistische Erklärungen und Beschreibungen werden in kalkülisierter Form vorgelegt.

B. - Das Fazit, das aus der vorausgegangenen Betrachtung zu ziehen ist, ist naheliegend genug. Es lautet : Kalküle spielen in der Psycholinguistik genau die Rolle, die in der sprachorientierten KI-Forschung Algorithmen spielen. Und angesichts eines solchen Befundes ist es wiederum naheliegend, die Integrationsthese zu erklären zu versuchen, indem die Beziehung zwischen Kalkülen und Algorithmen geklärt wird. Eine solche Klärung aber ist bündig möglich ; sie ist mit der folgenden Annahme gegeben :

Annahme 4B-1. Wenn K ein Kalkül ist, dann gilt : K induziert eine Schar von Algorithmen.

Aus der Annahme 4B-1 geht hervor, daß alles, was durch eine Algorithmisierung geleistet werden kann, auch durch eine Kalkülierung erreicht werden kann, und umgekehrt ¹¹. Und dieser Tatbestand erklärt wohl hinreichend, warum die Geltung der Integrationsthese behauptet werden kann : psycholinguistische Erklärungen und Beschreibungen des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG können in KI-Erklärungen und KI-Beschreibungen dieses Systems umgeformt werden, und umgekehrt. Diese Konsequenz ergibt sich aus Annahme 4B-1 ; mit ihr gilt, wie man in Anlehnung an die von Sneed (1971) entwickelte Begrifflichkeit sagen kann, daß die Mathematik, die in den beiden Disziplinen für den Aufbau von Theoriekernen und Kernerweiterungen verwendet wird, von der gleichen Art ist ¹². Genau dies erlaubt die Integration der Disziplinen ; mehr noch : es erzwingt diese Integration geradezu. Wenn diversifizierte Untersuchungen desselben Objekts, eben des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG, zu Ergebnissen führen, die in-

einander überführbar sind, so läuft dies praktisch auf die Integration der Disziplinen hinaus, in deren Rahmen diese Untersuchungen durchgeführt werden. Die Einheit des Systems SPRACH-BEHERRSCHUNG einerseits und die aus Annahme 4B-1 herleitbare Einheit der theoretischen Ansätze andererseits, also die Einheit der Repräsentation, macht es unvermeidlich, von einem Zusammenwachsen der sprachorientierten KI-Forschung und der Psycholinguistik zu sprechen : also von der Integration der beiden Disziplinen derart, daß ein neuer Zweig der Humanwissenschaften entsteht.

C.- SHRDLU ist ein von Terry Winograd entwickelter Roboter(cf. Winograd (1972), (1973)), der in einer sogenannten Blockwelt sprachlich Handeln kann, in einem gewissen, hier nicht näher zu spezifizierenden Sinn des Begriffs der Handlung. Um sprachlich handeln zu können, muß SHRDLU natürlich dazu in der Lage sein, Sätze zu analysieren und zu generieren, und der Roboter ist dazu in der Lage, weil er über einschlägige Algorithmen verfügt. Insbesondere verfügt er über die in Fig. 3 - Fig. 6 angegebenen Algorithmen, bei deren Formulierung in Diagrammform die folgenden Notationskonventionen beachtet wurden: "IX" steht für "Finde ein Element der Kategorie X (mit dem grammatischen Merkmal X)" und "?X" steht für "Fällt das Element unter die Kategorie X(hat es das grammatische Merkmal X)?" . Es ist evident, daß der Algorithmus in Fig. 3 die Grammatikregel (3)(i) reflektiert, daß der Algorithmus in Fig. 4 die Grammatikregel (3)(ii)(b) reflektiert, daß in Fig. 5 die Grammatikregeln (3)(iv), (b) und (c) algorithmisch gefaßt werden, und daß der Algorithmus in Fig. 6 ein Prinzip wiedergibt, das auch der Grammatikregel (3)(iv)(a) zugrundeliegt. - Mit einem Wort: die Arbeitsweise von SHRDLU instantiiert die Annahme 4B-1 und die aus ihr gezogenen Konsequenzen ; sie führt in der Tat vor Augen, daß der grammatische Kalkül in (3) eine Schar von Algorithmen induziert, zu denen auch die gehören, die das Vorgehen von SHRDLU bestimmen. - Man betrachte also die Figuren :

S-Spezifizierung

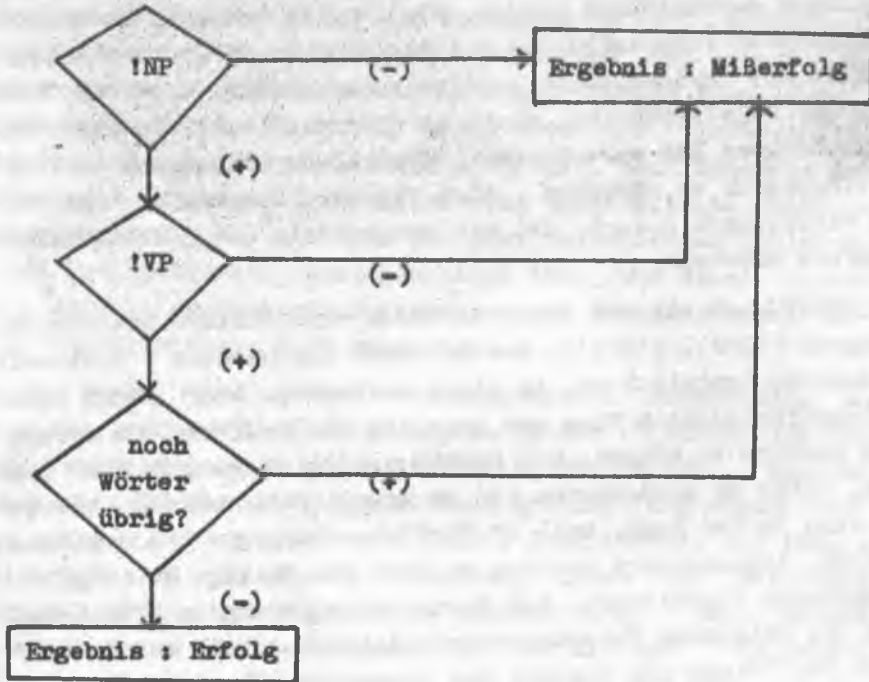


Fig. 3

NP-Spezifizierung

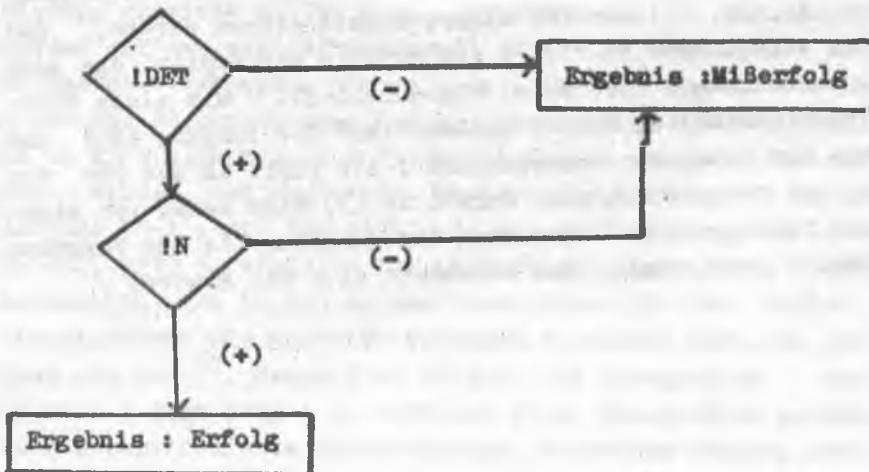


Fig. 4

VP-Spezifizierung

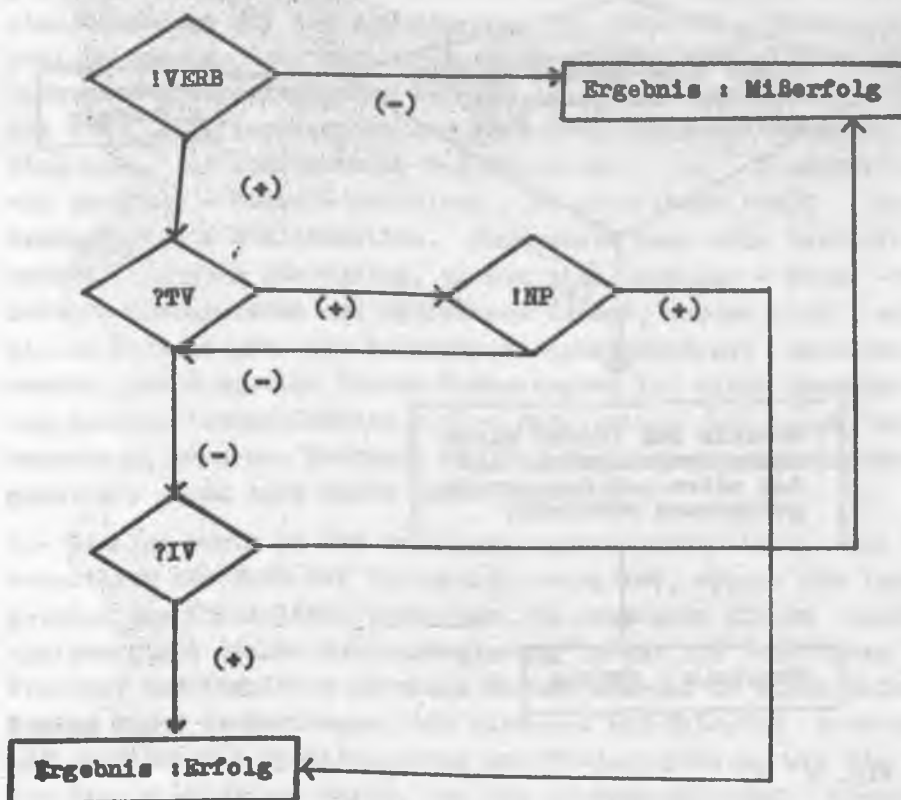


Fig. 5

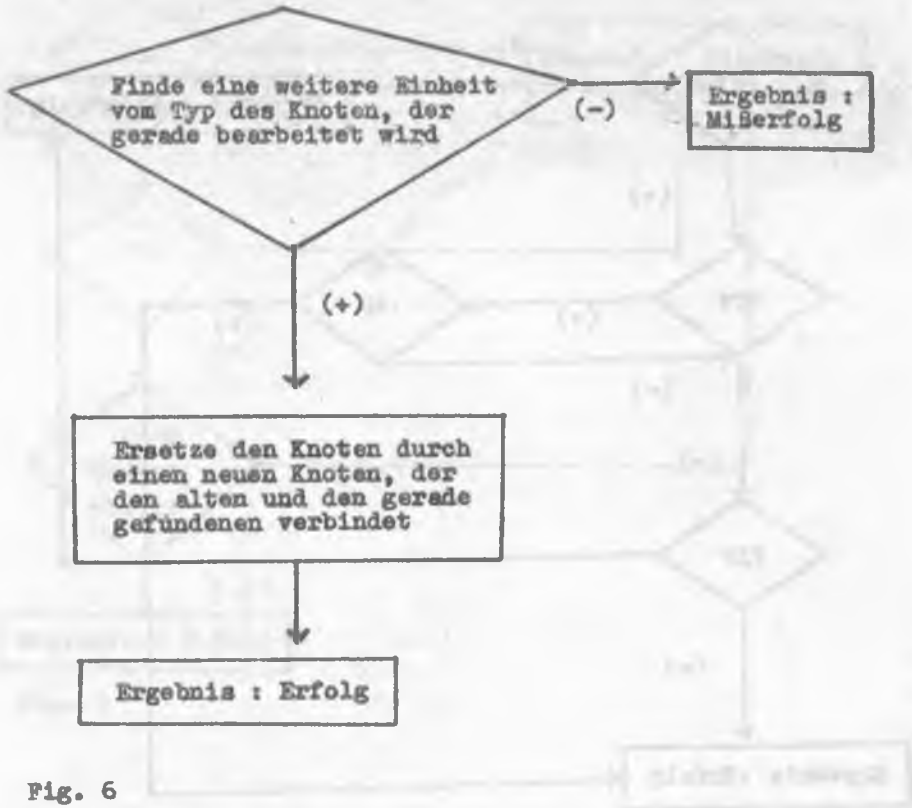
Spezifizierung VP-Konjunktion

Fig. 6

Die Diagramme machen, auf Grund des Zusammenhangs, der zwischen den in ihnen skizzierten Algorithmen und den entsprechenden Regeln des Grammatikkalküls in (3) evidentermaßen besteht, exemplarisch deutlich, daß die auf der Basis von Annahme 4B-1 und der Folgerungen, die sich aus ihr ergeben, aufgestellte Integrationsthese in der Tat gilt, und dies nicht nur in Ansehung irgendwelcher virtuellen Computerysteme, sondern bereits in Ansehung eines existierenden, implementierten und arbeitenden Systems : SHRUDLU läßt sich auch als eine Instantiierung der Integrationsthese begreifen. Dabei ist es wesentlich zu sehen, daß mit Annahme 4B-1 auch die folgende Feststellung gilt : wenn ein Algorithmus A bestimmten Endlichkeitsbedingungen genügt, dann legt A ein Programm fest . Grammatische Systeme wie das umrissene genügen diesen Endlich-

keitsbedingungen, und aus diesem Tatbestand folgt zusammen mit 4B-1, daß mit der Kalkülisierung der Grammatik und anderer Komponenten der Erklärung des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG bereits eine Grundlage für die Konstruktion von Sprecher - Hörer - Maschinen gegeben ist. Der Integrationsvorgang verbleibt also nicht nur im theoretischen Bereich, sondern führt, unter den mit dem Simulationskonzept der Erklärung gegebenen Rahmenbedingungen, zur Konstruktion von Maschinen: zur Konstruktion von Sprecher - Hörer - Maschinen; er erschließt somit auch technologische Möglichkeiten. Denn daran kann kaum gezweifelt werden: in eben dem Umfang, in dem sich Sprecher - Hörer - Maschinen konstruieren und optimieren lassen, werden auch spezielle Technologien der Kommunikationsverhältnisse entwickelt werden. Die Tragweite dieser Technologien ist nicht absehbar, aus systematischen Gründen; ihre Entwicklung jedoch ist voraussehbar, wenn man bedenkt, wie der Mensch seine Geschichte gestaltet - und auch dafür steht SHRUDDLÜ.

D.- Gezeigt wurde in den vorausgegangenen Abschnitten, daß es wesentlich die Form der Mathematisierung ist, welche die Integration der Disziplinen induziert. Zu erläutern bleibt somit, inwieweit mit dieser Mathematisierung in der Tat Einsichten in Probleme der Kognition gewonnen werden können. Um diese Erläuterung knapp nachzutragen, sei wiederum ein Beispiel betrachtet, nämlich die Spezifizierung der VP-Konjunktion, wie sie in der Fig. 6 skizziert wurde, und die korrespondierende Grammatikregel (3)(iv)(a). Die Regel wie auch das Programm reflektieren ein sehr allgemeines Prinzip der Synthese und Analyse konjunktiver Strukturen, das evidentermaßen kognitiven Gehalt hat, und das sich grob etwa wie folgt formulieren läßt:

(P) - (a) Wenn das gerade gefundene Element vom Typ X ist, so suche nach einem weiteren Element von Typ X.

(b) Setze die beiden Elemente zu einem neuen Element vom Typ X zusammen.

Mit (P) ist eine kognitive, eine mentale Grundoperation zum Ausdruck gebracht, die wohl mit Sicherheit Teil des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG ist. Kalkülisierung und Algorithmisierung erlauben es, Prinzipien wie das in (P) in spezifizierter Form zu formulieren, und diese Spezifizierung erlaubt es, das Funktionieren von SPRACHBEHERRSCHUNG in den einschlägigen System-

teilen mit dem Anspruch auf kognitive Adäquatheit zu erklären und beschreiben. Anders gesagt : Kalkülisierung und Algorithmisierung erlauben ein vertieftes Verständnis von Prinzipien wie dem in (P) angegebenen, und daraus resultiert der kognitive Gehalt der grammatischen Kalküle und Algorithmen und verwandter Systeme.

Zusatz 1. Das Prinzip in(P) wird durch die Regel (3)(iv)(a) und den Algorithmus in Fig. 6 systematisch gefaßt. Es wäre offenkundig wenig sinnvoll, dieses Prinzip durch Formulierungen wie

"Überführe den Inhalt von Speicherzelle 444 in das Register 2 und addiere dazu den Index 14"

zum Ausdruck zu bringen zu versuchen, obschon es ein Vorgang wie der beschriebene sein mag, vermöge die Operationen "Suchen" und "Zusammensetzen" physikalisch realisiert werden. Aber die Beschreibung seiner Realisierung besagt natürlich nichts über den kognitiven Gehalt des Prinzips, und genau der ist es aber, der zur Erklärung ansteht. Und dies verdeutlicht, daß mit Formulierungen wie der genannten für die Erklärung kognitiver Strukturen und Prozesse nichts ausgetragen wird. - Und noch eines wird deutlich : in Ansehung der Formulierung wird man sagen dürfen, daß Prinzipien wie (P), wie verfeinert auch immer sie vorgetragen werden, physikalisch auch vermöge einer nicht-organischen hardware realisiert werden können. Die Behauptung, daß organische hardware-Systeme ein Realisierungsprivileg aufweisen, ist mitnichten gesichert, und es ist durchaus nicht abzusehen, wie sie in signifikanter Art soll bewiesen werden können.

Zusatz 2. Der Algorithmus für die VP-Konjunktion in Fig.6 und die korrespondierende Grammatikregel (3)(iv)(a) reflektieren eindeutig das Prinzip in (P). Dies erhellt für den Fall den Grammatik, wenn man eine für Typ 2-Grammatiken leicht erklär-bare Dominanzrelation einführt, vermöge derer dem rechten Teilbaum aus (5) unter den hier interessierenden Aspekten die in (6) angegebene Struktur entnommen werden kann :

(6) $\Delta (VP, (VP - K - VP))$

Wie man leicht sieht, ist (P) mit (6) erfüllt : auf VP folgt konjunktiv wiederum VP, entsprechend der Klausel (a) in (P) ,

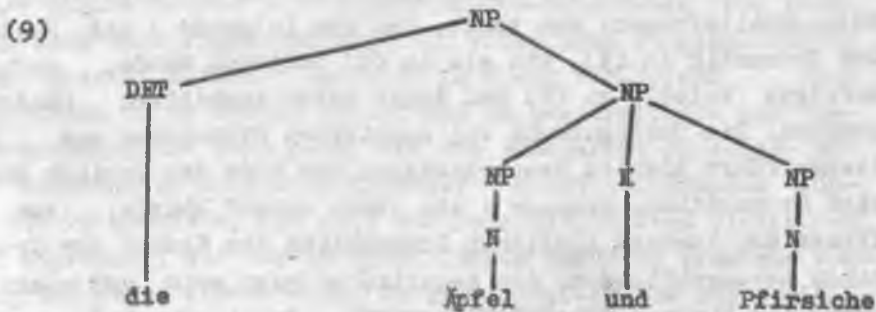
und entsprechend der Klausel (b) in (P) werden die beiden VP - Vorkommen wiederum zu VP zusammengefaßt ; (6) entspricht also der kognitiven Hypothese (P).

Die N-N-Konjunktion, die durch (3)(iii) festgelegt ist, genügt dieser Hypothese jedoch nicht, denn die durch die Regel (3)(ii)(a) und (3)(iii) induzierte Dominanzrelation legt die folgende Struktur fest :

$$(7) \quad \Delta \quad (\text{NOM}, (\text{N} - \text{K} - \text{N}))$$

Wie ohne weiteres ersichtlich ist, genügt (7) zwar der Bedingung (P)(a), nicht aber der Bedingung (P)(b) : die konjunktive Verknüpfung ergibt nicht ein Nomen, sondern den Nominalkomplex NOM. - Falls man nun von der generellen Geltung von (P) ausgeht (und dies zu tun dürfte nicht allzu abwegig sein), muß die Grammatik in (3) offenbar so modifiziert werden, daß (P) nicht nur auf die VP-Konjunktion, sondern auch auf die N-N-Konjunktion anwendbar ist. Diese Modifikation ist vergleichsweise leicht zu bewerkstelligen, etwa dadurch, daß die Regeln (3)(ii) und (3)(iii) durch die in (8) angegebenen Regeln ersetzt werden, die unter anderen die in (9) aufgeführte Baumstruktur induzieren, welche die in (10) formulierte Dominanzstruktur enthält :

- | | | | |
|-----|----|-------------------|-----|
| | | NP | (a) |
| (8) | NP | (DET) NP + K + NP | (b) |
| | | N | (c) |

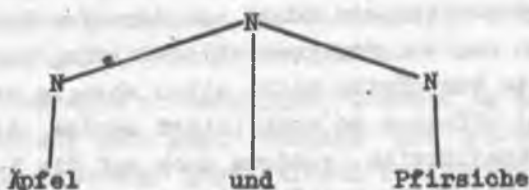


$$(10) \quad (\text{NP}, (\text{NP} (\text{N}, \text{Äpfel}) \text{K} (\text{und}) \text{NP}(\text{N}, \text{Pfirsiche})))$$

Offenkundig genügt (10) und damit auch (8) den Bedingungen in (P) ; die Anpassung der Grammatik an (P) wird dabei auf der

Basis der Annahme möglich, daß jedes N, in welchem Kontext auch immer es vorkommen mag, zugleich eine NP ist - dies ist der Gehalt der Regel (8)(a), über die Strukturen wie die in (9) skizzierte aufgebaut werden können. Es kann hier offen bleiben, ob (8) eine adäquate Konjunktionshypothese beinhaltet - wenn auch festgestellt werden darf, daß (8) vermutlich adäquater sein dürfte als es die von Winograd (1972) selbst getroffene Maßnahme ist, aus der Syntax ein spezielles und - Programm herauszulösen, daß für die konjunktive Verknüpfung von Nomen die in (11) angegebene Struktur liefert :

(11)



Sicher erfüllt (11) die Bedingungen in (P) - aber ebenso sicher dürfte es sein, daß (11) falsch ist, denn die Kanten des Baumgraphen in der üblichen Art interpretiert werden : die konjunktive Verknüpfung zweier Nomen miteinander ergibt nicht wieder ein Nomen, wie dies von (11) impliziert wird. Die in (8) formulierte Hypothese, die eine solche Implikation ausschließt, es zugleich aber, wie auch (11), erlaubt, die allgemeine Gültigkeit des kognitiven Prinzips in (P) zu behaupten, ist wohl sehr viel besser begründbar als es die Analyse Winograds ist. - Aber wie auch immer : es geht hier nicht um die Erörterung von Adäquatheitsfragen. Was zählt, ist das folgende : die Revision der Grammatik in (3), wie sie in (8) umrissen wurde, erfolgte erfolgte relativ zu (P) und damit unter kognitiven Gesichtspunkten. Die Untersuchung von kognitiven Strukturen und Prozessen führt also zu Beschränkungen der Form der logisch möglichen Grammatiken, genauer : sie läuft darauf hinaus, aus der Klasse der logisch möglichen Grammatiken die Klasse der Grammatiken herauszufiltern, die kognitiv adäquat sein und somit Aspekte des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG modellieren. Und nur dies war hier zu zeigen. Die kalkülisierte oder algorithmisierte Erklärung und Beschreibung des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG ermöglicht in der Tat vertiefte Einsichten in die kognitive Ausstat-

tung des Menschen, und deshalb ist sie unverzichtbar.

Zusatz 3. Die Argumentation, die bislang vorgetragen wurde, beruhte wesentlich auf der Annahme, daß die Kalküle der Psycholinguistik sich in unproblematischer Weise in KI -Programme überführen lassen, gemäß der Feststellung 4B-1 und der Zusatzbehauptung, daß bestimmten Endlichkeitsbedingungen genügende Algorithmen in kanonischer Art Programme induzieren. Es soll hier nun nicht versucht werden, einen Beweis für das argumentativ in Anspruch genommene System von Sätzen zu führen; wohl aber soll seine Signifikanz wiederum exemplarisch vor Augen geführt werden. Und das heißt hier primär, daß gezeigt werden muß, daß sich die Regeln des grammatischen Kalküls und die korrespondierenden Algorithmen in Ausdrücke einer Programmiersprache übertragen lassen, also implementierungsfähig sind. Man betrachte hierzu Fig. 3 beziehungsweise die Regel (3)(1), welche die folgende logische Struktur hat:

$$(12) \quad \wedge x_1, x_2, z . NP(x_1) \& VP(x_2) \& CONCAT \\ (x_1, x_2, z) \longrightarrow S(z).$$

Eine Struktur wie diese - und damit (3)(1) beziehungsweise der Algorithmus in Fig. 3 - läßt sich ohne weiteres in ein Programm überführen, und zwar etwa in das in (13) mitgeteilte PROLOG-Programm:

$$(13) \quad S(*z) \quad \leftarrow \quad (CONCAT *x_1 *x_2 *z) \\ (NP *x_1) \quad (VP *x_2)$$

Mit der Angabe dieses (minimalen) PROLOG-Programmes ist, wenn gleich eher cursorisch und zudem in einem sehr eingeschränkten Rahmen, gezeigt worden - und dies in einer vielleicht doch exemplarisch zu nennenden Art -, daß es beschreibbare und bereits beschrittene Wege gibt, die von abstrakten Sprecher - Hörer - Modellen zu konkreten Sprecher - Hörer - Maschinen führen. Die Perspektive, die sich der Psycholinguistik bietet, ist darin begründet, daß die in ihrem Rahmen ins Werk gesetzte Forschung auf genau diesen Wegen vorangeschritten ist und somit zur Etablierung eines Teiles der Grundlagen geführt hat, die für die Konstruktion von Sprecher - Hörer - Maschinen erforderlich sind: Psycholinguistik ist Linguistik im Sinne der Integrationsthese ¹³.

5

Die Perspektive, die sich für eine Linguistik bietet, die als Sprachwissenschaft plus Sprecher-Hörer-Wissenschaft und damit als kognitive Linguistik beziehungsweise als Psycholinguistik betrieben wird, ergibt sich aus ihrer Integration in die Humanwissenschaften, unter den Vorzeichen des Paradigmas der informationsverarbeitenden Systeme, und somit im Zuge ihres Zusammenwachsens mit der sprachorientierten KI-Forschung, die ihrerseits, unter vergleichbaren Bedingungen, in das System der Humanwissenschaften integriert wird. Die Psycholinguistik, so ins Werk gesetzt, ist einer der zentralen Versuche des Menschen, sich selbst zu verstehen, unter gewissen Aspekten und mit allen damit zusammenhängenden Beschränkungen, und zwar ein Versuch, dem nicht nur Aussicht auf Erfolg zugebilligt werden muß, sondern der bereits verschiedentlich erfolgreich verwirklicht wurde : die Fruchtbarkeit der skizzierten Perspektive ist erwiesen. Sie resultiert aus der Einheit des Systems SPRACHBEHERRSCHUNG und aus der Einheit der Mathematisierung der dieses System erklärenden und beschreibenden Theorien ; der Erfolg der Psycholinguistik ergibt sich unter den Rahmenbedingungen der Integrationsthese. Die Konsequenzen dieser Integration sind nicht absehbar, weder im epistemischen noch im technologischen Bereich ; das Risiko des Versuches, den Menschen für sich selbst, in wie eingeschränkten Bereichen auch immer, transparenter zu machen, ist - gerade in Ansehung seiner nicht - epistemischen Folgelasten - nicht kalkulierbar. Aber dieses nicht kalkulierbare Risiko muß wohl jeder laufen, der daran interessiert ist, daß der Mensch sich in vergleichbaren Umfängen so versteht, wie er die Natur zu verstehen in der Lage ist; anders ist das Postulat des $\gamma\pi\omega\sigma\tau\epsilon\lambda\epsilon\upsilon\sigma\epsilon\iota\varsigma$ nicht zu realisieren.

Osnabrück, Fassung vom Januar 1985

Anmerkungen

1. Eine solche Skizze wird in dem vorliegenden Aufsatz versucht, bei dem es sich um den Arbeitsbericht SGK 84/13 des von der DFG getragenen Projektes "Simulationen der grammatischen Kreativität" handelt. Dabei geht es in diesem Bericht, im Gegensatz zu allen anderen Arbeitsberichten des Projektes, nicht darum, neue Forschungsergebnisse vorzustellen, sondern einige der Perspektiven zu umreißen, innerhalb derer solche im Grenzbereich zwischen KI-Forschung und Psycholinguistik erzielten Ergebnisse zu beurteilen sind. Dabei geht es ausschließlich um im Rahmen der theoretischen Arbeit erzielte Resultate; die damit verbundene Vernachlässigung der experimentellen Arbeit in beiden Disziplinen soll in den folgenden Teilen der Skizze ausgeglichen werden.
2. Man vergleiche hierzu insbesondere die folgenden Bücher von Noam Chomsky: *Cartesian Linguistics*, New York 1966; *Language and Mind*, New York 1968; *Reflections on Language*, New York 1975; *Rules and Representations*, New York 1980.
3. Diese Frage ist, wie nicht anders zu erwarten, in der Literatur verschiedentlich behandelt worden; einen guten Überblick über den Diskussionsstand bietet J. Haugeland, Hrsg., *Mind Design*, Cambridge, Mass. 1978. - Die Antwort, die im folgenden Abschnitt auf die Frage gegeben wird, ist im Rahmen des in Anm. 1 genannten Projektes entwickelt worden; man vergleiche hierzu insbesondere S. Kanngießer, *Deduktion der Sprecher-Hörer-Maschine*, SGK-Arbeitsbericht 84/10, sowie S. Kanngießer, *Skizze der Maschinen-Linguistik*, SGK-Arbeitsbericht 84/7. In diesen Abhandlungen ist systematisch ausgeführt, was in der vorliegenden Skizze nur umrissen werden kann.
4. Diese Figur geht auf Gerd Kegel (München) zurück.
5. Unter einem Computersystem wird hier, wie üblich, eine Hardware-Software-Konfiguration verstanden. Aus Gründen, die im folgenden noch klar werden, erübrigt es sich hier, diese Konfiguration näher zu spezifizieren.
6. Warum es möglich ist, die M-Struktur des Menschen unabhängig von seiner organischen Struktur (O-Struktur) betrachten zu können, wird speziell von H. Putnam, *Mind, Language and Rea-*

lity. Philosophical Papers, Vol.II. Cambridge 1975 nachge - wiesen, wo zugleich auch demonstriert wird, daß die M-Struktur/O-Struktur-Konfiguration im Prinzip der Hardware-Software-Konfiguration gleich ist. Cf. hierzu auch die in der dritten Anmerkung genannten Arbeiten sowie den Teil V der vorliegenden Arbeit.

7. Man beachte, daß das Konstruierbarkeitsprinzip zwar das Erklärbarkeitsprinzip, nicht aber zugleich auch - vielleicht entgegen dem ersten Anschein - die Korrektheit und Vollständigkeit der Erklärung impliziert. - obwohl natürlich klar ist, daß Konstruierbarkeit praktisch immer einen hohen Grad an Erklärungsgüte induziert. - Man beachte ferner, daß die Umkehrung der Implikation nicht notwendig gilt; es gibt Systeme - etwa Sonnen -, die wohl erklärt, aber(noch) nicht konstruiert werden können. Dies verdeutlicht wohl hinreichend, daß der Weg, der von der Erklärung zur Konstruktion führt, nicht trivialerweise beschränkt werden kann.
8. Begreift man DN-Erklärungen als den klassischen Fall von Erklärungen überhaupt, so ist klar, daß das Simulationskonzept der Erklärung sowohl klassische als auch nichtklassische Erklärungen involviert; letztere sind es, welche die auf dem Simulationskonzept gegründeten Teile der Humanwissenschaft methodisch gegenüber den Naturwissenschaften abgrenzen, ohne daß diese Abgrenzung eine Differenz bezüglich der Strenge, Exaktheit oder Kontrollierbarkeit der respektiven Erklärungen induzieren würde.
9. Die Wissenschaftsgeschichte kennt den Fall der Verdrängung von Disziplinen durch Disziplinen; so wurde etwa die Naturphilosophie durch die Naturwissenschaft verdrängt - einfach deshalb, weil letztere sich als die erklärungsstärkere Disziplin erwies.

Mit der Integrationsthese wird natürlich auch behauptet, daß im hier betrachteten Fall eine solche disziplinäre Verdrängung gerade nicht statthat - die Integration beseitigt nicht Altes, sondern schafft Neues.

Dabei geht natürlich (vielleicht nicht institutionell, aber doch systematisch) die disziplinäre Autonomie verloren: aber eben die disziplinäre Autonomie aller beteiligten Disziplinen. Und genau dieser Autonomieverlust ist der

Indikator dafür, daß diverse, traditionellerweise separierte Disziplinen zu einer einheitlichen Humanwissenschaft zusammenwachsen; in diesen Prozeß ist die Psycholinguistik in der gleichen Weise einbezogen, in der die sprachorientierte KI-Forschung in ihn einbezogen ist. Cf. zu dieser allgemeinen Perspektive nicht nur der Psycholinguistik den Teil III und Teil IV dieser Überlegungen.

10. Eine systematische Formulierung des Kalkülbegriffe findet sich in Hermes (1971). Inwieweit Grammatiken, etwa die der Chomsky-Hierarchie, unter diesen Begriff fallen, geht aus Maurer (1969) hervor.
11. Einen strengen Beweis für diese Feststellung bietet Hermes (1971).
12. Man beachte, daß die Art der Mathematisierung die humanwissenschaftlichen Disziplinen Psycholinguistik und KI von den Naturwissenschaften, speziell von der Physik systematisch unterscheidet: es geht eben nicht darum, SPRACHBEHERRSCHUNG nach dem Vorbild der Physik durch Systeme von Differentialgleichungen zu beschreiben und zu erklären, sondern die vorgenommene Mathematisierung ist eine Mathematisierung sui generis. Und dieser Tatbestand ist von erheblicher Tragweite, gerade in wissenschaftsphilosophischer Hinsicht: denn er führt deutlich genug vor Augen, daß die Physik und, im weitesten Sinn des Begriffs, die Naturwissenschaft überhaupt eben nicht den allein möglichen Fall von Wissenschaft instantiiert.
13. Literaturhinweis. - Im § 4 wurde verschiedentlich unter Verwendung einer Standardnotation auf die einschlägige Literatur hingewiesen. Es handelt sich dabei um die folgenden Werke, die hier in alphabetischer Reihenfolge zusammengestellt sind:
 Hermes (1971) = H.Hermes, Aufzählbarkeit, Entscheidbarkeit, Berechenbarkeit. Berlin-Heidelberg-New York 1971. Zweite Auflage.
 Maurer (1969) = H.Maurer, Theoretische Grundlagen der Programmiersprachen. Mannheim-Wien-Zürich 1969.
 Sneed (1971) = J.Sneed, The Logical Structure of Mathematical Physics. Dordrecht 1971.

Winograd (1972) = T. Winograd, *Understanding Natural Language*. Edinburgh 1972.

Winograd (1973) = T. Winograd, "A Procedural Model of Language Understanding". In: R. Schank/K.M. Colby, Eds., *Computer Models of Thought and Language*. San Francisco 1973, S. 152-186.

Siegfried Kanngießer

Perspektywy psycholingwistyki

Przedmiotem rozważań autora są te kierunki w psycholingwistyce, których rozwój i zakres badań można przewidzieć w oparciu o badania nad sztuczną inteligencją, określane często jako lingwistyka komputerowa. Celem tych badań jest opracowanie takiego systemu komputerowego, który w sposób pełny i bez żadnych ograniczeń posługiwałby się językiem naturalnym. Zakładając, że a/ posługiwanie się językiem jest procesem przetwarzania informacji i b/ nadawca i odbiorca stanowią systemy przetwarzania informacji oraz, że dla jakichkolwiek dwóch procesów przetwarzania informacji P_1 i P_2 zachodzi P_1 i P_2 są tego samego typu, autor sugeruje tezę, że maszyna nadawczo-odbiorcza symuluje mechanizm posługiwania się językiem, przy czym mechanizm ten rozumiany jest jako część struktury mentalnej człowieka. Konsekwencją tej koncepcji jest traktowanie badań nad sztuczną inteligencją, w odniesieniu do możliwości konstruowania maszyn nadawczo-odbiorczych, jako gałęzi nauki o poznaniu czyli jako jednej z teoretycznych nauk humanistycznych.

Perspektywy rozwoju psycholingwistyki pozwolą się określić wtedy i tylko wtedy, gdy można będzie ustalić relacje, w jakich pozostaje ona w stosunku do teoretycznych założeń badań nad sztuczną inteligencją. Autor jest zdania, że obie dyscypliny stają się w wyniku procesu integracji jedną z nowych nauk humanistycznych i to zarówno co do badań i problemów badawczych jak i co do metod stosowanych dla ich rozwiązania.