

Einleitung zum Themenheft „Ressourcenadaptive kognitive Prozesse“

Anthony Jameson, Kai Buchholz*

Sonderforschungsbereich 378, FB 14 Informatik und FR 5.1 Philosophie, Universität des Saarlandes, Postfach 151150, D-66041 Saarbrücken

In der Kognitionswissenschaft tritt der Begriff einer *beschränkten Ressource* in vielen Zusammenhängen auf. Insbesondere wird der Term *Ressource* auf sehr unterschiedliche Entitäten angewandt, unter anderem auf Zeit, (menschliches und maschinelles) Gedächtnis, Wissen und Information. Durch die breite Anwendung dieses Begriffs lassen sich einige weitere gemeinsame Begriffe – sowie damit zusammenhängende Fragestellungen – erkennen. Aus diesen Gemeinsamkeiten ergeben sich Möglichkeiten für eine fruchtbare interdisziplinäre Zusammenarbeit.

Anfang 1996 nahm in Saarbrücken der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützte Sonderforschungsbereich „Ressourcenadaptive kognitive Prozesse“ seine Arbeit auf. Dieses Forschungsprogramm umfaßt 11 Projekte, deren Leiter in den Disziplinen Computerlinguistik, Informatik, Philosophie und Psychologie tätig sind; mehrere der Projekte werden von Vertretern verschiedener Disziplinen gemeinsam geleitet.

Das vorliegende Themenheft soll den Lesern eine repräsentative Stichprobe der Forschung in diesem SFB bieten. Während die Autoren und der Gastherausgeber aus dem SFB 378 stammen, wurden alle Gutachten (mindestens zwei für jede Einreichung) von Fachkollegen außerhalb Saarbrückens erstellt. Mit ihren fachkundigen und ausführlichen Kritiken haben die Gutachter das Themenheft entscheidend mitgestaltet. Aufgrund der Gutachten traf der Herausgeber der Zeitschrift *Kognitionswissenschaft*, Prof. Dr. Gerhard Weber, die Entscheidungen in bezug auf Annahme und Ablehnung von Manuskripten.

In dieser Einleitung wird zuerst der weitgefaßte Begriff einer *Ressource*, der im SFB 378 verwendet wird, kurz motiviert und skizziert. Dann werden die einzelnen Artikel im Themenheft in diesen Rahmen eingeordnet. Insbesondere wird am Schluß erörtert, welche Formen von *Ressourcenadaptivität* in den Projekten des SFB unterschieden werden.¹

* Der erste Autor ist Gastherausgeber dieses Themenhefts. Der Beitrag des zweiten Autors zu dieser Einleitung wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des SFB 378 gefördert.

¹ Eine ausführlichere Besprechung und Einordnung der Artikel dieses Themenhefts ist über die WWW-Seite des SFB 378 verfügbar: <http://www.coli.uni-sb.de/sfb378/>.

Ausgangspunkt für den Ressourcenbegriff

Wissenschaftstheoretisch betrachtet ist der hier skizzierte theoretische Rahmen als terminologische Festlegung des Ausdrucks *Ressource* für den interdisziplinären Forschungszusammenhang des SFB 378 anzusehen. Bei derartigen Begriffsfestlegungen in der einzelwissenschaftlichen Forschung wird häufig übersehen, daß sich diese weder an der alltagssprachlichen noch an anderen wissenschaftssprachlichen Verwendungsformen der einzuführenden terminologischen Wörter orientieren müssen: Die terminologische Festlegung ist in der Regel nämlich keine *Beschreibung* eines bereits vorliegenden Sprachgebrauchs, sondern ein *Vorschlag* zur zukünftigen Verwendung eines Ausdrucks in bestimmten Zusammenhängen (vgl. Kamlah & Lorenzen 1973, S. 70ff). Der hier verwendete Ressourcenbegriff deckt sich dementsprechend nicht mit bisher praktizierten Verwendungsformen des Ausdrucks *Ressource* (etwa in der Ökonomie, der Psychologie oder der Künstlichen Intelligenz).

Demgegenüber ist es notwendig, explizit anzugeben, zu welchem *Zweck* eine bestimmte Normierung vorgenommen wird (vgl. Gabriel 1972, S. 83–96). Der hier verfolgte Zweck ist dieser: Es soll ein begrifflicher Rahmen geboten werden, mit dem die Anpassung von kognitiven Prozessen künstlicher und natürlicher Agenten an Ressourcenbeschränkungen analysiert werden kann. Dieser Rahmen soll es ermöglichen, Gemeinsamkeiten zwischen einzelnen Forschungsbemühungen zu erkennen, Fragestellungen und Ergebnisse zu verallgemeinern und neue Fragestellungen zu formulieren.

Die Erarbeitung eines solchen gemeinsamen Rahmens ist für die interdisziplinäre Forschung besonders wichtig. Echte Interdisziplinarität verlangt nämlich nach gemeinsam verbindlichen Forschungsinteressen; diese sind jedoch auf Grund von oft weit zurückreichenden und komplexen disziplinären Forschungstraditionen nur schwer zu erreichen (vgl. Mittelstraß 1987).

In Anbetracht dieses Zweckes ist es angemessen, daß der hier verwendete Ressourcenbegriff ungewöhnlich weitgefaßt ist. Ressourcen werden in einem ersten Schritt einfach als *Hilfsmittel* oder *-quellen* angesehen. Dieser Schritt ergibt einen geeigneten Ausgangspunkt für einen kognitionswissenschaftlich interessanten Ressourcenbegriff. Allgemeines

Anliegen der Kognitionswissenschaft ist nämlich die Erforschung der intelligenten (bzw. rationalen) Lösung von Aufgaben durch natürliche und künstliche Systeme, und mit dem Ausdruck *Ressource* können in diesem Zusammenhang die Hilfsmittel bezeichnet werden, die bei der Lösung der jeweiligen Aufgaben verwendet werden. *Ressource* wird also sinnvoller Weise als mehrstelliger Terminus, nämlich auf Aufgaben beziehungsweise Handlungsziele bezogen, festgelegt.

Um Anhaltspunkte darüber zu gewinnen, welche interessanten Unterbegriffe sich dazu bestimmen lassen, wird zunächst ein Blick auf den Bereich des alltäglichen Handelns geworfen. Typische Arten von Ressourcen sind in diesem Zusammenhang physische Gegenstände, menschliche Fähigkeiten und Fertigkeiten, Informationen, Energie und Zeit. Die Form, in der diese Ressourcensorten beim Verfolgen von Zielen eingreifen, ist sehr vielgestaltig. Während einige Ressourcen bei ihrem Einsatz verbraucht werden (z.B. Strom), lassen sich andere im Prinzip beliebig oft verwenden (z.B. die Fertigkeit des Lesens). Der Einsatz von Ressourcen kann unter bestimmten Erwägungen (z.B. Sparsamkeit oder Sicherheit) gezielt erfolgen oder auch unreflektiert und automatisch ablaufen (vgl. Schwemmer 1987, S. 55). Einige Ressourcen lassen sich in Portionen aufteilen (z.B. Zeit), andere können dagegen nur als ganze sinnvoll eingesetzt werden (z.B. Fahrrad und Telefonnummer).

Ein allgemeiner Begriffsrahmen

Der im SFB 378 verwendete Begriffsrahmen umfaßt mehrere Kernbegriffe, die in Abb. 1 graphisch dargestellt werden. Die Abbildung beschreibt die Situation eines (natürlichen oder künstlichen) *Agenten*, der innerhalb eines gewissen Zeitraums die beiden *Aufgaben* A_1 und A_2 erledigen soll. Der Agent *verwendet* dabei die drei *Ressourcen* R_1 , R_2 und R_3 . Wie die Pfeile zeigen, spielt R_1 für die Aufgabe A_2 keine Rolle. Die Verwendung von R_i für A_j wird als V_{ij} bezeichnet. Eine Verwendung V_{ij} kann manchmal quantitativ, manchmal nur qualitativ gekennzeichnet werden; manchmal präzise gemessen und manchmal nur grob geschätzt werden.

Verwendungsbeschränkungen und Kosten

Von jeder Ressource R_i unterliegen die Verwendungen $\{V_{ij}\}$ bestimmten *Verwendungsbeschränkungen* (siehe die linke Spalte in der Abbildung). Um von einem einfachen Fall auszugehen, kann es von der Ressource R_1 (Platz) eine bestimmte quantifizierte Menge F_1 geben, die für A_1 verwendet werden kann, sowie von *Zeit* eine Menge F_2 , die über A_1 und A_2 verteilt werden kann.

In diesem Beispiel wird R_3 , *Wissen*, ebenfalls auf einer eindimensionalen Skala gekennzeichnet. Die Verwendungsbeschränkung ist allerdings anderer Art als für R_1 und R_2 : Da *Wissen* nicht durch seine Verwendung verbraucht wird, besteht die Beschränkung nur darin, daß für jede Aufgabe die Verwendung die verfügbare Menge nicht überschreiten kann. In solchen Fällen wäre es irreführend, von der *Zuteilung* bzw. *Allokation* der betreffenden Ressource zu sprechen. Der

Begriff *Verwendung* wurde eingeführt, so daß auch Hilfsmittel mit Beschränkungen dieser Art als Ressourcen aufgefaßt werden können.

Verwendungsbeschränkungen können auch viel komplexer als die in diesem Beispiel genannten sein – etwa, in bezug auf die *Zeit* als Ressource, wenn beim Hin- und Herschalten zwischen Aufgaben Zeitverlust entsteht. Außerdem können Verwendungen und ihre Beschränkungen, wo erforderlich, differenzierter beschrieben werden als mit globalen quantitativen Maßen (vgl. Jameson 1997). Beispielsweise kann es nützlich sein, nicht lediglich die Gesamtmenge der verfügbaren *Zeit* anzugeben sondern die einzelnen Zeitintervalle, innerhalb derer eine Aufgabe erledigt werden kann. Außerdem wird man die Ressource *Wissen* häufig wesentlich differenzierter als in diesem Beispiel beschreiben.

Auf Gebieten wie der Betriebswirtschaftslehre spielt der Begriff der *Kosten* einer Ressource eine wichtige Rolle. Auch in bezug auf kognitive Prozesse ist dieser Begriff manchmal nützlich, obwohl die *Kosten* hier eher als eine theoretische Variable aufgefaßt werden. Mit diesem Begriff kann man die Tatsache zum Ausdruck bringen, daß größere Verwendungen einer Ressource R_i für den betreffenden Agenten ungünstig sind, auch wenn sie innerhalb der Verwendungsbeschränkung für R_i liegen. In Abb. 1 werden die *Kosten* der Ressource *Zeit* links durch eine einfache Funktion angegeben.

Erfolgsmetriken und -profile

Ein zentraler Aspekt des Begriffs einer *Ressource* ist, daß eine Ressource nicht nur beschränkt sondern auch nützlich sein muß: Der Erfolg des Agenten bei der Ausführung einer Aufgabe A_j muß positiv von der Verwendung von Ressourcen für A_j abhängen. Verschiedene Autoren (z.B. Dean & Boddy 1988; Norman & Bobrow 1975) führten bereits Begriffe ein, die mit den auf der rechten Seite von Abb. 1 dargestellten vergleichbar sind: *Erfolgsmetriken* und *Erfolgsprofile*. Eine *Erfolgsmetrik* M_j für eine Aufgabe A_j ist ein Bewertungsmaßstab, mit dessen Hilfe sich angeben läßt, zu welchem Grad die Ausführung von A_j gelungen ist. Je nach Aufgabe und Situation können sich sinnvolle Erfolgsmetriken in ihrer Form und ihrem Inhalt voneinander unterscheiden.²

Ein *Erfolgsprofil* für eine Aufgabe A_j ist eine Funktion, die die Abhängigkeit des Erfolgs bei der Ausführung von A_j von den Ressourcenverwendungen $\{V_{ij}\}$ kennzeichnet. Da der Erfolg oft auch von anderen, nur teilweise vorhersehbaren Faktoren abhängt, drückt ein Erfolgsprofil häufig nur den bei bestimmten Ressourcenverwendungen *zu erwartenden* Erfolg aus.

Anmerkungen zum Begriffsrahmen

In diesem Rahmen werden einige Eigenschaften von Ressourcen mit Absicht offengelassen, die bei bisherigen Konzeptionen von Ressourcen in der Kognitionswissenschaft

² Manchmal sind für eine einzige Aufgabe zwei oder mehr Erfolgsmetriken relevant (z.B. Geschwindigkeit und Genauigkeit der Ausführung).

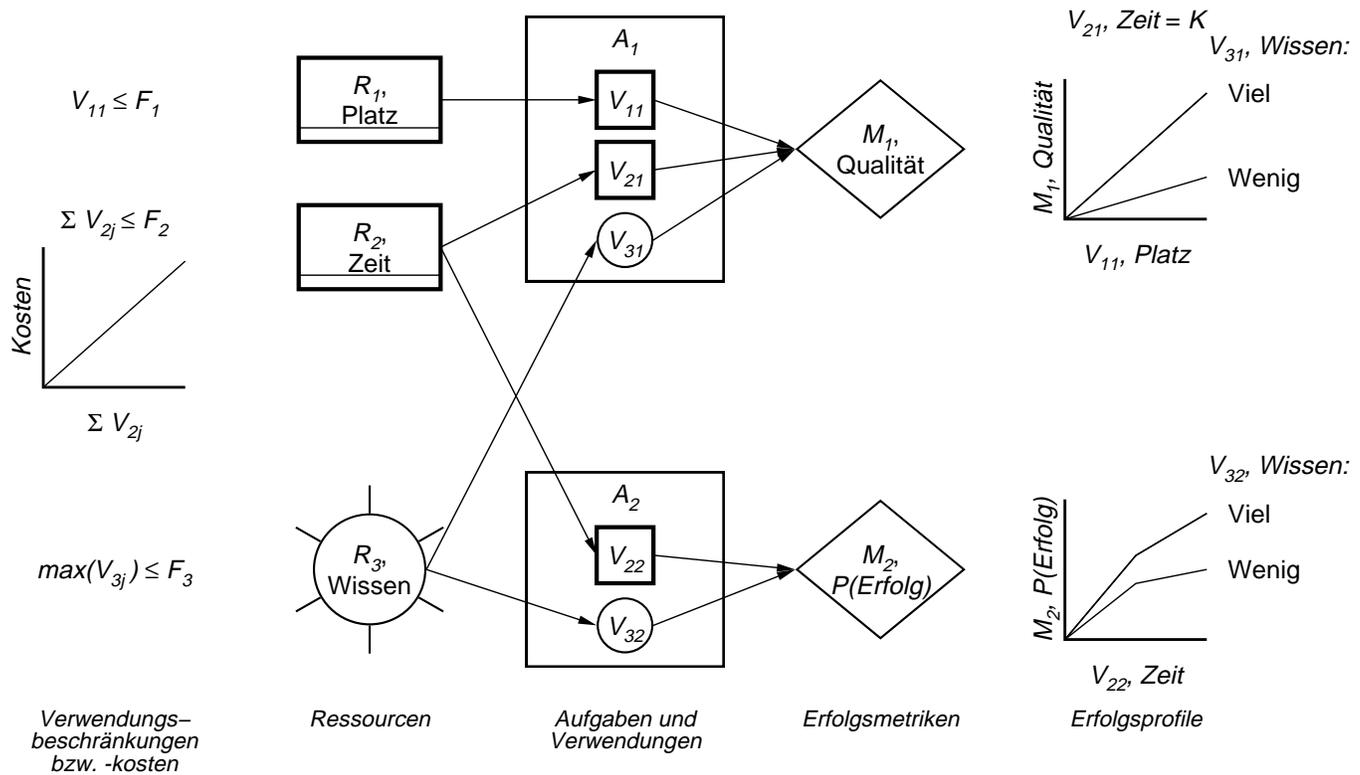


Abb. 1. Abstraktes Beispiel für den diesem Themenheft zugrundeliegenden Ressourcenbegriff

festgelegt wurden. Somit können andere Konzeptionen innerhalb dieses Rahmens als Spezialfälle aufgefaßt werden. Beispielsweise betrachten Norman & Bobrow (1975) Information nicht als Ressource, sondern unterscheiden ausdrücklich zwischen Verarbeitungsressourcen und „Daten“. Und in einem KI-Planungssystem kann es sinnvoll sein, nur diejenigen Hilfsmittel eines Agenten als „Ressourcen“ zu bezeichnen, die quantifizierbar und verbrauchbar sind, da diese Hilfsmittel bei der Planung eine besondere Rolle spielen (siehe z.B. Russell & Norvig 1995, Abschnitt 12.5).

Es können viele weitere Spezialfälle unterschieden werden, z.B. in bezug auf die Art der Kennzeichnung der Verfügbarkeit und der Verwendung von Ressourcen sowie in bezug auf die Form von Verwendungsbeschränkungen, Kostenfunktionen und Erfolgsprofilen.

Typen von Fragen in bezug auf ressourcenadaptive kognitive Prozesse

Innerhalb des gerade skizzierten Begriffsrahmens lassen sich einige allgemeine Typen von Fragen formulieren, die in bezug auf spezielle ressourcenadaptive Prozesse gestellt werden können. In dieser Einleitung wird jeder Artikel im Themenheft als Beispiel für die Behandlung einer Frage eines bestimmten Typs skizziert – obwohl jeder Artikel natürlich auch auf andere Fragen eingeht.

Fragetyp 1: Wie können die verfügbaren Ressourcen effektiv an die zu erledigenden Aufgaben zugeteilt werden?

Wenn eine Ressource mit Kosten verbunden ist – oder wenn sie über mehr als eine Aufgabe verteilt werden muß – kann die Frage entstehen, welche Verwendung(en) der Ressource insgesamt den besten Erfolg erwarten lassen. Das mathematische Assistenzsystem OMEGA (Siekmann, Kohlhase & Melis, in diesem Heft) behandelt eine Frage dieses Typs, unter anderen. Das automatische Entwickeln mathematischer Beweise ist auch mit massiven Rechenressourcen sehr schwierig. Mit OMEGA wird versucht, die Komplexität des Problems durch den Einsatz von Ressourcen des Benutzers besser zu bewältigen. Insbesondere fassen die Autoren die Zeit, in der der Benutzer Hinweise an das System gibt, als eine verbrauchbare Ressource *Benutzerinteraktion* auf. Die Kosten dieser Ressource sind von der Haltung des Benutzers abhängig – d.h., von der Bereitschaft des Benutzers, seine Zeit zu investieren, um dem System zu helfen. Siekmann et al. besprechen unter anderem, wie OMEGA Entscheidungen über den Einsatz dieser Ressource trifft.

Fragetyp 2: Bei inhaltlich heterogenen Informationsressourcen: Wie können die Ressourcen zusammen ausgenutzt werden?

Auch wenn die erforderlichen Ressourcen für eine Aufgabe weder verbrauchbar noch mit Kosten verbunden sind, ist die Frage, wie sie effektiv verwendet werden können, nicht immer einfach zu beantworten. Es kann schwierig sein, Methoden zu finden, die von allen *potentiell* nützlichen Ressourcen *tatsächlich* Gebrauch machen können.

Ein Beispiel für ein solches Problem liefert der Artikel von Egg, Gardent & Kohlhase in diesem Heft. Die Autoren behandeln ein vieluntersuchtes und hartnäckiges Problem der Computerlinguistik, die *semantische Auswertung*: Wie kann eine Äußerung interpretiert werden, wenn ihre Bedeutung nur teilweise sprachlich ausgedrückt wird? Beispielsweise wird in der isolierten Satzfolge „Jon liebt seine Frau; Peter auch“ nicht eindeutig spezifiziert, wer wen liebt. Die Ressource, die hier im Vordergrund steht, ist die in der Äußerung selbst enthaltene semantische Information. Maschinelle Systeme für die semantische Auswertung, die hauptsächlich auf diese Ressource angewiesen sind, liefern häufig unbefriedigende Ergebnisse.

Die Autoren gehen davon aus, daß Menschen deshalb bessere Erfolgsprofile aufweisen, weil sie eine Reihe weiterer Ressourcen verwenden, die künstliche Systeme bislang nicht voll ausgenutzt haben: Verschiedene Typen von Information und Wissen können für die semantische Auswertung relevant sein. Auch diese Ressourcen können im Einzelfall mehr oder weniger beschränkt zur Verfügung stehen; aber ein System, das sie alle verwenden kann, wird insgesamt einen relativ guten Erfolg haben. Es ist aber nicht einfach, eine Architektur zu entwickeln, in der so unterschiedliche Typen von Information effizient repräsentiert und verarbeitet werden können. Um dieses Problem zu lösen, setzen die Autoren eine Reihe neuer Repräsentationsformalismen und Berechnungsmethoden ein.

Fragetyp 3: Wie können auch diejenigen Ressourcen effektiv eingesetzt werden, deren Verfügbarkeit nicht von vornherein bekannt ist?

Manchmal muß ein Agent eine Reihe von Aufgaben eines bestimmten Typs unter stark variierenden Ressourcenbeschränkungen bewältigen. Diese Situation wird im Artikel von Wahlster, Blocher, Baus, Stopp & Speiser in diesem Heft thematisiert. Im Projekt REAL wird unter anderem ein System entwickelt, das bei unterschiedlicher verfügbarer Zeit mehr oder weniger adäquate Beschreibungen der Lage von Objekten generieren kann.

In dieser Situation sollte der Agent ein Verarbeitungsverfahren mit einem Erfolgsprofil einsetzen, das bestimmte Bedingungen erfüllt. Diese Merkmale sind typisch für *Anytime-Algorithmen*, bei denen die Zeit die kritische Ressource ist. Der Artikel von Wahlster et al. geht unter anderem auf die Frage ein, wie Anytime-Algorithmen für die Aufgabe der Objektlokalisierung realisiert werden können.

Das Problem der Ressourcenvariabilität wird noch erschwert, wenn der Agent seine Methode für die Erledigung einer Aufgabe bereits wählen muß, bevor er über die Verfügbarkeit der betreffenden Ressource informiert ist. In bezug auf die Zeit als Ressource kann diese Situation beispielsweise entstehen, wenn die Aufgabe erledigt werden muß, bevor ein bestimmtes anderes Ereignis stattfindet, wobei der Zeitpunkt dieses Ereignisses nicht von vornherein bekannt ist. Der Artikel von Wahlster et al. gibt ein Beispiel dafür, wie diese Situation behandelt werden kann.

Der hier verwendete weitgefäßte Ressourcenbegriff hilft, die in bezug auf die Ressource „Zeit“ entwickelten Lösungsansätze auf andere Ressourcen (z.B. Speicherplatz, Informa-

tion) zu übertragen, da er allgemeinere Formulierungen der Probleme und der Lösungsansätze ermöglicht.

Fragetyp 4: Welche Form haben die relevanten Erfolgsprofile, und wie können sie theoretisch erklärt werden?

Sowohl bei künstlichen als auch bei natürlichen Agenten können Erfolgsprofile häufig nur durch empirische Untersuchungen ermittelt werden. Der Artikel von Wallach & Tack in diesem Heft kann als Beispiel für eine solche Untersuchung aufgefaßt werden. Die übergeordnete Fragestellung betrifft die Art und Weise, wie Menschen Wissen über die Regelung eines komplexen Systems (z.B. eines Kraftwerks) erwerben. Speziell wird der Einfluß von zwei Ressourcen untersucht: Vorwissen und Zeit.

Die Rolle der nicht-verbrauchbaren Ressource *Vorwissen* konnte empirisch auf naheliegende Weise untersucht werden. Die Rolle der Zeit wurde dagegen indirekt nachgewiesen: Versuchspersonen, die im wesentlichen gleichzeitig zwei „Aufgaben“ erledigen mußten – das Bedienen des Kraftwerks sowie das elaborierende Nachdenken über die Ergebnisse der eigenen Eingriffe – erwarben weniger Strukturwissen als beobachtende Versuchspersonen, die ihre gesamte Zeit dem Nachdenken widmen konnten. Die Autoren erklären die ermittelten Erfolgsprofile mit Hilfe eines in ACT-R entwickelten Simulationsmodells.

Ein weiteres Beispiel für die empirische Ermittlung von Erfolgsprofilen und deren theoretische Erklärung durch Modellierung bietet der bereits erwähnte Beitrag von Wahlster et al. in diesem Heft.

Fragetyp 5: Welche kompensatorischen Beziehungen bestehen zwischen den verfügbaren Ressourcen?

Eine Analyse ressourcenbeschränkten Verhaltens braucht nicht immer eine quantitative Untersuchung von Erfolgsprofilen zu umfassen. Sie kann auch darin bestehen, daß man qualitativ (a) die Ressourcen inventarisiert, die für eine bestimmte Aufgabe verwendet werden können, und (b) die Beziehungen zwischen diesen Ressourcen analysiert. Eine solche Analyse bietet Schmauks (in diesem Heft) für die Aufgaben *Durchführung einer Wanderung* und *Planung einer Wanderung*.

Von besonderem Interesse sind die *kompensatorischen* Beziehungen zwischen den Ressourcen. Diese Beziehungen bestimmen, inwieweit ein Agent trotz mangelnder Verfügbarkeit bestimmter Ressourcen mit Hilfe anderer Ressourcen befriedigende Ergebnisse erzielen kann. Beispielsweise kann eine inadäquate mentale Umgebungskarte beim Wanderer, die durch mangelhafte Vorbereitung entstanden ist, nur teilweise durch eine Fülle von Zeichen in der Umgebung kompensiert werden.

Fragetyp 6: Was für nicht-beobachtbare Ressourcen sollten postuliert werden, um die beobachteten Leistungsbeschränkungen zu erklären?

In der experimentellen Psychologie werden seit Jahrzehnten interne kognitive Ressourcenbeschränkungen postuliert,

um beobachtete Leistungsbeschränkungen zu erklären. Hier ist es besonders schwierig, festzustellen, um welche Ressourcen es geht, welchen Beschränkungen sie unterliegen und wie die entsprechenden Erfolgsprofile aussehen. Die Besprechung solcher Fragen in der psychologischen Literatur ist eher durch Kontroverse als durch Übereinstimmung gekennzeichnet. Der Diskussionsbeitrag von Rummer, Mohr & Zimmer in diesem Heft bietet einen Blick in eine solche Debatte. Ihre Kontrastierung von zwei Typen von Ressourcenkonzepten in bezug auf das verbale Arbeitsgedächtnis soll nicht so sehr die verschiedenen Standpunkte und Argumente erschöpfend behandeln als eher zum Nachdenken und zur Diskussion anregen.

Fragetyp 7: In welchem Sinne ist der analysierte kognitive Prozeß „ressourcenadaptiv“?

Bisher wurde die Frage ausgeklammert, welcher Inhalt sich hinter dem Ausdruck *ressourcenadaptiv* verbirgt, der im Titel des SFB 378 vorkommt. Allgemein gesprochen, ist ein kognitiver Prozeß *ressourcenadaptiv*, wenn die Art, wie die betreffenden Aufgaben erledigt werden, von den Verwendungsbeschränkungen der relevanten Ressourcen abhängt.

Anhand der bisher besprochenen Beispiele kann man erkennen, daß eine solche Abhängigkeit verschiedene Formen annehmen kann. Es hat sich im SFB 378 als nützlich erwiesen, drei Formen von Ressourcenadaptivität zu unterscheiden. Diese Formen können anhand des Artikels von Uszkoireit et al. in diesem Heft erläutert werden.

Die Autoren betrachten die Rolle des Arbeitsgedächtnisses bei der Generierung und beim Verstehen von Sätzen. Ihr Ausgangspunkt ist die folgende, unter Psycholinguisten verbreitete Annahme: Bei der Generierung eines Satzes wählt ein Sprachproduzent vor allem syntaktische Strukturen, die sein Arbeitsgedächtnis – sowie das Arbeitsgedächtnis des Sprachrezipienten – nicht unnötig belasten.

In ihren beiden Untersuchungen überprüfen die Autoren empirisch eine Theorie, die vorhersagt, welche Strukturen das Arbeitsgedächtnis relativ viel belasten und daher weniger oft verwendet werden sollten. Ihre Ergebnisse bestätigen die Theorie weitgehend, obwohl auch einige interessante Abweichungen festgestellt werden. Die Ergebnisse lassen jedoch die Frage offen, auf welche Weise sich Sprachproduzenten an die Beschränkungen des Arbeitsgedächtnisses anpassen. Diese Adaptation könnte theoretisch drei Formen annehmen:

1. Die stärkste Form wäre *ressourcenadaptierendes* Verhalten: Der Sprachproduzent könnte bei der Generierung eines Satzes an die Belastung des Arbeitsgedächtnisses bei sich selbst (oder beim Sprachrezipienten) denken, etwa im folgenden Sinne: „Ich kann mich im Augenblick nicht gut konzentrieren. Ich verzichte also am besten jetzt darauf, Relativsätze über lange Abstände zu extraponieren, da mir das vielleicht gar nicht gelingen würde.“ Allgemeiner: Ein Agent handelt *ressourcenadaptierend*, wenn er bei seiner Entscheidungsfindung die Ressourcenbeschränkungen und Erfolgsprofile von sich selbst (oder von einem anderen Agenten) berücksichtigt, um eine geeignete Verwendung von Ressourcen zu bestimmen.

2. *Ressourcenabhängiges* Verhalten könnte so entstehen: Der Sprachproduzent ist häufig geneigt, Relativsätze

über lange Abstände zu extraponieren. Manchmal scheitert die Generierung eines solchen Satzes aber wegen zu hoher Anforderungen an sein Arbeitsgedächtnis; in diesen Fällen weicht der Sprachproduzent auf eine leichtere Struktur aus. Allgemeiner: Ein Agent handelt *ressourcenabhängig*, wenn er mit seinen jeweils verfügbaren Ressourcen auskommt, ohne bei seiner Planung auf ihre Beschränkungen Rücksicht zu nehmen. Sein Verhalten wird erst in dem Augenblick durch Ressourcenbeschränkungen beeinflusst, in dem eine entsprechende Grenze erreicht wird. Dann verwendet der Agent z.B. andere Ressourcen, die auch zum Erfolg beitragen können, bzw. nimmt andere Aufgaben in Angriff.

3. Bei *ressourcenadaptiertem* Verhalten würde die Anpassung gar nicht beim Sprachproduzenten selbst stattfinden. Stattdessen wäre sie in der Tatsache zu sehen, daß bei der Entwicklung der deutschen Sprache gewisse Konventionen entstanden sind, die tendenziell Sätze ergeben, die relativ geringe Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis von Sprachproduzenten und -rezipienten stellen. Der einzelne Sprachproduzent kann sich an diese Konventionen halten, ohne zu wissen, daß sie etwas mit der Berücksichtigung von Ressourcenbeschränkungen zu tun haben. Allgemeiner: Ein Agent handelt *ressourcenadaptiert*, wenn die betreffenden kognitiven Prozesse sich über einen längeren Zeitraum so entwickelt haben, daß sie im Hinblick auf kognitive Ressourcenbeschränkungen geeignet sind.

Schlußwort

Insgesamt zeigt dieses Themenheft, daß einige allgemeine Begriffe und Fragetypen, die sich auf den Kernbegriff einer *Ressource* beziehen, auf sehr unterschiedliche spezielle Fragestellungen angewandt werden können, die mithilfe unterschiedlicher Methoden untersucht werden. Die weitere Ausarbeitung solcher Verallgemeinerungen ist eine der Aufgaben des SFB 378.

Literatur

- Dean, T. L. & Boddy, M. (1988). An analysis of time-dependent planning. In: *Proceedings of the Seventh National Conference on Artificial Intelligence* (pp. 49-54). St. Paul, MN.
- Egg, M., Gardent, C. & Kohlhase, M. (1998). Steuerung von Inferenzen in der Diskursverarbeitung. *Kognitionswissenschaft*, 7(3), 106–110
- Gabriel, G. (1972). *Definitionen und Interessen*. Stuttgart-Bad Cannstatt: Frommann-Holzboog.
- Jameson, A. (1997). Modeling the user's processing resources: Pragmatic simplicity meets psychological complexity. In R. Schäfer & M. Bauer (Hrsg.), *ABIS 97, 5. GI-Workshop: Adaptivität und Benutzermodellierung in interaktiven Softwaresystemen: Workshop-Beiträge* (pp. 149-160). Saarbrücken: Universität des Saarlandes.
- Kamlah, W. & Lorenzen, P. (1973). *Logische Propädeutik*. Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut.
- Mittelstraß, J. (1987). Die Stunde der Interdisziplinarität? In J. Kocka (Hrsg.), *Interdisziplinarität* (pp. 152-158). Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Norman, D. A. & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Rummer, R., Mohr, G. & Zimmer, H. (1998). Leistungsbegrenzungen im verbalen Arbeitsgedächtnis: Argumente gegen energetische Ressourcenkonzepte. *Kognitionswissenschaft*, 7(3), 134–140
- Russell, S. J. & Norvig, P. (1995). *Artificial intelligence: A modern approach*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- Schmauks, D. (1998). Kognitive und semiotische Ressourcen für die Wegfindung. *Kognitionswissenschaft*, 7(3), 124–128
- Schwemmer, O. (1987). *Handlung und Struktur*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Siekmann, J., Kohlhase, M. & Melis, E. (1998). OMEGA, ein mathematisches Assistenzsystem. *Kognitionswissenschaft*, 7(3), 101–105
- Uszkoreit, H., Brants, T., Duchier, D., Krenn, B., Konieczny, L., Oepen, S. & Skut, W. (1998). Studien zur performanzorientierten Linguistik: Aspekte der Relativsatzextraposition im Deutschen. *Kognitionswissenschaft*, 7(3), 129–133
- Wahlster, W., Blocher, A., Baus, J., Stopp, E. & Speiser, H. (1998). Ressourcenadaptierende Objektlokalisierung: Sprachliche Raumbeschreibung unter Zeitdruck. *Kognitionswissenschaft*, 7(3), 111–117
- Wallach, D. P. & Tack, W. H. (1998). Wissenserwerb und Performanz bei der Regelung komplexer Systeme. *Kognitionswissenschaft*, 7(3), 118–123