

Inkrementelle Sprachrezeption

Bernd Hildebrandt, Hans-Jürgen Eikmeyer, Gert Rickheit und Petra Weiß

Universität Bielefeld, SFB 360, Postfach 100 131, 33501 Bielefeld

(e-mail: hldbrndt, eikmeyer, rickheit@lili.uni-bielefeld.de, pweiss@nov1.lili.uni-bielefeld.de)

Zusammenfassung. Inkrementelle Sprachverarbeitung gilt als ein Prinzip kognitiver Sprachverarbeitung. Wir schlagen eine Unterscheidung in massive und moderate sowie in wortbasierte und konstituentenbasierte Inkrementalität vor. Dadurch wird die Hypothese, daß vorwiegend einzelne Wörter die Inkremente der Sprachrezeption sind, relativiert. Anhand von Ableitungsstrukturen in der *Combinatory Categorical Grammar* wird der Einfluß der Inkremente auf den Prozeß der Sprachrezeption veranschaulicht. Linguistische Methoden zur Strukturierung einer Äußerung wie auch psycholinguistische Befunde legen eine massive, konstituentenbasierte Inkrementalität nahe.

1 Einleitung

Neben Interaktivität ist Inkrementalität ein wesentliches Prinzip menschlicher Sprachverarbeitung. Seit den achtziger Jahren haben eine Vielzahl psycholinguistischer Experimente dies immer wieder bestätigt. Ungeklärt ist allerdings, was dabei die verarbeitungsrelevanten Einheiten, die Inkremente, sind. Beispielsweise gehen sowohl Hemforth, Konieczny, Scheepers und Strube (1992) wie auch Hildebrandt, Rickheit und Strohner (1993) von einer wortweisen inkrementellen Verarbeitung aus. Doch fehlt in beiden Arbeiten eine Begriffsbestimmung dessen, was unter *Wort* verstanden werden soll. Für die Modellierung der Verarbeitung diskontinuierlicher Konstituenten, wie beispielsweise in der Äußerung *steck die Leisten zusammen*, kann eine wortbasierte Inkrementalität zu Problemen führen. Dies gilt um so mehr für die Verarbeitung gesprochener Sprache, da Wortgrenzen nur selten markiert sind.

Im vorliegenden Beitrag werden Varianten der inkrementellen Sprachrezeption vorgestellt, die von den jeweils zugrundegelegten Inkrementen abhängen. Diese Differenzierung ist unter anderem das Resultat von Computersimulationen zu psycholinguistischen Experimenten (vgl. Weiß & Rickheit, in Vorb.). Da die Simulationen auf einer von Mark Steedman entwickelten Variante der Kategorialgrammatik, der *Combinatory Categorical Grammar* (CCG), basieren (vgl. z.B. Steedman, 1996), werden zunächst einige Grundlagen der CCG skizziert und dann anhand des Grammatikformalismus Varianten der inkrementellen Verarbeitung vorgestellt.

2 Grundlagen der *Combinatory Categorical Grammar*

Schon Ades und Steedman (1982) haben auf zwei konstitutive Eigenschaften der CCG, die mit der menschlichen Sprachverarbeitung übereinstimmen, hingewiesen: Zum einen korrespondieren die syntaktischen Regeln mit den semantischen Regeln, so daß es nicht

nötig ist, erst eine autonome syntaktische Struktur aufzubauen, auf der dann die semantischen Regeln angewandt werden. Zum anderen kann die Verarbeitung nahezu vollständig wortweise inkrementell ablaufen. So hat zum Beispiel Haddock (1989) diesen inkrementellen Aspekt der CCG näher behandelt, wobei er die Interaktion linguistischen Wissens mit Diskurs- und Weltwissen betont.

Ein weiteres wesentliches Merkmal der CCG ist, daß syntaktische Information über zulässige Wortfolgen lexikalisch repräsentiert ist. So gibt es in der CCG beispielsweise keine syntaktischen Regeln für Nominalkonstituenten wie $np \Rightarrow \text{det } n$. Vielmehr ist diese Information in der lexikalischen Kategorie des Artikels kodiert, z.B. $\text{der} := np/n$. Zusätzlich gibt es mehr oder weniger allgemeingültige, meist binäre Kombinationsregeln, die auf zwei benachbarte Kategorien angewandt werden. Folgt beispielsweise auf einen Artikel mit der Kategorie np/n ein Nomen mit der Kategorie n , instantiiert ein Regelschema $X/Y + Y \Rightarrow X$ zu $np/n + n \Rightarrow np$. Die Kategorie $s \backslash np_{\text{nom}}/np_{\text{akk}}$ eines Verbs wie *nimmt* ist folgendermaßen zu lesen: Vor dem Verb soll eine Nominalkonstituente im Nominativ und nach dem Verb soll eine Nominalkonstituente im Akkusativ stehen.

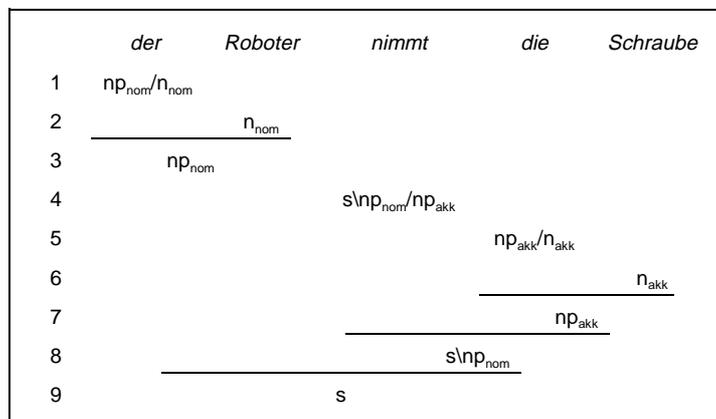


Abbildung 1: Beispiel für eine Ableitungsstruktur

Das Beispiel in Abbildung (1) veranschaulicht die Wechselwirkung von Kategorien und Regeln: Die Nominalkonstituenten np_{nom} und np_{akk} werden mittels Regel $X/Y + Y \Rightarrow X$ gebildet. Das Objekt des Satzes wird ebenfalls über diese Regel an das Verb gebunden. Über Regel $Y + X \backslash Y \Rightarrow X$ wird dann im letzten Schritt das Subjekt ans Verb gebunden. Um der Komplexität syntaktischer Konstituentenfolgen zu genügen, bedarf es zusätzlicher Regeln. Die Auswahl weiterer Regeln aus allen denkbaren Kombinationsmöglichkeiten ist selbstverständlich nicht willkürlich, sondern prinzipiengeleitet (vgl. Steedman, 1996).

In der CCG können die einzelnen Schritte der Verarbeitung durch *Ableitungsstrukturen* repräsentiert werden. Diese Ableitungsstrukturen bilden den Zeitverlauf der Verarbeitung und den jeweiligen Verarbeitungsstand ab. Anders als ein Phrasenstrukturbaum, der das Resultat einer syntaktischen Verarbeitung als (Oberflächen-)Struktur repräsentiert, geben Ableitungsstrukturen den Verarbeitungsprozeß wieder. Hierin spiegeln sich zwar auch syntaktische Abhängigkeiten wider, die auf die semantische Interpretation wirken. Doch bildet in CCG die syntaktische Struktur keine autonome

Repräsentationsebene. Die Zeitachse in Abbildung (1) verläuft von oben nach unten. Bei dieser Ableitungsstruktur handelt es sich offensichtlich um keine inkrementelle Verarbeitung, da die Reduktion der Kategorien auf das Satzsymbol *s* nicht ausschließlich von links nach rechts, d.h. dem Zeitverlauf der Worteingabe, erfolgt.

3 Varianten der inkrementellen Sprachverarbeitung

Das Regelrepertoire der CCG läßt für die meisten Sätze eine Vielzahl unterschiedlicher Ableitungsstrukturen zu, die semantisch äquivalent sind. Unter computerlinguistischen Gesichtspunkten handelt es sich hierbei um ein Effizienzproblem, das als Pseudo-Ambiguität (*spurious ambiguity*) diskutiert wird (vgl. z.B. Hildebrandt & Rickheit, 1997; Wittenburg, 1987). Unter kognitiven Gesichtspunkten stellt sich die Frage, welche der Ableitungsstrukturen einer menschlichen Sprachrezeption entspricht und ob es Parameter gibt, die den Verarbeitungsverlauf steuern. Steedman (1992) beispielsweise schlägt als einen solchen verarbeitungsbeeinflussenden Parameter Intonation vor.

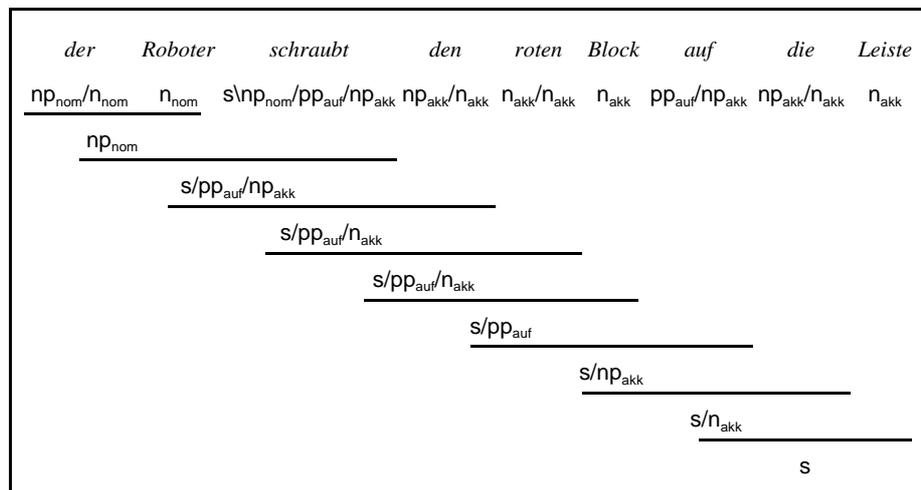


Abbildung 2: Ableitungsstruktur bei einer massiv wortbasierten Inkrementalität

Wir fokussieren in diesem Beitrag den Verarbeitungsverlauf in Abhängigkeit zu den Inkrementen. In Abbildung (2) ist eine wortbasierte Ableitungsstruktur wiedergegeben, bei der einzelne Wörter die Inkremente sind. Die Ableitung entspricht einer links-assoziativen Analysestrategie (vgl. z.B. Hausser, 1986).

Betrachtet man hingegen Konstituenten anstelle von Wörtern als Inkremente, dann ergibt sich ein anderer Verarbeitungsverlauf. Der Unterschied manifestiert sich an den Konstituentengrenzen: Erst wenn eine Konstituente vorliegt, z.B. für *den roten Block*, wird sie als Argument, in diesem Fall für das Verb, integriert. Innerhalb einer Nominalkonstituente verläuft die Verarbeitung wortweise, da die Kategorien der einzelnen Wörter die Inkremente auf dieser Verarbeitungsebene sind (vgl. Abbildung 3).

bildung durch Permutation der Konstituenten ist allerdings ein grundsätzlich ungeeignetes Vorgehen, um Inkrementalität umzusetzen oder um der flexiblen Konstituentenstellung im Deutschen zu entsprechen (vgl. Hildebrandt & Eikmeyer, in Vorb.). Die Ableitungsstruktur für eine analoge moderat wortbasierte Inkrementalität ist in Abbildung (5) dargestellt.

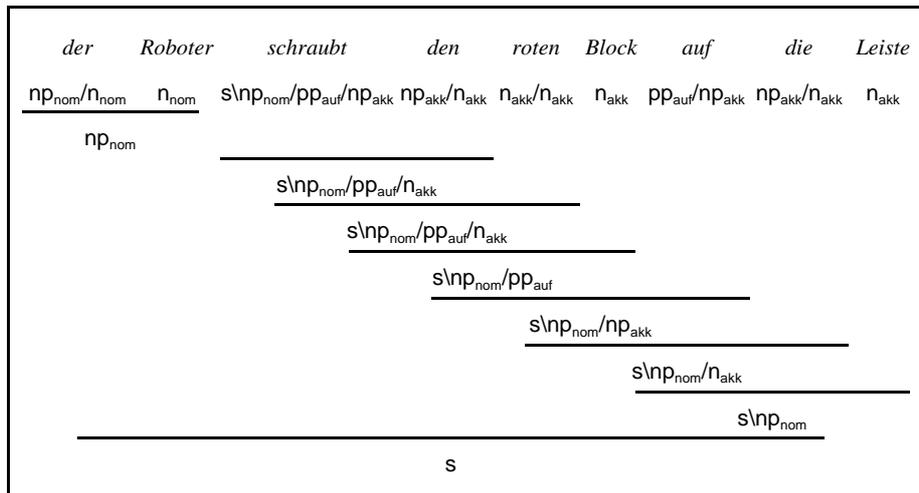


Abbildung 5: Ableitungsstruktur bei einer moderat wortbasierten Inkrementalität

Das Regelrepertoire der CCG ermöglicht neben den bisher vorgestellten, vom Prinzip der Inkrementalität geleiteten Ableitungsstrukturen eine Vielzahl weiterer Ableitungsstrukturen, die nur schwer zu motivieren sind. In Hildebrandt und Eikmeyer (in Vorb.) wird eine Modifikation und Anpassung der CCG für das Deutsche vorgestellt, die es ermöglicht, die Vielfalt der Ableitungen auf eine gewünschte Ableitungsstruktur zu reduzieren.

Es stellt sich die Frage, welche der vorgestellten Ableitungsstrukturen einer kognitiv motivierten Sprachrezeption zugrundegelegt werden kann. Die moderat inkrementellen Ableitungen scheinen nicht geeignet, da sie aufgrund der freien Konstituentenstellung des Deutschen zu Verarbeitungsblokkaden führen können. Diese sind nur durch weitere Zusatzannahmen wie Type-Raising oder ergänzende Kategorien zu umgehen. Die massiv wortbasierte Inkrementalität kann als problematisch angesehen werden, da während der Verarbeitung syntaktische Kategorien entstehen, für die es keine entsprechenden linguistischen Konstituenten gibt. So sind die in Abbildung (2) auftretenden Kategorien $s/pp_{auf}/n_{akk}$ und s/n_{akk} linguistisch unzureichend motiviert. Solche Kategorien können bei der massiv konstituentenbasierten Inkrementalität nicht entstehen, da der Verarbeitung linguistisch motivierte Inkremente zugrundegelegt werden. Auch psycholinguistische Beobachtungen legen eine konstituentenbasierte Inkrementalität nahe. So wird aus Augenbewegungsstudien berichtet, daß Wörter an Konstituentengrenzen allgemein höhere Verarbeitungszeiten aufweisen (Just & Carpenter 1987). Sichelschmidt, Günther und Rickheit (1992) konnten den sogenannten *wrap-up* Effekt an Konstituentengrenzen in Leseexperimenten replizieren.

4 Zusammenfassung

Ausgehend von Ableitungsstrukturen in der CCG schlagen wir eine Unterscheidung der inkrementellen Verarbeitung in massiv und moderate so wie in wort- und konstituentenbasierte Inkrementalität vor. Durch diese Differenzierung wird die Unmittelbarkeits-hypothese von Just und Carpenter (1987) relativiert. Linguistische Methoden zur Strukturierung einer Äußerung und psycholinguistische Befunde zur Textrezeption legen eine massive konstituentenbasierte Verarbeitung nahe. Zur Beantwortung der Frage, an welchen linguistisch postulierten Konstituentengrenzen kognitive Verarbeitungsprozesse tatsächlich auftreten bzw. was kognitiv adäquate Konstituenten sind, bedarf es spezifischer psycholinguistischer Experimente. Hierbei sollte berücksichtigt werden, daß als Inkremente im syntaktischen Bereich Wörter bzw. Konstituenten gelten können, während im semantischen Bereich dies Konzepte oder Referenten im mentalen Diskursmodell sein können. Faßt man Inkremente als grundlegende Einheiten bei der Interaktion mit verschiedenen Wissensbereichen auf, kann der Zugang zur Frage, wann und wie Interaktionen zwischen Wissensbereichen stattfinden präzisiert werden.

Literatur

- Ades, A. E. & Steedman, M. J. (1990). On the order of words. *Linguistics and Philosophy*, 4, 517-558.
- Haddock, N. J. (1989). Computational models of incremental semantic interpretation. *Language and Cognitive Processes*, 4, 337-368.
- Hausser, R. (1986). *NEWCAT: Parsing Natural Language Using Left-Associative Grammar*. Berlin: Springer.
- Hemforth, B., Konieczny, L., Scheepers, C. & Strube, G. (1992). SOUL-Processing: Semantikorientierte Prinzipien menschlicher Sprachverarbeitung. In G. Görz (Ed.), *KONVENS 92. 1. Konferenz "Verarbeitung natürlicher Sprache", Nürnberg, 7.-9. Oktober 1992* (pp. 198-208). Berlin: Springer.
- Hildebrandt, B. & Eikmeyer, H.-J. (in Vorb.). *Effiziente Sprachverarbeitung in der Combinatory Categorical Grammar* (Report - Situierete Künstliche Kommunikatoren, SFB 360). Bielefeld: Universität Bielefeld.
- Hildebrandt, B., Rickheit, G. & Strohner, H. (1993). WORT - Eine Computersimulation kognitiver Textverstehensprozesse. *Kognitionswissenschaft*, 3, 95-106.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1987). *The psychology of reading and language comprehension*. London: Allyn and Bacon.
- Sichelschmidt, L., Günther, U. & Rickheit, G. (1992). Input Wort: Befunde zur inkrementellen Textverarbeitung. *Zeitschrift für Literaturwissenschaft und Linguistik*, 86, 116-141.
- Steedman, M. (1992). Grammar, intonation and discourse information. In G. Görz (Ed.), *KONVENS 92, 1. Konferenz "Verarbeitung natürlicher Sprache", Nürnberg, 7.-9. Oktober 1992* (pp. 21-28). Berlin: Springer.
- Steedman, M. (1996). *Surface structure and interpretation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Weiß, P. & Rickheit, G. (in Vorb.). *Empirische Untersuchungen zur Rezeption von Handlungsanweisungen: der Einfluß semantischer und kontextueller Faktoren*. (Report - Situierete Künstliche Kommunikatoren, SFB 360). Bielefeld: Universität Bielefeld.
- Wittenburg, K. (1987). Predictive combinators: A method for efficient processing of combinatory categorial grammars. *25th Annual Meeting of the ACL. Proceedings of the Conference, 6-9 July 1987, Stanford University*. Stanford, CA.: Stanford University, 73-80.