

# Frequenzbasiertes Parsing als Modell menschlicher Syntaxanalyse

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der Philosophie  
der Universität Trier

Vorgelegt von  
Kathrin Giesecking  
aus Minden

Erstgutachter: Prof. Dr. Burghard Rieger  
Zweitgutachter: Prof. Dr. Reinhard Köhler

Tag der Antragstellung zur Promotion: 14. Juli 1999  
Tag der letzten mündlichen Prüfung: 5. Juni 2000



---

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Menschliches Parsing	1
1.2	Motivation und Ziel der Arbeit	5
1.3	Überblick über diese Arbeit	7
1.4	Frequenz und Kognition	8
1.5	Entwicklung der Satzverarbeitungsforschung	9
1.6	Menschliche Satzverarbeitung als interdisziplinäres Forschungsgebiet	12
<b>2</b>	<b>Randbedingungen und Parameter der menschlichen Satzverarbeitung</b>	<b>15</b>
2.1	Satzverarbeitung und Arbeitsgedächtnis	16
2.2	Architektur des menschlichen Sprachverarbeitungsapparats: Modularität, Inkrementalität, Prinzipienbasiertheit	18
2.3	Arbeitsweisen des menschlichen Sprachverarbeitungsapparats bei ambiger Eingabe	22
2.4	Ansätze im Überblick	25
2.5	Grundlagen empirischer Arbeit in der psychologischen Satzverarbeitungsforschung	29
2.5.1	On-line- und Off-line-Methoden: Gemeinsamkeiten	30
2.5.2	Off-line-Experimente	31
2.5.3	On-line-Experimente	33
2.5.4	Korpusuntersuchungen	39
<b>3</b>	<b>Modelle der menschlichen Satzverarbeitung I: Modelle ohne expliziten Frequenzbezug</b>	<b>41</b>
3.1	Modelle ohne Berücksichtigung von Frequenz	42
3.1.1	Das <i>Garden-Path</i> -Modell	42
3.1.2	Die <i>Referential Theory</i>	52

3.2	Modelle mit impliziter Frequenzmodellierung	55
3.2.1	<i>Licensing Structure Parsing</i>	57
3.2.2	<i>Parameterized Head Attachment</i>	58
3.2.3	<i>Construal</i>	61
3.2.4	Ein kompetenzbasiertes Modell menschlichen Parsings (Pritchett)	63
3.2.5	Struktureller Determinismus: Gorrell	66
3.2.6	Gibson	69
4	<b>Modelle der menschlichen Satzverarbeitung II: Modelle mit expliziter Frequenzmodellierung</b>	<b>73</b>
4.1	<i>Multiple constraint satisfaction</i> (MCS)-Modelle	74
4.2	Das <i>Concurrent Model</i>	80
4.3	Die <i>Linguistic Tuning Hypothesis</i>	82
4.4	Das probabilistische Modell von Jurafsky	93
4.5	Frequenzbasierte Parsingmodelle: Zusammenfassung	101
5	<b><i>Optimized Frequency Constraint (OFC)</i>: Eine optimierte Frequenzkomponente für ein Modell des menschlichen Parsings</b>	<b>103</b>
5.1	Ein abstraktes Basismodell der Satzverarbeitung	104
5.2	Anforderungen an eine Frequenzkomponente	106
5.3	Theoretische Motivation für das <i>Optimized frequency constraint</i>	108
5.3.1	Ökonomie	108
5.3.2	Vermittlung zwischen Frequenz und Verarbeitungsprinzipien durch die Grammatik	111
5.4	Prinzipien der Speicherung von Frequenzdaten	117
5.4.1	Ziel 1: Effizienz	117
5.4.2	Ziel 2: Schneller Strukturaufbau	121
5.4.3	Granularität und Umfang der mentalen Statistik im <i>Optimized frequency constraint</i>	123
5.4.4	Der Geltungsbereich des <i>Optimized frequency constraint</i>	128
5.4.5	Frequenzspeicherung als inkrementeller Prozeß	130
5.5	Prinzipien des Zugriffs auf gespeicherte Frequenzinformationen	134
5.5.1	Reihenfolge des Zugriffs	134
5.5.2	Zeitpunkt des Zugriffs	135
5.6	<i>Optimized frequency constraint</i> : Zusammenfassung	140

<b>6</b>	<b>Empirische Untersuchungen</b>	<b>142</b>
6.1	Methoden der Datenanalyse und Auswahl des Datenmaterials	143
6.2	Lizensierungsrelationen	149
6.3	Wortstellung	154
6.3.1	Wortstellung in Deklarativsätzen	154
6.3.2	Wortstellung in Deklarativsätzen: Reihenfolge von direktem Objekt und indirektem Objekt	156
6.3.3	Wortstellung in Deklarativsätzen: Reihenfolge von Subjekt und Objekt	157
6.3.4	Wortstellung in Hauptsatzfragen: Subjekt/Objekt-Ambiguität	162
6.3.5	Wortstellung in eingebetteten Fragen: Subjekt/Objekt-Ambiguität	166
6.3.6	Wortstellung in Relativsätzen mit kasusambigem Relativpronomen	169
6.3.7	Wortstellung und Frequenz: Zusammenfassung	173
6.4	Phrasenanbindung	174
6.4.1	PP-Anbindung	174
6.4.2	Phrasenanbindung: Genitivattribut vs. Verbargument im Dativ	178
6.4.3	Phrasenanbindung und Frequenz: Zusammenfassung	181
6.5	Teilsatzanbindung	181
6.5.1	Relativsatzanbindung an eine komplexe Nominalphrase	182
6.5.2	Relativsatzanbindung und Frequenz: Zusammenfassung	187
<b>7</b>	<b>Evaluation des <i>Optimized frequency constraint</i> (OFC)</b>	<b>188</b>
7.1	Empirische Adäquatheit	189
7.2	Einfluß des <i>Optimized frequency constraint</i>	192
7.3	Weitere Spezifikation des <i>Optimized frequency constraint</i>	194
7.4	Ausblick	195
	<b>Anhang</b>	<b>196</b>
	<b>Literatur</b>	<b>197</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Adj	Adjektiv
Adv	Adverb
ATN	<i>Augmented transition network</i>
Aux	Auxiliar
C	(Tochter-)Kategorie
CP	Komplementphrase
CRD	<i>constituent recognition domain</i>
DO	direktes Objekt
DTC	<i>derivational theory of complexity</i>
Det	Determinator
EEG	Elektroenzephalographie
ERP	<i>event related potential</i>
GNC	<i>grandmother node construction</i>
GP	<i>garden-path</i>
HSPM	human sentence processing mechanism
IC	<i>immediate constituent</i> (direkte Konstituente)
ID	indirektes Objekt
IP	<i>inflectional phrase</i>
LAN	<i>left anterior negativity</i>
LTH	<i>Linguistic Tuning Hypothesis</i>
M	Mutterknoten
M	Modifikatoren-Lizensierung
MCS	<i>multiple constraint satisfaction</i>
MNC	<i>mother node construction</i>
MNCC	<i>mother-node-constructing-category</i>
MSVA	Menschlicher Sprachverarbeitungsapparat
N	Nomen
N	<i>negativity</i>
N	Stichprobengröße
NLP	<i>Natural language processing</i>
NP	Nominalphrase
n.s.	nicht signifikant
O	Objekt
OFC	<i>Optimized frequency constraint</i>
OLLC	<i>On-line locality constraint</i>
p	Wahrscheinlichkeit

PHA	<i>Parameterized head attachment</i>
PP	Präpositionalphrase
Präp	Präposition
Pron	Pronomen
r	Korrelationskoeffizient
RelPron	Relativpronomen
RelSatz	Relativsatz
S	Subjekt
S	Satz
S'	Teilsatz
3	Theta-Lizensierung
V	Verb
VP	Verbalphrase
Vp(n)	Versuchsperson(en)







---

„What you have to remember about parsing,”  
Merrill [Garrett] said, „is that basically it’s a reflex.”  
(Fodor, 1983)

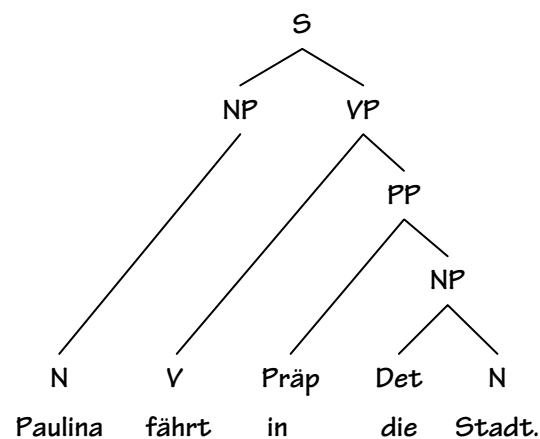
# 1 Einleitung

## 1.1 Menschliches Parsing

Die Strukturanalyse sprachlicher Äußerungen (*Parsing*) geschieht bei muttersprachlichen Erwachsenen in der Regel völlig automatisch. In einem reflexartig ablaufenden Prozeß wird ohne bewußte Verarbeitungsleistung eine lineare Abfolge sprachlicher Elemente wie beispielsweise (1a) in eine strukturierte mentale Repräsentation überführt, die inhaltlich ungefähr (1b) entspricht.

(1) (a) Paulina fährt in die Stadt.

(b)



Computerlinguistische und sprachpsychologische Ansätze der syntaktischen Strukturanalyse unterscheiden sich grundlegend in ihrem Erkenntnisinteresse. In der (anwendungsorientierten) Computerlinguistik steht das *Ergebnis* der Strukturanalyse im Fokus. Der Weg, auf dem dieses Ergebnis erzielt wurde, wird vorwiegend unter dem Aspekt der Effizienz betrachtet. Ganz anders ist dies bei der Erforschung des *menschlichen Parsings*, also der syntaktischen Analyse einer Äußerung durch den menschlichen Sprachverarbeitungsapparat (MSVA). Hier gilt das Augenmerk vor allem dem *Prozeß* der Analyse. Habel, Kanngießer & Rickheit (1996) formulieren die Grundfrage der aktuellen Forschung zur mentalen Satzverarbeitung folgendermaßen:

Welche Eigenschaften sprachlicher Prozesse/Prozessoren stellen sicher, daß Sprachverarbeitung erfolgreich, d.h. hinreichend schnell und trotzdem mit hoher Qualität, stattfindet? (Habel, Kanngießer & Rickheit, 1996: 21)

Syntaxanalyse wird hier in ihrer Situiertheit untersucht. Das bedeutet zum einen, daß man nicht von einem idealen Sprecher/Hörer ausgeht, sondern gerade die gegebenen Beschränkungen der sprachverarbeitenden Individuen als konstitutiv für die Prinzipien betrachtet, nach denen das Parsing abläuft. Eine dieser Beschränkungen besteht darin, daß der MSVA über ein Arbeitsgedächtnis mit nur sehr beschränkter Kapazität verfügt. Es können also nicht beliebig viele Elemente darin unstrukturiert zwischengespeichert werden. Zum anderen bedeutet Situiertheit, daß ein starker Druck zur Echtzeitverarbeitung für den kognitiven Parser besteht.

Sowohl die geringe Kapazität des Arbeitsgedächtnisses als auch die erforderliche Echtzeitfähigkeit zwingen den menschlichen Parser zu *inkrementeller* Verarbeitung. Das bedeutet, daß mit der Verarbeitung bereits begonnen wird, bevor die gesamte zu verarbeitende Äußerung vorliegt. Durch inkrementelle Verarbeitung wird das Arbeitsgedächtnis entlastet und die Verarbeitung beschleunigt. Eine Verarbeitung, die erst nach dem Ende der Äußerung einsetzt, wäre zu langsam – abgesehen davon, daß das Ende einer Äußerung gar nicht erkannt werden kann, wenn nicht schon zumindest Teilergebnisse der Verarbeitung vorliegen.

Die inkrementelle Arbeitsweise beschleunigt den Parsingprozeß, führt aber auch dazu, daß Strukturentscheidungen teilweise verfrüht getroffen werden, d.h. bevor alle potentiell relevanten Informationen in der Eingabe vorliegen. Dies wird am deutlichsten sichtbar an der Existenz sogenannter Holzwegsätze (*garden-path sentences*). Holzwegsätze sind lokal ambigie Sätze, bei denen der MSVA bereits zu einem Zeitpunkt, zu dem noch mindestens zwei verschiedene Lesarten möglich sind, die Festlegung auf eine dieser Lesarten trifft. Diese Lesart stellt sich im Verlauf der weiteren Verarbeitung als falsch heraus, aber eine automatische, unbewußt ablaufende Reanalyse ist nicht mehr möglich.

Es kommt zu einem bewußt empfundenen Scheitern der Verarbeitung. (2) ist ein Beispiel für einen Holzwegsatz.

(2) The complex houses married and single students and their families.

Die Wortfolge *The complex houses* wird zunächst als NP interpretiert, obwohl die (tatsächlich korrekte) Interpretation NP + V ebenso möglich ist und noch keinerlei disambiguierende Information zur Verfügung steht. Wenn die disambiguierende Information eintrifft, ist die Festlegung bereits nicht mehr revidierbar, und es kommt zu bewußten Verarbeitungsproblemen. Die anfängliche Strukturanalyse hat hier also auf den Holzweg geführt.

Solch schwerwiegende Fehler beim Aufbau einer ersten Strukturanalyse, dem sogenannten *initial parse*, wie sie bei der Verarbeitung von Holzwegsätzen auftreten, sind selten. In den meisten Fällen führen anfängliche Fehlanalysen nur zu einem leichten Holzwegeffekt. Sie können durch mentale Reanalyseprozesse korrigiert werden, so daß sich die abschließende Strukturanalyse vom *initial parse* unterscheidet. Diese Reanalyseprozesse kommen gar nicht ins Bewußtsein, lassen sich aber durch geeignete Meßmethoden nachweisen. Auf diese Weise öffnen sie ein Fenster zur kognitiven Sprachverarbeitung.<sup>1</sup>

Zur Zeit gilt das Hauptinteresse der Satzverarbeitungsforschung dem *initial parse*. Es ist eine allgemein akzeptierte Annahme, daß der MSVA auf Basis nur eines Ausschnitts der vorhandenen Informationen sehr schnell eine erste Strukturanalyse der Äußerung erstellt. Die Annahmen darüber, welcher Ausschnitt dies ist, gehen aber weit auseinander. Beispielsweise könnten wortsemantische, satzsemantische, syntaktische oder (diskurs-)pragmatische Informationen der Grund dafür sein, daß *The complex houses* in (2) im *initial parse* als NP interpretiert wird.

Seit den sechziger Jahren ist eine Vielzahl von Satzverarbeitungsmodellen entwickelt worden, die Hypothesen über die Details des Aufbaus der ersten Strukturanalyse generieren. Diese Hypothesen werden aus unterschiedlichen Annahmen über die Architektur und die Arbeitsweise des MSVAs abgeleitet. Die meisten Modelle gingen dabei von einer *prinzipienbasierten* Satzverarbeitung aus. Demnach läuft die Verarbeitung nach

---

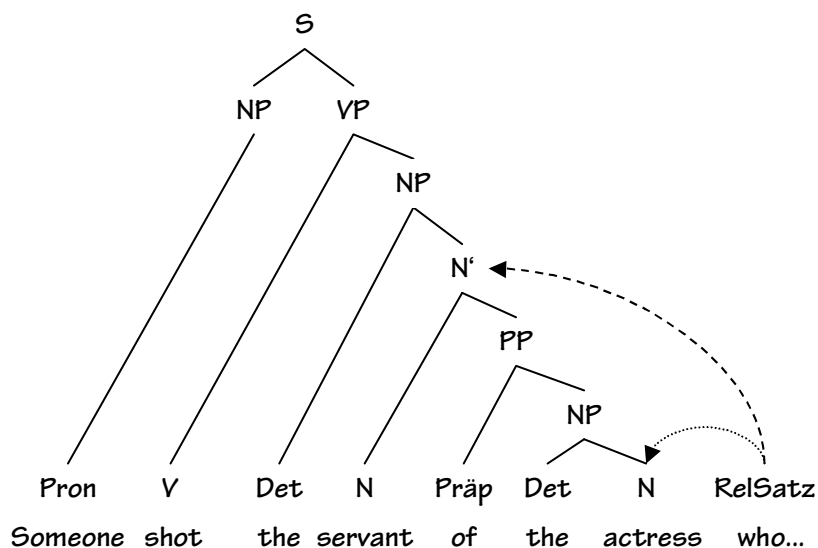
<sup>1</sup> In der Literatur wird der Begriff Holzwegsatz/*garden-path sentence* unterschiedlich weit gefaßt. Die meisten Autorinnen und Autoren bezeichnen so ausschließlich Sätze, bei denen es zu bewußt empfundenen Verarbeitungsschwierigkeiten oder gar einem völligen Zusammenbruch der Verarbeitung kommt, andere reden schon bei Sätzen mit lokaler Ambiguität, die zu unbewußten, nur in sprachpsychologischen Experimenten meßbaren Verzögerungen bei der Verarbeitung führen, davon, die Versuchsperson sei „*garden-pathed*“. Eine scharfe Klassifikation von Sätzen in Bezug auf ihren Holzwegcharakter ist ohnehin schwierig, da Sätze individuell und kontextuell verschieden wahrgenommen werden.

universellen, das heißt auch sprachenübergreifenden Prinzipien ab, die sich beispielsweise aus der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses oder aus Eigenschaften der Universalgrammatik (Chomsky, 1965; 1981) ergeben.

Empirische Untersuchungen fanden lange Zeit nur an Daten der englischen Sprache statt. Im Rahmen sprachenübergreifender Untersuchungen fanden Cuetos & Mitchell (1988) erstmals Hinweise darauf, daß Satzverarbeitung möglicherweise *nicht* von universellen Prinzipien gesteuert wird. In verschiedenen Experimenten wurden die Präferenzen von englischen Versuchspersonen bei der Interpretation strukturell ambiger Sätze wie (3a) erhoben. Die Ambiguität besteht bei diesen Sätzen darin, daß für den Relativsatz *who was on the balcony* mindestens zwei potentielle Anbindungspunkte zur Verfügung stehen: das erste Element der komplexen NP *the servant of the actress*, also *the servant*, oder das zweite Element, *the actress*. Die gleichen Experimente wurden mit spanischen Versuchspersonen und strukturell sehr ähnlichem spanischen Satzmaterial (3b) durchgeführt.

- (3) (a) Someone shot the servant of the actress who was on the balcony.  
 (b) *Alguien disparó contra el criado de la actriz que estaba en el balcón.*

(4)



Dabei zeigte sich, daß spanische Versuchspersonen die Anbindung des Relativsatzes an den höheren Anbindungspunkt bevorzugten (4, gestrichelte Linie), während englische

Versuchspersonen eine tiefe Anbindung des Relativsatzes präferierten (4, gepunktete Linie). Aufbauend auf diesen Ergebnissen entwickelten Mitchell & Cuetos (1991) einen Erklärungsansatz, der Satzverarbeitung als einen adaptiven, *erfahrungsbasierten* (*exposure-based*) Prozeß beschreibt. Gemäß diesem Ansatz steuern nicht universelle Prinzipien die Arbeitsweise des MSVAs, sondern Strategien, die im Verlauf des Spracherwerbs aufgrund unterschiedlicher *Frequenzen* sprachlicher Strukturen entstanden sind. Satzverarbeitungsmechanismen können sich demnach nicht nur bei Menschen mit verschiedenen Muttersprachen unterscheiden, sondern auch bei Individuen der gleichen Muttersprache, denn jeder Mensch hat eine individuelle Lerngeschichte.

## 1.2 Motivation und Ziel der Arbeit

Die empirische Evaluierung erfahrungsbasierter Modelle benötigt ein gegenüber anderen Modellen erweitertes Methodenspektrum, denn zusätzlich zu den Daten aus sprachpsychologischen Experimenten sind Analysen von sprachlichen Massendaten, wie sie in maschinenlesbaren Textkorpora vorliegen, erforderlich. Die Computerlinguistik verfügt über solche Daten und über die Methoden zu deren Analyse. Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erscheint also gerade bei der Untersuchung des Frequenzeinflusses auf den Satzverarbeitungsprozeß sinnvoll.

Erfahrungsbasierte Modelle haben ein riesiges Potential: Aus einem einzigen Prinzip, Frequenz, lassen sich – zumindest theoretisch – Vorhersagen für jedes beliebige syntaktische Phänomen in jeder beliebigen Sprache ableiten. Prinzipienbasierte Modelle können dies oft nur für einen Ausschnitt dieses Spektrums. Dieses Potential birgt aber auch große Anforderungen: Bevor die Durchführung empirischer Untersuchungen frequenzbasierter Hypothesen überhaupt sinnvoll ist, müssen wichtige theoretische Spezifikationen in bezug auf das zugrundegelegte Parsingmodell getroffen werden. Existierende frequenzbasierte Modelle haben in dieser Hinsicht noch einen stark heuristischen Charakter. Ihre Arbeitsweise ist in vielen Bereichen nicht genügend spezifiziert, und der Frequenzeinfluß ist unzureichend theoretisch motiviert.

Hinzu kommt, daß die Ergebnisse der bisherigen Forschung darauf hindeuten, daß kein einzelner Faktor allein die Arbeitsweise des MSVAs korrekt vorhersagen kann. Vielmehr scheinen viele verschiedene Faktoren Einfluß auf den *initial parse* zu nehmen. Daraus ergeben sich neue Aufgaben: Um empirisch evaluierbare Hypothesen generieren zu können, muß jetzt für jeden einzelnen potentiellen Einflußfaktor das Gewicht und der Geltungsbereich genau bestimmt werden.

Ich werde in dieser Arbeit den Einfluß des Faktors *Frequenz* auf die Satzverarbeitung untersuchen. Dabei werde ich versuchen, notwendigen Anforderungen an eine frequenzbasierte Modellierung gerecht zu werden. Dazu gehört auf der einen Seite eine

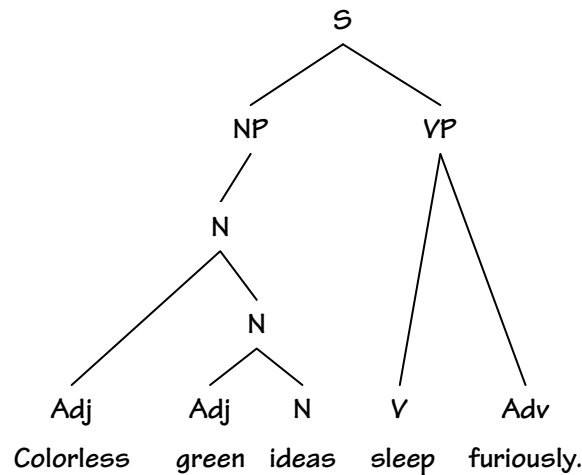
theoretische Motivation und genaue Spezifikation des Frequenzeinflusses auf die Satzverarbeitung. Auf der anderen Seite ist die Einbindung des Faktors Frequenz in einen Rahmen erforderlich, der auch die Einflußnahme weiterer Faktoren zuläßt. Dazu werde ich ein weitgehend abstraktes Basismodell entwickeln, das einige wichtige Beschränkungen in bezug auf die Architektur des MSVAs festlegt, sowie eine Frequenzkomponente für dieses Basismodell. Die Spezifikationen der Arbeitsweise dieser Frequenzkomponente sind genauer als die, die existierende frequenzbasierte Modelle liefern. Ich nenne diese Komponente deshalb *Optimized frequency constraint (OFC)*.

Es liegen bereits einige empirische Hinweise darauf vor, daß ambige Strukturen bevorzugt im Sinne der häufigeren Lesart interpretiert werden. Ich werde darauf später im einzelnen eingehen. Bisherige Untersuchungen des Frequenzeinflusses sind aber noch auf wenige Sprachen und Strukturen beschränkt, und sind teilweise nur an sehr kleinen Textkorpora durchgeführt worden. Eine Ausweitung der empirischen Datenbasis ist also dringend erforderlich. Ich werde in dieser Arbeit empirische Untersuchungen zu zahlreichen Konstruktionen der deutschen Sprache durchführen.

Vorweg noch zwei Begriffsklärungen, die sich auf die Begriffspaare *Satz/Äußerung* und *Verarbeitung/Verstehen* beziehen. Bisher habe ich mehrfach den Begriff *Äußerung* verwendet, der in der Linguistik eine realisierte Redesequenz in einer konkreten Diskursituation bezeichnet. In der experimentellen sprachpsychologischen Forschung wird aufgrund von methodischen Beschränkungen fast ausschließlich mit *Sätzen*, also wohlgeformten Äußerungen, und zwar meistens mit schriftsprachlichen, häufig kontextuell isolierten Sätzen gearbeitet. Das bedeutet auch, daß in erster Linie nicht die Arbeitsweise des Sprachverarbeitungsapparats beim Hören, sondern die beim Lesen untersucht wird.

In der Satzverarbeitungsforschung geht es heute auch (noch) nicht um die Analyse eines vollständigen *Verstehens*prozesses, sondern vorwiegend lediglich um *Satzverarbeitung* im Sinne des *initial parse*, einer – aufgrund welcher Kriterien auch immer – schnell erstellten mentalen Repräsentation der syntaktischen Struktur der Äußerung. Spätere Verarbeitungsschritte können diese Beschreibung revidieren, so daß der *final parse* eine andere Struktur aufweist. Der Unterschied zwischen Verarbeitung und Verstehen läßt sich an Chomskys berühmtem Satz *Colorless green ideas sleep furiously* illustrieren. Hörer und Hörerinnen interpretieren ihn sofort im Sinne von (5) oder ähnlich, ohne daß tiefere Verstehensprozesse stattfinden (können).

(5)



### 1.3 Überblick über diese Arbeit

Zunächst werde ich zeigen, daß es in verschiedenen kognitiven Bereichen bereits nachgewiesene Zusammenhänge zwischen Frequenz und mentaler Verarbeitung gibt (Abschnitt 1.4). Solch einen Zusammenhang auch für die Satzverarbeitung anzunehmen, ist also plausibel. Anschließend werde ich einen kurzen Überblick über die Entwicklung der Satzverarbeitungsforschung geben (Abschnitt 1.5). Dabei handelt es sich um ein genuin interdisziplinäres Forschungsgebiet, das aus den Disziplinen Psychologie, Linguistik und Computerlinguistik/Informatik erwachsen ist (Abschnitt 1.6). Ich werde besonders auf die Beziehungen zwischen der Sprachpsychologie und der Computerlinguistik eingehen und beschreiben, wie Sprachpsychologie und Computerlinguistik voneinander profitieren können.

In Kapitel 2 werde ich die Parameter, nach denen die Architektur und die Arbeitsweise des MSVAs charakterisiert werden können, darstellen, sowie in Abschnitt 2.4 eine erste Grobklassifikation der wichtigsten existierenden Erklärungsmodelle nach den beschriebenen Parametern vornehmen. Dabei werden auch die im Fokus dieser Arbeit stehenden erfahrungsbasierten Satzverarbeitungsmodelle positioniert. Abschnitt 2.5 liefert einen Überblick über die empirischen Methoden in der psychologischen Satzverarbeitungsforschung, da zum einen die experimentelle Arbeitsweise in der Computerlinguistik kaum verbreitet und entsprechend wenig bekannt ist, und zum anderen die Kenntnis der

Leistungsfähigkeit verschiedener Methoden unverzichtbar für die Bewertung der Ergebnisse dieser Experimente ist.

Kapitel 3 und 4 widmen sich der näheren Beschreibung existierender Satzverarbeitungsmodelle. Entsprechend der Thematik dieser Arbeit habe ich sie nach dem Aspekt der Integration von Frequenzeinflüssen gruppiert. Kapitel 3 beschreibt Modelle, die keinen oder nur impliziten Bezug auf die Frequenz sprachlicher Einheiten nehmen. In Kapitel 4 werden die eher frequenzbasierten Modelle genauer dargestellt. Solche Modelle werden erst seit wenigen Jahren entwickelt. Aus ihrem noch deutlich unterspezifizierten Charakter erwachsen eine ganze Reihe von Kritikpunkten an diesen Modellen.

Als Reaktion auf meine Kritik stelle ich in Kapitel 5 das Konzept des Frequenzeinflusses auf eine stärkere theoretische Basis. Um die Voraussetzung für eine empirische Überprüfung des Frequenzeinflusses zu schaffen, entwickle ich zunächst ein weitgehend abstraktes Basismodell der mentalen Satzverarbeitung sowie anschließend die Frequenzkomponente für dieses Basismodell, OFC.

Die aus meinem Ansatz ableitbaren Vorhersagen werden anschließend anhand von deutschen Korpus- und Experimentaldaten empirisch überprüft (Kapitel 6).

Schließlich werde ich in Kapitel 7 die empirischen Ergebnisse zusammenfassend bewerten und die Vorhersagekraft des OFC evaluieren.

## 1.4 Frequenz und Kognition

Es ist empirisch vielfach erwiesen, daß die Frequenz, mit der bestimmte Ereignisse auftreten, für die menschliche Kognition bedeutsam ist. Es existiert sowohl eine generelle Sensitivität des menschlichen kognitiven Apparats für Frequenzinformationen, als auch eine Frequenzsensitivität speziell für sprachliche Einheiten.

Der einfachste, aber trotzdem vermutlich bedeutendste allgemeine kognitive Frequenzeffekt ist die Unterscheidung *neu* vs. *bekannt*. Ob ein Ereignis in der bisherigen Erfahrung mit der Häufigkeit = 0 oder der Häufigkeit  $\geq 1$  aufgetreten ist, gewinnt oft qualitative Bedeutung.

In bezug auf Ereignisse, die häufiger als ein Mal aufgetreten sind, läßt sich feststellen, daß die Stärke bestimmter *Stimulus-Response*-Assoziationen oder auch die Stärke bestimmter Handlungsschemata direkt von der Frequenz des Ablaufs dieser Ereignisse oder Handlungen abhängt (z.B. Norman, 1981; Reason, 1984). Ähnliches gilt auf dem Gebiet der sensomotorischen Übung: Leistungsverbesserungen hängen von der Häufigkeit der Übung ab (Rosenbloom & Newell, 1986: *Potenzgesetz der Übung*).

Bei der kognitiven Verarbeitung *sprachlicher Daten* sind auf Wortebene Frequenzeffekte in vielen experimentellen Studien nachgewiesen worden (für einen Überblick vgl.

z.B. Lively, Pisoni & Goldinger, 1994). Fast immer werden hochfrequente Wörter schneller und mit höherer Wahrscheinlichkeit erkannt als seltene Wörter (z.B. Luce, Pisoni & Goldinger, 1990). Schon Savin (1963) zeigte, daß häufige Wörter robuster gegenüber Störungen des Sprachsignals sind. Wenn Versuchspersonen in einer experimentellen Aufgabe mit gestörtem Signal ein Wort erkennen müssen und dabei einen Fehler machen, besteht die Antwort meistens aus einem Wort, das häufiger ist als das verwendete Testwort. Gesuchte Phoneme werden schneller erkannt, wenn sie Teil eines häufigen Wortes sind (Eimas, Marcovitz-Hornstein & Payton, 1990).

Der Frequenzeffekt beim lexikalischen Zugriff ist in der Psycholinguistik schon seit längerem unumstritten und wird deshalb auch mittlerweile von allen theoretischen Modellen der Worterkennung – unabhängig von ihren sonstigen großen Unterschieden – integriert. Die *Erklärung* für den Frequenzeffekt auf Wortebene ist allerdings noch strittig. Im wesentlichen existieren zwei Erklärungsansätze. Ein Ansatz geht davon aus, daß im mentalen Lexikon eine Suche abläuft, deren Strategie häufige Wörter begünstigt, d.h. daß es sich beim Frequenzeffekt letztlich um eine Art raffinierte Ratestrategie handelt, die auf einem Lexikon operiert, in dem alle Lexeme gleich stark aktiviert sind. Der zweite Erklärungsversuch hält die Begünstigung häufiger Wörter für eine Eigenschaft der Einheiten des mentalen Lexikons selbst. Demnach haben häufige Wörter einen höheren Ruheaktivationsgrad bzw. einen niedrigeren Schwellenwert als seltene Wörter. Für häufige Wörter und für seltene Wörter gelten die gleichen Selektionskriterien, deshalb benötigen häufige Wörter weniger Evidenz im Signal, um aktiviert zu werden. Dies ist eine Sichtweise des Lexikons als einer eher aktiven Komponente.

Der Einfluß der Frequenz *syntaktischer* Strukturen auf die Verarbeitungsweise ist bei weitem noch nicht so gründlich untersucht und auch noch nicht so allgemein akzeptiert wie der Frequenzeinfluß auf Ebene der Lexik. Sicher lassen sich auch nicht einfach lexikalische Verarbeitungsstrategien auf die Ebene der Syntax übertragen. Die Erkenntnisse aus dem Bereich der Lexik und auch aus dem allgemein kognitiven Bereich rechtfertigen aber durchaus einen „Anfangsverdacht“ in bezug auf die Verarbeitung syntaktischer Strukturen.

## 1.5 Entwicklung der Satzverarbeitungsforschung

Menschliche *Sprachen* sind bereits seit Jahrtausenden Gegenstand wissenschaftlicher Betrachtung (Scaglione, 1981). Im Gegensatz dazu ist die wissenschaftliche Beschäftigung mit den Mechanismen der menschlichen *Sprachverarbeitung* ein sehr junges Phänomen. Noch bis in die 50er Jahre dieses Jahrhunderts lehnten die behavioristisch geprägten Disziplinen Sprachwissenschaft und Psychologie eine nähere Untersuchung der Inhalte der *black box*, die der menschliche kognitive Apparat darstellte, ab. Im Licht der Erkenntnis

dessen, daß eine direkte Beobachtung der menschlichen Sprachverarbeitung nicht möglich war, wurde die strikte Beschränkung auf beobachtbare Sprachdaten propagiert. Diese Strategie führte zu einem wertvollen Inventar an Sprachbeschreibungstechniken und Sprachdatensammlungen verschiedenster Sprachen, aber erwartungsgemäß nicht zu Fortschritten bei der Untersuchung der Sprachverarbeitung.

Erst Chomsky (1957; 1965) brach mit dieser behavioristischen Tradition, indem er explizit Annahmen über den kognitiven Sprachverarbeitungsapparat machte (*Language Aquisition Device*, später *Universal Grammar*; Tiefenstruktur und Transformationsregeln). Gleichzeitig verschob er den Schwerpunkt seiner Untersuchungen auf die *Kompetenz* eines idealen Sprechers/Hörers, was eine Entfremdung von den *Performanzdaten* mit sich brachte und die Grammatikalitätsurteile einzelner Sprecherinnen und Sprecher (in der Regel die der untersuchenden Linguisten und Linguistinnen) zum Maßstab erhob.

Chomskys Transformationsgrammatik bildete die Grundlage für die ersten Versuche, eine Beziehung zwischen der formal-linguistischen syntaktischen Komplexität eines Satzes und seiner Verarbeitungskomplexität herzustellen. Die in den 60er Jahre entwickelte *Derivational Theory of Complexity* (DTC) (Miller, 1962; Brown & Hanlon, 1970) wurde durch folgenden Gedanken motiviert: Wenn formal-linguistische Konstrukte valide Entsprechungen mentaler Repräsentationen von Sätzen sind, läßt sich eine Korrelation zwischen der Derivationsgeschichte eines Satzes, insbesondere der Anzahl der Transformationen, und seiner perzeptuellen Komplexität erwarten. Die DTC ist damit noch kein Modell des kognitiven Parsings als *inkrementellem Prozeß*, sondern sagt lediglich eine statische Beziehung zwischen formal-linguistischer und Verarbeitungskomplexität voraus.

Nach frühen Erfolgen der DTC wurde sie nach wenigen Jahren vor allem deshalb abgelehnt, weil sie für eine Reihe von Phänomenen – unter Verwendung der standardisierten Transformationsgrammatik – fälschlicherweise eine große Komplexität vorhersagte. Tatsächlich waren die nach der Transformationsgrammatik stärker derivierten Konstruktionen leichter zu verarbeiten (Fodor, Bever & Garrett, 1974).<sup>2</sup> Das offensichtliche Scheitern der DTC war ein Grund für die z.T. bis heute anhaltende Abkehr der Sprachpsychologie von der Syntaxtheorie, und führte zunächst zu der Entwicklung von Modellen, die lediglich Sammlungen von (teilweise einander widersprechenden) Heuristiken waren (z.B. Bever, 1970; Kimball, 1973; Clark & Clark, 1977). Aber es gab noch andere Gründe für das wachsende Desinteresse der Psychologie an der Linguistik. In der Linguistik ersetzte phasenweise ein Grammatikformalismus den nächsten mit solch einer Geschwindigkeit, daß eine Modellierung der Sprachverarbeitung, die sich an neuesten Er-

---

<sup>2</sup> Aber vgl. Pritchett & Whitman (1995): Sie versuchen zu zeigen, daß die Veränderungen in der Grammatiktheorie, die in den letzten 25 Jahren stattgefunden haben – z.T. werden heute andere Konstrukte als abgeleitet betrachtet – eine sehr enge Korrelation zwischen syntaktischer und perzeptueller Komplexität zur Folge haben.

kenntnissen der Syntaxtheorie orientierte, immer nur hinterherhinken konnte. Außerdem waren (und sind) Vorhersagen, die auf syntaxtheoretischen Überlegungen beruhen, häufig in ihrer Feinheit und Komplexität mit den zur Verfügung stehenden Methoden, die nur über ein begrenztes Auflösungsvermögen verfügen, nicht testbar. So wurde und wird bis heute oft mit einfachen Phrasenstrukturregeln zur Beschreibung syntaktischer Strukturen gearbeitet. Daß das Konzept der Phrasenstruktur durchaus psychologische Realität abbildet wurde schon früh empirisch nachgewiesen (z.B. Johnson, 1965).

Nach der Abkehr von der Syntaxtheorie verschob sich das Schwergewicht der Forschung. Auf der einen Seite wurde verstärkt die zeitliche Dimension des Strukturaufbaus und damit die Satzverarbeitung als inkrementeller Prozeß untersucht. Auf der anderen Seite wurde versucht, den Einfluß anderer Faktoren als den der Syntax auf den *initial parse* nachzuweisen. Gleichzeitig wurde das Spektrum der empirischen Methoden erweitert.

Ab Ende der 1970er Jahre wurden Modelle der inkrementellen Satzverarbeitung entwickelt, die nicht nur Sammlungen von Heuristiken sind, sondern aus theoretischen Überlegungen heraus Verarbeitungsprinzipien formulieren und empirisch evaluieren. Als einflußreichstes dieser frühen Modelle ist sicher das *Garden-Path*-Modell von Frazier (1979) zu nennen. Ich werde die wichtigsten der heute aktuellen Satzverarbeitungsmodelle in den Kapiteln 3 und 4 beschreiben. Generell läßt sich sagen, daß es in neuerer Zeit in der Satzverarbeitungsforschung wieder die Tendenz zu einer verstärkten Bezugnahme auf spezifische Grammatikformalismen (*Lexical Functional Grammar*, *Head-driven Phrase Structure Grammar*, *Government and Binding*/X-Bar-Theorie) gibt.

Der große Einfluß Chomskyscher Ideen zu einem relativ frühen Entwicklungsstadium dieser Forschungsrichtung, insbesondere Chomskys Konzept der Grammatik als einer Theorie über die Wohlgeformtheit von Sätzen (Chomsky, 1957), und daraus folgend die starke Gewichtung kompetenzorientierter Syntaxkonzepte sind mitverantwortlich dafür, daß Performanz- und damit Frequenzaspekte lange Zeit vernachlässigt wurden. Die Tatsache, daß Chomsky statistischen Phänomenen keinerlei Erklärungspotential in bezug auf die syntaktische Struktur der Sprache zubilligte, ließ völlig übersehen, daß er probabilistische Modelle des *Sprachgebrauchs* keineswegs ablehnte:

...the development of probabilistic models for the use of language (as distinct from the syntactic structure of the language) can be quite rewarding.  
(Chomsky, 1957: 17).

Abgesehen davon ist ein allgemeiner Zusammenhang zwischen Frequenz und Kognition seit langem bekannt, wie ich in Abschnitt 1.4 gezeigt habe.

## 1.6 Menschliche Satzverarbeitung als interdisziplinäres Forschungsgebiet

An der Erforschung natürlichsprachlicher Satzverarbeitung ist eine Reihe von Disziplinen beteiligt, die mit ihren jeweiligen Methoden und Möglichkeiten Erkenntnisse beitragen. Dabei kann teilweise eine Disziplin bestimmte Beschränkungen (*constraints*) für andere Disziplinen liefern.

- Die *Sprachpsychologie* und die *Psycholinguistik* oder auch *kognitive Linguistik*, die in ihrem jeweiligen Erkenntnisinteresse kaum zu unterscheiden sind, untersuchen den Verarbeitungsprozeß in seiner Zeitlichkeit und das Auftreten von Verarbeitungsproblemen bei bestimmten sprachlichen Strukturen. Weiterhin untersuchen sie die Sprachentwicklung bei Kindern und Fehler in der Analyse und Produktion sprachlicher Äußerungen.
- Die *theoretische Linguistik* stellt einen großen Teil der Terminologie sowie theoretische Grammatikmodelle zur Verfügung. Weiterhin untersucht sie die theoretische Komplexität von sprachlichen Strukturen.
- Die *Neuropsychologie* und *Neurolinguistik* analysieren die Gehirnaktivität während des Sprachverarbeitungsprozesses und versuchen, die Fähigkeit zu bestimmten Verarbeitungsleistungen im Gehirn zu lokalisieren. Außerdem beschäftigen sie sich mit Aphasien und anderen physiologisch bedingten Sprachstörungen, um daraus Rückschlüsse auf intakte Verarbeitung und die Architektur des MSVAs zu ziehen.
- Aus der *Philosophie* kommen theoretische Überlegungen über die Modularität des Geistes (Fodor, 1983).
- Der sprachorientierte Teil der *Kognitionswissenschaft* hat im wesentlichen die gleichen Arbeitsgebiete wie die anderen genannten Disziplinen, aber der Schwerpunkt des Erkenntnisinteresses liegt hier auf der formalen Modellierung der Verarbeitung als Berechnungsprozeß.

Auch die *Computerlinguistik* kann zum Fortschritt in diesem interdisziplinären Forschungsgebiet beitragen, obwohl sie – wie die *Künstliche Intelligenz* allgemein – grundsätzlich keinen psychologischen Adäquatheitsanspruch hat. Computerlinguistik und Künstliche Intelligenz versuchen, menschliche Sprachfähigkeit oder allgemeiner: menschliche kognitive Fähigkeiten zu simulieren, ohne daß die Modellierung psychologischen Kriterien gerecht werden muß oder soll. Beim (anwendungsorientierten) Parserbau in der Computerlinguistik wird dies besonders deutlich. Es existiert eine Vielzahl von Parserarchitekturen, deren Erfolg sich primär nach dem *Analyseergebnis*, der Menge und Komplexität der analysierbaren Strukturen sowie nach der Geschwindigkeit der Analyse bemißt. Es wird dabei auf Methoden zurückgegriffen, die bei der menschlichen Echtzeitver-

arbeitung von Sprache praktisch ausgeschlossen sind, z.B. *look-aheads* von unbeschränkter Länge, Verarbeitung von rechts nach links, bestimmte Formen des Inselparsings und des *top-down*-Parsings etc. All das ist im Rahmen der Computerlinguistik legitim, denn nur die statische Beziehung zwischen der noch unanalysierten Spracheingabe und der strukturierten Ausgabe ist relevant.

Eine sprachpsychologisch orientierte Computerlinguistik geht einen Schritt weiter als die anwendungsorientierte Computerlinguistik und die Künstliche Intelligenz. Sie baut – basierend auf Ansätzen aus anderen Disziplinen – Parser mit psychologisch plausiblen Architekturen. Damit können sprachpsychologische Ansätze evaluiert und auf Konsistenz geprüft werden (z.B. Marcus, 1980; Konieczny, 1996). Hier zählt nicht nur das Ergebnis, sondern vor allem auch der *Prozeß*, der zu diesem Ergebnis geführt hat.

Sprachpsychologie und Computerlinguistik haben in den letzten Jahrzehnten in gewisser Hinsicht ähnliche Entwicklungen durchgemacht. Nachdem in beiden Disziplinen über viele Jahre fast ausschließlich kompetenz- bzw. prinzipienorientiert gearbeitet und modelliert wurde, hat es in den letzten zehn Jahren in der Computerlinguistik und Sprachpsychologie eine starke Orientierung in Richtung statistischer Methoden gegeben. In der Computerlinguistik wurde auf verschiedenen sprachlichen Ebenen versucht, Fortschritte durch die Verwendung relativer Häufigkeiten und Übergangswahrscheinlichkeiten zu erzielen. Am erfolgreichsten war wohl das wahrscheinkeitsbasierte *Tagging* (z.B. Church, 1988; Cutting, Kupiec, Pedersen & Sibun, 1992), aber statistische Methoden fanden auch Eingang in die Entwicklung probabilistischer Grammatiken (Suppes, 1972; Schabes & Waters, 1996; Bod, 1996), das automatische Lernen von Grammatiken auf Grundlage eines Korpus (Lari & Young, 1990; 1991; Chen, 1995), die maschinelle Übersetzung mittels *Text Alignment* (Gale & Church, 1993; Kay & Röscheisen, 1993; Brown, Della Pietra, Della Pietra & Mercer, 1993) etc. All diesen Versuchen liegt keinerlei psychologische Motivation zugrunde. Trotzdem ist dies ein weiterer Bereich, in dem die Computerlinguistik die Sprachpsychologie unterstützen kann und zu dem die vorliegende Arbeit einen Beitrag leisten soll: Mit ihren spezifischen Methoden und Werkzeugen kann die Computerlinguistik Informationen über die reale Verwendung von Sprache, also Performanz- bzw. Frequenzdaten liefern und damit insbesondere bei der Evaluierung erfahrungsbasierter Modelle, die im Zuge einer verstärkten Frequenzorientierung in der Sprachpsychologie entwickelt werden und die die Analyse von Massendaten erfordern, wichtige Dienste leisten.

Auf der anderen Seite kann sprachpsychologische Forschung eine Rolle für die computerlinguistische Grundlagenforschung spielen: Um die Ergebnisse von Programmen zur Sprachgenerierung zu verbessern, kann es beispielsweise hilfreich sein zu wissen, welche Lesart einer strukturell ambigen Äußerung von Menschen präferiert wird oder wo die Gefahr von Fehlinterpretationen besonders groß ist. Techniken, die von Menschen bei der Verarbeitung strukturell ambiger Spracheingabe angewendet werden, können mögli-

cherweise auch die Effektivität von computerlinguistischen Parseern erhöhen, die unter der Last möglicher Strukturbäume, deren Zahl schon bei einfachen kurzen Sätzen in die Tausende geht, an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen. Da Parser eine wichtige Grundlage fast aller NLP-Produkte sind, könnten entsprechend viele Anwendungen von einer größeren Effektivität profitieren, z.B. die maschinelle Übersetzung oder das automatische *Abstracting*.

---

## 2 Randbedingungen und Parameter der menschlichen Satzverarbeitung

Menschliche Sprachverarbeitung muß – im Gegensatz zu vielen computerlinguistischen Anwendungen – in Echtzeit ablaufen. Darüber hinaus ist sie an die physiologischen Prinzipien neuronaler Informationsverarbeitung gebunden. Ein sprachpsychologisch adäquates Satzverarbeitungsmodell muß deshalb Beschränkungen, die sich aus der Situiertheit menschlicher Kognition ergeben, berücksichtigen und in die Modellierung einbeziehen. Zumindest dürfen die Modellannahmen nicht im Widerspruch zu den hirnphysiologischen Gegebenheiten stehen.

Eine der Eigenschaften menschlicher Kognition besteht darin, daß sie über ein Kurzzeitgedächtnis bzw. einen Arbeitsspeicher mit beschränkter Kapazität verfügt (Abschnitt 2.1). Nur wenige sprachliche Eingabeelemente sind darin gleichzeitig und im Wortlaut verfügbar. Diese Tatsache stellt eine wesentliche Randbedingung für jede Modellierung von Sprachverarbeitung dar. Allerdings ist die Rolle des Arbeitsgedächtnisses für die Syntaxanalyse strittig (Caplan & Waters, 1999).

Weiterhin wird die Satzverarbeitung durch die physiologische und/oder funktionale Architektur des MSVAs beschränkt. Verschiedene Modelle menschlicher Satzverarbeitung treffen unterschiedliche und einander teilweise widersprechende Annahmen in bezug auf wichtige Parameter der kognitiven Architektur, wie die Modularität, Interaktivität und Prinzipienbasiertheit des MSVAs (Abschnitt 2.2). Damit zusammenhängend werden unterschiedliche Arbeitsweisen des menschlichen Parsers bei der Verarbeitung ambiger Spracheingaben propagiert (Abschnitt 2.3). Die unterschiedlichen Hypothesen in bezug auf die Architektur des MSVAs und seine Arbeitsweise bei Ambiguität dienen der Generierung von Vorhersagen für die kognitive Verarbeitung (ambiger) sprachlicher Strukturen. Sie eignen sich aber auch als Kriterien für eine Grobklassifikation der verschiedenen

Satzverarbeitungsmodelle, die ich in Abschnitt 2.4 vornehmen werde. Die empirischen Methoden, auf die zur Überprüfung der Verarbeitungsvorhersagen zurückgegriffen wird, werde ich in Abschnitt 2.5 beschreiben.

## 2.1 Satzverarbeitung und Arbeitsgedächtnis

Sprache hat einen linearen Charakter. Bei ihrer Verarbeitung muß eine Folge von Symbolen in der Zeit analysiert werden. Das führt häufig dazu, daß nicht sofort alle eigentlich zur Analyse notwendigen Informationen zur Verfügung stehen, sondern daß einige Eingabeelemente oder (Zwischen-)Produkte der Verarbeitung temporär gespeichert werden müssen, bis sie mit Hilfe nachfolgender Informationen in eine bestehende Repräsentation integriert werden können. Diese Zwischenspeicherung geschieht im Kurzzeitgedächtnis. Das Kurzzeitgedächtnis kann jedoch nur eine beschränkte Anzahl von Elementen halten. Miller stellte in seiner berühmten Arbeit von 1956 fest, daß die maximale Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses etwa  $7 \pm 2$  Elemente beträgt. Diese Kapazität erhöht sich, wenn Eingabeelemente mental strukturiert werden (Simon, 1974; Zhang & Simon, 1985; Yu, Zhang, Jing, Peng, Zhang & Simon, 1985). Beispielsweise zeigten schon 1950 Miller & Selfridge, daß eine Folge von zusammenhangslosen Einzelwörtern schlechter reproduziert werden kann als eine Folge von Wörtern in satzartigen Strukturen.

Es existieren also ziemlich klare Maße für die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Unklar ist hingegen, inwieweit diese Kapazität die (syntaktische) Satzverarbeitung beeinflußt. Frühe Satzverarbeitungsmodelle nahmen in ihren Vorhersagen der Verarbeitungskomplexität sehr stark Bezug auf eine absolute Anzahl sprachlicher Elemente, die das Kurzzeitgedächtnis fassen kann (z.B. Kimball, 1973; Frazier & Fodor, 1978; Marcus, 1980). Empirisch ließen sich solche absoluten Grenzwerte aber nicht halten. Das läßt sich z.B. an dem berühmten *garden-path* (GP)-Satz (6) zeigen. *Raced* wird hier präferiert als aktives Verb interpretiert, tatsächlich leitet es einen reduzierten passiven Relativsatz (*that was raced*) ein. Ein GP-Satz wie (6) behält auch dann seinen GP-Charakter, wenn die Anzahl der Elemente, die bis zur Auflösung der Ambiguität auftauchen, reduziert wird (7).

- (6) The horse raced past the barn fell.
- (7) The horse raced fell.

Ein deutlich längerer Satz mit gleicher Struktur hingegen wird überhaupt nicht als GP-Satz empfunden (8).

- (8) The homeless people interviewed in the film were....

Nachdem frühe Arbeiten sich auf die Untersuchung der *Speicherkapazität* des Kurzzeitgedächtnisses konzentrierten, wird heute mehr Gewicht auf die Beteiligung des Kurzzeitgedächtnisses an der *Verarbeitung* der Eingabe gelegt. Deshalb wird es heute auch vorwiegend als *Arbeitsgedächtnis* bezeichnet.

Es gibt mindestens drei aktuelle Positionen in bezug auf die Rolle des Arbeitsgedächtnisses bei der Satzverarbeitung. Just & Carpenter (1992) vertreten das Konzept eines undifferenzierten Arbeitsgedächtnisses, das bei allen Verarbeitungsstufen, insbesondere auch bei der syntaktischen Analyse, belastet wird. Als empirische Evidenz für ihr Konzept werten sie die besseren Verarbeitungsleistungen von Versuchspersonen mit einer höheren Gedächtnisspanne (vgl. auch MacDonald, Just & Carpenter, 1992; Miyake, Carpenter & Just, 1995).

Baddeley (1986; 1990) sieht das Arbeitsgedächtnis als ein strukturiertes, modulares System, dessen Subsysteme verschiedene Funktionen ausüben. Er identifiziert ein artikulatorisches Subsystem (*articulatory* oder *phonological loop*), das temporär phonologisch-verbal kodierte Informationen speichert, sowie ein visuell-räumliches Subsystem (*visuospatial sketchpad*) zur temporären Speicherung visuell-räumlicher Information. Eine übergeordnete Systemkomponente mit begrenzter Verarbeitungskapazität, die zentrale Exekutive (*central executive*), steuert die Aktivitäten der Subsysteme bei der Bewältigung kognitiver Aufgaben. Insbesondere dient die zentrale Exekutive auch zur Steuerung der Aufmerksamkeit. Anders als bei Just & Carpenter vermutet Baddeley, daß nur ein Teil des Arbeitsgedächtnisses, nämlich das artikulatorische Subsystem, am Parsing beteiligt sind.

Caplan & Waters (1999) schließlich zweifeln die Beteiligung des allgemeinen Arbeitsgedächtnisses an der *Syntaxanalyse* an und propagieren ein autonomes, modulspezifisches Arbeitsgedächtnis für das mentale Parsing. Als Belege dienen ihnen zahlreiche experimentelle und neurophysiologische Befunde.

Allen drei Ansätzen gemeinsam ist die Annahme, daß das allgemeine Arbeitsgedächtnis an der Satzverarbeitung (z.B. der semantischen Interpretation) prinzipiell beteiligt ist.

Obwohl das Arbeitsgedächtnis – unabhängig von der Ausprägung seiner Modellierung – eine zentrale Rolle bei der Satzverarbeitung spielt, wird es von den meisten Modellen nur pauschal als Beschränkung aufgefaßt und stellt deshalb kein unterscheidendes Kriterium dar. Allenfalls kann man sagen, daß die Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses in einigen Modellen stärker als Grund für bestimmte Verarbeitungsphänomene herangezogen wird als in anderen. Zur Differenzierung und Klassifikation der aktuellen Satzverarbeitungsmodelle eignen sich besser verschiedene Architekturparameter, die ich im folgenden beschreiben werde, sowie Annahmen über die Arbeitsweise des mentalen Parsers bei ambiger Eingabe.

## 2.2 Architektur des menschlichen Sprachverarbeitungsapparats: Modularität, Inkrementalität, Prinzipienbasiertheit

Fodor (1983) entfaltet in seinem Buch *The Modularity of Mind* die These, daß menschliche Kognition ähnlich organisiert ist wie ein Computerprogramm, das den Prinzipien der Softwaretechnik gerecht wird. Solch ein Programm besteht aus einem Hauptprogramm sowie relativ selbständigen Unterprogrammen. Der Datenaustausch zwischen diesen Programm-Modulen findet ausschließlich über definierte Schnittstellen statt. Analog dazu – so Fodor – existiert im menschlichen Geist ein zentraler Bereich kognitiver Prozesse, die als bewußtseinsfähig eingestuft werden, sowie mehrere selbständige Module, die der Ein- und Ausgabe dienen. Der Informationsfluß zwischen diesen Modulen verläuft nur in einer Richtung hin zu höhergeordneten Modulen. Fodor nennt diese Ein-/Ausgabemodule *kognitiv nicht penetrierbar*, d.h. Menschen können die in diesen Modulen ablaufenden Prozesse nicht bewußt wahrnehmen und auch nicht beeinflussen.

Die Fodorschen Ideen sind für einige Bereiche der Kognition (z.B. akustische und visuelle Wahrnehmung) allgemein akzeptiert. Dies gilt jedoch nicht für den Bereich der Sprachverarbeitung (der Bezug auf Fodor ist hier auch wenig ergiebig, weil er nur *ein* nicht weiter differenziertes *language recognition module* kennt). In bezug auf das menschliche Parsing sind folgende Fragen relevant: Ist der Sprachverarbeitungsapparat in verschiedene, funktional und/oder physiologisch selbständige Subsysteme unterteilt? Werden Produktion und Rezeption von zwei verschiedenen Prozessoren gesteuert? Wenn es sich tatsächlich um ein modulares System handelt, welche Aufgaben erfüllen die einzelnen Module? Wie kommunizieren diese Module miteinander und von welchem Repräsentationsformat machen sie dabei Gebrauch?

Besondere Aufmerksamkeit wird der Frage gewidmet, ob die *syntaktische* und die *semantische* Verarbeitung von Sprache von separaten Modulen geleistet wird. Häufig wird angenommen, daß das Syntaxmodul ein Ein-/Ausgabemodul im obigen Sinne ist und in einer sequentiellen Modulreihung *Lexikon – Syntax – Semantik – Pragmatik* steht. Durch die informationelle Kapselung der einzelnen Module wäre eine Beeinflussung der Prozesse im Syntaxmodul durch die höhergeordnete Semantik ausgeschlossen. Syntax wäre demnach funktionell autonom. Das würde u.a. bedeuten, daß eine eigenständige syntaktische Repräsentation der Spracheingabe aufgebaut wird.

Es gibt viele Hinweise auf die physiologische oder funktionale Modularität des Sprachverarbeitungsapparats:

- Untersuchungen aus der Psycho- und Neurolinguistik zeigen selektive Sprachstörungen bei Menschen mit Aphasien (z.B. Huber, Poeck & Weniger, 1989).

- Die Neuropsychologie findet unterschiedliche kortikale Erregungsmuster bei der Verarbeitung von syntaktischen und semantischen Reizen. Dies gilt sowohl in bezug auf die Lokalisierung im Gehirn als auch in bezug auf temporale Aspekte. Ich werde auf diese Untersuchungen später noch genauer eingehen (siehe Abschnitt 2.5.3).
- Die linguistische Fehleranalyse zeigt, daß Fehler oft nur einen Aspekt einer Äußerung betreffen, während die Äußerung auf anderen sprachlichen Ebenen völlig intakt ist. Zum Beispiel ist die Äußerung *I have to smoke my coffee with a cigarette* (Fromkin, 1973) syntaktisch korrekt, aber semantisch fehlerhaft. Daß zwar der semantische Gehalt vertauscht wird, nicht aber der Kasus, zeigt ein Fehlerbeispiel von Fay (1980): *If I was done to that...* statt *If that was done to me...* (Beispiele zitiert nach Levelt, 1989: 248).
- Neuerdings liegen erste Hinweise auf Modularität aus der Genetik vor (Fisher, Vargha-Khadem, Watkins, Monaco & Pembrey, 1998).

Es ist allerdings unklar, inwieweit physiologische und neurologische Erkenntnisse zur Klärung der Frage nach der Modularität des Geistes beitragen können, denn physiologische Modularität muß nicht notwendigerweise ein Hinweis auf funktionale Modularität sein und umgekehrt.

Bis auf den stark eingeschränkten, gerichteten Informationsfluß findet in einem an Fodorschen Prinzipien ausgerichteten Modell der Satzverarbeitung keine Interaktion zwischen den Modulen statt. Man kann es daher als *nicht-interaktiv* bezeichnen. Eine große Schwäche solch eines Ansatzes ist, daß seine deterministische Konzeption eine *gezielte* syntaktische Reanalyse eines ambigen Satzes nach dem Scheitern der semantischen Interpretation einer falschen syntaktischen Lesart ausschließt, da kein Kommunikationskanal vom Semantikmodul zurück zum Syntaxmodul existiert. Dies läßt sich an (9) illustrieren. (9) ist temporär strukturell ambig, da die PP, die mit *mit* beginnt, unter anderem sowohl die Angabe eines Instruments zu *beobachtete* einleiten kann, als auch ein Attribut zu *Pferd*. Wenn beispielsweise für die PP *mit dem weißen Fleck* zunächst aufgrund von rein syntaktisch motivierten Präferenzen des MSVAs die Instrumental-Lesart gewählt wird, diese Lesart aber aufgrund des semantischen Gehalts des Wortes *Fleck* scheitert, bleibt nur die Möglichkeit einer vollständig neuen Analyse des Satzes als Ausweg (es sei denn, man geht von einem völlig parallelen Modell aus, was aber – wie ich unten zeigen werde – kaum möglich ist).

(9) Sonja beobachtete das Pferd mit dem weißen Fleck.

Es ist aber sehr unplausibel, daß jedes Scheitern der Verarbeitung zu solch einer neuen Analyse führt, schon allein deshalb, weil weiter zurück liegende Satzelemente nicht mehr

im Wortlaut im Arbeitsgedächtnis verfügbar sind. Es gibt daher auch kein Satzverarbeitungsmodell, daß davon ausgeht, daß *überhaupt keine* wechselseitige Interaktion zwischen den einzelnen Modulen stattfindet. Ich werde diesen Fall deshalb nicht weiter behandeln.

Plausibler und von vielen Erklärungsmodellen verfochten ist die Annahme eines *schwach interaktiven* Sprachverarbeitungssystems. Solch ein System ermöglicht für den Fall des Scheiterns einer Lesart im semantischen Modul die Rückkopplung vom semantischen Teilsystem zum syntaktischen, also einem tiefergeordneten Teilsystem, um dort eine Reanalyse anzustoßen. Für Modelle, die von einem schwach interaktiven Sprachverarbeitungssystem ausgehen, hat sich auch der Name *lexical filter*-Modelle etabliert: Das syntaktische Modul generiert Strukturhypothesen, die von der lexikalisch-semantischen Information des Semantikmoduls auf ihre semantische Plausibilität hin überprüft werden und so quasi einen semantischen Filter passieren.

Einen krassen Gegenentwurf zu Fodors nicht-interaktiver Theorie und auch zu den schwach interaktiven Modellen liefern sogenannte *stark interaktive* oder auch *interactive activation*-Ansätze. Sie gehen davon aus, daß keine zeitliche Reihung zwischen syntaktischer und semantischer Verarbeitung existiert, sondern syntaktische und semantische Prozesse gleichzeitig ablaufen. Analog zu der Bezeichnung *lexical filter* ist für stark interaktive Modelle auch die Bezeichnung *lexical proposal* üblich, denn die Bedeutungen der einzelnen Lexeme, also semantische Informationen, können gemäß diesen Modellen die Syntaxanalyse nicht nur kontrollieren, sondern auch aktiv leiten.

Viele dieser *interactive activation*-Ansätze postulieren sogar, daß der MSVA gar nicht modular organisiert ist. Das bedeutet insbesondere, daß diese Modelle auf eine autonome Syntaxkomponente und die damit verknüpfte eigenständige syntaktische Repräsentation verzichten. Vielmehr gehen diese Modelle davon aus, daß syntaktische und semantische Prozesse auf einer integrierten Repräsentationsgrundlage arbeiten. Die Benennung dieser Modelle mit *stark interaktiv* ist etwas irritierend. Sie impliziert starke Interaktion zwischen verschiedenen Modulen, während viele der so bezeichneten Modelle ja davon ausgehen, daß gar keine separaten Module existieren. Der Begriff *interaktiv* bezieht sich hier eher auf die Interaktion zwischen verschiedenen Arten sprachlichen Wissens. Tabelle 1 faßt die Klassifikationsmöglichkeiten der verschiedenen Ansätze nach dem Modularitätskriterium noch einmal zusammen.

Tabelle 1: Klassifikationsmöglichkeiten für Satzverarbeitungsmodelle nach den Kriterien *Modularität* und *Interaktivität*

	modular	nicht modular
schwach interaktiv	X	theoretisch ausgeschlossen
stark interaktiv	X	X

Einen zweiten Parameter zur Beschreibung der Architektur des MSVAs bildet die *Inkrementalität* der Verarbeitung. Dabei geht es um die Frage, wann erkannte Wörter syntaktisch und semantisch-pragmatisch in die mentale Satzrepräsentation integriert werden. Ich habe schon in Abschnitt 1.1 auf die Gründe hingewiesen, aus denen inkrementelle Verarbeitung eine notwendige Eigenschaft des MSVAs darstellt: die Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses und die Erfordernis der Echtzeitfähigkeit. Beide resultieren aus der Linearität des Sprachsignals in der Zeit, die dazu führt, daß viele Architekturen aus dem computerlinguistischen Parsing für die Modellierung des menschlichen Parsings ungeeignet sind (vgl. Abschnitt 1.6).

Im Verlauf der Modellentwicklungen der letzten Jahrzehnte haben sich die Annahmen über inkrementelle Verarbeitung hin zu einer immer feineren Granularität verändert. Zunächst wurden nur Teilsatz- oder sogar Satzgrenzen als Integrationszeitpunkte angenommen (Fodor, Bever & Garrett, 1974). Winograd (1972) nahm Phrasengrenzen hinzu. Heute liegt empirische Evidenz dafür vor, daß der inkrementelle Aufbau von Satzrepräsentationen im MSVA auch schon wortweise abläuft (Frazier & Rayner, 1982; Just & Carpenter, 1980).

Neben der Modularität des MSVAs und der Inkrementalität der Verarbeitung ist eine dritte Frage, die in bezug auf die Architektur des MSVAs von Bedeutung ist, die nach der *Universalität* oder *Prinzipienbasiertheit* der Verarbeitung. Ein Teil der Erklärungsmodelle geht davon aus, daß menschliche Satzverarbeitung prinzipienbasiert (*principle-based*) ist, also nach angeborenen und daher universellen und sprachenübergreifenden Prinzipien abläuft. Der Einzelspracherwerb hat gemäß diesen Ansätzen keinen Einfluß auf die Arbeitsweise des MSVAs.

Andere Modelle propagieren, daß der Prozeß der Satzverarbeitung erfahrungsbasiert (*exposure-based*) ist, also durch Mechanismen geleitet wird, die erst im Verlauf der Sprachentwicklung und der fortgesetzten Aufnahme von Sprachdaten entstehen. Dabei wird von verschiedenen Ansätzen der Einfluß der Erfahrung unterschiedlich bewertet.

Teilweise wird davon ausgegangen, daß während des Spracherwerbs Parameter der Kompetenzgrammatik gesetzt werden, auf denen wiederum universelle Prinzipien operieren. Ein weitergehender Einfluß wird der sprachlichen Erfahrung von Modellen zugesprochen, die davon ausgehen, daß die Eingabedaten im Spracherwerb die Verarbeitungsprinzipien des MSVAs *direkt* beeinflussen und sie in bezug auf die erworbene Sprache optimieren. Entsprechend wird die *Frequenz* von Sprachdaten, die ein wichtiger Faktor der sprachlichen Erfahrung ist, unterschiedlich gewichtet.

Die Parameter *Modularität*, *Inkrementalität* und *Prinzipienbasiertheit* beschreiben grundlegende Eigenschaften des MSVAs. Sie wirken sich bei der Verarbeitung jeder einzelnen Äußerung aus, unabhängig von deren Struktur oder Inhalt. Zur Beschreibung der Arbeitsweise des MSVAs bei ambigen Äußerungen sind weitere Parameter erforderlich, die ich im folgenden Abschnitt einführen werde.

## 2.3 Arbeitsweisen des menschlichen Sprachverarbeitungsapparats bei ambiger Eingabe

Ein Satzbeginn wie (10) ist ambig, denn *der Sängerin* kann sowohl Genitivattribut von *der Arzt* als auch Dativobjekt eines noch nicht realisierten Verbs sein. Nur die Fortführung des Satzbeginns mit (10a) (Genitivattribut) oder (10b) (Dativobjekt) kann für Klarheit sorgen.

- (10) Daß der Arzt der Sängerin ...  
 (a) ... ein Medikament entdeckt hat ...  
 (b) ... ein Medikament gegeben hat ...

Eine mögliche Strategie, die der MSVA beim Parsing solcher Strukturen verfolgen könnte, ist die sogenannte *Wait-and-See*-Strategie, auch als *Minimal Commitment*- oder *Delay*-Strategie bezeichnet (Just & Carpenter, 1980; Marcus, 1980; Frazier & Rayner, 1982; Weinberg, 1993). Dabei wartet der Parser, sobald eine Eingabe grundsätzlich auf mehrere Arten interpretierbar ist, die Eingabe weiterer, möglicherweise disambiguierender Informationen ab. Bis zu ihrem Eintreffen wird lediglich eine flache Analyse der folgenden Elemente ausgeführt. Diese Vorgehensweise ist charakteristisch für deterministische Parser, die auf einen *look-ahead* angewiesen sind.

Ein menschlicher Parser hat – anders als maschinelle Parser – nur sehr eingeschränkt die Möglichkeit eines *look-ahead*. Alle gelesenen Elemente, die aufgrund ihrer Mehrdeutigkeit nicht sofort in die bestehende Struktur integriert werden können, müßten als einzelne Elemente im Arbeitsspeicher gehalten werden, bis disambiguierende In-

formation auftaucht. Die Kapazität des Arbeitsspeichers ist aber beschränkt, so daß es – gerade bei langen ambigen Passagen – zur Überlastung kommen kann.

Ich habe weiter oben schon darauf hingewiesen, daß sich der MSVA zur Vermeidung einer Überschreitung der Gedächtniskapazität und zur schnelleren semantischen Interpretierbarkeit seiner Eingabe schon frühzeitig – also schon vor Eintreffen disambiguierender Information – auf eine bestimmte Lesart festlegt. Dies ist empirisch vielfach belegt. Reine *wait-and-see*-Ansätze spielen deshalb in der theoretischen Diskussion kaum noch eine Rolle und werden deshalb hier nicht weiter behandelt werden. Nach Ausschluß dieser Ansätze verbleiben für den MSVA noch zwei mögliche Strategien zur Verarbeitung ambiger Sätze.

Die erste mögliche Strategie für den MSVA besteht darin, nur *eine* der möglichen Lesarten zu verfolgen, und zwar diejenige, die im Moment aufgrund bestimmter Kriterien als die richtige erscheint. Sollte sich die gewählte Lesart im Verlauf der weiteren Verarbeitung als falsch herausstellen, muß eine Reanalyse eingeleitet werden, die eine alternative Lesart verfolgt. Modelle, die diese Annahmen treffen, heißen *serielle Modelle*, denn verschiedene Interpretationen werden nacheinander erzeugt.

Serielle Modelle treten in verschiedenen Varianten auf. Die wohl wichtigste Unterscheidung ist die zwischen seriellen Modellen, bei denen die Wahl der zuerst verfolgten Lesart vollständig determiniert ist, und seriellen Modellen, bei denen diese Wahl nach probabilistischen Kriterien stattfindet.

Die zweite Strategie, die sich für den MSVA anbietet, besteht darin, mehrere oder sogar alle strukturell möglichen Lesarten gleichzeitig zu erzeugen, ähnlich der Vorgehensweise im *chart parsing* (Earley, 1970). Modelle, die auf dieser Grundannahme basieren, heißen *parallele Modelle*. Auch hier gibt es verschiedene Varianten. Einige Ansätze gehen davon aus, daß die Verwaltung mehrerer Lesarten keine zusätzliche Belastung des Arbeitsspeichers darstellt, während andere Ansätze die Annahme eines limitierten Speichers treffen und damit eine Begrenzung der Zahl der Lesarten einführen. Eine weitere Dichotomie besteht im Kontrast von Modellen, die alle Lesarten gleich stark gewichten, zu Modellen, die von einer *Rangordnung* der Lesarten untereinander ausgehen. GP-Phänomene lassen sich im Rahmen paralleler Modelle nur erklären, wenn davon ausgegangen wird, daß die Anzahl der Lesarten beschränkt (bei gleich stark gewichteten Lesarten) bzw. die Lesarten verschieden gewichtet sind. Die Existenz von GP-Sätzen schließt deshalb völlig parallele Modelle, die beliebig viele Lesarten gleichzeitig und gleichgewichtet verarbeiten können, prinzipiell aus.

Neben diesen 'Reinformen' von Parsingstrategien existieren noch Modelle, die beispielsweise in Abhängigkeit von der aktuellen Belastung des Arbeitsgedächtnisses verschiedene Strategien postulieren (z.B. MacDonald, Just & Carpenter, 1992).

Entsprechend ihrer angenommenen Arbeitsweise machen diese Modellierungsansätze verschiedene Vorhersagen für den Verarbeitungsaufwand in bestimmten Regionen des Satzes. Für die ambige Satzregion in (10) (*der Sängerin*) sagen beispielsweise parallele Modelle mit Speicherbegrenzung eine Verlangsamung der Verarbeitung voraus, weil der MSVA durch die Verwaltung mehrerer Alternativen belastet wird. Serielle Modelle, aber auch parallele Modelle ohne Speicherbegrenzung gehen davon aus, daß sich die Verarbeitungsgeschwindigkeit in der ambigen Region nicht von der einer vergleichbaren nicht-ambigen Region (z.B. *des Sängers* statt *der Sängerin*) unterscheidet, weil entweder nur eine Lesart ausgewählt wird (serielle Modelle) oder die Verwaltung mehrerer Lesarten keine besondere Belastung des Arbeitsspeichers darstellt (parallele Modelle).

Für die disambiguierende Satzregion, also z.B. *...entdeckt..* in (10a), machen serielle und gewichtete parallele Modelle ähnliche Vorhersagen. In beiden Fällen wird eine schnelle Verarbeitung erwartet, wenn die korrekte Lesart als erste gewählt wurde bzw. von mehreren parallel verarbeiteten Lesarten die am stärksten gewichtete war. Stellt sich eine andere Lesart als die richtige Lesart heraus, sagen beide Modelltypen erhöhte Verarbeitungszeiten voraus, weil entweder eine Reanalyse durchgeführt werden muß (serielle Modelle), oder ein Wechsel zu einer weniger präferierten Lesart den Arbeitsspeicher belastet (gewichtete parallele Modelle). Ungewichtete parallele Modelle sagen für die disambiguierende Region keine erhöhten Verarbeitungszeiten voraus, denn alle Lesarten stehen gleichwertig zur Verfügung.

Bei der momentanen Datenlage und den in ihrer Aussagekraft immer noch beschränkten empirischen Methoden läßt sich keine der hier kurz vorgestellten Architekturen völlig ausschließen. Es liegen jedoch genügend empirische Hinweise vor, um einige der Arbeitsweisen als deutlich wahrscheinlicher als andere erscheinen zu lassen. Die große Mehrheit der empirischen Untersuchungen zeigt in der ambigen Region weder erhöhte noch verkürzte Verarbeitungszeiten. In der disambiguierenden Region jedoch werden in der Regel für bestimmte Lesarten deutlich erhöhte Verarbeitungszeiten gemessen. Diese Daten lassen zur Zeit serielle Modelle sowie gewichtete parallele Modelle ohne Speicherbegrenzung am plausibelsten erscheinen (für einen Überblick vgl. Mitchell, 1994).

Eine Reihe von Faktoren wird von den verschiedenen Modellen dafür verantwortlich gemacht, welche der Lesarten bei seriellen Modellen zuerst ausgewählt wird bzw. welche der parallel erzeugten Lesarten favorisiert wird:

- Dem großen Einfluß der generativen Linguistik entsprechend war einer der frühesten und einflußreichsten Faktoren, die untersucht wurden, die *Konstituentenstruktur*. Die

Komplexität der sich aufbauenden Phrasenstrukturepräsentation wird von einigen Ansätzen als entscheidend für die Wahl der zu verfolgenden Lesart betrachtet.

- Einige Modelle der Satzverarbeitung sind stark an einer Kompetenzgrammatik, insbesondere an grammatischen Relationen wie Dependenz und Präzedenz orientiert.
- Ein weiterer häufig untersuchter Faktor sind die Eigenschaften der verwendeten *Lexeme* (*lexical frame*). Je nach Ausprägung des Modells werden die eher strukturellen Informationen, die mit einem Lexem verbunden sind, wie z.B. der Subkategorisierungsrahmen, als entscheidend angesehen, oder die eher semantischen Informationen, insbesondere die thematischen Rollen, die von bestimmten Lexemen vergeben werden.
- In einigen Ansätzen werden nicht strukturelle oder lexikalische Kriterien als wichtigster Faktor angesehen, sondern der Bezug einer Lesart zur *Diskurssituation*, also dem Kontext, in dem die Äußerung stattfindet.
- Ein weiterer Faktor, der seit einigen Jahren untersucht wird, ist die Wirkung der *Frequenz* sprachlicher Einheiten auf die Arbeitsweise des MSVAs. Erfahrungsbasierte Modelle nehmen an, daß eine mentale Statistik über die sprachliche Eingabe geführt und bei Ambiguitäten konsultiert wird, um diejenige Lesart auszuwählen, die in der Vergangenheit die häufigste war.

Auch hier existieren wieder viele hybride Ansätze, die mehrere der genannten Faktoren kombinieren, um zu Vorhersagen für Verarbeitungspräferenzen zu kommen.

## 2.4 Ansätze im Überblick

In den vorangehenden Abschnitten habe ich gezeigt, daß existierende Satzverarbeitungsmodelle sich in einer Vielzahl von Parametern unterscheiden können. Entsprechend viele Möglichkeiten zu einer systematischen Klassifikation dieser Ansätze gibt es. Um einen Überblick über die Modelle zu bieten, die ich in dieser Arbeit vorstellen werde, habe ich sie in zwei Tabellen eingeordnet. Tabelle 2 klassifiziert die Ansätze nach den Kriterien *Modularität* und *Interaktivität*.

Tabelle 3 zeigt die Klassifikation der Ansätze bezogen auf ihre Arbeitsweise bei einer ambigen Eingabe. Ein Vergleich der beiden Tabellen macht deutlich, daß es in Abhängigkeit von den verwendeten Parametern teilweise zu unterschiedlichen Klassenbildungen kommt.

Wie meistens bei schematischen Klassifikationen stellen auch diese Einteilungen Vereinfachungen dar. Die Einordnung eines Ansatzes in eine bestimmte Zeile in der

Spalte *Hauptfaktor für die Disambiguierung* in Tabelle 3 bedeutet nicht, daß dieser Ansatz andere disambiguierende Einflüsse leugnet. Beispielsweise integriert das Modell von Gibson ganz explizit eine Frequenzkomponente, sieht aber doch grammatische Relationen als *den* entscheidenden Faktor für die Satzverarbeitung an. Teilweise machen die Modelle auch keine expliziten Angaben über bestimmte Parameter, sie sind lediglich aus anderen Angaben zu erschließen.

Zur Orientierung habe ich zu den Modellnamen die jeweils repräsentativsten Publikationen angegeben.

Mit der Einteilung der Modelle gemäß dem Faktor *Prinzipienbasiertheit/ Erfahrungsbasiertheit* werde ich mich später befassen (siehe Abschnitt 5.3.2).

Tabelle 2: Klassifikation wichtiger Satzverarbeitungsmodelle nach den Kriterien *Modularität* und *Interaktivität*

Modularität	modular	nicht-modular
Interaktivität		
schwach interaktiv	<i>Garden Path</i> (Frazier, 1987a)  <i>Construal</i> (Frazier & Clifton, 1996)  <i>Parameterized Head Attachment</i> (Konieczny, Hemforth, Scheepers & Strube, 1997)  <i>Licensing Structure Parsing</i> (Abney, 1989)  Gorrell (Gorrell, 1995)  Pritchett (Pritchett, 1992)  <i>Referential Theory</i> (Crain & Steedman, 1985)  viele Arbeitsmodelle der <i>Linguistic Tuning Hypothesis</i> (Mitchell & Cuetos, 1991; Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert, 1995)	theoretisch ausgeschlossen
stark interaktiv	<i>Concurrent Model</i> (Boland, 1997)	<i>Multiple Constraint Satisfaction-Modelle</i> (MacDonald, Pearlmutter & Seidenberg, 1994a; Spivey-Knowlton & Sedivy, 1995; Trueswell, Tanenhaus & Garnsey, 1994)  Probabilistisches Modell (Jurafsky, 1996)
unentschieden	Gibson (Gibson, 1991; Gibson & Pearlmutter, 1994)	

Tabelle 3: Klassifikation wichtiger Satzverarbeitungsmodelle nach den Kriterien *Arbeitsweise bei Ambiguität* und *Hauptfaktor für die Disambiguierung*

Arbeitsweise bei Ambiguität	seriell	parallel
Hauptfaktor für die Disambiguierung		
Konstituentenstruktur	<i>Garden Path</i> <i>Construal</i>	
Kompetenzgrammatik	Pritchett	
Grammatische Relationen (Dependenz und Präzedenz)	Gorrell	Gibson
Lexikalische Information	<i>Licensing Structure Parsing</i> <i>Parameterized Head Attachment</i>	<i>Multiple Constraint Satisfaction-Modelle</i> <i>Concurrent Model</i>
Kontext/Diskurssituation		<i>Referential Theory</i>
Frequenz	viele Arbeitsmodelle der <i>Linguistic Tuning Hypothesis</i>	Probabilistisches Modell

## 2.5 Grundlagen empirischer Arbeit in der psychologischen Satzverarbeitungsforschung

Die psychologische Satzverarbeitungsforschung hat eine Reihe von Methoden entwickelt, um Einblicke in die Arbeitsweise des MSVAs zu gewinnen (für einen Überblick vgl. Rayner & Sereno, 1994; Haberlandt, 1994). Wie in anderen Bereichen der Psycholinguistik werden solche Einblicke oft erst dann möglich, wenn ein (im weitesten Sinne) *defizitärer* Modus der Verarbeitung vorliegt. Um bei gesunden, muttersprachlichen Versuchspersonen (Vpn) Satzverarbeitung in einem defizitären Modus beobachten zu können, muß experimentelles Datenmaterial verwendet werden, das den Vpn zumindest unbewußte Verarbeitungsschwierigkeiten bereitet. Dies ist häufig bei strukturell ambigen Konstruktionen der Fall, sowohl bei *lokaler* als auch bei *globaler* Ambiguität.

Bei lokal ambigen Konstruktionen kann eine Ambiguität durch disambiguierende Information, die im späteren Verlauf des Satzes auftritt, aufgelöst werden. Die disambiguierende Information kann syntaktischer oder semantischer Natur sein. Zum Beispiel kann in (11) *the sock* zunächst als direktes Objekt des mit *while* beginnenden Teilsatzes interpretiert werden. Die Fortführung mit *fell* jedoch läßt diese Interpretation nicht mehr zu und erzwingt eine Reanalyse, an deren Ende *the sock* als Subjekt des Hauptsatzes interpretiert wird. (12) ist strukturell global ambig, denn die PP *mit dem ...* läßt sich beispielsweise sowohl als Angabe eines Instruments an die VP mit dem Kopf *fesselte* anbinden, als auch als Attribut an die NP *der Mann*. Die Semantik des Wortes *Schnurrbart* verbietet jedoch die Instrumental-Lesart, so daß (12) insgesamt nur lokal ambig ist.

- (11) While Mary was mending the sock fell off her lap.
- (12) Manfred fesselte den Mann mit dem Schnurrbart.

Bei echter globaler Ambiguität läßt sich innerhalb der untersuchten Konstruktion weder aus syntaktischen noch aus semantischen Gründen eine Lesart ausschließen. Dies ist z.B. bei (13) der Fall. Allenfalls der Kontext kann hier zur Disambiguierung beitragen.

- (13) (a) Louis told [the girl that Bill liked] the story.
- (b) Louis told the girl [that Bill liked the story].

Nur an solchen lokal oder global ambigen Sätzen lassen sich – unter Verwendung der heute verfügbaren Methoden – die verschiedenen Erklärungsansätze für den Prozeß des mentalen Repräsentationsaufbaus empirisch unterscheiden, denn die verschiedenen Modelle machen unterschiedliche Vorhersagen in bezug auf die Präferenz einer der möglichen Lesarten (vgl. Abschnitte 2.3 und 2.4 sowie Tabelle 3).

Die empirischen Methoden, die in der psychologischen Satzverarbeitungsforschung eingesetzt werden, lassen sich grundsätzlich in *On-line*- und *Off-line*-Methoden unterscheiden. *Off-line*-Experimente überprüfen, wie eine Vp einen Satz interpretiert, nachdem sie ihn vollständig gelesen hat und Gelegenheit hatte, alle potentiellen Einflußfaktoren, insbesondere auch die Bedeutung der einzelnen Lexeme und den pragmatischen Kontext, zu berücksichtigen. *Off-line*-Untersuchungen geben also Aufschluß über den *final parse* eines Satzes durch die Vp. Sie sind nicht in der Lage, den zeitlichen Verlauf des Parsing-Prozesses zu erfassen. Insbesondere können sie keine Auskunft darüber geben, ob die Vp zunächst – z.B. aufgrund rein syntaktischer Kriterien – im *initial parse* eine bestimmte Interpretation eines Satzes verfolgt, die anschließend aber, z.B. aufgrund einer semantischen Interpretation oder des Weltwissens, wieder revidiert wird.

Um Parsing als inkrementellen Prozeß und damit seinen zeitlichen Verlauf zu erfassen, werden *On-line*-Experimente durchgeführt, also Experimente, bei denen die Vp *während* des Lesens eines Satzes beobachtet wird.

Im folgenden werde ich die Durchführung der wichtigsten Varianten von *On-line*- und *Off-line*-Experimenten beschreiben und an einzelnen Satzbeispielen illustrieren. Dabei werde ich jeweils auf die spezifischen Interpretationsmöglichkeiten der erzielten Ergebnisse sowie auf die potentiellen Probleme und Schwächen bei der Erstellung des experimentellen Materials, bei der Durchführung der Experimente und bei der Interpretation und der Vergleichbarkeit der Ergebnisse eingehen.

Obwohl *Off-line*-Verfahren sehr viel beschränktere Möglichkeiten bieten, führen sie sehr häufig zu den gleichen Ergebnissen wie *On-line*-Experimente zur gleichen sprachlichen Struktur (z.B. Ferreira & Henderson, 1990). Deshalb ist die Verwendung von einfach durchzuführenden *Off-line*-Verfahren für erste Untersuchungen durchaus legitim, sie muß aber unbedingt durch *On-line*-Experimente ergänzt werden.

Die Überprüfung frequenzbasierter Modelle der Sprachverarbeitung erfordert über diese experimentellen Methoden hinaus auch die Analyse von Textkorpora. Korpusanalysen werden in der Satzverarbeitungsforschung erst seit wenigen Jahren und in geringem Umfang eingesetzt. Ich werde in Abschnitt 2.5.4 näher auf dieses Verfahren eingehen.

### 2.5.1 *On-line*- und *Off-line*-Methoden: Gemeinsamkeiten

*On*- und *Off-line*-Experimenten ist gemeinsam, daß den einzelnen Vpn viele Sätze nacheinander präsentiert werden (typischerweise 20 bis 100 Sätze pro Experimentalsitzung). Nicht in allen dieser Sätze taucht die zu untersuchende Konstruktion auf, sondern die eigentlichen Experimentalsätze werden um Füllsätze ergänzt, die sich von den Experimentalsätzen in wichtigen Parametern unterscheiden und deren Verarbeitung meistens nicht ausgewertet wird. Häufig werden ein Experimentalsatz und mehrere Füllsätze zu

einem Block zusammengefaßt und innerhalb des Blocks in zufällige Reihenfolge gebracht. Anschließend werden mehrere solcher Blöcke der Vp präsentiert, wobei der erste Block oft als Übungsmaterial für die Vp dient. Sollen in einem Experiment mehrere sehr geringfügig verschiedene Varianten eines Satzes untersucht werden, werden die Sätze so angeordnet, daß jeder Vp nur *eine* Variante präsentiert wird. Wenn z.B. die Verarbeitung der Sätze (14a) und (14b) untersucht werden soll, bekommt jede Vp nur *eine* Variante zu sehen.

- (14) (a) Die Journalistin, die die Polizisten fotografierte...
- (b) Die Journalistin, die die Polizisten fotografierten...

Alle diese Mittel – die Verwendung von Füllsätzen, die zufällige Anordnung der Sätze und die Präsentation nur einer Variante – dienen dazu, die Vp naiv in bezug auf die untersuchte Konstruktion zu halten. Es muß jedoch – zumindest bei Off-line-Experimenten – bezweifelt werden, ob dies tatsächlich immer gelingt. Es besteht generell die Gefahr, daß die Vp die relevante Konstruktion erkennt und anschließend nur noch schematisch reagiert.

## 2.5.2 Off-line-Experimente

Bei Off-line-Experimenten wird den Vpn das experimentelle Satzmaterial in der Regel in gedruckter Form präsentiert. Die Vpn werden häufig instruiert, zügig zu arbeiten, es bleibt ihnen jedoch genug Zeit, alle zum Verstehen des Satzes notwendigen Faktoren zu berücksichtigen. Deshalb ist in Off-line-Experimenten nur die Verwendung global ambiger Sätze sinnvoll.

Es gibt im wesentlichen drei Arten von Off-line-Experimenten: Interpretationsfragen, Vervollständigungsaufgaben und das Erheben von Grammatikalitätsurteilen.

### Interpretationsfragen

Interpretationsfragen sind vermutlich die in der Vergangenheit am häufigsten durchgeführten Experimente im Bereich der Satzverarbeitungsforschung. Der Grund dafür ist die vergleichsweise einfache Versuchsdurchführung sowie die direkte Interpretierbarkeit der Ergebnisse.

Der Versuchsaufbau besteht (unter Berücksichtigung der in Abschnitt 2.5.1 genannten allgemeinen Bedingungen) darin, daß den Vpn global ambige Sätze präsentiert werden (z.B. (15a)), zu denen sie jeweils eine Frage beantworten müssen (15b). Diese Frage kann als Freitext- oder *Multiple choice*-Frage formuliert sein.

Wichtig ist, daß beide Lesarten möglichst gleich plausibel sind, um den Einfluß des Weltwissens zu minimieren (sofern nicht speziell dieser Einfluß untersucht werden soll).

- (15) (a) Die Dienerin der Schauspielerin, die auf dem Balkon stand, wurde erschossen.  
 (b) Wer stand auf dem Balkon?

Leider ist trotz Bemühens um gleich plausible Lesarten natürlich nicht auszuschließen, daß es doch Unterschiede in der Plausibilität gibt. Aufwendige Normierungsstudien können dieses Problem größtenteils beheben, werden aber nicht immer durchgeführt.

Die Ergebnisse von Untersuchungen mit Interpretationsfragen zeigen häufig eine große inter-individuelle Varianz. Dies wird aber nur selten problematisiert.

### Vervollständigungs- oder Satzergänzungsaufgaben

Bei der Durchführung von Vervollständigungsaufgaben werden den Vpn lediglich strukturell ambige Satzanfänge präsentiert, die sie selbst zu ganzen Sätzen vervollständigen müssen. Bei der Auswertung wird versucht, aus der Art der Weiterführung des Satzes die Lesart zu erschließen, die die Vp für den Satzanfang gewählt hat. Diese Aufgabe fordert von der Vp eine noch aktivere und deshalb wohl auch aufmerksamere Beschäftigung mit dem Experimentalmaterial, was die Gefahr des schematischen Handelns hier noch einmal vergrößert.

Zum Beispiel führte Mitchell (zitiert in Cuertos, Mitchell & Corley, 1996) Vervollständigungsaufgaben mit Konstruktionen wie (16) durch. Die Vpn mußten jeden vorgegebenen Satzanfang mit einem Relativsatz vervollständigen. Dieser Relativsatz mußte mit *who* oder *which* gefolgt von *was* oder *were* beginnen. Aus der Vervollständigung war zu erkennen, ob die Vpn mit dem gebildeten Relativsatz das erste oder das zweite Element der komplexen NP im Hauptsatz modifizierten.

- (16) (a) The court heard about the investigator(s) of the murder(s) ...  
 (b) The court heard about the murder(s) of the investigator(s) ...

Cuertos et al. berichten von individuellen Schwankungen in der Anbindungspräferenz von 0-100%. Das ist sicher nicht einmal von ihrem eigenem Erklärungsansatz, der *Linguistic Tuning Hypothesis* (vgl. Abschnitt 4.3) zu erklären, die besonders viel inter-individuelle Varianz zuläßt. Eigentlich kann es hier nur eine Erklärung geben, die die Schwäche der Methode offenbart: Ein Teil der Vpn hat sofort erkannt, um welche Art von Konstruktion es sich in der Aufgabenstellung handelt, sich für eine Lösung entschieden und dann nur noch schematisch im Sinne dieser Lösung gearbeitet.

### Grammatikalitäts- und Akzeptabilitätsurteile

Bei einer weiteren Off-line-Untersuchungsmethode werden den Vpn Sätze vorgelegt, über die sie ein Akzeptabilitätsurteil abgeben müssen (absolut oder gradiert). Teilweise

wird den Vpn sofort der ganze Satz präsentiert, teilweise bekommen sie ihn aber auch nur wortweise auf einem Bildschirm präsentiert und müssen nach jedem einzelnen Wort beurteilen, ob die bisher präsentierte Wortfolge noch akzeptabel bzw. grammatisch ist (*stop making sense-task*). Diese Variante stellt schon einen Übergang zu den On-line-Untersuchungen dar, weil die Interpretation des Satzes durch die Vp zu verschiedenen Zeitpunkten erfaßt wird, zu denen ihr noch nicht alle relevanten Informationen zugänglich sind.

Insgesamt müssen Untersuchungen mit Grammatikalitätsurteilen als problematisch angesehen werden. Hemforth (1993) weist darauf hin, daß bei wortweisen inhaltlichen Entscheidungen die Gefahr des Anstoßens von zusätzlichen Problemlösungsprozessen besteht und die Naivität der Vp verloren geht. Cuetos, Mitchell & Corley (1996) zeigen, daß Grammatikalitätsurteile zu anderen Präferenzen führen als die etwas 'natürlicheren' Interpretationsfragen.

### 2.5.3 On-line-Experimente

On-line-Experimente sind in der Durchführung ungleich schwieriger und aufwendiger als Off-line-Experimente. Sie erfordern eine spezielle Geräteausstattung und wurden deshalb in der Vergangenheit nicht so häufig durchgeführt wie Off-line-Experimente. Mittlerweile haben sie sich aber als Standardmeßverfahren etabliert. On-line-Experimente bieten sehr viel mächtigere Möglichkeiten der Analyse der menschlichen Satzverarbeitung und können durch ihre subtile Meßweise meistens verhindern, daß das Ziel des Versuchsaufbaus schnell von der Vp durchschaut wird und sie zu schematischen Reaktionen übergeht.

Die Art des Satzmaterials, das in On-line-Experimenten untersucht wird, unterscheidet sich von den in Off-line-Experimenten verwendeten Sätzen dadurch grundlegend, daß meistens keine globale Ambiguität, sondern eine *lokale* Ambiguität vorliegt, die am Satzende oder besser noch vor Ende des Satzes disambiguiert wird, um eine Konfundierung mit sogenannten *sentence wrap-up*-Effekten zu vermeiden: Lesezeiten für Sprachelemente sind am Satzende häufig länger als für die gleichen Elemente an anderen Satzpositionen (Just & Carpenter, 1980; Rayner & Pollatsek, 1989). Strukturell vergleichbare, nicht-ambige Sätze dienen der Normierung.

Im wesentlichen geht es bei On-line-Experimenten darum, die Zeit zu messen, die eine Vp für das Lesen einzelner Wörter oder Satzregionen benötigt. Die so erhobenen Lesezeiten sind nicht so einfach zu interpretieren wie die Daten aus Experimenten mit Interpretationsfragen, denn sie lassen nur indirekte Schlüsse auf die mentale Strukturanalyse zu. Außerdem gibt es verschiedene Möglichkeiten der Datenanalyse, die teilweise zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Ich werde weiter unten näher darauf eingehen.

Häufig muß die Vp bei On-line-Experimenten im Anschluß an das Lesen des Satzes eine Frage zu diesem Satz beantworten. Teilweise wird das gemacht, um die Reaktionszeit bis zur Antwort zu messen und so weitere Hinweise auf die Verarbeitungskomplexität zu erhalten, teilweise, um die Verstehensleistung zu überprüfen (und damit eventuell auch die Versuchsanordnung), oft aber auch nur, um die Vp zur Aufmerksamkeit bzw. zum aktiven Verstehen (wollen) zu zwingen. Manchmal wird das Arbeitsgedächtnis der Vp während des Lesens durch Zweitaufgaben (Rückwärtszählen o.ä.) zusätzlich belastet.

Es ist empirisch hinreichend bestätigt, daß die Geschwindigkeit des lexikalischen Zugriffs stark von der Frequenz des betreffenden Lexems abhängt (vgl. Abschnitt 1.4). Um mögliche Nebenwirkungen der Dauer des lexikalischen Zugriffs auf das Erfassen der syntaktischen Verarbeitung zu vermeiden, muß darauf geachtet werden, daß die verwendeten Lexeme in etwa gleich häufig sind. Das wurde in früheren Studien selten gemacht. Erst mit der leichteren Verfügbarkeit von Frequenzdaten beginnt die Ausbalancierung der Sätze im Hinblick auf die lexikalische Frequenz zum Standard zu werden.

Die drei Hauptgruppen von On-line-Experimenten sind das selbstgesteuerte Lesen, das Messen von Blickbewegungen und die Messung der Gehirnaktivität während der Verarbeitung.

### Selbstgesteuertes Lesen

Bei Experimenten mit selbstgesteuertem Lesen (*self-paced reading*) werden den Vpn Sätze abschnittsweise auf einem Bildschirm dargeboten. Die Vp muß eine Taste drücken, um den jeweils nächsten Abschnitt präsentiert zu bekommen. Die Zeit bis zum Drücken der Taste wird gemessen und interpretiert. (Selten werden auch Lesezeiten für im Ganzen präsentierte Sätze gemessen. Sie scheinen jedoch kaum Aussagekraft zu besitzen, vgl. Brysbaert & Mitchell, 1996.)

Es existieren viele verschiedene Varianten der Segmentierung und Präsentation von Sätzen. Die Größe der Segmente reicht von Wörtern über Teilphrasen bis hin zu ganzen Phrasen. Disambiguierende Satzzeichen werden dabei häufig weggelassen. Es gibt kumulative Präsentationen, d.h. die bisher gelesenen Wörter bleiben beim Erscheinen eines neuen Wortes oder Abschnitts auf dem Bildschirm sichtbar, und nicht-kumulative Präsentation, bei der die gelesenen Wörter wieder verschwinden. Als Zwischenform können bereits gelesene Wörter als Punkte stehenbleiben. Bei nicht-kumulativer Präsentationsweise kann man noch zwischen einem sich bewegenden Fenster (*moving window*) und einem festen Fenster unterscheiden. Bei einem festen Fenster werden alle Wörter auf derselben Stelle des Bildschirms gezeigt, bei einem sich bewegenden Fenster jeweils an der Stelle, an der sich das Wort befände, wenn der ganze Satz zu sehen wäre.

Die starke Variation in der Umsetzung von *self-paced reading*-Experimenten gefährdet in erheblichem Maße die Vergleichbarkeit verschiedener Experimente untereinander. Besonders die Unterteilung des Satzmaterials in unterschiedliche Abschnittsgrößen gefährdet nicht nur die Vergleichbarkeit, sondern darüber hinaus die Validität eines Experiments überhaupt. Zum Beispiel haben Brysbaert & Mitchell (1996) gezeigt, daß die Richtung der Parsing-Präferenz durch die Art der Segmentierung beeinflusst werden kann.

Ein weiteres Problem bei der Methode des selbstgesteuerten Lesens besteht darin, daß das Lesen gegenüber natürlichem Lesen deutlich verlangsamt ist. Dadurch können Faktoren, die normalerweise erst in späteren Verarbeitungsschritten Einfluß nehmen, möglicherweise schon im *initial parse* zum Tragen kommen.

### Interpretation der Lesezeiten

Ich habe in Abschnitt 2.3 schon darauf hingewiesen, daß die verschiedenen Satzverarbeitungsmodelle in Abhängigkeit von ihrer Architektur und postulierten Arbeitsweise unterschiedliche Vorhersagen für die Dauer der Verarbeitung bestimmter Satzregionen machen. Dabei habe ich ebenfalls schon erwähnt, daß die bisher erhobenen empirischen Daten hauptsächlich serielle und gewichtet parallele Modelle stützen, die übereinstimmende Vorhersagen für den Verarbeitungsaufwand machen. Beide erwarten gegenüber nicht-ambigen Sätzen unveränderte Lesezeiten in der ambigen Region sowie verlängerte Lesezeiten in der disambiguierenden Region.

Diese verlängerten Lesezeiten in der disambiguierenden Region treten allerdings nur dann auf, wenn eine von der Vp nicht präferierte Lesart die richtige ist, die Vp also wegen der anfänglichen Wahl der falschen Lesart eine ressourcenintensive Reanalyse (im seriellen Modell) oder eine Aktivierung einer weniger bevorzugten Lesart (im gewichtet parallelen Modell) durchführen mußte. Durch den Vergleich der Lesezeitdaten zweier minimal verschiedener Sätze, die sich nur durch die Art der Disambiguierung unterscheiden, kann festgestellt werden, welche Lesart im *initial parse* verfolgt wurde. Zeigen sich beispielsweise in (17b) erhöhte Verarbeitungszeiten für das Wort *Brille* gegenüber dem Wort *Krawatte* in (17a), läßt das darauf schließen, daß die Vp die PP *mit der Brille* zunächst als ein Instrument an das Verb *fesseln* angebunden hat, dann aber im Verlauf semantischer Überprüfungsprozesse erkannt hat, daß *Brille* nicht als Instrument des Fesseln genutzt werden kann, und eine (unbewußte) Reanalyse der syntaktischen Struktur durchführen mußte. Die Anbindung der PP *mit der Krawatte* ist sowohl an das Verb *fesseln* als auch an die NP *den Mann* semantisch zulässig. Die Lesezeit für *Krawatte* kann deshalb zum Vergleich herangezogen werden.

- (17) (a) Manfred fesselte den Mann mit der Krawatte.  
 (b) Manfred fesselte den Mann mit der Brille.  
 (c) Manfred fesselte den Mann mit dem Strick.

Werden umgekehrt für die Verarbeitung von *Strick* in (17c) größere Lesezeiten gemessen als für *Krawatte* in (17a), läßt dies auf einen *initial parse* schließen, in dem die PP *mit dem Strick* als Attribut zu *Mann* interpretiert wird. Erst anschließend führen semantische Plausibilitätserwägungen dazu, daß (unbewußte) Reanalyseprozesse *Strick* schließlich als Instrument an die VP anbinden.

### Blickbewegungsmessungen

Blickbewegungsmessungen (*eye-tracking*) bieten gegenüber dem selbstgesteuerten Lesen den großen Vorteil, daß das Lesen – abgesehen von der immer etwas unnatürlichen experimentellen Situation – relativ natürlich ablaufen kann. Bei diesen Experimenten liest eine Vp Sätze, die im Ganzen auf einem Computerbildschirm erscheinen, wobei eine Apparatur (Videokamera, Infrarotlaser) die Blickbewegungen und Blickdauern der Vp erfaßt und diese Daten an ein Auswertungsprogramm weitergibt. Für die Auswertung dieser Daten werden oft mehrere Wörter zu einer *Satzregion* zusammengefaßt.

Für die Interpretation der Lesezeiten gelten im wesentlichen die gleichen Prinzipien wie beim selbstgesteuerten Lesen. Im Gegensatz zum selbstgesteuerten Lesen, bei dem für jeden gelesenen Abschnitt genau eine Lesezeit gemessen wird, gibt es bei Blickbewegungsmessungen aber viele verschiedene Möglichkeiten, die Lesezeiten zu erfassen. Das hängt damit zusammen, daß Vpn beim Lesen nicht streng von links nach rechts vorgehen und jedes Wort genau einmal fixieren. Vielmehr ist es normal, daß Vor- und Rücksprünge gemacht und bestimmte Wörter mehrfach fixiert werden, während andere übersprungen werden. Bei übersprungenen Wörtern handelt es sich meistens um kurze Wörter aus geschlossenen Wortklassen, die parafoveal (d.h. am Rand des Blickfeldes) erfaßt, aber nicht fixiert werden.

Zwei sehr häufig verwendete Maße für Blickdauern sind die *first pass reading time* und die *total reading time*. Die *first pass reading time* ist das gebräuchlichste Maß überhaupt. Sie summiert die Dauer aller Fixationen in einer Region vom Beginn des Eintretens in diese Region bis zum Verlassen dieser Region nach links oder rechts. Die *total reading time* summiert *alle* Fixationen in einer Region, unabhängig von der Position der Fixation in der Verarbeitungsfolge.

Konieczny (1996) kritisiert diese Meßweisen u. a. deshalb, weil sie sich nur auf *eine* Region konzentrieren und zumindest die *total reading time* nicht die Verarbeitungsprozesse *in einer bestimmten Phase* des Parsings erfaßt, sondern *alle* ablaufenden Prozesse. Als Alternative schlägt er eine Messung der *regression path duration* vor. Dieses Maß setzt sich aus der *first pass reading time* für eine Region sowie der Dauer aller Fixationen im

Regressionspfad dieser Region zusammen. Der Regressionspfad umfaßt alle Fixationen im Bereich *vor* oder *in* der relevanten Region und endet erst, wenn die Region mit einer Blickbewegung *nach rechts* verlassen wurde. Konieczny glaubt, daß mit diesem Maß der Verarbeitungsaufwand, der von einer kritischen Region ausgeht, besser erfaßt werden kann.

In noch stärkerem Maß als beim selbstgesteuerten Lesen kommt es bei Blickbewegungsmessungen darauf an, die Dauer des lexikalischen Zugriffs zu kontrollieren. Deshalb werden oft separat mittlere Einzelwortlesezeiten erhoben und als Normierungsmaß herangezogen. Weil Blickbewegungen auch besonders sensibel auf oberflächliche Unterschiede, also Längenunterschiede zwischen Buchstabenfolgen reagieren (Konieczny, 1996), werden teilweise auch die Wortlänge oder heuristische Maße wie die *Lesezeit pro Buchstabe* zur Normierung der Blickdauer eingesetzt.<sup>3</sup>

### Ereigniskorrelierte Potentiale

Die bisher beschriebenen empirischen Methoden messen die Gehirnaktivität nur indirekt durch die Beobachtung von manuellen Aktionen (Tastendruck) oder Blickbewegungen. Daneben gibt es auch Verfahren, die die Verarbeitung im Gehirn sehr viel direkter untersuchen. Das verbreitetste dieser Verfahren ist die Elektroenzephalographie (EEG). Dabei werden bei Vpn Elektroden an bestimmten Positionen der Kopfhautoberfläche befestigt. Sie registrieren elektrische Potentialveränderungen, die durch Schwankungen in der Depolarisation kortikaler Nervenzellen hervorgerufen werden (Peper & Karcher, 1996).

Das für die Kognitionspsychologie wichtigste EEG-Auswertungsverfahren ist die Ableitung des *ereigniskorrelierten Potentials* (*event related potential, ERP*). Ein ereigniskorreliertes Potential ist eine Serie geringer Potentialänderungen, die in Abhängigkeit eines Ereignisses auftritt, das sensorischer, motorischer oder psychischer Art sein kann (Bibbig, 1996). Diese Potentialänderungen werden durch zwei Parameter charakterisiert. Der erste Parameter ist die *Dauer* vom Beginn des Ereignisses bis zum Beginn oder auch bis zur Spitze der Potentialänderung, der zweite ist die *Richtung* der Potentialänderung.

Ereigniskorrelierte Potentiale werden in der Sprachpsychologie eingesetzt, um einerseits Erkenntnisse über die Lokalisation bestimmter Verarbeitungsleistungen im Gehirn zu gewinnen (allerdings ist die räumliche Auflösung von EEG-Analysen begrenzt), andererseits werden Informationen über zeitliche Aspekte der Verarbeitung gesammelt.

---

<sup>3</sup> Eine sehr interessante neue Variante von Blickbewegungsmessungen wurde vor kurzem in Rochester entwickelt (z.B. Spivey-Knowlton, Tanenhaus, Eberhard & Sedivy, 1995; 1996). Bei dieser Methode werden den Vpn akustische Anweisungen gegeben, nach denen sie reale Objekte auf einer Fläche manipulieren müssen. Währenddessen werden die Blickbewegungen der Vpn aufgezeichnet. Auf diese Weise können Effekte des visuellen Kontexts untersucht werden und Versuchsbedingungen geschaffen werden, die sich der normalen Sprachumgebung stärker annähern.

Ein methodeninhärentes Problem bei der Ableitung ereigniskorrelierter Potentiale besteht in der Tatsache, daß einer Vp der gleiche oder ein sehr ähnlicher Reiz sehr häufig dargeboten werden muß (ca. 30 bis 50 mal). Dies ist erforderlich, weil ereigniskorrelierte Potentiale oft eine so geringe Amplitude haben, daß sie vor der elektrischen Hintergrundaktivität der Gehirns nicht erkannt werden können. Erst ein Berechnungsverfahren über die Antworten auf wiederholte Reizung, bei dem sich die Hintergrundsignale wegmitteln, macht die ereigniskorrelierten Potentiale sichtbar. Die mehrfache Präsentation des gleichen Reizes gefährdet aber eine wesentliche Voraussetzung für Experimente in der Sprachpsychologie, nämlich die Naivität der Vp in bezug auf das zu untersuchende sprachliche Phänomen. Das Erkennen des sprachlichen Untersuchungsobjekts könnte bei der Vp spezielle Verarbeitungstrategien und dementsprechend devalidierte Untersuchungsergebnisse zur Folge haben. Dies gilt umso mehr, als in diesen Experimenten wegen des hohen zeitlichen Aufwands häufig keine Füllsätze zwischen den Experimentalsätzen verwendet werden.

Trotz dieser Schwäche ist es der bisherigen Forschung gelungen, einige ERPs zu identifizieren, die sehr stark mit der Verarbeitung bestimmter sprachlicher Eingaben korrelieren. Einer dieser ERP-Effekte ist der N200- (N steht für *negativity*) oder LAN (*left anterior negativity*)-Effekt. Dabei tritt in einem Zeitfenster um die 200 ms nach Beginn des Ereignisses, also bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt der Verarbeitung, eine negative Potentialänderung im vorderen Bereich der linken Gehirnhälfte auf. Der LAN-Effekt wird häufig beobachtet, wenn im Experimentalsatz ein Wort auftaucht, dessen syntaktische Kategorie nicht zur bisherigen Wortfolge paßt. Dies stützt die Annahme, daß die erste Strukturinterpretation eines Satzes auf Basis von Informationen über die Wortkategorien aufgebaut wird.

Ein zweiter, sehr häufig belegter Effekt ist der sogenannte N400-Effekt, der in weiten Bereichen der hinteren rechten und linken Gehirnregionen beobachtbar ist. Er tritt dann auf, wenn ein Wort in der Eingabe semantisch oder syntaktisch inkongruent zu der bisherigen Eingabe ist, und wird mit der lexikalischen Integration des Sprachmaterials in Verbindung gebracht. Abbildung 1 ist ein Beispiel für ein ERP mit N400-Effekt.

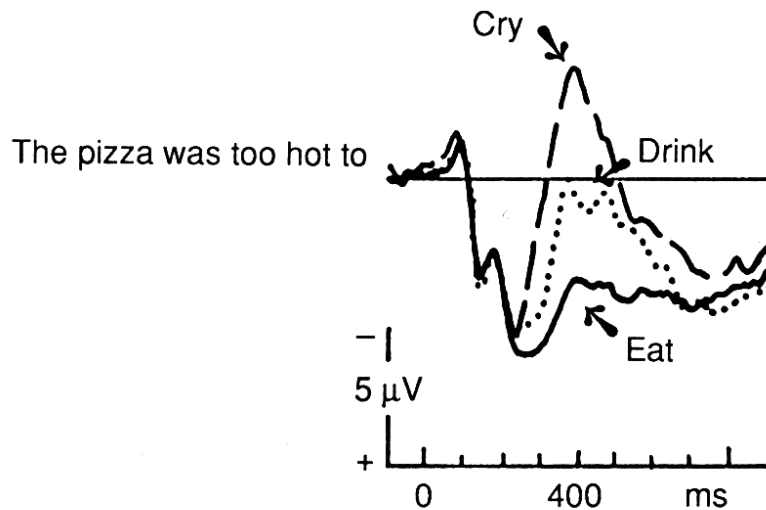


Abbildung 1: Beispiel für ERPs (hier: parietal zentrale Ableitung) bei der Verarbeitung satzfinaler Wörter. Die durchgezogene Linie zeigt die im positiven Bereich liegende Reaktion auf ein vorhersagbares Wort. N400-Effekte treten bei der Verarbeitung eines semantisch inkongruenten Wortes auf (gestrichelte Linie) sowie in kleinerem Ausmaß bei einem semantisch inkongruenten, aber dem erwarteten Wort ähnlichen Wort auf (gepunktete Linie) (aus Kutas & Hillyard, 1984).

Ein weiterer identifizierter ERP-Effekt ist der P350/P600-Effekt (P steht für *positivity*). Er scheint ganz allgemein Schwierigkeiten bei der syntaktischen Integration zu signalisieren und wird auch als Indikator für mentale Reanalyse- oder Reparaturprozesse gesehen.

Für einen Überblick über ERP-Methodik und -Effekte siehe z.B. Kutas & van Petten (1994), Osterhout (1994) und Hagoort & Brown (1994).

## 2.5.4 Korpusuntersuchungen

Korpusuntersuchungen zum Zweck der Frequenzerhebung bestimmter syntaktischer Strukturen haben erst begonnen, Eingang in das Methodenspektrum der Satzverarbeitungsforschung zu finden, denn erst seit einigen Jahren existieren sowohl Theorien, die syntaktische Frequenz als einen die Verarbeitung entscheidend beeinflussenden Faktor ansehen, als auch maschinenlesbare Korpora, die für empirische Untersuchungen herangezogen werden können.

Frequenzdaten allein sind in bezug auf die Sprachverarbeitung ohne Aussagekraft. Sie müssen immer gemeinsam mit experimentellen Daten, die Aussagen über die empirische Bevorzugung bestimmter Lesarten durch menschliche Vpn machen, betrachtet

werden. Darüber hinaus können sie nur im Rahmen eines theoretischen Ansatzes sinnvoll eingesetzt werden, der die Prinzipien der Frequenzzählung spezifiziert.

Problematisch für den Vergleich zwischen experimentellen Lesezeitdaten und Korpusfrequenzen ist die Tatsache, daß sich Experimentalsätze und Korpusätze in einigen Parametern systematisch unterscheiden. Beispiele für solche Unterschiede, die aus den in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen an deutschem Experimental- und Korpusmaterial stammen, sind die folgenden:

- In Korpusdaten kommen sehr viele Kopula-Formen vor, während in Experimenten fast ausschließlich Inhaltsverben verwendet werden.
- In Korpusdaten sind sehr viele Eigennamen und Pronomen enthalten, in Experimenten werden sie in kritischen Satzregionen nur selten verwendet.
- Nominalisierte Verben treten im Korpus häufig, in Experimenten fast gar nicht auf.
- Die Anzahl der NPn mit der Eigenschaft *belebt* oder *Mensch* ist in vielen Experimenten deutlich höher als im Korpus.

Neben diesen systematischen Unterschieden in der Datenbasis können – gerade auch bei der Verwendung schon geparster Korpora, wie sie teilweise für das Englische existieren – weitere Verzerrungen durch die Zählweise auftreten. Dies könnte z.B. dann der Fall sein, wenn in den Experimentalsätzen nur einfache NPn vom Typ „*the cat*“ auftauchen, im Korpus aber auch Sätze mit NPn wie „*the idea of having to do public service work for a year*“ mitgezählt werden. Ob dies zu einer Verzerrung führt hängt natürlich auch von den theoretischen Annahmen des zu überprüfenden Satzverarbeitungsmodells ab. Es gibt aber durchaus Hinweise darauf, daß beispielsweise die Komponentenlänge Einfluß auf die Verarbeitung haben kann (z.B. Fodor, 1998a).

Eine möglichst weitgehende Anpassung der Experimentalsätze an die Korpusätze wäre also sinnvoll, um die Ergebnisse wirkungsvoll vergleichen zu können. In der Praxis müssen aber häufig – so auch in dieser Arbeit – die Experimentaldaten als gegeben betrachtet werden, so daß versucht werden muß, solche Sätze aus dem Korpus zu analysieren, die den Experimentalsätzen strukturell möglichst ähnlich sind. Gerade bei seltenen Konstruktionen ist dies nur eingeschränkt möglich. Die in einigen Experimenten untersuchten Konstruktionen sind so komplex, daß ein Vergleich mit Korpusdaten hier gar nicht möglich ist, weil diese Konstruktionen – wenn überhaupt – nicht in ausreichender Zahl im Korpus auftreten, um statistisch abgesicherte Aussagen über sie zu treffen.

Ein weiteres Kriterium, das im Zusammenhang mit Korpusuntersuchungen diskutiert werden muß, ist das der *Repräsentativität*. Ich werde dieses Thema in Abschnitt 6.1 im Zusammenhang mit der Beschreibung der von mir benutzten Korpora behandeln.

---

### 3 Modelle der menschlichen Satzverarbeitung I: Modelle ohne expliziten Frequenzbezug

Im Verlauf der letzten zwanzig Jahre sind in der Sprachverarbeitungsforschung viele konkurrierende Ansätze entwickelt worden, um die Arbeitsweise des MSVAs im *initial parse* zu erklären. In Kapitel 2 wurden bereits die Parameter vorgestellt, anhand derer sich diese Ansätze klassifizieren lassen. Tabellen 2 und 3 (Seiten 27 und 28) gaben einen strukturierenden Überblick über die wichtigsten neueren Ansätze. Sie sollen im folgenden genauer beschrieben werden. Ich verzichte auf die Darstellung der älteren Ansätze (z.B. Bever, 1970; Kimball, 1973; Frazier & Fodor, 1978; Fodor & Frazier, 1980; Wanner, 1980 (ATN); Ford, Bresnan & Kaplan, 1982), da sich viele ihrer Prinzipien in den neueren Ansätzen wiederfinden.

Bei der Fülle der existierenden Modelle ist es in diesem Rahmen nicht möglich, für jedes einzelne alle theoretischen und empirischen Aspekte detailliert zu diskutieren. Vielmehr möchte ich in diesem und dem folgenden Kapitel einen integrierten Überblick über den zu erklärenden Phänomenbereich, die möglichen Modellierungsansätze und die damit verbundenen Stärken und Schwächen bringen. Dabei gilt mein besonderes Augenmerk dem Ausmaß, in dem die Modelle dem Faktor *Frequenz* Einfluß auf die Verarbeitung zugestehen.

Nur ein Teil der neueren Modelle nimmt auf den Faktor Frequenz zur Erklärung von Verarbeitungspräferenzen *explizit* Bezug. Die nähere Betrachtung der verschiedenen Modelle zeigt allerdings, daß die wenigsten Ansätze ganz auf die Verwendung frequenzorientierter Konzepte verzichten. Häufig kommt Frequenz *implizit* ins Spiel, insbesondere durch die Verwendung des Konzepts der Subkategorisierung.

Die Reihenfolge der Präsentation der im folgenden beschriebenen Modelle entspricht der zunehmenden Bedeutung und Integration des Faktors Frequenz als Erklärungskomponente im jeweiligen Modell. Zunächst werde ich Modelle darstellen, die gar keinen Bezug auf die Frequenz sprachlicher Einheiten nehmen (Abschnitt 3.1). Daran anschließend werde ich diejenigen Modelle beschreiben, die nur implizit Frequenz zu einer Erklärungskomponente machen (Abschnitt 3.2). Über Ansätze, die Frequenz explizit integrieren, führt die Darstellung zu denjenigen Modellen, denen ich – dem Thema dieser Arbeit entsprechend – besondere Aufmerksamkeit zukommen lasse: Modelle, die Frequenz als wesentlichen oder sogar alleinigen Faktor zur Erklärung von Verarbeitungspräferenzen betrachten (Kapitel 4).

Vorwegnehmend läßt sich sagen, daß nicht-frequenzbasierte Modelle oft nur einen etwas kleineren Phänomenbereich abdecken, für diesen Bereich jedoch sehr genau spezifiziert sind. Bei frequenzbasierten Modellen ist die Situation umgekehrt: Sie können theoretisch für jedes sprachliche Phänomen Vorhersagen treffen, sind aber bisher unzureichend spezifiziert.

## 3.1 Modelle ohne Berücksichtigung von Frequenz

### 3.1.1 Das *Garden-Path*-Modell

Das *Garden-path* (GP)-Modell von Frazier (1979; 1987a) entstand als Reaktion auf die heuristischen Modelle von Bever (1970) und Kimball (1973) und war das erste Satzverarbeitungsmodell, das allgemeine Verarbeitungsprinzipien mit dem Anspruch auf universale Gültigkeit formulierte. Gleichzeitig ist es das einflußreichste Modell im Bereich der menschlichen Satzverarbeitung im Verlauf der letzten zwanzig Jahre.

Die Motivation für die postulierte Arbeitsweise des GP-Modells basiert auf Eigenschaften des Kurzzeitgedächtnisses. Es verfügt über einen sehr beschränkten Arbeitsspeicher, seine Kapazität läßt sich aber durch Strukturierung von Informationen erhöhen. Um sprachliche Eingabe lange genug im Gedächtnis zu behalten, muß sie also möglichst schnell strukturiert werden. Deshalb wird ein Satz im GP-Modell entsprechend der ersten Analyse, die dem MSVA zugänglich ist, geparst.

Gemäß seiner in der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begründeten Motivation propagiert das GP-Modell eine prinzipienbasierte Verarbeitung. Die Art der Verarbeitung der sprachlichen Eingabe hängt also allein von der genetisch festgelegten Organisation des menschlichen Sprachverarbeitungsapparats ab. Einzelsprachliche Eigenschaften haben auf seine Arbeitsweise keinen Einfluß:

Ideally we should be able to remove the grammar of English from our theory of sentence processing, plug in the grammar of some other language, and obtain the correct theory of the processing of that language. (Frazier, 1987: 565)

Einen weiteren Motivationsaspekt für das GP-Modell bildet die Annahme, daß syntaktische Beziehungen zwischen Wörtern und Phrasen feststehen müssen, um ihre semantischen Beziehungen bestimmen zu können. Laut Frazier existieren im Sprachverarbeitungsapparat verschiedene spezialisierte Routinen, die jeweils nur einen bestimmten Aspekt der Eingabe verarbeiten. Interaktion zwischen diesen Routinen findet im *initial parse* nur in einer Richtung statt. Die Eingabe wird also zunächst sehr schnell aufgrund rein syntaktischer Kriterien sowie Wortartinformationen strukturiert. Die Lesart, die das Ergebnis dieses ersten Verarbeitungsmoduls ist, wird dann an ein nachgeschaltetes Modul, den *thematic processor* (Rayner, Carlson & Frazier, 1983), weitergegeben. Hier können weitere Arten von Information Einfluß auf die Interpretation der Eingabe nehmen. Dazu zählen insbesondere die Wortsemantik und der Diskurskontext. Außerdem leitet der *thematic processor* die Reanalyse, falls die erste Strukturanalyse zu keinem akzeptablen Ergebnis gekommen ist. Das GP-Modell gehört zur Klasse der *lexical-filter*-Modelle: Die Bedeutung der Wörter kann die syntaktische Analyse nicht leiten, sondern nur das Ergebnis der syntaktischen Analyse bestätigen oder als falsch erweisen.

Das GP-Modell ist ein serielles Verarbeitungsmodell, der Sprachverarbeitungsapparat verfolgt also im *initial parse* immer nur *eine* Lesart. Stellt sich durch die nachfolgende Verarbeitung im *thematic processor* heraus, daß es die falsche Lesart ist, also der Holzweg (*garden-path*) eingeschlagen wurde, findet eine Reanalyse der Eingabe statt.

Konkret ist das GP-Modell in zwei Prinzipien gefaßt. Das erste und wichtigste Prinzip, *Minimal attachment*, besagt, daß dem Sprachverarbeitungsapparat als erstes immer die einfachste Analyse zur Verfügung steht. Einfachheit bemißt sich dabei nach der Anzahl der nicht-terminalen Knoten in einem Phrasenstrukturbaum.

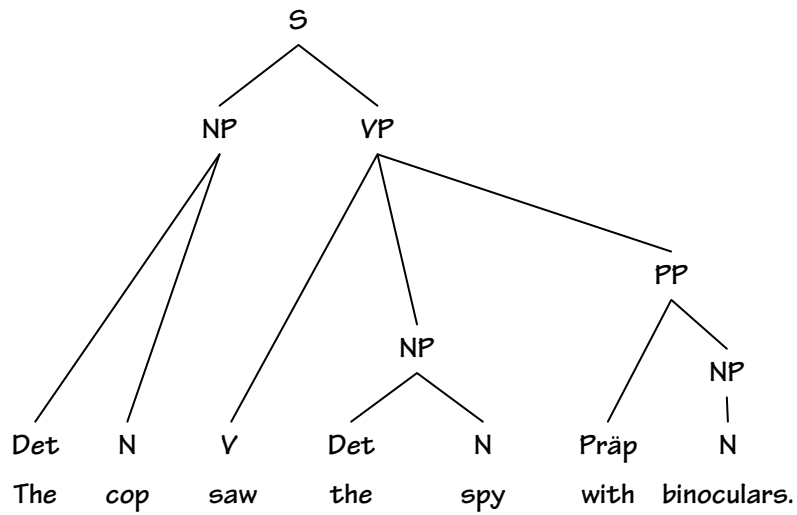
(p1) *Minimal attachment*

Do not postulate any potentially unnecessary nodes. (Frazier, 1987: 562)

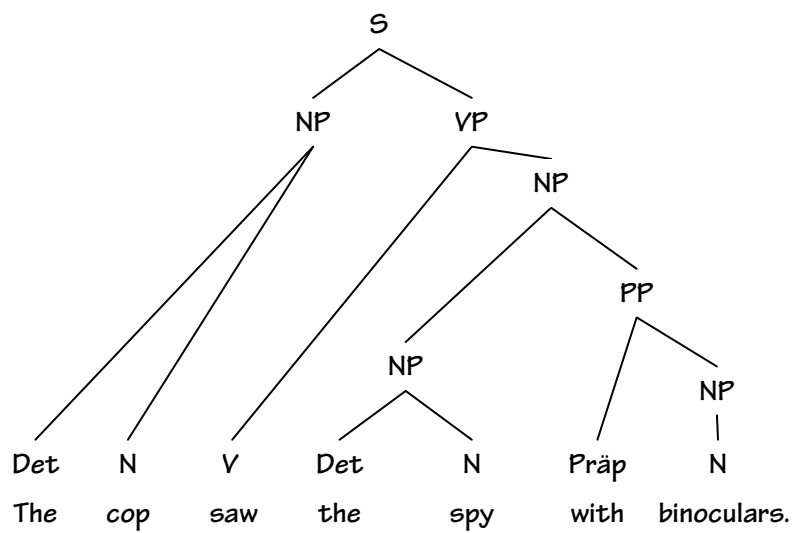
Die Phrasenstrukturbäume (18) bis (20) zeigen jeweils zwei Interpretationen eines (global oder lokal) strukturell ambigen Satzes. Die Lesarten (a) besitzen weniger nicht-terminale Knoten als die Lesarten (b). *Minimal attachment* sagt deshalb vorher, daß der MSVA im *initial parse* die (a)-Lesarten wählt.

(18) The cop saw the spy with binoculars.

(a)

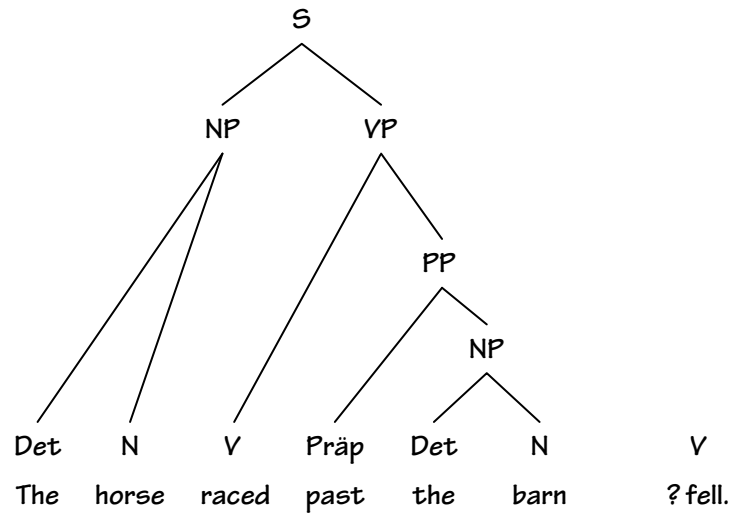


(b)

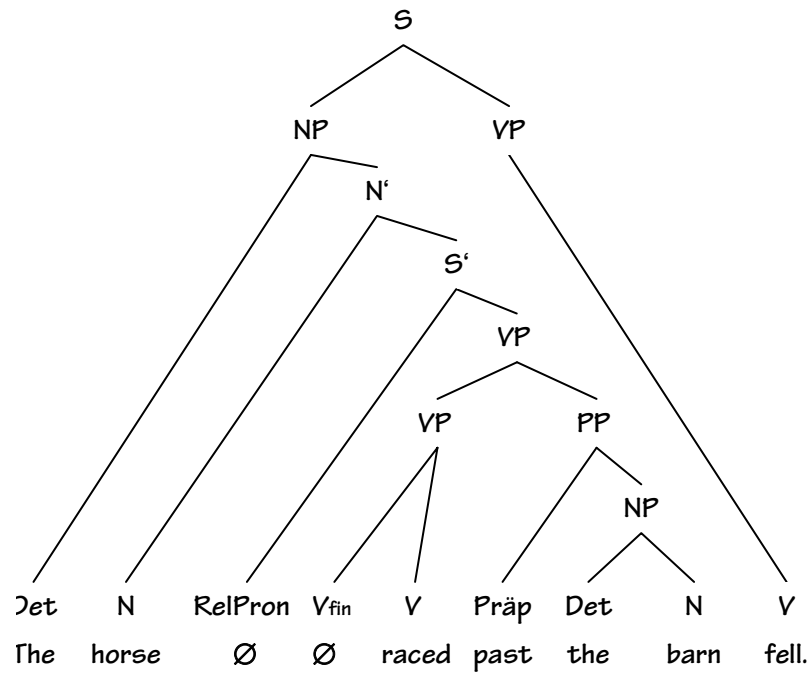


(19) The horse raced past the barn fell.

(a)

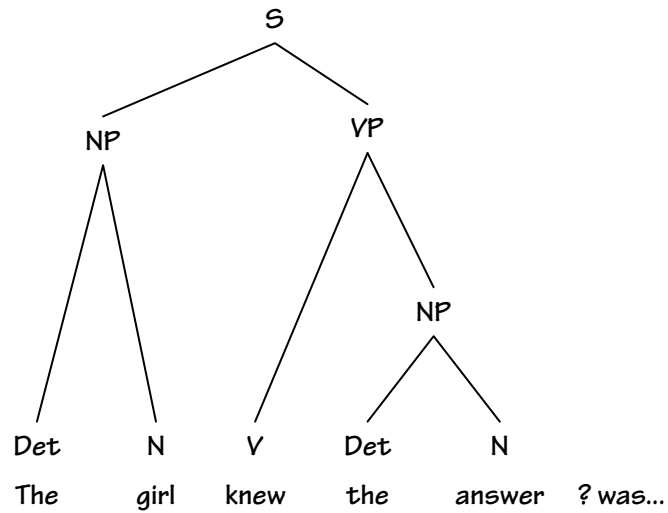


(b)

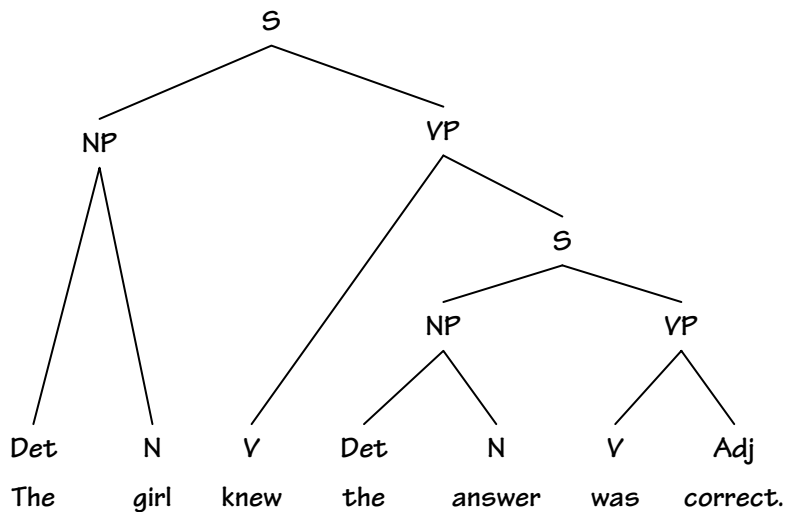


(20) The girl knew the answer was correct.

(a)



(b)



Nicht immer führen zwei verschiedene Lesarten zu einer unterschiedlichen Anzahl von Knoten im Phrasenstrukturbaum. (21) bis (23) sind Beispiele für solche Sätze. In diesen Fällen greift ein zweites Prinzip, *Late closure*.

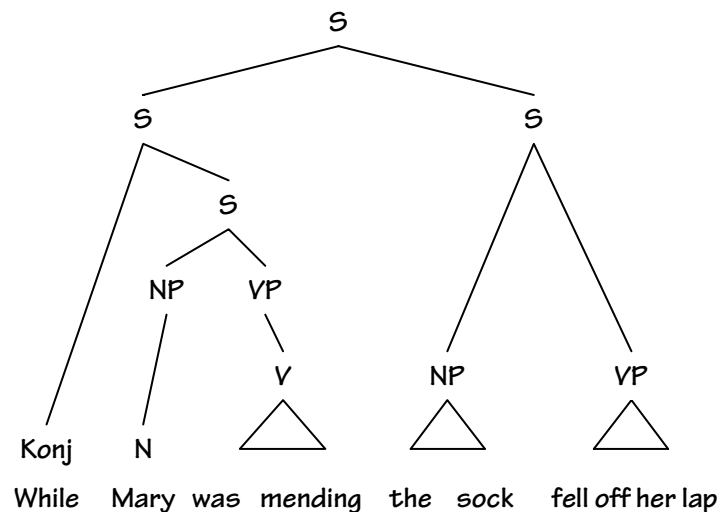
(p2) *Late closure*

If grammatically permissible, attach new items into the clause or phrase currently being processed (i.e. the phrase or clause postulated most recently).  
(Frazier, 1987: 562)

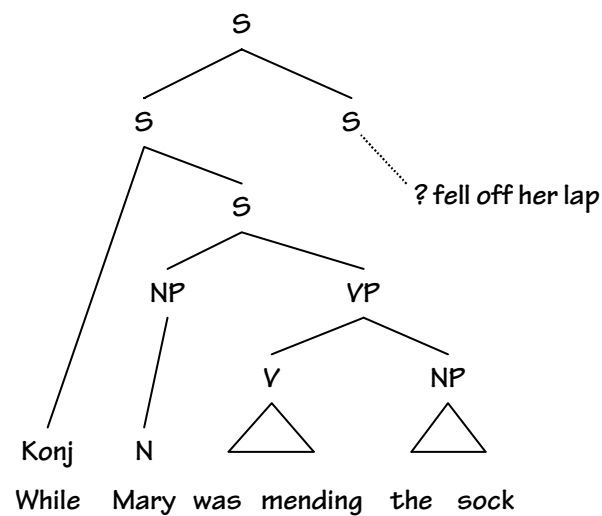
In (21) bis (23) wird also eine Präferenz für die (b)-Lesarten und damit die tiefen Anbindungen vorhergesagt.

(21) While Mary was mending the sock fell off her lap.

(a)

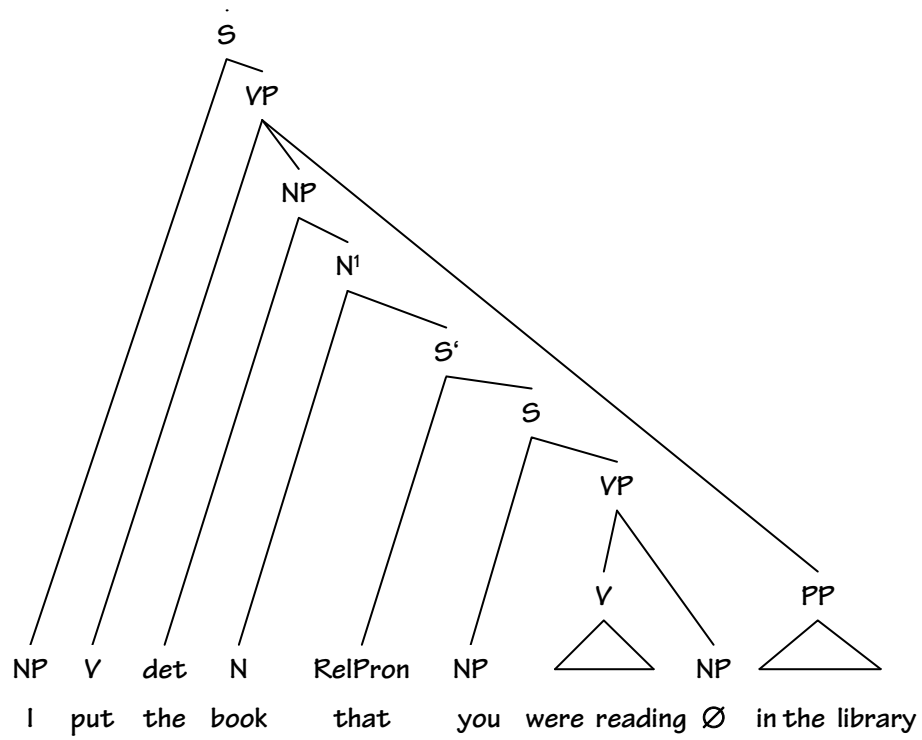


(b)

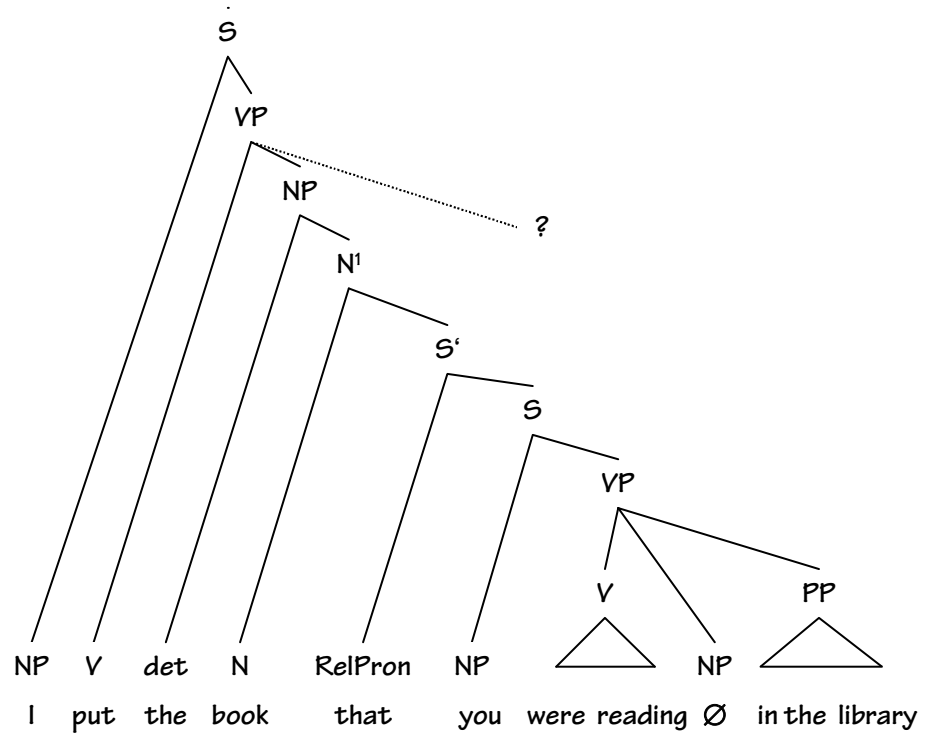


(22) I put the book that you were reading in the library.

(a)

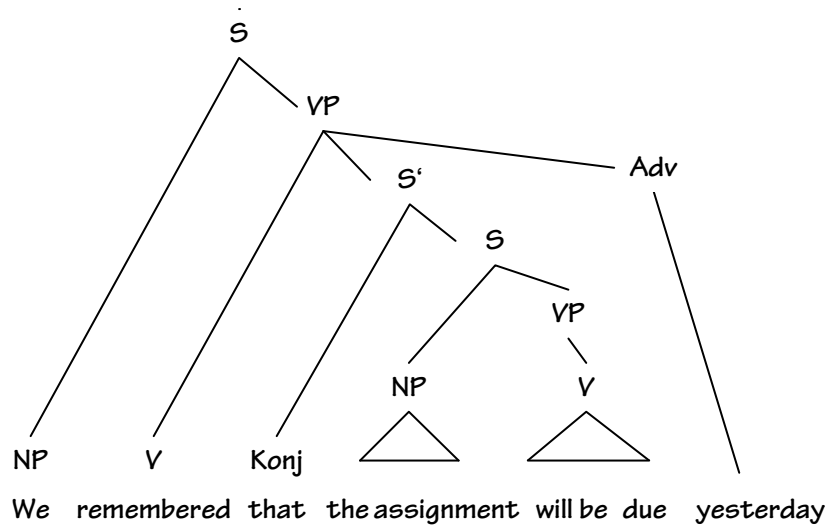


(b)

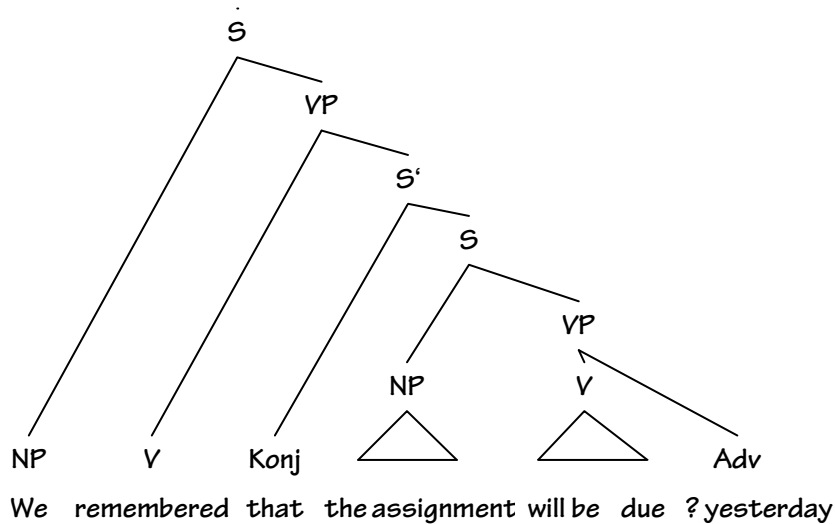


(23) We remembered that the assignment will be due yesterday.

(a)



(b)



Das Prinzip *Late closure*, das in vielen Satzverarbeitungsmodellen unter verschiedenen Namen (*Recency preference*, *Low attachment*, *Recent head attachment*) mit leicht unterschiedlichen Anwendungsbereichen eine wichtige Rolle spielt und schon von den ersten

Parsingmodellen (Bever, Kimball) als heuristisches Prinzip integriert wurde, entspricht insofern einer geringeren Belastung des Arbeitsgedächtnisses, als daß offene Kanten länger offen bleiben, um eine sofortige Integration neuen Materials zu ermöglichen und durch diese schnelle Strukturierung das Gedächtnis zu entlasten.

Viele Vorhersagen des GP-Modells sind fürs Englische und einige andere Sprachen empirisch bestätigt worden. Es gibt aber auch Phänomene, für die dieses Modell nicht die richtigen Vorhersagen liefert. Insbesondere bei der Anbindung von Relativsätzen an komplexe NPn (24) sagt das GP-Modell (speziell das *Late closure*-Prinzip) eine tiefe Anbindung voraus, in mehreren Sprachen ist aber eine hohe Anbindung empirisch nachgewiesen worden (siehe auch Abschnitte 1.1, 4.3 und 6.5.1).

(24) Someone shot the servant of the actress who was on the balcony.

Als Reaktion auf diese gegensätzlichen empirischen Befunde entwickelten Frazier & Clifton (1996) auf der Basis des GP-Modells ein neues Verarbeitungsmodell, *Construal*, das ich in Abschnitt 3.2.3 beschreiben werde.

Am GP-Modell ist häufig kritisiert worden, daß es lediglich einfache Phrasenstrukturregeln zugrundelegt. Frazier und Clifton (1996) rechtfertigen dieses Repräsentationsformat gegenüber einer alternativen Grammatik, die auf Strukturbäumen nach Art der X-Bar-Theorie (Chomsky, 1981; 1986) beruht, wobei sie zum einen theoretische Gründe haben, nicht die X-Bar-Notation zu verwenden, und zum anderen der Meinung sind, daß ein alternatives Format in der Regel zu identischen Vorhersagen führt.

Eine schwerwiegendere Kritik äußert Abney (1989). Er stellt fest, daß Frazier linguistisch schwer zu rechtfertigende Annahmen in bezug auf die Repräsentation von PPn trifft. PPn sind in ihrem Ansatz an NPn Chomsky-adjungiert, so daß ein zusätzlicher NP-Knoten konstruiert werden muß ( $NP \rightarrow NP PP$  statt  $NP \rightarrow \det N PP$ ), während PPn an VPn direkt angebunden werden ( $VP \rightarrow V NP PP$  statt  $VP \rightarrow VP PP$ ). Linguistisch plausibel fände Abney allenfalls eine Chomsky-Adjunktion für Adjunkte und eine direkte Anbindung für Argumente. Unter dieser Annahme würden die Prinzipien *Minimal attachment* und *Late closure* allerdings völlig falsche Vorhersagen machen. Darüber hinaus stellen Konieczny, Hemforth & Strube (1991) fest, daß für die von Frazier postulierten Regeln optionale Argumente ( $VP \rightarrow V \{NP\} \{PP\}$ ) angenommen werden müssen, damit sie zu richtigen Vorhersagen führen können. Ebenfalls problematisch ist, daß bei der Verwendung von den heute sehr verbreiteten Grammatiken mit binärverzweigenden Regeln (wofür die X-Bar-Theorie nur *ein* Beispiel ist) die (a)- und (b)-Versionen der Sätze (18) bis (20) generell keinen Komplexitätsunterschied aufweisen.

Die Frequenz sprachlicher Konstrukte wird im GP-Modell explizit als beeinflussender Faktor ausgeschlossen. Das obige Zitat von Frazier hat gezeigt, daß nicht einmal die

Ausprägung der Grammatik einer Einzelsprache und damit eine mögliche einzelsprachliche Parametrisierung Einfluß auf die Arbeitsweise des MSVAs hat. Dies muß für die Frequenz, mit der bestimmte syntaktische Konstrukte in der Einzelsprache auftreten, natürlich um so mehr gelten.

Allenfalls im *thematic processor*, der aber am *initial parse* nicht beteiligt ist, können sich Frequenzeinflüsse bemerkbar machen. Dies gilt insbesondere für Frequenzinformationen, die an lexikalische Einheiten gebunden sind, wie z.B. Frequenzinformationen über Lizenzierungsrelationen der Verben (vgl. dazu auch Abschnitt 3.2).

### 3.1.2 Die *Referential Theory*

Wie das GP-Modell integriert auch die *Referential Theory* (Crain & Steedman, 1985; Altmann & Steedman, 1988) die Frequenz sprachlicher Einheiten in keiner Weise in ihre Modellierung des Satzverarbeitungsprozesses. Abgesehen davon stehen sich die beiden Ansätze allerdings nahezu diametral entgegen.

Kennzeichnend für die *Referential Theory* ist eine parallele Verarbeitung ambiger Strukturen. Es werden also gleichzeitig mehrere alternative Strukturhypothesen erzeugt. Schon im *initial parse* wird aufgrund kontextueller und referentieller Informationen eine sofortige Auswahl aus den parallel angebotenen Lesarten getroffen. Trotz der engen und frühen Interaktion zwischen Syntax und Semantik/Pragmatik geht die *Referential Theory* aber von separaten Modulen im MSVA aus.

Die Grundidee der *Referential Theory* besteht darin, daß der MSVA diejenige Lesart einer ambigen Struktur bevorzugt, die aufgrund des Weltwissens oder des Wissens über den aktuellen Diskurskontext am plausibelsten erscheint (Crain & Steedman, 1985: *Principle of A Priori Plausibility*). Altmann & Steedman (1988) versuchen, diese Grundidee für die Verarbeitung von NPn mit Hilfe zweier Prinzipien zu operationalisieren:

(p3) *The principle of referential support*

An NP analysis which is referentially supported will be favoured over one that is not. (Altmann & Steedman, 1988: 201)

(p4) *The principle of parsimony*

A reading which carries fewer unsupported presuppositions will be favoured over one that carries more. (Altmann & Steedman, 1988: 203)

Das Prinzip der referentiellen Unterstützung (p3) besagt, daß diejenige Lesart präferiert wird, die vom schon vorhandenen Kontext unterstützt wird. Der mit *that* beginnende Teil von (25) wird demnach abhängig vom Kontext zunächst entweder als Beginn eines

Komplementsatzes (mit (25a) als möglicher Fortführung) oder als Relativsatz (mit (25b) als Wiederaufnahme des Hauptsatzes) interpretiert.

- (25) The psychologist told the woman that he was having trouble with ...  
(a) ... her husband.  
(b) ... to visit him again.

Folgende Kontexte könnten zu einer Stützung der alternativen Lesarten von (25) führen:

- (26) (a) *Kontext, der die Komplement-Lesart stützt:*  
A psychologist was counselling a man and a woman. He was worried about one of them but not about the other.  
(b) *Kontext, der die Relativsatz-Lesart stützt:*  
A psychologist was counselling two women. He was worried about one of them but not about the other.

Unterstützt der Kontext keine der möglichen Lesarten, oder ist gar kein Kontext vorhanden (wie es in den meisten sprachpsychologischen Experimenten der Fall ist, weil nur mit isolierten Sätzen gearbeitet wird) kommt das Sparsamkeitsprinzip (p4) zum Einsatz: Diejenige Lesart, die weniger ungestützte Vorannahmen erfordert als die alternativen Lesarten, wird präferiert. So wird für (25) im Nullkontext eine Präferenz für die Komplement-Lesart vorhergesagt, da die Relativsatzinterpretation die Annahme von mindestens zwei Frauen, von denen eine näher spezifiziert werden muß, erfordert. Die Komplement-Lesart erfordert keine vergleichbare Vorannahme. Empirische Lesezeitstudien von Altmann und Steedman (1988) bestätigen die Vorhersagen der *Referential Theory* in bezug auf die beschriebenen sprachlichen Strukturen.

Nachdem die ursprüngliche Fassung der *Referential Theory* von ihrem Anwendungsbereich her auf eine Konstruktion beschränkt war, in der sie mit Fraziers *Minimal attachment*-Prinzip konkurrierte, haben Altmann, van Nice, Garnham & Henstra (1998) diesen Bereich erweitert auf eine Konstruktion, für die Fraziers *Late closure*-Prinzip eine Alternativhypothese darstellt, nämlich die Anbindung von Adverbien.

- (27) She'll implement the plan she proposed *tomorrow*, they hope.

Generell besteht im Englischen in Sätzen wie (27) eine unbestrittene Präferenz, das Adverb *tomorrow* tief, also an *she proposed*, statt hoch und damit an *she'll implement* anzubinden. Durch diese falsche Anbindungsentscheidung kommt es zu GP-Effekten. Altmann et al. versuchten zu zeigen, daß es möglich ist, diese starke Tendenz durch kontextuelle Einschränkungen aufzuheben bzw. zu überdecken.

In einem Blickbewegungsexperiment analysierten sie die Lesezeiten für Sätze wie (28a und b), denen Kontexte wie (29a und b) vorangingen.

- (28) (a) *Hohe Anbindung:*  
She'll implement the plan she proposed to the committee next week, they hope.
- (a) *Tiefe Anbindung:*  
She'll implement the plan she proposed to the committee last week, they hope.
- (29) (a) *Kontext, der hohe Anbindung stützt (when context):*  
Last week Fiona presented a new funding plan to her church committee. The other committee members wonder when Fiona will implement the plan she proposed.
- (b) *Kontext, der tiefe Anbindung stützt (that context):*  
Last week Fiona presented a new funding plan to her church committee. The other committee members are guessing that Fiona will implement the plan she proposed.

Das Ergebnis zeigte, daß der vorhergesagte Kontexteffekt eintrat. Die kritischen Regionen von Sätzen mit hoher Adverbanbindung (28a) wurden signifikant schneller gelesen als die gleichen Regionen von Sätzen mit tiefer Anbindung, wenn ihnen ein Kontext voranging, der die hohe Anbindung plausibler machte (29a). Gleiches galt im umgekehrten Fall (n.s.). Der Nachweis eines Kontexteffekts gelang Altmann et al. allerdings erst dadurch, daß sie eine PP (*to the committee*) zwischen dem tiefen Anbindungspunkt und dem Adverb platzierten. In vorangegangenen Experimenten mit Zielsätzen wie (27) war dies nicht gelungen. Sie erkennen daher eine auf strukturellen und zeitlichen Faktoren beruhende Präferenz für den tiefen Anbindungspunkt an und betrachten Kontext nur mehr als einen von mehreren Faktoren, die (im Sinne einer *Multiple constraint satisfaction*-Architektur, vgl. Abschnitt 4.1) diese Präferenz mitbeeinflussen bzw. im Extremfall eben auch überdecken können.

Altmann et al. stellen sogar Überlegungen zu Frequenzaspekten der Beziehung zwischen dem Diskurskontext und der zu analysierenden Konstruktion an:

„A context [...] can be said to support the presuppositions associated with the usage of a particular construction *if there exists a (statistical) interdependence between some property of that context and the target construction*. If the presuppositions associated with a particular structure are indeed statistical dependencies between those structures and the contexts in which they occur, then those dependencies could be one of a range of statistically derived constraints which, according to the constraint-based approaches to sentence

processing, are applied incrementally during sentence processing. And whether one chooses to refer to the interdependence as a „presupposition,“ or as a „contextually based constraint on activation“ is just a matter of terminology.“ (Altmann et al., 1998: 480; meine Hervorhebungen)

Aus der ursprünglichen völligen Ignorierung von Frequenzeffekten hat sich also eine bis in die Semantik und Pragmatik reichende Akzeptanz von Frequenzeinflüssen entwickelt. Allerdings bleibt alles bei pauschalen Aussagen, es werden keine konkreten Maße oder Zählungen angegeben. Tatsächlich wäre es auch fast unmöglich, solche Werte zu ermitteln.

### 3.2 Modelle mit impliziter Frequenzmodellierung

Das GP-Modell und die ursprüngliche Form der *Referential Theory*, die ich im vorangehenden Abschnitt beschrieben habe, nehmen keinen Bezug auf den Faktor Frequenz für die Erstellung des *initial parse*. Eine ganze Reihe weiterer Satzverarbeitungsmodelle nimmt ebenfalls keinen *expliziten* Bezug auf die Frequenz, integriert den Frequenzeinfluß aber doch *implizit* in ihre Modellierungen. Dies geschieht vor allem durch die Verwendung des Konzepts der Valenz bzw. der thematischen Relationen.

Viele Lexeme, insbesondere Verben, fordern einen bestimmten syntaktischen Rahmen, sie lizensieren bzw. subkategorisieren weitere Satzelemente. Darüber hinaus stehen sie in thematischen (also semantisch orientierten) Relationen zu den lizenzierten Elementen. Diese syntaktischen und semantischen Lizenzierungsrelationen werden von vielen Satzverarbeitungsmodellen als Basis zur Erklärung bestimmter Parsingpräferenzen herangezogen.

Voraussetzung dafür ist die Klassifikation einzelner Verben in bezug auf ihren Valenzrahmen (ob dieser aus eher syntaktisch oder eher semantisch orientierter Perspektive betrachtet wird, ist an dieser Stelle zunächst nebensächlich). Verben können sowohl valenzabhängige Ergänzungen (Argumente) lizensieren, z.B. *die Glückwunschkarte* in (30), als auch valenzunabhängige Angaben (Adjunkte) wie *mit seiner Quietsche-Ente* in (31). Argumente wiederum werden als obligatorisch oder fakultativ klassifiziert, wobei grundsätzlich die Unterscheidung zwischen fakultativen Argumenten und Adjunkten schwierig ist, z.B. für die Angabe *mit kunstvollen Ornamenten* in (30).

- (30) Sie verzierte die Glückwunschkarte mit kunstvollen Ornamenten.
- (31) Ernie badet mit seiner Quietsche-Ente.

Daß die Klassifikation von Verben in bezug auf ihren Valenzrahmen keineswegs unproblematisch ist betont auch Storrer (1992). Sie stellt fest, daß verschiedene Wörterbücher des Deutschen große Unterschiede bei der Klassifikation der Verben aufweisen. Weiterhin weist sie darauf hin, daß die Weglaßprobe, die häufig verwendet wird, um zwischen obligatorischen und fakultativen Elementen zu unterscheiden, nicht kontextunabhängig durchführbar ist, denn unter gegebenen Umständen sei alles weglaßbar. Weglaßbarkeit ist nach Storrer also nur auf Ebene der *parole* situiert. Darüber hinaus werden solche Tests oft durch normative Erwartungen der Schulgrammatik sowie von der Variabilität der von den Probanden assoziierten Äußerungssituation verzerrt.

Eine weniger extreme Betrachtungsweise der Weglaßbarkeit würde im Deutschen durchaus Fälle finden, in denen die Realisierung eines lizenzierten Elements obligatorisch ist und das Fehlen dieses Elements zu einer ungrammatischen Äußerung führt. Es sind z.B. kaum Kontexte vorstellbar, in denen Sätze (32a-b) grammatisch wären.

- (32) (a) \*Er ängstigte.  
(b) \*Sie überquerte.

Diese Fälle sind aber selten und können als Werte an dem einen Extrem einer Skala, die von „*Lexem lizenziert kein weiteres Element*“ bis „*Lexem lizenziert ein obligatorisches Element*“ reicht, betrachtet werden, denn in den weitaus meisten Fällen ist die Lizenzierung von Satzelementen tatsächlich ein Phänomen, das zwischen den Extremen angesiedelt ist. Zum Beispiel lizenziert ein Verb wie *geben* zwar ein Ziel und ein Thema (33a). Die lizenzierten Elemente müssen aber nicht realisiert werden: Das Fehlen eines (33b,c) oder beider Elemente (33d) führt nicht dazu, daß Äußerungen mit dem Matrixverb *geben* ungrammatisch werden.

- (33) (a) Sie gab ihr ganzes Geld den Armen.  
(b) Sie gab ihr ganzes Geld.  
(c) Sie gab den Armen.  
(d) Sie gab oft und gern.

Valenz scheint also nicht absolut oder kontextunabhängig bestimmt werden zu können. Wenn aber eine deterministische Betrachtung der Valenz nicht möglich ist, bietet sich eine probabilistische Modellierung des Gegenstands an, denn die Entscheidung darüber, ob einem Lexem die Lizenzierung bestimmter Elemente zu- oder abgesprochen wird, basiert letztlich auf der Frequenz, mit der das Lexem gemeinsam mit bestimmten Elementen bei der Verwendung von Sprache auftritt. Kommt ein Lexem (fast) immer zusammen mit bestimmten Elementen vor, spricht man von obligatorischer Lizenzierung bzw. obligatorischen Argumenten. Ist das gemeinsame Auftreten sehr selten, heißt es, das Lexem lizenziert keine Argumente, es handelt sich lediglich um Adjunkte. Der Bereich

dazwischen ist der, in dem von fakultativen Argumenten die Rede ist. Obwohl sich in diesem Bereich wohl die Mehrheit der Lexeme, zumindest der Verben, aufhält, wird von vielen Satzverarbeitungsmodellen hier nicht mehr weiter differenziert.

Sprecher und Sprecherinnen verfügen über Wissen darüber, ob die Nennung bestimmter lizensierter Elemente obligatorisch oder fakultativ ist. Es ist plausibel anzunehmen, daß auch auf der Hörerseite (unbewußtes) Wissen über die Erwartbarkeit dieser Elemente existiert und auf der bisherigen sprachlichen Erfahrung und damit auch der Häufigkeit, mit der relevante Konstruktionen angetroffen wurden, basiert. Die Existenz von erfahrungs- und frequenzbasiertem Wissen auf Hörerseite wird aber von den meisten Satzverarbeitungsmodellen, die ich im folgenden beschreibe, nur implizit integriert, nämlich durch die Verwendung des Valenzkonzepts ohne den Bezug auf die *previous exposure* des Individuums.

### 3.2.1 *Licensing Structure Parsing*

Der *Licensing Structure Parser* von Abney (1989) geht wie das GP-Modell von einer seriellen Verarbeitung ambiger Strukturen aus. Ausschlaggebend für Anbindungsentscheidungen sind hier jedoch nicht Eigenschaften der Phrasenstrukturgrammatik oder des sich aufbauenden Strukturbaums. Vielmehr basieren Abneys Vorhersagen auf seiner Grundannahme, daß Anbindungen von Konstituenten ausschließlich durch Lizenzierungsrelationen möglich werden, die durch lexikalische Köpfe aufgestellt werden. Zu diesen Lizenzierungsrelationen gehören insbesondere die thematischen Rollen, die vor allem von Verben den anderen Satzelementen zugewiesen werden, sowie Modifikatoren-Relationen wie Orts- oder Zeitangaben.

Lizenzierungsrelationen werden in einer sogenannten *Lizenzierungsgrammatik* repräsentiert. Solch eine Grammatik besteht aus einer Menge von Spezifikationen der Lizenzierungsrelationen einzelner Wörter oder Wortklassen. (34) ist ein Beispiel für eine Phrasenstrukturregel mit der zugehörigen Menge von Lizenzierungsrelationen.

- (34)  $VP \rightarrow V_{\text{kiss}} NP (PP)$   
       *kiss*: [  $\rightarrow NP \theta$  ]  
            [  $\rightarrow PP M$  ]

Nach (34) lizenziert *kiss* eine NP nach rechts durch eine theta-Rollen-Zuweisung ( $\theta$ ), d.h. *kiss* lizenziert eine NP als Argument. Außerdem wird eine PP als Modifikator (M), also als Adjunkt lizenziert.

Aufbauend auf solch einer Lizenzierungsgrammatik wird bei der Verarbeitung ambiger Strukturen mit mehreren potentiellen Anbindungspunkten die präferierte Anbin-

derung durch die Anwendung der drei hierarchisch gegliederten Prinzipien (p5) - (p7) vorhergesagt.

(p5) Prefer theta-attachment.

(p6) Prefer attachment to a canonical theta assigner.

(p7) Prefer low attachment.  
(Abney, 1989: 135)

Das wichtigste Prinzip, (p5), führt zur Bevorzugung einer Struktur, die die Füllung einer lizenzierten theta-Rolle erlaubt. (p5) kann damit die Präferenz für die Anbindung der PP *in the Volvo* an die NP *the interest* in (35) erklären, denn das Nomen *interest* lizenziert eine PP.

(35) She thought about his interest in the Volvo.

Fraziers GP-Modell beispielsweise scheitert an dieser Konstruktion, weil es für Sätze wie (35) unabhängig von den verwendeten Lexemen eine VP-Anbindungspräferenz im *initial parse* vorhersagt.

Wenn in einer ambigen Konstruktion wie (35) keiner der möglichen Anbindungspunkte eine theta-Rolle vergibt, sagt *Licensing Structure Parsing* mit dem Prinzip (p6) eine Anbindung an ein Element vorher, das kanonisch theta-Relationen lizenziert, also eine Anbindung an das Verb. Erst wenn auch dies kein hinreichendes Entscheidungskriterium liefert (z.B. weil alle potentiellen Anbindungspunkte Verben sind), kommt ein strukturell motiviertes Prinzip zum Tragen, das eine tiefe Anbindung vorhersagt (p7).

Abneys Modell nimmt keinerlei expliziten Bezug auf einen möglichen Einfluß der Frequenz bestimmter Konstrukte auf deren Verarbeitung. Implizit hat Frequenz aber einen hohen Stellenwert. Zum einen, weil das Hauptverarbeitungsprinzip, *theta attachment*, nach meiner zu Anfang dieses Kapitels vorgestellten Interpretation eine starke Frequenzkomponente hat. Zum anderen wird der Frequenzeinfluß auch im zweiten Prinzip, *verb attachment*, sichtbar, denn ein *canonical theta assigner* ist nichts anderes als ein Element, das typischerweise, und das heißt eben auch: sehr häufig, eine theta-Rolle vergibt.

### 3.2.2 Parameterized Head Attachment

Das *Parameterized head attachment*-Modell (Konieczny, Scheepers, Hemforth & Strube, 1994; Konieczny, Hemforth, Scheepers & Strube, 1997) ist eines der wenigen Modelle, die außerhalb des englischen Sprachraums entwickelt wurden. Seine Basisannahme be-

steht darin, daß das Ziel der menschlichen Sprachverarbeitung eine möglichst schnelle semantische Integration der eingelesenen Konstrukte ist. Eingabeelemente, die nicht in das bestehende Diskursmodell integriert werden können, belasten das Arbeitsgedächtnis. Durch Konstruktion eines *initial parse*, der zu der am stärksten *verbundenen* Repräsentation der Eingabe im Diskursmodell führt, agiert der Parser als eine Art 'Beschleunigungsmodul' auf dem Weg zu einer semantischen Interpretation der Eingabe (Konieczny, Hemforth & Scheepers, im Druck).

Die Möglichkeit zur semantischen Integration hängt stark von der Verfügbarkeit der potentiellen Anbindungspunkte, der Köpfe von Phrasen, ab. Deshalb bezieht sich das erste von drei hierarchisch angeordneten Prinzipien des *Parameterized head attachment*-Modells, das *Head attachment*-Prinzip, auf das Vorhandensein eines potentiellen Anbindungspunktes.

(p8) *Head attachment*

Binde eine Konstituente – wenn möglich – an eine Phrase, deren lexikalischer Kopf bereits eingelesen wurde. (Konieczny, Hemforth & Strube, 1991: 67)

Dieses Prinzip sagt für Sätze mit Verbendstellung wie (36) eine NP-Anbindung der PP *mit der Krawatte* vorher, weil nur für diese Anbindung eine semantische Integration der PP möglich ist. Der alternative Kopf, die finite Verbform *gefesselt*, liegt zum Zeitpunkt der Verarbeitung der PP noch nicht vor. Diese zu *Minimal attachment* (vgl. Abschnitt 3.1.1) im Widerspruch stehende Vorhersage konnte empirisch bestätigt werden (Konieczny et al., 1991).

(36) Manfred hat den Mann mit der Krawatte gefesselt.

(37) Manfred fesselte den Mann mit der Krawatte.

In vielen Fällen von Ambiguität kann das *Head attachment*-Prinzip zu keiner Anbindungsentscheidung führen, weil bereits mehrere potentielle Anbindungspunkte vorliegen. Dies ist z.B. in (37) der Fall, denn sowohl der Kopf der VP, das Verb *fesseln*, als auch der Kopf der NP, das Nomen *Mann*, wurden schon verarbeitet, bevor die PP angebunden werden muß. Dann kommt das zweite Subprinzip, *Preferred role attachment*, zum Tragen.

(p9) *Preferred role attachment*

Binde eine Konstituente  $\gamma$  an eine Phrase, deren bereits gelesener Kopf eine zu fordernde oder „zu erwartende“ Theta- oder Ort/Zeit-Rolle für  $\gamma$  zu vergeben hat. (Konieczny et al., 1994: 153)

Für den obigen Beispielsatz (37) bedeutet das, daß eine Anbindung der PP an die VP vorhergesagt wird, falls das Verb *fesseln* eine theta-Rolle vergibt, und an die NP, falls *Mann* dies tut. Ob bestimmte Wörter eine Theta-Rolle vergeben und welcher Art sie ist, muß in unabhängigen Normierungsstudien festgestellt werden.

Liefert auch dieses Prinzip kein Entscheidungskriterium, weil kein Element eine Theta-Rolle vergibt oder zwei Elemente die gleiche Theta-Rolle vergeben, greift schließlich das dritte Prinzip, das *Recent head attachment*-Prinzip.

(p10) *Recent head attachment*

Ist die Anbindung einer Konstituente  $\gamma$  an mehrere Phrasen möglich, deren lexikalische Köpfe, die sich hinsichtlich der Vergabe einer Rolle für  $\gamma$  nicht unterscheiden, bereits gelesen wurden, binde  $\gamma$  an die Phrase, deren Kopf als letzter gelesen wurde. (Konieczny et al., 1994: 154)

Diese drei Prinzipien gelten für strukturelle Mehrdeutigkeiten ohne Einfluß von lexikalischer Ambiguität. Für die Verarbeitung lexikalischer Ambiguität wird ein separates Prinzip postuliert: *Lexical strength*.

(p11) *Lexical strength*

Wähle bei lexikalischer Mehrdeutigkeit die stärkste Form, die mit dem syntaktischen Kontext vereinbar ist. (Konieczny et al., 1994: 155)

Auf das *Lexical strength*-Prinzip werde ich unter Abschnitt 5.5.1 noch ausführlich zurückkommen.

Das *Parameterized head attachment*-Modell ist prinzipiell mit der Annahme serieller und paralleler Verarbeitung vereinbar. Eine strikt serielle algorithmische Spezifikation und Implementierung von *Parameterized head attachment* liegt mit dem SOUL (*Semantics-Oriented Unification-based Language processing*)-Mechanismus vor (Konieczny, 1996; Konieczny & Strube, 1995).

Der Faktor *Frequenz* kommt im *Parameterized head attachment*-Ansatz wie schon in einigen der vorher beschriebenen Modelle nur implizit zum Tragen, nämlich durch das *Preferred role attachment*-Prinzip und damit den Bezug auf theta-Rollen. Außerdem wird mit dem *Lexical strength*-Prinzip explizit auf einen Frequenzeinfluß auf lexikalischer Ebene verwiesen.

### 3.2.3 *Construal*

Der *Construal*-Ansatz (Frazier & Clifton, 1996) ist eine direkte Weiterentwicklung des GP-Modells (vgl. Abschnitt 3.1.1). Sie wurde dadurch motiviert, daß empirisch in den meisten untersuchten Sprachen Relativsätze hoch an komplexe NPn angebunden werden, während das *Late closure*-Prinzip des GP-Modells in jedem Fall eine tiefe Anbindung vorhersagt.

Die rein strukturell orientierten Prinzipien des GP-Modells, *Minimal attachment* und *Late closure*, gelten im *Construal*-Ansatz nicht mehr für alle Elemente eines Satzes, sondern nur für die sogenannten *primary relations*. Frazier & Clifton definieren *primary relations* folgendermaßen:

- Primary phrases and relations include
- a. the subject and main predicate of any (+ or -) finite clause
  - b. complements and obligatory constituents of primary phrases.
- (Frazier & Clifton, 1996: 41)

Alle Elemente eines Satzes, die keine *primary relations* sind, werden als *secondary relations* bezeichnet. *Secondary relations* sind Elemente, die weggelassen werden können, ohne daß die Wohlgeformtheitsbedingungen eines Satzes verletzt werden, also z.B. Relativsätze. Für *secondary relations* gelten nicht *Minimal attachment* und *Late closure*, sondern das *Construal*-Prinzip.

Gemäß dem *Construal*-Prinzip werden Phrasen, die nicht zu den *primary relations* gehören, nicht an einen voll spezifizierten phrasalen Knoten *angebunden*, sondern lediglich mit einem bestimmten strukturellen Bereich (*domain*) *assoziiert* (siehe Abbildung 2) und unter Verwendung struktureller und nicht-struktureller Informationen interpretiert. Zu den nicht-strukturellen Informationen gehören z.B. die Griceschen Konversationsmaximen (Grice, 1975) und diverse andere pragmatische Interpretationsprinzipien (Plausibilität, Fokus, Referentialität etc.).

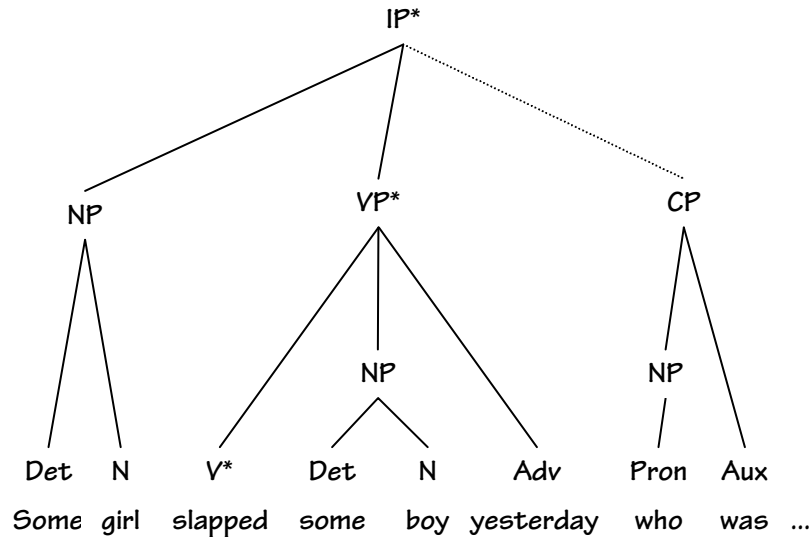


Abbildung 2: Die CP (*who was...*) wird lediglich mit dem strukturellen Bereich der IP assoziiert, aber nicht angebunden wie die NP und die VP (nach Frazier & Clifton, 1996: 33)

Dieser Prozeß der Assoziation wird *Construal* genannt. *Construal* bedeutet also, daß *secondary relations* in bezug auf ihre Anbindung an die bis dahin aufgebaute Phrasenstruktur unterspezifiziert sind, anders als *primary relations*, die sofort aufgrund ausschließlich struktureller Kriterien angebunden werden. Die Verarbeitungsregion, mit der eine *secondary relation* assoziiert wird, ist die maximale Projektion des letzten Elements, das eine theta-Rolle vergeben hat. (38) gibt die *Construal-Hypothese* noch einmal im Wortlaut wieder:

- (38) a. *Construal Principle*
- i. Associate a phrase XP that cannot be analysed as instantiating a primary relation into the current thematic processing domain.
  - ii. Interpret XP within the domain using structural and non-structural (interpretive) principles.
- b. *Current thematic processing domain*
- The current thematic processing domain is the extended maximal projection of the last theta assigner. (Frazier & Clifton, 1996: 41-42)

*Construal* kann – letztlich durch eine Aufweichung der im GP-Modell aufgestellten Prinzipien – mit den genannten empirischen Ergebnissen zur Relativsatanbindung, die den Vorhersagen des GP-Modells widersprechen, in Einklang gebracht werden, denn Relativsätze gehören zur Gruppe der *secondary relations*. Die Prinzipien *Minimal attachment* und *Late closure* gelten für sie daher nicht. Allerdings kann *Construal* die empirischen Befunde nicht vorhersagen, weil der Prozeß der Assoziation viel zu wenig spezifiziert ist.

Die empirische Adäquatheit wird um einen hohen Preis erkaufte, nämlich der Aufgabe der früheren Konzeption, daß syntaktische Verarbeitung grundsätzlich der semantischen vorgeschaltet ist. Konstrukte, die nur *assoziiert* sind, werden laut Frazier & Clifton schon im *initial parse* auch semantisch analysiert. Wenn dies so und offenbar ohne besondere Belastung des Arbeitsgedächtnisses möglich ist, drängt sich die Frage auf, warum die semantische Information nur für *secondary relations*, die ja für den Satz vergleichsweise unwichtig sind, genutzt wird, nicht aber für die Kernaussage des Satzes, die in den *primary relations* enthalten ist. Der Zuwachs an auf Anhieb korrekter Interpretation wäre enorm, und das ohne merkliche Verluste bei der Verarbeitungsgeschwindigkeit. Es ist sehr unplausibel, daß der MSVA für *primary relations* nur das *lexical filter*-Prinzip verwendet, obwohl er für *secondary relations* in der Lage ist, auch das *lexical proposal*-Prinzip anzuwenden.

Wie schon im GP-Modell, so spielt auch bei *Construal* die Frequenz syntaktischer Einheiten eine untergeordnete Rolle. Im GP-Modell hatte sie potentiell Einfluß im *thematic processor*, also der dem *initial parse* nachgeschalteten Phase der Verarbeitung. Bei *Construal* kann Frequenz – wie praktisch alle Faktoren – bei der Interpretation der *secondary relations* zum Einsatz kommen. Der Frequenz wird also wieder eine Nebenrolle bei der Erstellung der ersten Strukturanalyse zugewiesen.

### 3.2.4 Ein kompetenzbasiertes Modell menschlichen Parsings (Pritchett)

Pritchett (1992) vertritt unter den heute aktuellen Satzverarbeitungsmodellen sicher das am stärksten an einer Kompetenzgrammatik ausgerichtete Modell. Seiner Auffassung nach kann menschliches Parsing ausschließlich mit den Mitteln einer Grammatik charakterisiert werden. Parsingprinzipien werden aus dieser zugrundeliegenden Grammatik direkt (*transparently*) abgeleitet. Anbindungsprinzipien oder auch Beschränkungen für die Reanalyse (die dazu führen, daß bestimmte Sätze auf den Holzweg führen) sind für ihn also rein grammatische Phänomene. Konsequenterweise lehnt Pritchett explizit alle Ansätze ab, die nicht in Form von grammatischen Prinzipien formuliert sind (auch wenn sie die Existenz einer Kompetenzgrammatik akzeptieren), sondern die vielmehr die Eigenschaften der Architektur des *Parsers* für die Verarbeitungsprinzipien verantwortlich machen. Solche Ansätze ziehen Beschränkungen allgemeiner kognitiver Faktoren wie die

Kapazität des Arbeitsgedächtnisses zur Erklärung heran, oder die zeitliche Verfügbarkeit verschiedener Arten von Informationen (lexikalische, syntaktische, semantische, ...) während des Verarbeitungsprozesses. Pritchett bezeichnet solche Ansätze als kognitiv ungenügend.

Für die Formulierung seines eigenen Verarbeitungsmodells baut Pritchett auf Chomskys *Government and Binding* (GB)-Theorie auf (Chomsky, 1981; 1986). Wie die meisten modernen Grammatiktheorien interpretiert die GB-Theorie eine Grammatik nicht mehr als ein Regelsystem, sondern als eine Menge von Beschränkungen für die Repräsentation von Sätzen, das heißt als eine Menge von einzelsprachlich parametrisierten universellen Prinzipien.

Bei der Entwicklung seines Modells geht Pritchett zunächst von der Parsingheuristik des *Theta attachment* aus. Dieses Prinzip sorgt dafür, daß der Verarbeitungsapparat die maximalen theta-Rahmen der einzelnen Lexeme aus dem Lexikon extrahiert und anschließend zu jedem Zeitpunkt während der Verarbeitung einen lokalen Abgleich zwischen den im Lexikon vermerkten theta-Rollen und den Elementen im aktuellen Satz durchführt. Grundlage für diesen Abgleich bildet Chomskys *theta criterion*, das (informell) besagt, daß jedes Argument genau eine theta-Rolle trägt und jede theta-Rolle genau einem Argument zugewiesen werden muß. Für die Verarbeitung bedeutet das, daß der Verarbeitungsapparat zu jedem Zeitpunkt versucht, jedem Argument eine theta-Rolle zuzuweisen und für jede theta-Rolle ein Argument zu finden. Darin besteht der Kern der syntaktischen Verarbeitung nach Pritchett: die lokale Anwendung globaler (kompetenz-) grammatischer Prinzipien.

An dieser Stelle ist es wichtig zu betonen, daß eine theta-Rolle im GB-Rahmen nicht mit einer semantischen Rolle gleichzusetzen ist. Nur die Anzahl der Rollen und die strukturellen Positionen, denen die zugeordnet werden, sind von Bedeutung, nicht ihr Inhalt.

Pritchett illustriert die Arbeitsweise des *Theta attachment*-Prinzips an (39).

(39) Without her contributions the orphanage closed.

Bei der wortweisen Verarbeitung des Satzes (39) wird zuerst der theta-Rahmen der Präposition *without* aus dem Lexikon eingelesen. Da zunächst kein Argument zur Verfügung steht, um die von *without* vergebene Rolle zu füllen, geht die Verarbeitung einfach mit dem nächsten Wort weiter. Dieses Wort, *her*, ist ein möglicher Füller für die noch offene Komplementrolle der Präposition, und *muß* somit nach dem *Theta attachment*-Prinzip entsprechend angebunden werden. Die Alternative, *her* als das Possessivpronomen zu einem noch folgenden Nomen zu interpretieren, wird nicht verfolgt, weil damit das *Theta attachment*-Prinzip gleich zweifach verletzt würde: Die offene Rolle der Präposition wür-

de nicht gefüllt, und *her* würde keine Rolle erhalten, weil das regierende Nomen noch nicht aufgetaucht ist. Das nächste Wort, *contributions*, führt erneut zu einer Ambiguität. Es kann entweder als Kopf einer neuen NP interpretiert werden, die noch keine theta-Rolle erhalten hat, oder es kann zusammen mit *her* als eine größere NP interpretiert werden. Diese zweite Lesart erfordert eine Reanalyse der bisherigen Struktur, weil *her* nicht mehr eine NP, sondern nur noch ein Possessivpronomen ist. Trotzdem wird diese Lesart vom Verarbeitungsapparat vorgezogen, weil nur sie das *theta criterion* erfüllt. Die gesamte NP *her contributions* erhält eine theta-Rolle von *without*, dessen Fähigkeit zur Vergabe einer Rolle damit erschöpft ist. Es existieren also zu diesem Zeitpunkt keine ungefüllten Rollen und auch keine Argumente, denen noch keine Rolle zugewiesen werden konnte. Die Verarbeitung von *the orphanage* führt zu einer Situation, in der einem Argument keine theta-Rolle zugewiesen werden kann, aber es gibt keine Alternative (da *without* seine Rolle schon vollständig gefüllt hat), also läuft die Verarbeitung einfach weiter. Das Element *closed* schließlich vergibt eine theta-Rolle für das Element *the orphanage*, das als Füller ja schon zur Verfügung steht, so daß am Ende des Satzes das *theta criterion* auch global befriedigt ist.

Trotz der erforderlichen Reanalyse ist (39) ein Satz, der bei menschlichen Leserinnen und Lesern nicht zu bewußt empfundenen Verarbeitungsproblemen führt. Anders ist das bei Satz (40), der eine ähnliche Struktur aufweist.

(40) Without her contributions failed to come in.

Beim Lesen von *failed* tritt ein GP-Effekt auf. Eine automatische Reanalyse, bei der erkannt wird, daß *contributions* ein geeigneter Füller für eine von *failed* vergebene theta-Rolle ist, scheint nicht stattzufinden. Offensichtlich gibt es also lokale Anbindungsfehler, die automatisch und ohne kognitive 'Kosten' oder zumindest ohne *bewußte werdende* Verzögerung korrigiert werden können (wie bei (39)), während dies bei anderen lokalen Fehlern nicht der Fall ist (40). Eine wichtige Frage, die Pritchett bei der Weiterentwicklung seines auf *Theta attachment* basierenden Modells leitet, forscht nach den strukturellen Eigenschaften, die die unterschiedliche Verarbeitbarkeit von Sätzen bewirken.

In einer Reihe von Entwicklungsschritten gelangt er schließlich zu einer Formulierung zweier Prinzipien (p12 und (p13), die mit rein strukturellen syntaktischen Konzepten auskommt, nämlich mit Rektion (*government*) und Dominanz.

(p12) *Generalized theta attachment*:

Every principle of the syntax attempts to be maximally satisfied at every point during processing. (Pritchett, 1992: 138)

(p13) *On-line locality constraint (OLLC)*:

The target position (if any) assumed by a constituent must be *governed* or *dominated* by its source position (if any), otherwise attachment is impossible for the automatic Human Sentence Processor. (Pritchett, 1992: 101)

Das erste Prinzip ist dabei lediglich eine verallgemeinerte Form des oben beschriebenen *Theta attachment*. OLLC (obwohl allgemein genug, um Erstanbindung *und* Reanalyse abzudecken) gibt die Kriterien dafür an, welche Arten von Reanalyse zu einem Zusammenbruch der automatischen, unbewußten Verarbeitung führen. Dieser Zusammenbruch wird für den Fall vorhergesagt, daß die strukturelle Position, die ein Satzelement nach einer Reanalyse einnimmt, nicht von seiner ursprünglichen Position regiert oder dominiert wird.

Bei Satz (39) führte die Reanalyse des Elements *her* nicht zu bewußten Problemen, da seine Position *nach* der Reanalyse von seiner Position *vor* der Reanalyse regiert wird. Anders bei Satz (40): Das Element *contributions* bewegt sich durch die Reanalyse aus dem Rektionsbereich von *her* heraus.

Gemäß seinem kompetenzgrammatisch orientierten Ansatz gesteht Pritchett der Frequenz keinerlei Funktion bei der Disambiguierung zu, nicht einmal auf Ebene der Lexik, für die vielfach Frequenzeffekte nachgewiesen worden sind. Implizit findet Frequenz aber – im Sinne der Diskussion in Abschnitt 3.2. – durch die prominente Stellung des Konzepts der theta-Anbindung Eingang in Pritchetts Modell.

### 3.2.5 Struktureller Determinismus: Gorrell

Gorrells Ansatz des strukturellen Determinismus (Gorrell, 1995) kombiniert Ideen aus zwei sehr unterschiedlichen Forschungsrichtungen. Die erste ist die sehr stark theoretisch-linguistische Ausrichtung von Pritchett (vgl. Abschnitt 3.2.4). Wie Pritchett lehnt sich Gorrell eng an Chomskys GB-Theorie an<sup>4</sup>, kommt aber trotz ähnlicher theoretischer Grundlage zu deutlich unterschiedlichen Vorhersagen für die Architektur und Arbeitsweise des MSVAs.

Das zweite Verarbeitungsmodell, von dem Gorrells Ansatz stark inspiriert ist, ist das primär an der Verarbeitungseffizienz ausgerichtete Modell von Marcus (1980). Marcus geht davon aus, daß die Syntax jeder natürlichen Sprache strikt deterministisch geparkt werden kann. Er propagiert daher einen deterministischen Parser mit einem *look-ahead*, in dem mehrere Satzelemente zwischengespeichert werden können, bevor sie in

---

<sup>4</sup> Allerdings orientiert sich Gorrell eher an einer von Koster (1978; 1986) vorgeschlagenen, monostratalen Repräsentationsform der GB-Theorie.

den Strukturaufbau des Satzes integriert werden. Die Verwendung eines *look-ahead* führt zu sehr effizienter Verarbeitung, weil dadurch bei lokalen Ambiguitäten häufig die Notwendigkeit vermieden wird, parallele Lesarten aufzubauen, bzw. bei serieller Verarbeitung, Reanalysen durchzuführen. Nachteilig ist, daß ein deterministischer Parser keine *backtracking*-Operationen vornehmen und deshalb auch keine Änderungen an der von ihm bereits aufgebauten Struktur bewirken kann. Reichen lokale Ambiguitäten über den *look-ahead* hinaus und wurde zuerst die falsche Lesart verfolgt, muß die Analyse insgesamt scheitern, denn jede im Verlauf der Verarbeitung aufgebaute Struktur muß Teil der Endausgabe des Parsers sein.

Als Weiterentwicklung des Marcus-Parsers stellten Marcus, Hindle & Fleck (1983) einen Parser auf Grundlage der *d-theory* (*description theory*, Lasnik & Kupin, 1977) vor. Dieser Parser erstellt keine vollständige Strukturrepräsentation, sondern lediglich eine partielle Strukturbeschreibung. Der Unterschied zwischen Strukturrepräsentationen und Strukturbeschreibungen besteht darin, daß bei Strukturbeschreibungen Dominanzbeziehungen im Strukturbaum zunächst unterspezifiziert bleiben, indem zwar Dominanz, nicht aber *direkte* Dominanz konstatiert wird. Die zeitweise Unterspezifikation der Struktur ermöglicht eine deterministische Form der Reanalyse durch das Absenken (*lowering*) einer Konstituente im Strukturbaum.

Ein Beispiel zur Illustration: Satz (41) bereitet trotz seiner lokalen Ambiguität keine größeren Verarbeitungsprobleme. In der zunächst bei Verarbeitung der ersten drei Wörter aufgebauten Struktur dominiert und regiert die VP die postverbale NP. Bei der Verarbeitung von *likes* wird die aufgebaute Struktur erweitert, und im Zuge dieser Erweiterung die NP *James* in den neu gebildeten Teilsatz abgesenkt. Präzedenz- und Dominanzrelationen bleiben bei dieser Operation voll erhalten, lediglich die Rektionsbeziehung zwischen dem Verb *knows* und der folgenden NP wird aufgehoben.

(41) Ian knows James likes basketball.

Gorrell greift diese Überlegungen zur Verarbeitungseffizienz auf und leitet daraus – in Kombination mit syntaxtheoretischen Überlegungen, jedoch unter Verzicht auf den psychologisch unplausiblen *look-ahead* – die Arbeitsprinzipien seines Parsers ab. Übergreifende Eigenschaften von Gorrells Parser sind in den Prinzipien *Incremental Licensing* und *Simplicity* spezifiziert.

(p14) *Incremental Licensing*:

The parser attempts incrementally to satisfy principles of the grammar.  
(Gorrell, 1996: 140)

(p15) *Simplicity*:

No vacuous structure building. (Gorrell, 1996: 141)

*Incremental Licensing* erzwingt die inkrementelle Anbindung neuer Wörter oder Phrasen, falls diese Anbindung eine Lizenzierungsrelation wie eine Theta-Rolle oder eine Kasuszuweisung befriedigen kann. *Simplicity* sagt vorher, daß der Parser zunächst die einfachste Struktur, die mit der Grammatik und der Eingabe vereinbar ist, konstruiert, also insbesondere keine leeren Strukturen aufbaut.

In einem GB-basierten Phrasenstrukturbaum existieren viele grammatische Beziehungen wie Dominanz, Rektion, Kasuszuweisung etc. zwischen den einzelnen Elementen. Ein wichtiger Aspekt in Gorrells Ansatz ist, daß er diese Beziehungen in zwei Klassen einteilt. Diesen beiden Klassen entsprechen in seinem Modell zwei Phasen der Verarbeitung.

Die erste Phase dient dem seriellen Strukturaufbau (*structure building*). In ihr laufen Kernprozesse wie Knotenbildung (*node creation*, entsprechend der X-Bar-Theorie), Knotenprojektion (*node projection*) und Knotenanbindung (*node attachment*) ab. Im Verlauf dieser Prozesse wird eine mentale Repräsentation der sogenannten *primary structural relations* aufgebaut. In dieser Klasse grammatischer Relationen befinden sich bei Gorrell *Dominanz* und *Präzedenz*. Der Strukturaufbau ist die deterministische Komponente der Verarbeitung. Das bedeutet, daß einmal postulierte Dominanz- und Präzedenzrelationen nicht mehr (automatisch) geändert oder entfernt werden können. Lediglich Hinzufügungen zu der bereits aufgebauten Struktur sind möglich.

In einer zweiten Verarbeitungsphase werden Repräsentationen für die *secondary structural relations* erstellt. Zu diesen Beziehungen gehören weitere im GB-Rahmen spezifizierte Beziehungen wie Rektion, C-Kommando, theta-Zuweisung, Kasuszuweisung, und Bindung. Diese zweite Phase heißt *structure interpretation* und läuft nicht-deterministisch ab. Das bedeutet, daß Reanalysen dieser sekundären Beziehungen möglich sind, allerdings beschränkt durch den lokalen Charakter dieser Beziehungen.

Bedingt durch die Beschränkung der Reanalyse auf die zweite Verarbeitungsphase hat das Konzept der Reanalyse in Gorrells Ansatz einen deutlich geringeren Stellenwert als z.B. in Pritchetts Modell. Gorrell geht sogar davon aus, daß

„the theory of parsing does not need a distinct component of automatic re-analysis“ (Gorrell, 1995: 103)

Abgesehen davon ist Gorrells Modell, wie andere stark linguistisch orientierte Ansätze auch, modular, d.h. die Syntax ist ein eigenständiges Modul der Verarbeitung, das sogar selbst noch in eigene Submodule unterteilt ist (theta-Theorie etc.).

Daß die Frequenz sprachlicher Konstruktionen Einfluß auf den Verarbeitungsprozeß nehmen kann, wird von Gorrell zwar prinzipiell anerkannt, allerdings findet sie in seinem Parser keine explizite Berücksichtigung. Wie in den vorherigen Modellen wird sie aber implizit durch Verwendung des Konzepts der Lizenzierung wirksam.

### 3.2.6 Gibson

Ebenso wie die Modelle von Pritchett und Gorrell orientiert sich auch das von Gibson (1991) entwickelte Modell an Chomskys GB-Theorie. Es betont jedoch sehr viel stärker als die beiden anderen Ansätze diejenigen Aspekte der Satzverarbeitung, die nicht von der Grammatik, sondern von Eigenschaften des MSVAs beeinflußt werden. Dazu gehören insbesondere Beschränkungen in der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Sie sind der Grund, warum nicht nur lokal ambige Sätze zu einem bewußt empfundenen Scheitern der Verarbeitung führen können, sondern auch grammatische, nicht-ambige Sätze ab einer bestimmten Komplexität. Dies gilt z.B. für einen Satz wie (42), der zwei verschachtelte reduzierte Relativsätze enthält.

(42) The man the woman the dog bit saw likes fish.

Gibson versucht, Verarbeitungskomplexität nicht nur informell, sondern mit mathematischer Genauigkeit anzugeben und sie damit meßbar und vergleichbar zu machen. Er geht davon aus, daß der menschliche Parser mögliche Repräsentationen seiner Eingabe in bezug auf ausgewählte Eigenschaften bewertet. Jede dieser Eigenschaften (die lexikalischer, syntaktischer, semantischer oder (diskurs-)pragmatischer Natur sein können<sup>5</sup>) wird mit Hilfe einer abstrakten Maßeinheit gewichtet. Diese Maßeinheit heißt *processing load unit* (PLU). Mit dieser Einheit lassen sich mathematische Operationen durchführen, insbesondere die Addition der Gewichte aller Eigenschaften einer Struktur, um deren Gesamtgewicht feststellen zu können.

Wie schon oben erwähnt, ist die Kapazitätsbeschränkung des Arbeitsgedächtnisses eine wichtige Einflußgröße in Gibsons Ansatz. Sie motiviert die Postulierung einer Konstante von  $K$  PLUs, die angibt, ab wann das Gewicht einer Struktur die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses überlastet. Das Scheitern bei der Verarbeitung nicht-ambiger Strukturen wie (42) liegt darin begründet, daß sie ein absolutes Gewicht von mehr als  $K$  PLUs haben.

---

<sup>5</sup> Gibson (1991) beschränkt seine Darstellung weitgehend auf syntaktische Eigenschaften.

PLUs werden auch herangezogen, um die Präferenz bestimmter Lesarten bei ambigen Strukturen und insbesondere bei GP-Sätzen zu erklären. Voraussetzung hierfür ist die Annahme eines parallelen Modells, die Gibson trifft. Bei ambigen Sätzen werden gleichzeitig mehrere Strukturen aufgebaut, die entsprechend ihren Eigenschaften mit PLUs (unterschiedlich) gewichtet werden. Dabei gilt: je geringer das Gewicht einer Struktur, desto stärker wird sie bei der Verarbeitung bevorzugt.

Es gibt grundsätzlich keine Beschränkung für die Anzahl der Strukturen, die parallel im Arbeitsgedächtnis gehalten werden. Es gibt jedoch eine Beschränkung in Bezug auf die maximale Differenz zwischen den Gewichten zweier Strukturen. Nur wenn die Differenz kleiner oder gleich einem Präferenzfaktor  $P$  ist, werden beide Lesarten weiterverfolgt. Ist die Differenz größer als  $P$ , wird die Lesart mit dem höheren Gewicht fallengelassen (*pruning*). Stellt sich im Verlauf der weiteren Verarbeitung heraus, daß die weiterverfolgte Lesart global falsch ist und doch die fallengelassene Lesart die richtige gewesen wäre, tritt der bekannte Holzweg-Effekt ein. Differenzen zwischen Lesarten, die kleiner als der Präferenzfaktor  $P$  sind, erklären Präferenzen für Strukturen, deren ursprünglich falsche Interpretation nicht zu bewußten Verarbeitungsproblemen, sondern lediglich zu unbewußter Reanalyse führt. Ebenso erklären sie Unterschiede in der Akzeptabilität sprachlicher Strukturen.

Ich möchte an dieser Stelle nicht näher auf die Berechnungsvorschriften für diese von Gibson spezifizierten syntaktischen Eigenschaften eingehen, sondern ambige Konstruktionen diskutieren, deren unterschiedliche Lesarten dasselbe PLU-Gewicht aufweisen. Dies ist bei Sätzen wie (43) und (44) der Fall.

- (43) The lamps near the paintings of the houses *that were damaged in the flood* ...  
 (44) The salesman ignored the customer with the child with the dirty face *and the wet diaper*.

Solche Sätze stellen dem letzten Relativsatz (43) bzw. der *und*-Koordination (44) drei potentielle Anbindungspunkte zur Verfügung, denn an jedes der drei Nomen der vorausgehenden komplexen NP (*lamps*, *paintings*, *houses* bzw. *customer*, *child*, *face*) ist eine Anbindung strukturell möglich. Für die Vorhersage der Arbeitsweise des MSVAs bei der Verarbeitung von Strukturen wie (43) und (44) haben Gibson, Pearlmutter, Canseco-Gonzalez & Hickok (1996) – basierend auf Gibson (1991) – einen neuen Ansatz entwickelt. Diesem Ansatz nach macht der MSVA für die Wahl von Anbindungspunkten für Modifikatoren wie Relativsätze und PPn, die wie in (44) elliptisch sein können, von zwei Prinzipien Gebrauch. Das erste heißt *Recency preference* und ist eine Variante des schon aus Abschnitt 3.1.1 bekannten *Late closure*-Prinzips. Es resultiert aus der beschränkten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Gibson et al. nehmen an, daß potentielle Anbin-

dungspunkte in ihrer Aktivierung über die Zeit nachlassen und deshalb jüngere Anbindungspunkte gegenüber weiter zurück liegenden Anbindungspunkten bevorzugt werden.

(p16) *Recency preference*

Preferentially attach structures for incoming lexical items to structures built more recently. (Gibson et al., 1996: 26)

Das zweite Prinzip ist *Predicate proximity*. Dieses Prinzip ist durch die Annahme motiviert, daß alle Sätze über eine Prädikatsstruktur als Kern verfügen, die aus dem Prädikat und seinen Argumenten besteht, und daß dieser Kern vom Parser höher bewertet wird als der Rest des Satzes. Gibson et al. nehmen an, daß dies insbesondere dann der Fall ist, wenn Gedächtnisressourcen knapp sind, so daß nur eine begrenzte Zahl von potentiellen Anbindungspunkten offengehalten werden kann. In solch einer Situation stehen Anbindungspunkte, die mit der Prädikatsphrase verbunden sind, eher zur Verfügung als andere.

(p17) *Predicate proximity*

Attach as close as possible to the head of a predicate phrase. (Gibson et al., 1996: 41)

*Recency preference* und *Predicate proximity* können im konkreten Fall *gegeneinander* wirken. Dadurch haben sie Erfolge bei der Erklärung nicht-monotonen Verhaltens. Solch ein Verhalten läßt sich empirisch feststellen bei Konstruktionen mit drei potentiellen Anbindungspunkten, wie z.B. (43) und (44). In diesen Konstruktionen werden in allen bisher untersuchten Sprachen der erste und der dritte potentielle Anbindungspunkt gegenüber dem zweiten bevorzugt (Englisch: Gibson, Schütze & Salomon, 1996; Englisch und Spanisch: Gibson, Pearlmutter, Canseco-Gonzalez & Hickok, 1996; Deutsch: Hemforth, Konieczny & Scheepers, im Druck b; Walter, 1999). Ein Prinzip allein könnte diese Präferenzen nicht erklären, die Gegenläufigkeit beider Prinzipien macht es jedoch möglich.

Bei der Vernachlässigung des zweiten möglichen Anbindungspunktes gegenüber den anderen beiden handelt es sich offensichtlich in den bisher untersuchten Sprachen um ein universelles Phänomen. Ob der erste oder der dritte Anbindungspunkt bevorzugt wird, scheint jedoch sprachabhängig zu sein. Gibson et al. erklären dies damit, daß die beiden Prinzipien mit unterschiedlicher Stärke wirken. Dabei bildet die Stärke des *Recency preference*-Prinzips eine Konstante, während die Stärke von *Predicate proximity* von Sprache zu Sprache variiert. Im Deutschen wird der erste, höchste Anbindungspunkt präferiert. Folglich sind im Deutschen die Werte für das *Predicate proximity*-Prinzip so stark, daß sie den *Recency preference*-Einfluß überdecken. Im Englischen und Spanischen wird

bevorzugt an den dritten, tiefsten Punkt angebunden. Hier ist der Einfluß von *Predicate proximity* zu schwach, um zu dominieren.

Wie kommt es zu den sprachspezifischen Werten für *Predicate proximity*? Laut Gibson et al. sind sie das Ergebnis eines Parametrisierungsprozesses, in dem der MSVA durch die Häufigkeit, mit der bestimmte Anbindungen in der Sprache auftreten, geformt wird. Der *Predicate proximity*-Parameter ist in solchen Sprachen hoch, in denen die durchschnittliche Distanz zwischen Verb und Argument hoch ist. Der Parameter ist dort niedrig, wo Verb und Argument typischerweise nah beieinander stehen. Zu diesen Aussagen existieren allerdings keine Korpusdaten, keine Berechnungsvorschriften o.ä. Mitchell & Brysbaert (1998) heben deshalb als Schwäche dieses Ansatzes hervor, daß er für verschiedene Sprachen keine Vorhersagen in bezug auf das Gewicht der unterschiedlichen Prinzipien machen kann.

In gewisser Hinsicht stellt das Modell von Gibson et al. einen Übergang zu den frequenzbasierten Modellen dar. Frequenz spielt bei Gibson eine wichtige und auch explizit gemachte Rolle, denn sie ist für die einzelsprachliche Parametrisierung bestimmter Verarbeitungsprinzipien verantwortlich. Allerdings ist dieser Einfluß auf die Spracherwerbsphase beschränkt. Sind dann erst einmal bestimmte Schalter gesetzt, können veränderte Eingabefrequenzen keinen Einfluß mehr ausüben. Der Hauptprädiktor für Verarbeitungspräferenzen bleiben in Gibsons Ansatz grammatische Relationen in der sich aufbauenden Strukturrepräsentation.

---

## 4 Modelle der menschlichen Satzverarbeitung II: Modelle mit expliziter Frequenzmodellierung

Die Satzverarbeitungsmodelle, die ich bisher vorgestellt habe, berücksichtigen die Frequenz sprachlicher Einheiten entweder gar nicht, nur implizit (durch Verwendung des Konzepts der Subkategorisierung), oder nur auf wenige Bereiche beschränkt. Dagegen gestehen diejenigen Modelle des menschlichen Parsings, die im Zentrum dieser Arbeit stehen, der Frequenz sprachlicher Einheiten in der Eingabe des Individuums explizit und für weite Phänomenbereiche einen Einfluß auf die Parsingentscheidung bei Ambiguität zu. Dieser Einfluß wird bei jeder einzelnen Parsingentscheidung realisiert. Das unterscheidet frequenzbasierte Modelle von Modellen wie demjenigen Gibsons (vgl. Abschnitt 3.2.6), bei dem lediglich aufgrund von Frequenzverhältnissen im Verlauf des Spracherwerbs Schalter für die Verarbeitung bestimmter Ambiguitäten gesetzt werden, an deren Stellung sich dann nichts mehr ändert.

Corley (1996) verwendet für den Rahmen, in dem sich frequenzbasierte Modelle bewegen, den Begriff *statistical framework*. Innerhalb dieses statistischen Rahmens existieren Ansätze wie die *Multiple constraint satisfaction*-Modelle, die ich in Abschnitt 4.1 beschreiben werde. Dies sind Modelle, die bei der Verarbeitung von Sätzen gleichzeitig verschiedene Randbedingungen zur Disambiguierung heranziehen. *Multiple constraint satisfaction*-Modelle halten Frequenz für einen zwar sehr wichtigen, aber die Entscheidung nicht allein determinierenden Faktor. Das *Concurrent Model* (vgl. Abschnitt 4.2) trifft ähnliche Grundannahmen über verschiedene Einflußfaktoren und gewichtet auch die Frequenz ähnlich wie die *Multiple constraint satisfaction*-Modelle, unterscheidet sich

von diesen aber in den Annahmen über die Architektur des MSVAs. Radikaler sind die in Abschnitt 4.3 und 4.4 beschriebenen Modelle, die *Linguistic Tuning Hypothesis* und das probabilistische Modell von Jurafsky. In diesen beiden Modellen bildet die Frequenz das alleinige Vorhersagekriterium in Bezug auf Entscheidungen des Parsers.

## 4.1 *Multiple constraint satisfaction* (MCS)-Modelle

Häufig beruht syntaktische Ambiguität auf der Ambiguität lexikalischer Einheiten. So ist z.B. Satz (45) nur deshalb (lokal) ambig, weil *raced* sowohl die aktive als auch die reduzierte passive Vergangenheitsform von *race* (also *that was raced*) sein kann.

- (45) The horse raced past the barn fell.
- (46) Mary knew the answer to the question was wrong.
- (47) The warehouse fires ...

Die lokale Ambiguität in (46) entsteht durch die verschiedenen Argumentstrukturrahmen, die das Verb *to know* besitzt. *To know* kann zum einen ein direktes Objekt als Argument nehmen, zum anderen – wie eben in (46) – einen (reduzierten) Komplementsatz (*that the answer to the question was wrong*). Satzanfang (47) schließlich ist ambig, weil das Element *fires* in dieser Position verschiedenen Wortarten (Verb und Nomen) zugerechnet werden kann.

Obwohl in den Sätzen (45) bis (47) wie in vielen weiteren Konstruktionen die syntaktische Ambiguität in der lexikalischen Ambiguität begründet ist, gehen modulare Satzverarbeitungsmodelle (also alle in Kapitel 3 beschriebenen Modelle) tendenziell davon aus, daß die syntaktische Verarbeitung unabhängig von der Semantik der beteiligten Lexeme ist. Es gibt eine Klasse von Modellen, die ganz entgegengesetzte Annahmen treffen: *Multiple constraint satisfaction*-Modelle. Diese Modelle gehen davon aus, daß der MSVA nicht-modular organisiert ist (z.B. Taraban & McClelland, 1988; 1990; Boland, Tanenhaus & Garnsey, 1990; Trueswell & Tanenhaus, 1991; Trueswell, Tanenhaus & Kello, 1993; Stevenson, 1993; MacDonald, 1993; 1994; MacDonald, Pearlmutter & Seidenberg, 1994a; Trueswell, Tanenhaus & Garnsey, 1994; Pearlmutter, Daugherty, MacDonald & Seidenberg, 1994; Spivey-Knowlton & Tanenhaus, 1994; Tabossi, Spivey-Knowlton, McRae & Tanenhaus, 1994; Spivey-Knowlton & Sedivy, 1995; Trueswell, 1996; Garnsey, Pearlmutter, Myers & Lotocky, 1997; McRae, Spivey-Knowlton & Tanenhaus, 1998).

Satzverarbeitung findet im Sinne dieser Modelle nicht durch den Ablauf zeitlich und inhaltlich separierbarer Prozesse statt, sondern durch integrierte Prozesse, die gleichzeitig auf einer einheitlichen Repräsentationsgrundlage operieren. MCS bedeutet dabei, daß im Verarbeitungsprozeß gleichzeitig mehrere Randbedingungen lexikalischer, syntak-

tischer, semantischer und kontextueller Art befriedigt werden. Dabei ist die Aktivierung alternativer Repräsentationen ambiger Lexeme eine Funktion der Randbedingungen. Eines der am detailliertesten ausgearbeiteten MCS-Modelle ist der Ansatz von MacDonald, Pearlmutter & Seidenberg (1994a), den ich im folgenden näher beschreiben werde.

Die zentrale Rolle bei der Sprachverarbeitung kommt in dem Modell von MacDonald et al. – aufbauend auf Arbeiten von Ford, Bresnan & Kaplan (1982) – dem Lexikon zu. Das gegenüber anderen Modellen deutlich erweiterte Konzept des mentalen Lexikons ermöglicht überhaupt erst die oben erwähnte integrierte Betrachtungsweise.

Das mentale Lexikon enthält gemäß diesem MCS-Modell zunächst einmal Informationen über Wortart, Tempus, Numerus etc. sowie morphologische Informationen. Darüber hinaus enthält es zwei Arten von Informationen, die für die Verknüpfung einer lexikalischen Einheit mit anderen Einheiten im Satz relevant sind: Argumentstrukturen und partielle Strukturbäume, die auf dem X-Bar-Schema basieren.

Die Argumentstruktur verbindet syntaktische und semantische Informationen. Sie kodiert die Beziehung eines Wortes zu Elementen, die (mehr oder weniger obligatorisch) mit ihm zusammen auftreten. In ihr sind auch die thematischen Rollen, also semantische (Grob-)Information über die Argumente, mitkodiert.

Die Repräsentation von X-Bar-Strukturen bildet in diesem Ansatz die entscheidende Voraussetzung dafür, daß die integrierte Verarbeitung von Lexik und Syntax möglich wird. Jede Einheit im mentalen Lexikon ist mit einer X-Bar-Struktur verknüpft (Abbildung 3), d.h. mit einem generischen Teilstrukturbaum. Dieser Strukturbaum besteht aus einem Kopf (in der Regel ist das der lexikalische Eintrag) sowie verschiedenen weiteren Knoten und Projektionen. Ambige Wörter verfügen über mehrere X-Bar-Strukturen.

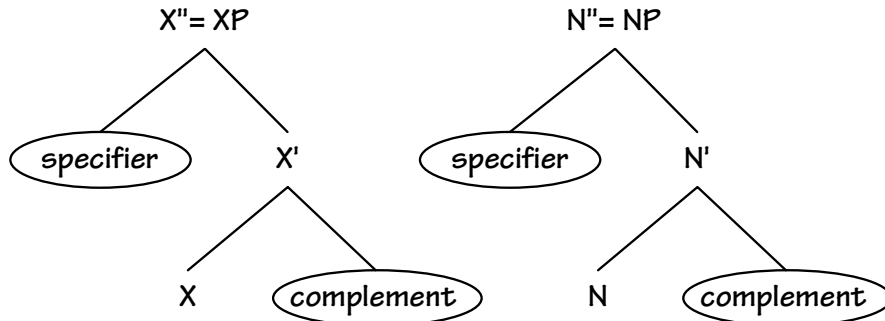


Abbildung 3: Links: Generische X-Bar-Struktur; Rechts: X-Bar-Struktur für eine NP  
(nach MacDonald, Pearlmutter & Seidenberg, 1994a: 684)

Im Rahmen dieses MCS-Modells erfolgt das Erstellen der vollständigen syntaktischen Struktur eines Satzes durch das Verknüpfen der X-Bar-Strukturen der beteiligten Lexeme. Es genügen also die im Lexikon enthaltenen Informationen, um die syntaktische Repräsentation eines Satzes zu erstellen. Mit anderen Worten: Der MCS-Ansatz propagiert ein mentales Parsing ohne Parser. Die Postulierung eines separaten Moduls für die syntaktische Analyse gilt hier als überflüssig.<sup>6</sup>

Bei einem Vergleich mit Parsing-Ansätzen aus der Computerlinguistik zeigt sich eine Parallele zum Wortexperten-Parsing (*word expert parsing*). Das Wortexperten-Parsing ist eine radikale Form des lexikalisch-semantischen Parsings (vgl. Hahn, 1996). Einzelne Wörter stellen hier sogenannte Wortexperten dar. Wortexperten verfügen über das gesamte sprachliche Wissen, das durch die kontextabhängige Bedeutung eines Wortes determiniert ist. Sie sind aktiv operierende Prozesse mit internen Zuständen. Das eigentliche Parsing besteht bei einem Wortexperten-Parser aus der durch die Wortexperten selbst initiierten Änderung dieser internen Zustände und den Interaktionen mit anderen Wortexperten. Beim Wortexperten-Parsing existieren neben den Wortexperten keine weiteren Beschreibungsebenen, also keine syntaktischen Regeln etc.

MCS-Modelle gehören zur Klasse der *interactive activation*-Modelle. Das bedeutet u.a. konkret, daß die Eigenschaften der Einträge des Lexikons miteinander verknüpft sind.

<sup>6</sup> MacDonald et al. (1994) betonen zwar, daß die Existenz nicht-lokaler, also nicht lexikalisch gebundener syntaktischer Regularitäten prinzipiell möglich ist, sie selbst beschäftigen sich aber ausschließlich mit Regularitäten auf lokaler, lexikalischer Ebene.

Diese Verknüpfung hat eine disambiguierende Funktion. Erhält das Sprachverarbeitungssystem aus seiner Eingabe Hinweise in bezug auf eine Eigenschaft des Eintrags, werden automatisch bestimmte andere Eigenschaften mitaktiviert bzw. gehemmt. Abbildung 4 zeigt einen Teil der Repräsentation der Verbform *examined*. Dicke Linien bezeichnen inhibitorische Verknüpfungen, dünne Linien excitatorische. Tauchen in der Eingabe Hinweise darauf auf, daß es sich bei *examined* um eine Verbform im Passiv handelt, werden automatisch sowohl die Aktiv-Lesart als auch die mögliche Transitivität gehemmt.

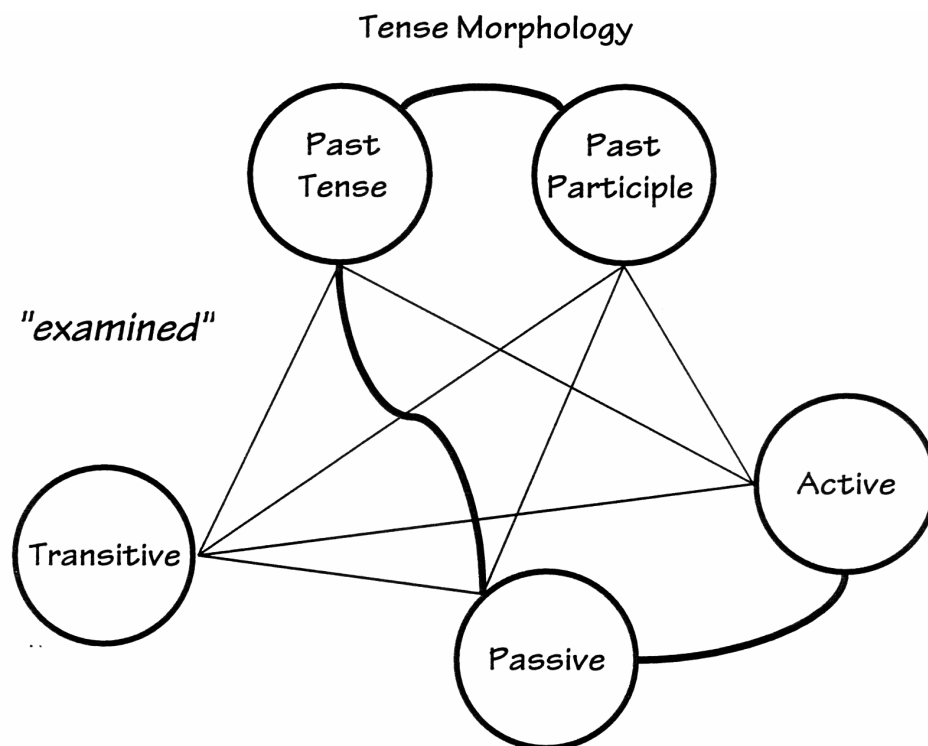


Abbildung 4: Repräsentation der Verbform *examined* (nach MacDonald, Pearlmutter & Seidenberg, 1994a: 685)

Ähnliche probabilistische Verfahren können auch bei kontextuellen Randbedingungen eingesetzt werden (MacDonald, 1994). Zum Beispiel enthält ein Satzbeginn wie (48) eine sogenannte *pre-ambiguity plausibility information*. Die Tatsache, daß *The evidence* unbelebt ist, macht es wahrscheinlich, wenn auch nicht sicher, daß *examined* für eine reduzierte Passivform steht (*that was examined*) und nicht für eine aktive Vergangenheitsform.

- (48) The evidence examined ...  
 (49) The homeless people interviewed in the film are exceptionally calm, articulate and intelligent by any standard.

Satz (49) hat einen sogenannten *biasing post-ambiguity constraint*, d.h. eine Beschränkung, die *nach* Auftauchen der Ambiguität, aber *vor* der Disambiguierung auftritt. Die PP *in the film* macht es unwahrscheinlich, wenn auch nicht unmöglich, daß noch ein direktes Objekt folgt, so daß *interviewed* eher als eine reduzierte Passivform interpretiert wird. MacDonald (1994) konnte zeigen, daß das Zusammenwirken mehrerer *constraints* die Auflösung einer Ambiguität erleichterte, während einander widersprechende *constraints* nicht diesen Effekt hatten. Sie konnte experimentell ebenfalls nachweisen, daß bei der Verarbeitung ambiger Konstrukte die Anzahl der alternativen Interpretationen und auch deren jeweilige ‘Stärke’ (für alternative Argumentstrukturen ambiger Verben interpretiert als ihre Frequenz) eine Rolle spielen.

Durch Aufhebung der Dominanz der syntaktischen Verarbeitung gelingt es MCS-Modellen zu erklären, warum bei Sätzen mit identischer syntaktischer Struktur einige leichter zu verstehen sind als andere. Zum Beispiel führt (50b) zu einem leichten Holzwegeffekt, während (50a) trotz gleicher Struktur kaum Verarbeitungsprobleme verursacht, weil *the evidence* kein typischer Agent ist. Die Erklärung solcher Phänomene ist für syntaxorientierte Ansätze wie das GP-Modell von Frazier sehr schwierig, es sei denn, es gelingt ihnen der Nachweis, daß die Verarbeitungsprobleme bzw. ihre Lösung erst in einer der Syntaxverarbeitung nachfolgenden Komponente auftreten.

- (50) (a) The evidence examined by the lawyer ...  
 (b) The defendant examined by the lawyer ...

Frequenz spielt im MCS-Modell von MacDonald et al. eine zentrale Rolle. Jeder Lexikon-eintrag verfügt über eine Frequenzangabe, die bestimmt, welche der möglichen Lesarten eines Wortes die dominante Lesart ist. Auch alternative Argumentstrukturinformationen und X-Bar-Strukturen sind mit Frequenzinformation versehen. Auf diese Art werden z.B. Unterschiede in der Dominanz verschiedener Argumentrahmen eines Verbs kodiert. Diese Art der Repräsentation läßt obligatorische Argumente und Adjunkte nur noch als Endpunkte eines durch die Frequenz des Auftretens bestimmten Kontinuums erscheinen – durchaus im Sinne meiner Diskussion in Abschnitt 3.2.

Der Einfluß der Frequenz auf die Verarbeitung dominiert bei MacDonald et al. den Einfluß der Kontextinformation: Nur in Fällen, in denen die Frequenzen verschiedener Lesarten in etwa ausgeglichen sind (*equibaised situation*), kommt Kontextinformation zur Geltung.

Da MCS-Modelle *interactive activation*-Modelle sind, erscheint eine Implementierung mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze naheliegend, obwohl dies keineswegs zwingend ist. Künstliche neuronale Netze setzen die MCS-Auffassungen von miteinander verknüpften, frequenzgewichteten Informationen, mit deren Hilfe sich der Sprachverarbeitungsapparat auf die richtige Lesart 'einpendelt' (*relaxation*), auf intuitiv plausible Weise um. Juliano & Tanenhaus (1994) haben solch eine Implementierung mit einem Netz, das einen *hidden layer* enthielt, realisiert. Auf diese Weise können Regularitäten über mehrere Lexeme hinweg erfaßt werden.

### Diskussion

Das MCS-Modell von MacDonald et al. ist in mehrerer Hinsicht nicht ausreichend spezifiziert. Dies betrifft zum einen den Parsingprozeß selbst, also den Prozeß des Verknüpfens der X-Bar-Strukturen der verarbeiteten Lexeme. Er wird kaum näher beschrieben, und es bleibt beispielsweise unklar, ob auf den generischen Teilstrukturbaum erst beim lexikalischen Kopf einer Phrase zugegriffen wird (der, insbesondere bei rechtsverzweigenden Sprachen wie dem Japanischen, erst am Phrasenende auftauchen kann) und welche syntaktischen Kategorien überhaupt als Köpfe gewertet werden. Der Verzicht auf eine separate syntaktische Komponente führt außerdem dazu, daß im Rahmen dieses Modells auch kein Ansatz zu Erklärung *phrasenübergreifender* syntaktischer Regularitäten erkennbar ist.

Zum anderen muß ein Modell, das viele verschiedene Faktoren als bestimmend für den *initial parse* ansieht, die einzelnen Faktoren gewichten. Wie stark wirken einzelne Faktoren, unter welchen Bedingungen können bestimmte Einflußparameter den Einfluß anderer Parameter dominieren, was passiert, wenn Konflikte zwischen den Vorhersagen verschiedener Faktoren auftreten? Ein Hauptkritikpunkt an MCS-Modellen ist sicherlich der, daß sie in Hinsicht auf diese Fragen wenige konkrete Aussagen treffen.

McRae, Spivey-Knowlton & Tanenhaus (1998) haben versucht, dieses Defizit zu beheben, indem sie jeden ihrer Ansicht nach relevanten *constraint* operationalisieren und ihm einen numerischen Wert zuweisen. Dazu entwickeln sie ein Verfahren, daß auf dem *competition-integration model* von Spivey-Knowlton (1996) basiert. Dieses Modell geht von der Situation aus, daß mehrere syntaktische Alternativen zur Verfügung stehen, die um Aktivierung konkurrieren. Verschiedene *constraints* stellen probabilistische Evidenz für die verschiedenen syntaktischen Lesarten bereit. In iterativen Verarbeitungszyklen berechnet das Modell die Evidenz, die für oder gegen jede dieser Lesarten spricht und verändert deren Aktivationswerte entsprechend. Sobald die Aktivierung einer Alternative einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, wird der Wettbewerb (*competition*) beendet. Dabei ist die Verarbeitungsdauer eine lineare Funktion der Dauer des Wettbewerbs zwischen den Lesarten.

Für Sätze des Typs (51), die die schon oben beschriebene Ambiguität zwischen Hauptsatz und reduziertem Relativsatz aufweisen, bestimmten McRae et al. vier verschiedene *constraints* für das Verb und das folgende *by*.

(51) The crook arrested by the detective was guilty of taking bribes.

Die erste Beschränkung war die thematische Passung zwischen der initialen NP und den verbspezifischen Agenten- und Patientenrollen der ambigen Verbform. Die zweite Beschränkung bestand in den relativen Häufigkeiten, mit denen das Verb als einfache Präteritumsform oder als Partizip Perfekt auftritt. Den dritten Parameter bildete die Eigenschaft der Präposition *by*, eine Relativsatz-Lesart zu stützen, wenn sie auf ein Verb folgt. Und die vierte Beschränkung schließlich bestand aus der allgemeinen Wortstellungspräferenz für Hauptsätze gegenüber Relativsätzen. Die konkreten Werte für diese *constraints* wurden dort, wo es möglich war, empirisch aus Korpusdaten gewonnen, die anderen in experimentellen Typikalitätsurteilen erhoben.

Im Rahmen einer Simulation von Off-line-Vervollständigungsaufgaben von Satzanfängen wie *The crook arrested by ...* wurden fast eine Million Modelle getestet, bei denen die Gewichte der *constraints* stark variiert wurden. Die auf diese Weise gewonnenen Parameterausprägungen wurden verwendet, um Vorhersagen für die On-line-Verarbeitung zu generieren, wobei zusätzlich die zeitliche Abfolge der *constraints* variiert wurde. Es zeigte sich, daß für diese Konstruktion unter Benutzung der zuvor errechneten Parameter die On-line-Verarbeitung durch reale Versuchspersonen gut vorhergesagt werden konnte.

Eine Schwäche dieses Ansatzes, die auch von den Autoren selbst hervorgehoben wird, besteht darin, daß das Modell keine Variation in der Verarbeitungszeit erklären kann, die in der Erzeugung syntaktischer Alternativen begründet liegt, denn deren Existenz wird von McRae et al. immer schon als gegeben angenommen. Damit wird die Vernachlässigung der syntaktischen Ebene zugunsten der lexikalisch-semantischen Ebene, die sich schon in den vorhergehenden MCS-Modellen zeigt, beibehalten.

## 4.2 Das *Concurrent Model*

Boland (1997) hat auf Grundlage ihrer früheren Arbeiten im MCS-Rahmen (Boland, Tanenhaus, Garnsey & Carlson, 1995) ein hybrides Modell entwickelt, das zwar einige Grundannahmen mit MCS-Modellen teilt, aber auch Eigenschaften anderer Modelle inkorporiert.

Wie die MCS-Modelle spricht das *Concurrent Model* den lexikalischen *constraints*, die sowohl syntaktischer als auch semantischer Natur sein können, große Bedeutung zu.

Ebenso geht das *Concurrent Model* davon aus, daß syntaktische und semantische Prozesse nicht in einer strengen Reihenfolge ablaufen. Trotzdem postuliert das *Concurrent Model* aber – im Gegensatz zu MCS-Modellen – eine autonome Syntaxkomponente und orientiert sich damit an Modellen im GP-Rahmen. Die Arbeitsweise dieser Syntaxkomponente wiederum entspricht der der *interactive activation*-Modelle: Bei struktureller Ambiguität werden parallel alternative Strukturen generiert, von denen eine aufgrund der semantischen Interpretation ausgewählt wird. Abbildung 5 illustriert die Architektur des *Concurrent Model*.

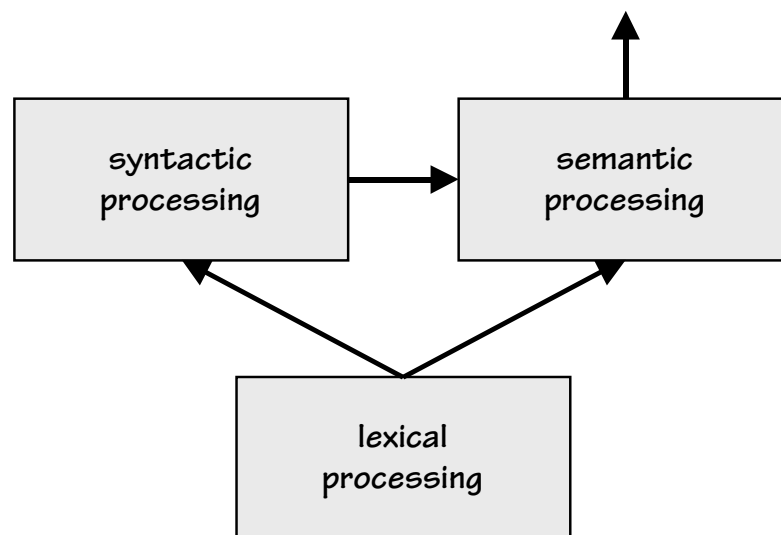


Abbildung 5: Architektur des *Concurrent Model* (nach Boland, 1997: 428)

Grundlage des *Concurrent Model* ist ein System zur Worterkennung, das die syntaktischen und semantischen Eigenschaften der jeweiligen lexikalischen Einträge aktiviert. Die syntaktischen Informationen der Lexemeinträge – dazu gehören insbesondere die Wortart und die Subkategorisierungsrelationen, aber auch lexikalische Frequenzen – werden an das Syntaxmodul weitergereicht. Dort werden parallel alle Strukturen, die mit dieser *bottom-up*-Information konsistent sind, aufgebaut, und zwar unabhängig vom semantischen Kontext. Die so erzeugten Strukturen werden durch probabilistische *constraints* gewichtet. Diese Gewichtung trägt dazu bei, eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses

zu vermeiden. Strukturen mit sehr kleinen relativen Häufigkeiten sind praktisch nicht verfügbar.<sup>7</sup>

Gleichzeitig mit der Weiterreichung der syntaktischen Informationen werden die semantischen Informationen des lexikalischen Eintrags an das Semantikmodul weitergegeben, also die Wortbedeutungen und die thematischen Schemata. Eine weitere Eingabe der semantischen Verarbeitung bilden die syntaktischen Strukturen aus dem Syntaxmodul, sobald sie verfügbar sind. Sie können verhindern, daß eine semantisch zwar plausible, aber ungrammatische Interpretation verfolgt wird. Die Eingabe aus dem Syntaxmodul ist für eine semantische Verarbeitung aber nicht zwingend. Das Semantikmodul kann schon vor Eintreffen der syntaktischen Analyse eine semantische Interpretation aufbauen und damit einen Vorsprung vor der syntaktischen Analyse gewinnen. In solchen Fällen wird diejenige syntaktische Struktur ausgewählt, die mit der schon vorhandenen semantischen Interpretation konsistent ist.

Bolands Modell geht also davon aus, daß syntaktische *und* semantische Informationen am Aufbau des *initial parse* beteiligt sind, und daß trotz der modularen Trennung keine strenge zeitliche Reihung zwischen syntaktischer und semantischer Verarbeitung besteht. Analog zu diesen Grundannahmen faßt sie auch das Konzept der Argumentstruktur auf: Die Argumentstruktur besteht aus einem syntaktischen Subkategorisierungsrahmen und einem semantischen thematischen Schema sowie den Abbildungen zwischen beiden.

Leider ist das *Concurrent Model* in vieler Hinsicht noch unterspezifiziert, so daß es für viele syntaktische Konstruktionen schwierig ist, konkrete Verarbeitungsvorhersagen daraus abzuleiten. Dies gilt insbesondere auch für den angenommenen Frequenzeinfluß. Trotzdem ist dieses Modell sehr interessant, weil es das erste und bisher einzige ist, das die Annahme einer modularen Architektur mit einer starken Interaktion zwischen den einzelnen Modulen trifft (vgl. Tabelle 2, Seite 27). Ich werde dieses Konzept später bei der Modellierung meines eigenen Ansatzes aufgreifen (vgl. Kapitel 5).

### 4.3 Die *Linguistic Tuning Hypothesis*

Die von Mitchell & Cuetos (1991) entwickelte *Linguistic Tuning Hypothesis* (LTH) basiert auf der Feststellung, daß die Kodierung syntaktischer Informationen in den Sprachen der Welt so unterschiedlich ist, daß die Annahme, sie alle würden mit Hilfe eines einheitlichen Prozesses *dekodiert*, völlig unplausibel erscheint (Cuetos & Mitchell, 1988). Die

---

<sup>7</sup> Boland spezifiziert leider nicht genauer, ob es sich bei den probabilistischen Beschränkungen allein um (wie auch immer) miteinander verrechnete Lexemfrequenzen handelt, oder ob separate syntaktische Frequenzen existieren.

LTH war der erste Ansatz, der die Mechanismen der menschlichen Sprachverarbeitung in erster Linie mit der Häufigkeit des Vorkommens sprachlicher Einheiten erklärt und damit ein rein erfahrungsbasierter Ansatz ist.

Die LTH nimmt an, daß Individuen eine mentale Statistik über die Frequenzen wahrgenommener Sprachdaten führen. Diese Statistik der *previous exposure* eines Individuums dient bei der Verarbeitung einer strukturell ambigen Konstruktion als Entscheidungsgrundlage dafür, welche der möglichen Lesarten zu bevorzugen ist. Diejenige Lesart, die in der Vergangenheit in der Mehrzahl der Fälle die richtige war, wird ausgewählt. Das Ziel des Verfahrens ist die Minimierung der Häufigkeit, mit der eine falsche Lesart gewählt wird, denn jede Fehlinterpretation führt zu teuren Reanalysen. Die mentale Statistik wird kontinuierlich aktualisiert. Jedes neue Vorkommen einer ambigen Struktur (laut der LTH werden in der Statistik nur die Frequenzen *ambiger* Lesarten gespeichert), speziell der *final parse* dieser Struktur, beeinflusst sie. Der individuelle Sprachverarbeitungsapparat wird durch den Input 'getunt', wird also auf seine Eingabe abgestimmt.

Corley (1996) betont, daß die LTH kein einzelnes Verarbeitungsmodell ist, sondern vielmehr eine *Klasse* von Modellen umfaßt, die nach Parsingarchitektur und Art der geführten Statistik variieren können. Gemeinsam sind den dieser Klasse angehörenden Modellen die beiden folgenden Eigenschaften:

- 1) The HSPM [human sentence processing mechanism] is a probabilistic serial, or weighted parallel, device, in which an initial commitment is specified as the only, or favoured, analysis at the point at which an ambiguity is encountered.
- 2) The only determinant of an initial commitment for any ambiguity is that, given that any analyses are syntactically allowable, the analysis chosen will be the one to which an individual has previously been most frequently exposed. (Corley, 1996: 72)

Lediglich einzelne Arbeitsmodelle der LTH müssen Festlegungen in bezug auf Architektur und die Sensitivität der Statistik treffen.

Gibson, Pearlmutter, Canseco-Gonzalez & Hickok (1996) weisen darauf hin, daß es eine schwache und eine starke Version der LTH gibt. Die schwache Version (z.B. Cuetos & Mitchell, 1988; Mitchell, Cuetos & Zagar, 1990) läßt zumindest eine *indirekte* Beziehung zwischen Grammatik und Parsing zu. Sie geht davon aus, daß Parameterausprägungen der Grammatik zu bestimmten statistischen Präferenzen führen, die der Parser erlernt. Die ebenfalls angedachte starke Version (z.B. Cuetos & Mitchell, 1988; Mitchell, 1994) vertritt die Auffassung, daß zwischen Parametern der Grammatik und den Präferenzen beim Parsing keine Beziehung besteht. Vielmehr wird der Parser unabhängig von

der Grammatik parametrisiert, und zwar allein auf Grundlage statistischer Gegebenheiten in seiner Eingabe.

Als ersten, unverbindlichen Ansatz für ein Repräsentationsformat der internen Statistik beschreiben Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert (1995) eine zweiteilige Tabelle für jede ambige syntaktische Konstruktion. Der erste Teil besteht aus einer Untertabelle, die die Frequenzen enthält, mit der der Sprachverarbeitungsapparat die alternativen Lesarten der spezifischen ambigen Konstruktion angetroffen hat. Der zweite Teil besteht aus Angaben von sprachlichen Einschränkungen (*linguistic constraints*), unter denen die Frequenzzählungen vorgenommen wurden. Tabelle 4 zeigt ein Beispiel für solch eine Tabelle mit rein hypothetischen Werten. Die Art der sprachlichen Einschränkungen unterliegt prinzipiell keinerlei Beschränkungen.

Tabelle 4 (nach Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert, 1995: 7)

Datensatz-Nr.	Anzahl von Anbindungen an den...		Zählung abhängig von der Bedingung:
	...ersten Anbindungspunkt	...zweiten Anbindungspunkt	
1	350	600	kein Adjektiv in erster NP
2	180	315	ein Adjektiv in erster NP
3	3	5	erstes N = <i>wife</i>
4	30	80	Genus der ersten NP = fem.; Numerus der ersten NP = Sing.
5	210	400	Präposition der PP = <i>of</i>

Der Prozeß der Auflösung von Ambiguitäten wird von Mitchell et al. bisher folgendermaßen beschrieben:

- 1) Klassifiziere die zu analysierende Struktur in bezug auf die in der Statistik gespeicherten Kategorien.
- 2) Lies aus der gespeicherten Statistik die dominante Strukturinterpretation heraus.
- 3) Kopiere diese Interpretation in die sich im Aufbau befindliche Struktur für den aktuell bearbeiteten Satz.

Die LTH befaßt sich nicht mit der Frage, in welcher Form die Statistik im Individuum physiologisch implementiert ist, sondern bewegt sich auf einer abstrakten Modellierungsebene. Trotz der symbolisch orientierten Matrizenschreibweise wäre also eine sub-

symbolische Repräsentation in künstlichen oder natürlichen neuronalen Netzen mit der LTH kompatibel.

Da die sprachliche Eingabe nicht für alle Individuen einer Sprachgemeinschaft dieselbe ist, geht die LTH davon aus, daß individuelle Unterschiede in der Sprachverarbeitung existieren. Sie liefert damit – anders als z.B. prinzipienbasierte Modelle – eine theoretische Begründung für die inter-individuelle Varianz, die in allen Experimentaldaten gefunden wird.

### Empirische Evidenz für die Gültigkeit der *Linguistic Tuning* -Hypothese

Der Idealfall der empirischen Überprüfung der LTH bestünde darin, alle Sprachdaten, die ein Individuum von Beginn seiner akustischen und visuellen Wahrnehmungsfähigkeit an als Eingabe hat, zu sammeln und statistisch zu analysieren. Anschließend könnte in sprachpsychologischen Experimenten überprüft werden, ob das betreffende Individuum ein dieser *previous exposure* entsprechendes Verhalten zeigt.

Diese Vorgehensweise ist aus naheliegenden Gründen natürlich nicht möglich. Cuetos, Mitchell & Corley (1996) haben aber versucht, sich dieser Idealmethode anzunähern, um empirische Hinweise auf die Gültigkeit der LTH zu erhalten. Dazu untersuchten sie Verarbeitungspräferenzen für Relativsatzanbindungen an komplexe NPn wie (52) bei spanischen Kindern verschiedener Altersstufen.

- (52) Alguien disparó contra <sub>NP komplex</sub> [<sub>NP1</sub> [el criado] de <sub>NP2</sub> [la actriz]] *que estaba en el balcón.*

Jemand erschoss <sub>NP komplex</sub> [<sub>NP1</sub> [den Diener] <sub>NP2</sub> [der Schauspielerin]], {der/die} auf dem Balkon war.

Die Ausgangshypothese war, daß Kinder *vor* einem ausreichenden Kontakt mit der Sprache, also ohne genügend statistische Evidenz, keinerlei Präferenz in die eine oder andere Richtung haben sollten und dementsprechend bei einer ambigen Relativsatzanbindung zu 50% die hohe (NP1) und zu 50% die tiefe Anbindung (NP2) bevorzugen. Erst mit zunehmender Menge an verarbeiteten Sprachdaten bildet sich dieser Hypothese nach die gleiche Präferenz heraus, die die Erwachsenensprache auszeichnet. Im Spanischen besteht empirisch nachgewiesen eine Präferenz zur hohen Anbindung (Cuetos & Mitchell, 1988; Mitchell & Cuetos, 1991).

Eine Fragebogenuntersuchung bestätigte die Vorhersage der LTH. Es gab eine signifikante positive Korrelation zwischen dem Alter der Kinder und dem Anteil der Sätze, für die sie eine hohe Anbindung bevorzugten (Tabelle 5).

Tabelle 5: Anteil der Relativsätze, für die spanische Kinder eine hohe Anbindung bevorzugen (nach Cuetos, Mitchell & Corley, 1996: 177).

2. Schuljahr / 7 Jahre	59,1%
3. Schuljahr / 8 Jahre	72,7%
4. Schuljahr / 9 Jahre	74,9%

Einen Hinweis darauf, daß individuell verschieden ausgeprägte Präferenzen bei Erwachsenen über die Zeit stabil sind, lieferte eine Untersuchung von Corley (1996) zu einer mit (52) vergleichbaren Konstruktion im Englischen. Zunächst ließ Corley Versuchspersonen in einer Vervollständigungsaufgabe Satzanfänge wie (53a, b) mit einem Relativsatz weiterführen, der mit *who/which were* begann. Aus den Fortführungen ließ sich erkennen, daß in 64% der Fälle eine tiefe Anbindung bevorzugt wurde (wobei es eine extrem große Varianz unter den Versuchspersonen gab: die NP2-Anbindungshäufigkeit variierte von 0-100%).

- (53) (a) The court heard about the investigators of the murders ...  
 (b) The court heard about the murders of the investigators ...

Nach drei Wochen wurde mit denselben Versuchspersonen diese Aufgabe wiederholt. Dabei wurde den Versuchspersonen, denen bei der ersten Durchführung die (a)-Version eines Satzes wie (53) präsentiert worden war, die (b)-Version zur Vervollständigung vorgelegt und umgekehrt. Dies wurde gemacht, um zu überprüfen, ob der Relativsatz an eine bestimmte *Position* angebunden wurde oder an ein bestimmtes *Lexem* (entweder aufgrund spezifischer Eigenschaften des Lexems oder der Erinnerung der Versuchspersonen an den ersten Durchgang des Experiments).

Im zweiten Durchgang wurde die NP2-Anbindung zu 62% gewählt. Bei der Analyse der Anzahl der Anbindungspunkte nach Individuen zeigte sich, daß eine hohe Korrelation zwischen den beiden Durchgängen bestand ( $r = 0.799$ ,  $p \ll 0.001$ ). Versuchspersonen hatten also über die Zeit stabile Präferenzen für Anbindungen an bestimmte *Positionen*. Eine mögliche Erinnerung der Versuchspersonen an die eigenen Antworten aus dem ersten Durchgang (*cued recall*) hätte nur zur Schwächung dieser Korrelation führen können.

Bei dieser Untersuchung handelte es sich um eine Off-line-Untersuchung mit all ihren bekannten Schwächen, und um eine Sprachproduktionsaufgabe dazu. Um individuelle Präferenzen auch in einer On-line-Rezeptionsaufgabe zu testen, führte Corley ein Experiment mit selbstgesteuertem Lesen mit Sätzen wie (54a, b) durch.

- (54) (a) The pied piper ensnared the children of the mayor *who was* known to be tone deaf.  
(b) The pied piper ensnared the children of the mayor *who were* known to be tone deaf.

In diesen Sätzen wird die Relativsatanbindung schon sehr früh, nämlich durch das auf das Relativpronomen folgende Auxiliärverb disambiguiert. Die Analyse der Lesezeiten für die kritische Region, *who was* bzw. *who were*, zeigte keine signifikanten Unterschiede, wenn sie über alle Versuchspersonen durchgeführt wurde. Eine Aufteilung der Versuchspersonen in eine Gruppe, die in der vorher durchgeführten Vervollständigungsaufgabe die NP1-Anbindung präferiert hatte, und eine zweite Gruppe, die dort bevorzugt an die NP2 angebunden hatte, zeigte ein differenzierteres Bild, das ganz den Vorhersagen der LTH entspricht. Die Gruppe, die bevorzugt NP1-angebundene Relativsätze produziert hatte, verarbeitete NP1-Anbindungen schneller (obwohl n.s.), schien also die NP1-Anbindung als erste Lesart auszuwählen. Die NP2-Gruppe zeigte eine signifikant schnellere Verarbeitung von NP2-Anbindungen, hatte also nicht nur bei der Produktion, sondern auch beim Lesen eine entgegengesetzte Präferenz.

Der Regelfall der empirischen Überprüfung von Vorhersagen der LTH besteht aber nicht in der geschilderten Entwicklungsstudie bzw. der Untersuchung tatsächlicher *individueller* Präferenzen. Im Normalfall wird Datenmaterial untersucht, das eine möglichst gute Annäherung an die *previous exposure* eines Individuums darstellt. Dazu werden große Sprachkorpora, die möglichst repräsentativ für die (zumindest geschriebene) Spracheingabe eines Individuums sind, statistisch analysiert (zum Problem der Repräsentativität vgl. Abschnitt 6.1). Die so gewonnenen Frequenzinformationen für bestimmte sprachliche Konstruktionen werden verglichen mit den Lesezeiten für diese Konstrukte in sprachpsychologischen Experimenten, bei deren Auswertung durch Mittelung vom Individuum abstrahiert wird.

#### (Korpus-) Evidenz aus verschiedenen Sprachen

Im Rahmen der LTH sind verschiedene Sprachen untersucht worden. Als wohl wichtigstes Ergebnis konnte gezeigt werden, daß sich bei der Relativsatanbindung an komplexe NPn die Präferenzen der Sprecherinnen und Sprecher verschiedener Sprachen unterscheiden, was gegen eine universelle Parsingstrategie bzw. einen prinzipienbasierten Parser spricht. Es muß also zumindest eine sprachspezifische Parametrisierung stattfinden. Anbindungspräferenzen für diese Konstruktion entsprechen im Englischen den Vorhersagen des lange Zeit dominanten GP-Modells, denn es wird die tiefe Anbindung bevorzugt (Cuetos & Mitchell, 1988; Thornton, Gil & MacDonald, 1998). Auch im Italienischen (De Vincenzi & Job, 1993; 1995) und im brasilianischen Portugiesisch (Miyamoto, 1998)

besteht eine Präferenz für die NP2-Anbindung. Für die meisten anderen bisher untersuchten Sprachen wurde experimentell eine Präferenz für den hohen Anbindungspunkt nachgewiesen: Spanisch (Cuetos & Mitchell, 1988; Mitchell & Cuetos, 1991), Französisch (Zagar, Pynte & Rativeau, 1997; Mitchell, Cuetos & Zagar, 1990), Deutsch (Hemforth, Konieczny & Scheepers, 1994; im Druck a; im Druck b) und Niederländisch (Brysbaert & Mitchell, 1996).

Um die These zu erhärten, daß diese einzelsprachspezifisch unterschiedlich ausgeprägte Präferenz für bestimmte Anbindungspunkte tatsächlich in der unterschiedlichen Frequenz der alternativen Lesarten begründet ist, müssen diese experimentell erzielten Ergebnisse mit entsprechenden Frequenzdaten aus den einzelnen Sprachen verglichen werden. Bevor überhaupt mit der Erhebung solcher Daten in Sprachkorpora begonnen werden kann, muß die Frage der Granularität (vgl. Abschnitt 5.4.3) der zu zählenden Daten beantwortet werden.

Die Problematik, die angemessene Ebene für die Datenerhebung zu bestimmen, wird von den Befürwortern der LTH selbst aufgegriffen und von Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert (1995) an folgendem Beispiel (55) illustriert:

- (55) (a) Someone stabbed<sub>NP</sub>[the wife]<sub>PP</sub>[of the football star]<sub>RelSatz</sub>[who was outside the house].  
 (b) Someone stabbed<sub>NP</sub>[the estranged wife]<sub>PP</sub>[of the movie star]<sub>PP</sub>[outside the house].

Um zu entscheiden, an welchen Kopf (*wife* oder *football star*) der Relativsatz in (55a) angebunden wird, könnte hier z.B. auf Einträge für Anbindungspräferenzen bei syntaktischen Strukturen der Form *NP PP RelSatz* zurückgegriffen werden, also auf strukturelle Informationen ohne Bezug zur Lexik. Ebenso könnten zur initialen Anbindung in (55b) die Werte für *NP PP PP* herangezogen werden. Aber es ist theoretisch auch möglich, daß der MSVA seine Zählungen auf noch höherer Ebene vornimmt und Fälle wie (55a) und (55b) zu *NP PP Modifikator* zusammenfaßt, oder sogar zu *NP Modifikator1 Modifikator2* und damit sehr stark von den Eingabedaten abstrahiert.

Umgekehrt ist es auch möglich, daß für die Zählung nahezu beliebig fein differenziert wird. Das würde z.B. bedeuten, daß nicht alle *NP PP RelSatz*-Strukturen gemeinsam erfaßt würden, sondern daß getrennt gezählt würde, welche Präposition enthalten ist, ob die NP ein Adjektiv enthält, ob die Nomen belebt oder unbelebt sind, ob der Ausdruck vor oder nach dem Matrixverb des Satzes auftaucht etc. Im Extremfall könnten separate Statistiken für Relativsatzanbindungen an einzelne Nomen (*wife*, *football star*), vielleicht sogar einzelne Nomen an bestimmten Satzpositionen, geführt werden.

In bezug auf die Granularität ist die LTH noch deutlich unterspezifiziert. Die Befürworter der LTH schließen keine Ebene prinzipiell aus. Insbesondere wird die Möglichkeit eingeräumt, daß der Parsing-Prozeß als ganzer nicht von der Verwendung einer einzigen Art von Körnung dominiert wird, sondern daß bei der Analyse unterschiedlicher Strukturen auch unterschiedliche Frequenzdaten genutzt werden, z.B. grobe Maße für die Anbindung von Adjunkten und feine Maße für Ambiguitäten, die im Zusammenhang mit Verbargumenten auftreten. Insbesondere Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert (1995) lassen aber eine klare Präferenz für das Führen einer relativ groben Statistik, also einer Statistik oberhalb der lexikalischen Ebene, erkennen.

Unter Verwendung einer solchen relativ groben Granularität gibt es einige Korpuszählungen, die die Vorhersagen der LTH stützen. Beispielsweise zitieren Cuetos, Mitchell & Corley (1996) eine eigene Untersuchung eines spanischen Korpus, in dem 60% der Relativsätze an die NP1 angebunden waren, während das bei einem vergleichbaren englischen Korpus nur in 38% aller Sätze der Fall war. Dies entspricht den experimentell gezeigten Präferenzen (siehe oben) in diesen beiden Sprachen.

Auch im Französischen ergab eine Korpusstudie, die Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert (1995) zitieren, die Wahl des hohen Anbindungspunktes in 65,1% aller Fälle und damit eine Übereinstimmung mit den Lesezeitdaten. Dies war allerdings nur dann der Fall, wenn man über alle NPn, also solche mit definitivem und indefinitem Artikel zählte. Eine separate Analyse der Sätze mit komplexen NPn, die nur definite Artikel enthielten, also

Artikel1<sub>def</sub> Nomen1 de Artikel2<sub>def</sub> Nomen2

(z.B. *le sable de la plage*) führte zu einer umgekehrten Frequenzverteilung. Hier war zu 63,4% die NP2-Anbindung korrekt. Auch dieses Ergebnis spricht nach Meinung von Mitchell et al. für eine grobkörnige Statistik, d.h. hier, eine Statistik, die Angaben über Definitheit ignoriert.

### Gegenevidenz

Ein aus Sicht der LTH beunruhigendes Ergebnis liefern allerdings Daten des Niederländischen. Die Verarbeitungspräferenz für die NP1-Anbindung ist empirisch sehr gut belegt (Brysbaert & Mitchell, 1996). Die Bevorzugung der NP1 ist so stark, daß niederländische Versuchspersonen sogar die Tendenz haben, Genusinformationen zu ignorieren, die eine NP2-Anbindung erzwingen.

Dies zeigt sich an einem von Brysbaert & Mitchell durchgeführten Experiment mit Sätzen wie (56a-d).

- (56) (a) De gangsters/schoten/ op de *zoon*/ van de *actrice* / **die**/ op het balkon/ zat/ met **zijn** arm/ in het gips.  
Die Verbrecher schossen auf den Sohn der Schauspielerin, {der/die} auf dem Balkon stand mit seinem Arm in Gips.
- (b) De gangsters/schoten/ op de *zoon*/ van de *actrice* / **die**/ op het balkon/ zat/ met **haar** arm/ in het gips.  
Die Verbrecher schossen auf den Sohn der Schauspielerin, {der/die} auf dem Balkon stand mit ihrem Arm in Gips.
- (c) De gangsters/schoten/ op het *zoontje*/ van de *actrice* / **dat**/ op het balkon/ zat/ met **zijn** arm/ in het gips.  
Die Verbrecher schossen auf den kleinen Sohn der Schauspielerin, {der/die} auf dem Balkon stand mit seinem Arm in Gips.
- (d) De gangsters/schoten/ op het *zoontje*/ van de *actrice* / **die**/ op het balkon/ zat/ met **haar** arm/ in het gips.  
Die Verbrecher schossen auf den Sohn der Schauspielerin, {der/die} auf dem Balkon stand mit ihrem Arm in Gips.

Im Niederländischen gibt es nur zwei Relativpronomen, *die* und *dat*. *Dat* dient ausschließlich dazu, einen Relativsatz an eine NP im Neutrum Singular anzubinden, in allen anderen Fällen wird *die* verwendet. Die Disambiguierung der Anbindung des Relativsatzes findet in (56a) und (56b) also erst relativ spät statt, nämlich erst bei dem Possessivpronomen *zijn* (seinem) bzw. *haar* (ihrem). Anders ist das bei (56c) und (56d). Einer der potentiellen Köpfe (*het zoontje* – das Söhnchen) ist eine NP im Neutrum, eindeutig durch den definiten Neutrum-Artikel *het* gekennzeichnet. Es ist also sicher, daß das Relativpronomen *dat* in (56c) auf diesen Kopf verweist, und eine sehr frühe Disambiguierung ist deshalb möglich. Genauso klar ist, daß sich das Relativpronomen *die* in (56d) auf die NP im Femininum, *de actrice* bezieht. Die Possessivpronomen in den hinteren Satzteilen von (56c) und (56d) liefern lediglich zusätzliche disambiguierende Information.

Brybaert & Mitchell führten mit diesen Konstruktionen u.a. Blickbewegungsuntersuchungen durch. Verschiedene Meßweisen (Lesezeit für den ganzen Satz, *cumulative region reading time*, *re-reading time*, *total reading time per region*) führten zum gleichen Ergebnis. Generell zeigen sich für die disambiguierende Region *met zijn/haar arm* dann verlängerte Lesezeiten, wenn das Possessivpronomen die NP2-Anbindung erzwingt. Erstaunlicherweise zeigt sich dieser Effekt auch dann deutlich, wenn schon das Relativpronomen genuseindeutig ist und deshalb im Prinzip gar kein Holzwegeffekt entstehen kann. In der Region des Relativpronomens selbst tauchen noch keine verlängerten Verarbeitungszeiten für die NP2-Anbindung auf, eher ist sogar eine Tendenz in die andere Richtung beobachtbar.

Es scheint also der Fall zu sein, daß Relativsätze mit einem mehrdeutigen Relativpronomen nicht anders verarbeitet werden als solche, die ein aussagekräftiges, weil genuseindeutiges Relativpronomen enthalten. Die Genusinformation wird im *initial parse* nicht genutzt oder von anderen Effekten überdeckt.

Diesen Lesezeitergebnissen gegenüber stehen Korpusuntersuchungen von Mitchell & Brysbaert (1998), die für das Niederländische eine solide NP2-Präferenz vorhersagen. Von 469 Sätzen mit eindeutig entscheidbarer Relativsatzanbindung aus vier niederländischen Zeitungen und Zeitschriften zeigten nur 30,7% eine NP1-Anbindung und 69,3% eine NP2-Anbindung. Auch unter Verwendung verschiedener Granularitäten blieb es bei diesen Häufigkeitsverhältnissen. Die Autoren versuchen zur Zeit, ihr Versuchsmaterial für On-line-Untersuchungen stärker am Korpusmaterial auszurichten, um die Hypothese zu untersuchen, daß das Experimentalmaterial irgendeinen künstlichen *bias* bewirkte. Ansonsten bleibt diese Abweichung von Experimentalergebnissen und Korpusfrequenzen gänzlich unerklärt.

## Diskussion

Die LTH hat das historische Verdienst, als erstes Satzverarbeitungsmodell auf einzelsprachspezifische Unterschiede bei der Satzverarbeitung hingewiesen und damit über alle Modelle hinweg – auch solche, die Frequenz als Einflußfaktor ausschließen – ein Reihe von sprachenübergreifenden Forschungen angestoßen zu haben. Die LTH hat außerdem den Vorzug, theoretisch ungeheuer sparsam zu sein: Ein einziges Prinzip soll die Verarbeitung sämtlicher sprachlicher Strukturen erklären, und das nicht nur für *eine* Sprache, sondern für alle Sprachen dieser Welt.

Um konkrete, empirisch überprüfbare Hypothesen zu generieren, muß jedes Satzverarbeitungsmodell eine Reihe von Parametern spezifizieren. Auf diesem Gebiet weist die LTH große Schwächen auf. Zum einen legt sie sich nicht auf eine bestimmte Parsingarchitektur fest. Corley (1996) betont zwar, daß sich einzelne Arbeitsmodelle der LTH in bezug auf Architekturparameter wie Modularität, Inkrementalität, Serialität/Parallelität etc. festlegen müssen. Dies geschieht aber nur in sehr eingeschränkten Maße. Die mit der Entscheidung über die Architektur eigentlich verknüpfte Spezifizierung des Parsingprozesses in seiner Zeitlichkeit wird völlig vernachlässigt. Weder wird der propagierte erste Schritt bei der Auflösung von Ambiguität, d. h. die Klassifikation der zu analysierenden Struktur in bezug auf die in der Statistik gespeicherten Kategorien näher beschrieben, noch wird ein genauer Zeitpunkt für den Zugriff auf die gespeicherten Frequenzinformationen angegeben.

Für den zur empirischen Evaluation unverzichtbaren Vergleich von Korpusdaten und Experimentaldaten muß auch festgelegt werden, mit welcher *Granularität* (*grain size*), also auf welcher sprachlichen oder strukturellen Ebene Daten in einer mentalen

Statistik gespeichert werden. Ohne diese Festlegung ist eine Zählung im Prinzip gar nicht möglich. Die Beantwortung der Fragen in bezug auf die Körnung ist auch deshalb so wichtig, weil die Menge der alternativen Zählweisen die Gefahr der Unfalsifizierbarkeit birgt. Jedes ungünstige empirische Ergebnis könnte mit einer Zählung auf einer neuen Ebene beantwortet werden. Corley (1996) und Cuetos, Mitchell & Corley (1996) gehen allerdings davon aus, daß es keine *a priori*-Gründe für die Annahme einer bestimmten Körnung gibt und daß das Granularitätsproblem empirisch lösbar ist, nämlich dadurch, daß experimentelle Evidenz hin zu einer bestimmten Granularitätsebene konvergiert. Als notwendige Randbedingung fungiert dabei lediglich, daß für die Auflösung verschiedener Ambiguitäten die gleiche Körnung angenommen werden muß, wenn nicht klar spezifizierte theoretische Gründe dagegensprechen.

Die mangelnde Spezifizierung des Detailliertheitsgrades der Statistik ist der häufigste Kritikpunkt an der LTH (z.B. Carreiras & Clifton, 1993; Frazier & Clifton, 1996). Schließlich könnte die LTH bei entsprechender Festlegung der Granularität völlig in anderen Ansätzen aufgehen, z.B. in MCS-Ansätzen oder Abneys *Licensing Structure Parsing*.

Abgesehen von den etwas vagen Aussagen zugunsten einer grobkörnigen Statistik liegen von den Vertretern der LTH keine näheren Spezifikationen der Zählweise vor. Eine Reihe von weiteren Fragen wird gar nicht diskutiert oder nicht beantwortet:

- Werden Häufigkeiten als absolute Häufigkeiten gezählt? Tabelle 4 (Seite 84) vermittelt diesen Eindruck. Wenn ja, wie kann die an logarithmische Verhältnisse erinnernde Beziehung zwischen häufigen und seltenen Wörtern erklärt werden? (Der Vergleich mit dem Zugriff auf das mentale Lexikon zeigt: Ein zehnmal selteneres Wort erfordert nicht eine zehnmal längere Zugriffszeit.)
- Was passiert, wenn die Frequenzen keine eindeutige Antwort liefern? Welche Faktoren nehmen dann Einfluß? Wird dann möglicherweise eine andere Verarbeitungsstrategie verfolgt?
- Wie werden einander überschneidende Frequenzinformationen verschiedener Ebenen in der Statistik miteinander verrechnet?
- Welche sprachlichen Beschränkungen (vgl. Tabelle 4) sind bei den Zählungen relevant?
- Werden bestimmte Informationen in der Eingabe stärker gewichtet als andere?

Generell muß zudem festgestellt werden, daß im Umfeld der LTH noch viel zu wenig Korpusstudien durchgeführt wurden bzw. daß nur sehr wenige davon veröffentlicht worden sind. Zu vielen dieser Studien liegen keine genauen Angaben darüber vor, wie groß

die Korpora genau waren, welcher Textsorte sie angehörten, mit welcher genauen Granularität die Konstruktionen gezählt wurden etc.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die LTH eine große Bedeutung für die aktuelle Entwicklung der Satzverarbeitungsforschung hat, jedoch zu den theoretisch am wenigsten ausgearbeiteten Modellen gehört.

## 4.4 Das probabilistische Modell von Jurafsky

Das probabilistische Satzverarbeitungsmodell von Jurafsky (1996) ist seinem Anspruch nach noch umfassender als die bisher beschriebenen Modelle. Ein einziger Mechanismus soll sowohl den *Zugriff* als auch die *Disambiguierung* auf lexikalischer, idiomatischer und syntaktischer Ebene modellieren. Dahinter steht – ähnlich wie bei den *Multiple constraint satisfaction*-Modellen – die Auffassung vom MSVA als einem nicht-modularen, einheitlichen System.

Jurafskys Modell basiert auf einem parallelen Parser. Da das Arbeitsgedächtnis nur über eine begrenzte Kapazität verfügt und es deshalb nicht beliebig viele Lesarten gleichzeitig verwalten kann, wird die Parallelität durch zwei Arten von *Pruning*-Prozessen beschränkt: *Access Pruning* sorgt dafür, daß unwahrscheinliche Einheiten des mentalen Lexikons und der mentalen Grammatik gar nicht erst aktiviert werden. *Disambiguation Pruning* schränkt die Zahl der schon aktivierten und integrierten Konstruktionen ein, indem die unwahrscheinlichsten aus dem Arbeitsgedächtnis eliminiert werden.

Die Auftretenswahrscheinlichkeit für eine sprachliche Konstruktion wird auf der Grundlage statistischer Informationen über ihre relative Vorkommenshäufigkeit in einem Korpus errechnet.<sup>8</sup> Dabei werden die bedingten Wahrscheinlichkeiten dieser Konstruktion sowohl für den Zugriff als auch für die Disambiguierung nach einem einheitlichen Algorithmus berechnet, der sowohl *top-down*- als auch *bottom-up*-Evidenz in die Berechnung einbezieht. Jurafsky realisiert diesen Algorithmus mit einem *left-corner*-Parser, d.h. einem Parser, der zunächst *bottom-up* arbeitet und sobald ausreichend Hinweise – syntaktischer, semantischer oder lexikalischer Natur – auf übergeordnete Strukturen vorliegen, zu *top-down*-Verarbeitung übergeht und erwartungsbasiert vorgeht. Mit dem *left-corner*-Ansatz entspricht Jurafsky durchaus psychologischen Adäquatheitskriterien (Johnson-Laird, 1983). Empirische Befunde zeigen, daß bei der Verarbeitung sprachlicher Eingabe weder rein *bottom-up* vorgegangen wird, Verarbeitung also nicht allein auf

---

<sup>8</sup> Die errechneten Wahrscheinlichkeiten gelten natürlich nur in bezug auf das zugrundegelegte Korpus. In bezug auf die Sprache im allgemeinen handelt es sich lediglich um eine *Schätzung* der Auftretenswahrscheinlichkeit.

Grundlage des vorhandenen sprachlichen Materials stattfindet, noch rein *top-down*, d.h. nur erwartungsbasiert.

Sowohl das *access pruning* als auch das *disambiguation pruning* werden mit Hilfe einer Strahlsuche (*beam search*) realisiert. Das bedeutet, daß zunächst *alle* in Frage kommenden lexikalischen und syntaktischen Einheiten parallel aktiviert werden. Es bleiben jedoch nur diejenigen aktiviert, die höchstens um einen konstanten Faktor unwahrscheinlicher sind als die wahrscheinlichste Einheit. Dieser konstante Faktor wird durch die Strahlbreite (*beam-width*) dargestellt. Für den mentalen Zugriff postuliert Jurafsky einen Zugriffsschwellenwert (*access threshold*)  $\alpha$  und nimmt an, daß es sich dabei um eine universelle Konstante der Sprache handelt. Es ist ihm allerdings nicht möglich, einen numerischen Wert für  $\alpha$  anzugeben, und er behandelt das *access pruning* auch nicht weiter.

Unterschiedliche Lesarten ambiger Strukturen haben in der Regel unterschiedliche Auftretenswahrscheinlichkeiten. Jurafsky nutzt diese Unterschiede zur Modellierung zweier Eigenschaften seines Parsers. Zum einen kann er aufgrund der Wahrscheinlichkeitswerte vorhersagen, welche der möglichen Lesarten der Parser bevorzugt. Zum anderen kann er – und hier kommt das *disambiguation pruning* ins Spiel – für bestimmte Lesarten einen GP-Effekt vorhersagen, nämlich dann, wenn die global richtige Lesart aufgrund der für sie errechneten Wahrscheinlichkeit um mindestens einen konstanten Faktor unwahrscheinlicher ist als die (lokal) wahrscheinlichste Lesart und deshalb schon vor Eintreffen disambiguierender Information eliminiert wurde. Jurafsky propagiert für die Strahlbreite beim *disambiguation pruning* den empirischen Wert von 5.

Die Arbeitsweise des Modells in Bezug auf das *disambiguation pruning* soll hier an zwei Beispielen aus Jurafsky (1996) illustriert werden. Die dabei verwendeten Wahrscheinlichkeitswerte stammen aus statistischen Analysen des *Brown Corpus* (Francis & Kučera, 1982) und der *Penn Treebank* (Marcus, Santorini & Marcinkiewicz, 1993), einem großen, syntaktisch analysierten Zeitungskorpus des Englischen.

Das erste Beispiel zeigt das Zusammenspiel von Argumentstruktur-Wahrscheinlichkeiten und Konstituentenstruktur-Wahrscheinlichkeiten bei der Disambiguierung der strukturell ambigen Phrase *keep the dogs on the beach*. Diese Phrase hat mindestens zwei mögliche Interpretationen. Abbildung 6a zeigt eine Lesart, bei der neben der NP auch die PP als Verbargument interpretiert wird und deshalb direkt an den VP-Knoten angebunden wird. Abbildung 6b illustriert eine Lesart, bei der *keep* lediglich eine NP als Argument nimmt und die PP deshalb die NP modifiziert. Die von Jurafsky aus dem Korpus berechneten Wahrscheinlichkeitswerte für die relevanten Argumentstrukturrahmen und Konstituentenstrukturen sind jeweils angegeben.

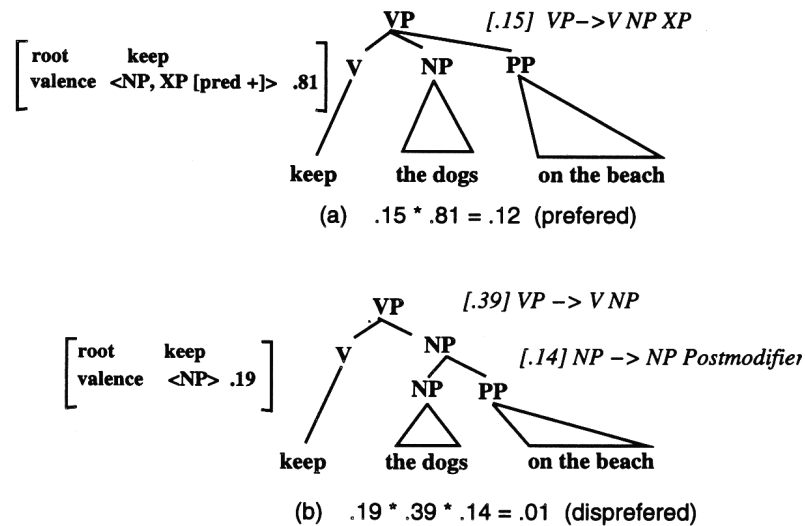


Abbildung 6: Wahrscheinlichkeiten alternativer Interpretationen der Phrase *keep the dogs on the beach* (aus Jurafsky, 1996: 167). Bei den angegebenen Werten für die Valenzschemata handelt es sich um aus dem Korpus errechnete Werte.

Um die Gesamtwahrscheinlichkeit für die jeweilige Lesart zu berechnen, multipliziert Jurafsky die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen lexikalischen und syntaktischen Elemente, die in den Strukturen verwendet werden, miteinander. Das Ergebnis dieser Berechnung zeigt, daß die Verbanbindung zwölfmal wahrscheinlicher ist als die Nominalanbindung. Jurafskys Modell sagt also eine Bevorzugung der Lesart in Abbildung 6a vorher und entspricht damit empirischen Ergebnissen von Ford, Bresnan & Kaplan (1982).

Nimmt man die gleiche Berechnung für die Phrase *discuss the dogs on the beach* vor, also eine Phrase, die ein Verb mit einer anderen präferierten Argumentstruktur enthält, kommt man zu einem anderen Ergebnis (Abbildung 7a und b).

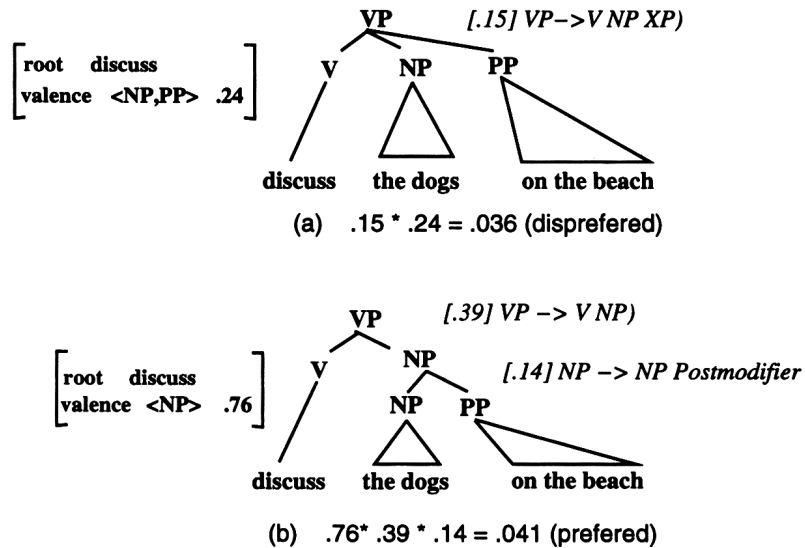


Abbildung 7: Wahrscheinlichkeiten alternativer Interpretationen der Phrase *discuss the dogs on the beach* (aus Jurafsky, 1996: 168). Bei den angegebenen Werten für die Valenzschemata handelt es sich um aus dem Korpus errechnete Werte.

Hier wird *the dogs on the beach* präferiert als komplexe NP interpretiert (Abbildung 7b). Diese Präferenz ist aber nicht so stark, daß die alternative Interpretation eliminiert wird. Es wird also für den Fall, daß im Anschluß an diese Phrase disambiguierendes Material auftaucht, das die nicht-präferierte Lesart als die richtige erkennen läßt, kein GP-Effekt vorhergesagt.

Im obigen Beispiel liegt die Ambiguität der Phrasen in erster Linie in den unterschiedlichen Argumentstrukturrahmen der Verben begründet. Das zweite Beispiel ist ein Satz, der wortklassenambige Wörter enthält (57). Dieser Satz führt bei vielen Lesern zu einem starken GP-Effekt, weil zunächst *The complex houses* als eine NP, die ein Adjektiv enthält, gelesen wird. Tatsächlich richtig ist aber eine Interpretation, die *complex* als Nomen und *houses* als Verb liest.

(57) The complex houses married and single students and their families.

Jurafsky gibt für die beiden Lesarten die folgenden Wahrscheinlichkeitswerte für die relevanten Phrasenstrukturregeln und Lexeme an:

*Adjektiv-Nomen-Lesart:*

S → NP ... [.92]  
 NP → Det Adj N ... [.28]  
 Adj → complex [.00086]  
 N → house [.0024]  
 N → ROOT s [.23]  
 (präferiert:  $1.2 \cdot 10^{-7}$ )

*Nomen-Verb-Lesart:*

S → [NP [VP [V ... [.48]  
 NP → Det N [.63]  
 N → complex [.000029]  
 V → house [.0006]  
 V → ROOT s [.086]  
 (nicht präferiert:  $4.5 \cdot 10^{-10}$ )

Die präferierte Lesart ist nach dieser Berechnungsmethode 267-mal wahrscheinlicher als die alternative Lesart. Dieser Wert liegt deutlich über dem von Jurafsky genannten Wert für die Strahlbreite von 5. Entsprechend wird die nicht-präferierte Lesart fallengelassen und das Auftreten des GP-Effekts richtig vorhergesagt.

**Diskussion und Kritik**

Es ist ein Vorzug des probabilistischen Modells von Jurafsky, daß seine Arbeitsweise recht genau spezifiziert ist, wesentlich genauer als beispielsweise die der LTH. Dies erleichtert die theoretische Auseinandersetzung mit dem Modell, was sich in einer ganzen Reihe von Kritikpunkten niederschlägt.

*1) Der Zeitpunkt des Vergleichs von Wahrscheinlichkeitswerten*

Der wichtigste dieser Kritikpunkte bezieht sich auf den in einem parallelen Modell unumgänglichen direkten Vergleich zwischen Wahrscheinlichkeitswerten. In einem inkrementellen Modell menschlicher Sprachverarbeitung muß exakt spezifiziert werden, zu welchem Zeitpunkt im Verarbeitungsprozeß dieser Vergleich stattfindet. Diese Spezifizierung ist in Jurafskys Modell nicht ausreichend realisiert.

Im obigen Beispiel (57) findet dieser Vergleich (und das dadurch bedingte Pruning) nach der Verarbeitung von *houses* statt. Bei Annahme einer inkrementellen Verarbeitung wäre das Pruning jedoch schon nach der Bearbeitung von *complex* möglich. An dieser Satzposition ist unter Verwendung der von Jurafsky angegebenen Wahrscheinlichkeitswerte die Adjektiv-Lesart für *complex* bereits 13mal wahrscheinlicher als die Nomen-Lesart, ein Wert, der wieder deutlich über der Strahlbreite von 5 liegt:

*Adjektiv-Lesart:*

S → NP ... [.92]  
 NP → Det Adj N ... [.28]<sup>9</sup>  
 Adj → complex [.00086]  
 (präferiert:  $2.2 \cdot 10^{-4}$ )

*Nomen-Lesart:*

S → NP ... [.92]  
 NP → Det N [.63]  
 N → complex [.000029]  
 (nicht präferiert:  $1.7 \cdot 10^{-5}$ )

Der GP-Effekt kann also unter Verwendung des probabilistischen Ansatzes bereits *vor* der Verarbeitung von *houses* vorhergesagt werden. Diese Tatsache macht für die Bewertung des Satzes (57) als GP-erzeugend keinen Unterschied. Sie wird jedoch entscheidend für einen Satzanfang wie (58).

(58) The complex was ...

Unter Verwendung derselben Wahrscheinlichkeitswerte wie oben würde das probabilistische Modell einen GP-Effekt für Sätze wie (58) vorhersagen, der offensichtlich nicht existiert.

Um solche falschen Vorhersagen – unter Beibehaltung des Bezugs auf Wahrscheinlichkeiten – zu vermeiden, müßte beispielsweise eine *delay strategy* ähnlich wie bei Frazier & Rayner (1987) angenommen werden. Frazier & Rayner gehen davon aus, daß der MSVA bei syntaktischen Ambiguitäten, die durch Wortartambiguitäten einzelner Eingabeelemente bedingt sind, die Integration des neuen sprachlichen Materials verzögert, weil oft schon die syntaktische Kategorie des direkt folgenden Eingabeelements einen disambiguierenden Effekt hat. Bei dieser sehr lokalen Disambiguierung wird das Arbeitsgedächtnis nicht besonders stark durch noch nicht integriertes Material belastet. Würde Jurafsky solch eine Verzögerungsstrategie in sein Modell integrieren, müßte er allerdings wiederum genau spezifizieren, wie lange eine Pruning-Entscheidung herausgezögert werden kann.

## 2) Die Abhängigkeit von der Phrasenstrukturgrammatik

Die Vorhersagen dieses Modells hängen sehr stark von der Phrasenstrukturgrammatik ab, die bei der Korpuserhebung der Häufigkeiten zugrunde gelegt wird. Zum Beispiel kann eine binäre Zerlegung deutscher Verbalphrasen (wie im Rahmen der X-Bar-Theorie) ganz andere Ergebnisse bringen als eine flachere Analyse. Eine unabhängige Rechtfertigung für

---

<sup>9</sup> In der Adjektiv-Lesart sollte die Regel für die NP lauten: "NP → Det Adj ... [Wahrscheinlichkeitswert]". Da mir dieser Wahrscheinlichkeitswert nicht vorliegt, verwende ich den gegebenen Wert, da der angemessenere in jedem Fall größer ist und deshalb meiner Argumentation nicht entgegensteht.

die Verwendung einer bestimmten Phrasenstrukturgrammatik gibt es bei Jurafsky aber nicht.

Ebenso ist – ähnlich wie bei der LTH – die Granularität der gesammelten Informationen nicht ausreichend motiviert und spezifiziert. Beispielsweise verwendet Jurafsky in seinen Beispielen (vgl. Abbildung 6 und Abbildung 7) den Wahrscheinlichkeitswert für  $NP \rightarrow NP$  *nachgestellter\_Modifikator*. Eine Untergliederung des Elements *nachgestellter\_Modifikator* in *PP*, *RelSatz* etc. (also die Verwendung der Wahrscheinlichkeitswerte  $p(NP \rightarrow NP PP)$ ,  $p(NP \rightarrow NP RelSatz)$  etc.) würde vermutlich zu anderen Ergebnissen führen.

Generell problematisch ist der in Jurafskys Berechnungsweise inhärente Zusammenhang zwischen Phrasenstrukturgrammatik und Wahrscheinlichkeit. Alle Wahrscheinlichkeiten, die miteinander multipliziert werden, sind ja kleiner oder höchstens gleich 1. Je mehr Werte miteinander multipliziert werden, desto kleiner wird das Ergebnis und damit die Wahrscheinlichkeit für die Gesamtkonstruktion. (Ein Beispiel dafür war Abbildung 6a und b). Die Anzahl der verwendeten Regeln wird also zum Maß der Komplexität der Struktur. Das könnte im Prinzip ein sehr elegantes Vorgehen sein, allerdings nur dann, wenn die Regeln unabhängig motiviert wären.

### 3) Die Errechnung der Gesamtwahrscheinlichkeiten aus den Teilwahrscheinlichkeiten

Um eine zu hohe Redundanz bei der Speicherung von Wahrscheinlichkeitsdaten zu verhindern, werden bei Jurafsky – wie auch bei der LTH – Zusammenfassungen (Abstraktionen) der Daten vorgenommen und Wahrscheinlichkeiten für Konstruktionen unterhalb der Satzebene gespeichert. Um Vorhersagen für jede Art von Konstruktion machen zu können, werden für viele Konstruktionen Gesamtwahrscheinlichkeiten durch Multiplikation von Teilwahrscheinlichkeiten errechnet. Es muß hinterfragt werden, inwieweit dies sinnvoll ist. Besonders auffällig ist die Schwäche dieses Konzepts bei Lexemen. Zum Beispiel berechnet Jurafsky die Wahrscheinlichkeit, daß ein Nomen *N* zu *houses* expandiert, also  $p(N \rightarrow houses)$ , durch Multiplikation der Wahrscheinlichkeit, daß *N* zu *house* expandiert, mit der Wahrscheinlichkeit, daß ein Nomen sich aus seiner Wurzel und der Pluralendung *s* zusammensetzt. Für (fast) jedes einzelne Nomen gilt aber:

$$p(N \rightarrow n_{sg}) \cdot p(N \rightarrow ROOT s) \neq p(N \rightarrow n_{pl})$$

Im übrigen würde wegen des konstanten Faktors  $p(N \rightarrow ROOT s)$  jedes Substantiv zu gleichen Anteilen (nämlich zu 23% nach Jurafskys Korpusanalyse) im Plural vorkommen müssen.

Das gleiche Problem besteht natürlich auf Phrasenstrukturebene. An dieser Stelle ist ein Vergleich mit der LTH informativ. In der mentalen Statistik der LTH werden nur die Frequenzen *ambiger* syntaktischer Einheiten gespeichert. Im Gegensatz dazu speichert Jurafskys Modell die Wahrscheinlichkeit aller, also insbesondere auch nicht-ambiger

Strukturen. Unter Verwendung sehr flacher Strukturen auf Phrasenstrukturebene hat Jurafskys Modell große Ähnlichkeit mit der LTH, denn viele ambige Strukturen werden miterfaßt. Je stärker verzweigend die bei der Erhebung der Wahrscheinlichkeitswerte verwendeten Strukturen sind, desto weniger wird die ambige Struktur selbst noch abgebildet (und Jurafskys Beispiele vermitteln den Eindruck, daß er die Verwendung stärker verzweigender Phrasenstruktureregeln bevorzugt). Das hat den Effekt, daß phrasenübergreifende Phänomene in seiner Datenbasis theoretisch nicht erfaßt werden können. Wenn beispielsweise untersucht werden soll, ob in Sätzen wie (59) die Definitheit des Artikels der direkten Objekt-NP *a/the door* Einfluß auf die Anbindung der *with*-PP hat (Spivey-Knowlton & Sedivy, 1995, haben solch einen Einfluß gezeigt), kann dieses Phänomen vermutlich nicht aus der Multiplikation der Wahrscheinlichkeitswerte  $p(\text{NP} \rightarrow \text{Det N})$ ,  $p(\text{Det} \rightarrow \text{the})$ ,  $p(\text{VP} \rightarrow \text{NP } \dots)$  etc. vorhergesagt werden.

(59) The fireman smashed down a / the door with ...

#### 4) Interaktion von Lexik und Syntax

Die mangelnde Inkrementalität des Modells wird nicht nur darin sichtbar, daß der Zeitpunkt für den Vergleich paralleler Lesarten nicht spezifiziert ist (vgl. Punkt 1). Auch die gegenseitige Beeinflussung von lexikalischem und syntaktischem Zugriff wird nicht modelliert. Vielmehr erscheinen lexikalischer Zugriff und syntaktischer Zugriff als zwei völlig separate Prozesse. Häufig ist die Position eines wortklassenambigen Lexems im Satz allein ausreichend, um eindeutig seine Wortklasse zu bestimmen (z.B. kann in *“The houses...”* die Wortform *houses* kein Verb sein). Gerade ein Modell wie das von Jurafsky, das eine nicht-modulare Architektur des MSVAs postuliert, müßte dem gerecht werden.

Umgekehrt können bestimmte Lesarten ambiger Lexeme die Aktivierung bestimmter syntaktischer Konstrukte fördern, wie es gerade für *left-corner*-Parsing typisch ist.

#### 5) Uneingeschränkte Parallelität

Jurafsky schränkt zwar die Parallelität dadurch ein, daß nur Lesarten beibehalten werden, die nicht um ein Vielfaches unwahrscheinlicher sind als die wahrscheinlichste Lesart. Er nennt aber keine absolute Beschränkung für die Anzahl der parallelen Lesarten. Theoretisch ist die parallele Bearbeitung unendlich vieler Lesarten möglich, solange ihre Wahrscheinlichkeitswerte nur ähnlich genug sind. Jurafskys Modell ähnelt darin sehr dem von Gibson (vgl. Abschnitt 3.2.6). Diese mangelnde Einschränkung ist natürlich – bei gleichzeitiger Annahme eines beschränkten Arbeitsspeichers, die Jurafsky trifft – psychologisch sehr unplausibel.

#### 6) Wahrscheinlichkeiten als sprachpsychologisches Konzept

Jurafskys Modell ist eindeutig ein erfahrungsbasiertes Modell, denn allein die auf Basis eines Korpus von Performanzdaten errechneten Wahrscheinlichkeitswerte bestimmen die Arbeitsweise des Parsers. Jurafsky thematisiert dies jedoch nicht, und er läßt offen, wie eine Wahrscheinlichkeitsberechnung mental implementiert sein könnte.

In der Statistik erfordert die Berechnung von Wahrscheinlichkeitswerten immer eine Stichprobe einer bestimmten Größe, die einer Grundgesamtheit entnommen ist. Eine inkrementelle Erweiterung der Stichprobe ist nicht vorgesehen: Sobald ein neues Datum hinzukommt, muß die gesamte Berechnung neu durchgeführt werden. Solch ein Verfahren kann sicher nicht als psychologisch adäquat angesehen werden. Es erfordert die Speicherung der absoluten Häufigkeiten (und damit die gesamte „Historie“) für jede sprachliche Struktur, denn deren Summe wird benötigt, um relative Häufigkeiten berechnen zu können. Außerdem macht dieses „historische“ Modell ab einer bestimmten Stichprobengröße eine Veränderung der erwarteten Wahrscheinlichkeiten fast unmöglich, denn in der Wahrscheinlichkeitsrechnung hängt die Größe der Veränderung einer Wahrscheinlichkeit von der bestehenden Wahrscheinlichkeit und der Stichprobengröße ab. Ab einer gewissen Größe der Stichprobe können neu hinzukommende Werte also kaum noch Einfluß auf die Erwartungswahrscheinlichkeiten nehmen. Das menschliche Nervensystem funktioniert in dieser Hinsicht aber eher „ahistorisch“ (vgl. Abschnitt 5.4.5).

## 4.5 Frequenzbasierte Parsingmodelle: Zusammenfassung

Ich habe in diesem Kapitel diejenigen Modelle der mentalen Satzverarbeitung beschrieben, die die Frequenz sprachlicher Einheiten als einen wichtigen oder sogar als den primär entscheidenden Faktor für die Arbeitsweise des MSVAs ansehen. Insbesondere die *Linguistic Tuning*-Hypothese und das probabilistische Modell von Jurafsky sind von bestechender theoretischer Sparsamkeit. Aus einem einzigen Prinzip, Frequenz, können – zumindest theoretisch – Vorhersagen für sämtliche sprachliche Konstruktionen abgeleitet werden. Viele andere Modelle können jeweils nur für einen Ausschnitt der Menge der möglichen sprachlichen Konstrukte Vorhersagen generieren.

Darüber hinaus nehmen frequenzbasierte Modelle Bezug auf das Individuum und können deshalb prinzipiell interindividuelle Unterschiede bei der Satzverarbeitung erklären. Gleichzeitig ist das Frequenzprinzip universell auf alle Sprachen anwendbar.

Die Stärken frequenzbasierter Modelle können aber erst dann zum Tragen kommen, wenn diese Modelle genau genug spezifiziert sind, um konkrete Vorhersagen zuzulassen. In meiner Kritik an existierenden frequenzbasierten Modellen habe ich auf die einzelnen

Bereiche hingewiesen, in denen solche Modelle Defizite in der Spezifikation aufweisen oder psychologisch unplausible Annahmen treffen.

Außerdem legt die momentane Datenlage unter Verwendung der aktuellen empirischen Methoden den Schluß nahe, daß neben der Frequenz auch eine Reihe weiterer Faktoren Einfluß auf den *initial parse* nimmt, zumindest kann dies zur Zeit für keinen der potentiellen Faktoren definitiv ausgeschlossen werden. Die Ansätze im MCS-Rahmen werden dieser Tatsache schon gerecht. Dementsprechend ist in der Forschungsrichtung eine zunehmende Tendenz hin zur Entwicklung hybrider Modelle zu beobachten, in denen mehrere Faktoren den Verlauf des Parsingprozesses beeinflussen. Ich werde mich dieser Tendenz anschließen und im folgenden ein Modell des mentalen Parsings entwickeln, das den Einfluß der Frequenz sprachlicher Einheiten als eine wichtige Erklärungskomponente beinhaltet, den Einfluß anderer Faktoren jedoch ebenfalls zuläßt.

---

## 5 *Optimized Frequency Constraint (OFC):* Eine optimierte Frequenzkomponente für ein Modell des menschlichen Parsings

Die momentane Datenlage auf dem Gebiet der Satzverarbeitungsforschung, die ich in den beiden vorangegangenen Kapiteln ausschnittsweise dargestellt habe, läßt darauf schließen, daß nicht ein Faktor allein die Verarbeitungspräferenzen des menschlichen Parsers bestimmt. Vielmehr erscheint es als wahrscheinlich, daß mehrere Faktoren am Aufbau des *initial parse* beteiligt sind oder es zumindest für jeden Faktor Bedingungen gibt, unter denen er den Parsingprozeß beeinflussen und sogar dominieren kann. Zu diesen Faktoren gehören strukturelle (syntaktische) Faktoren, die Lizenzierungsrelationen einzelner Lexeme, semantische Merkmale, der diskurspragmatische Kontext und die Frequenz sprachlicher Einheiten.

Auf dem Weg zu einem vollständigen Modell des menschlichen Parsings muß das Ziel der heutigen Satzverarbeitungsforschung also darin bestehen, alle Einflußfaktoren zu identifizieren, ihr jeweiliges Gewicht im Zusammenspiel aller Faktoren zu bestimmen und Bedingungen zu nennen, unter denen sie ihren Einfluß auf den Parsingprozeß ausüben können – ein langer Weg angesichts der Vielzahl der potentiellen Einflußfaktoren, der sprachlichen Konstruktionen, der möglichen kognitiven Architekturen und der immer noch beschränkten empirischen Methoden.

Ich werde im folgenden versuchen, einen Schritt auf diesem Weg zu gehen und mich auf die Untersuchung *eines* bereits identifizierten Einflußfaktors, die Frequenz sprachlicher Konstruktionen, konzentrieren. Ein einzelner Faktor läßt sich aber nicht völlig isoliert untersuchen. Um empirisch evaluierbare Hypothesen zu generieren, muß er in die Modellierung einer kognitiven Architektur eingebunden sein. Deshalb werde ich

zunächst ein weitgehend abstraktes Modell des menschlichen Parsings entwickeln, für das ich lediglich die Ausprägungen einiger grundlegender Architekturparameter festlege. Dieses abstrakte Modell gesteht prinzipiell einer Reihe von Faktoren Einfluß auf den *initial parse* zu.

Im Anschluß an die Formulierung des abstrakten Modellrahmens werde ich eine Komponente für dieses Modell entwickeln, die den Einfluß des Faktors Frequenz beschreibt. Sie greift stellenweise Konzepte aus anderen Parsingmodellen auf und ist in einigen Aspekten von existierenden frequenzbasierten Parsingmodellen inspiriert. Allerdings ist sie in bezug auf entscheidende Parameter sehr viel genauer spezifiziert als diese Modelle. Ich nenne diese Komponente deshalb *Optimized frequency constraint* (OFC) oder eine *optimierte Frequenzkomponente*.

## 5.1 Ein abstraktes Basismodell der Satzverarbeitung

Um empirisch evaluierbare Hypothesen für die optimierte Frequenzkomponente ableiten zu können, muß sie in einen Modellrahmen gestellt werden, den ich mit einem weitgehend abstrakten Basismodell zur Verfügung stelle. Der Abstraktionsgrad dieses Modells muß allerdings durch Festlegung einiger grundlegender Parameter eingeschränkt werden. Diese Parameter entsprechen den in Kapitel 2 verwendeten Klassifikationskriterien.

Der erste Parameter bezieht sich auf die Modularität des MSVAs und die Art und Weise, wie einzelne Module miteinander interagieren. Hier muß zunächst festgelegt werden, ob der MSVA überhaupt als modular betrachtet werden soll oder als ein einheitliches Ganzes gesehen wird. Ich habe mich für die Annahme einer *modularen Organisation* entschieden, insbesondere treffe ich auch die Annahme der Existenz einer separaten Syntaxkomponente.

Ein modulares Modell des MSVAs erfordert die Festlegung der Art der Interaktion zwischen den einzelnen Modulen. Ich gehe davon aus, daß eine schwach interaktive, das heißt gerichtete und in der Reihenfolge der Module festgelegte Verarbeitung den Regelfall darstellt. Nur dadurch läßt sich ein so hoher Grad an Automatisierung erreichen, der erforderlich ist, um beliebige Äußerungen in Echtzeit zu verarbeiten. Allerdings können verschiedene Einflußfaktoren zumindest unter bestimmten Bedingungen den mentalen Parsingprozeß dominieren, so daß eine *starke Interaktion* zwischen den einzelnen Modulen zumindest prinzipiell möglich ist. Generell kann jede der Komponenten die Verarbeitung innerhalb einer anderen Komponente leiten, insbesondere bei entsprechender Aufmerksamkeitssteuerung.

Mein abstraktes Basismodell hat also eine modulare, im Grundsatz stark interaktive Architektur und befindet sich damit in einer Klasse mit dem *Concurrent Model* von Boland (1997) (Tabelle 6).

Tabelle 6: Klassifikation des abstrakten Satzverarbeitungsmodells nach den Kriterien *Modularität* und *Interaktivität* (vgl. Tabelle 2, Seite 27)

Modularität	modular	nicht-modular
Interaktivität		
schwach interaktiv	.....	theoretisch ausgeschlossen
stark interaktiv	Abstraktes Basismodell	.....

Die zweite Parametrisierung des abstrakten Basismodells betrifft die angenommene Arbeitsweise bei einer ambigen Eingabe. Es folgt im weitesten Sinn einem MCS-Ansatz, läßt also den Einfluß verschiedener Faktoren auf den *initial parse* zu. Trotzdem belegt es nicht den gleichen Platz wie die MCS-Modelle in der Tabelle, die das Verhalten des MSVAs bei der Verarbeitung ambiger Eingaben charakterisiert (Tabelle 7). Dies hat zwei Gründe. Zum einen treffe ich für mein abstraktes Modell die Annahme einer *seriellen Verarbeitung* (d.h. der MSVA legt sich zu jedem Zeitpunkt auf *eine* Lesart fest), während MCS-Modelle von einer parallelen Verarbeitung ausgehen. Zwar sind die Vorhersagen eines seriellen Modells empirisch nicht von denen eines gewichtet parallelen Modells unterscheidbar (vgl. Abschnitt 2.3), insofern hat diese Festlegung keine direkte praktische Auswirkung. Ich halte eine serielle Verarbeitung aber für plausibler, da sie im Sinne einer kognitiven Ökonomie sparsamer ist.

Der zweite Unterschied zu den MCS-Modellen besteht darin, daß ich von der Existenz eines separaten Syntaxmoduls ausgehe. Frequenzen sind in meinem Ansatz deshalb nicht (nur) mit Lexemen und den an die Lexeme gekoppelten X-Bar-Strukturen verknüpft, sondern auch mit teilweise *phrasenübergreifenden* syntaktischen Strukturen.

In meinem abstrakten Basismodell dient deshalb das *Optimized frequency constraint*, eine lexikalisch *und* syntaktisch ausgerichtete Frequenzkomponente, wie ich sie ab Abschnitt 5.3 näher beschreiben werde, als Hauptfaktor für die Disambiguierung.

Tabelle 7: Klassifikation des abstrakten Satzverarbeitungsmodells nach den Kriterien *Arbeitsweise bei Ambiguität* und *Hauptfaktor für die Disambiguierung* (vgl. Tabelle 3, Seite 28)

Arbeitsweise bei Ambiguität Hauptfaktor für die Disambiguierung	seriell	parallel
.....	.....	.....
<i>Optimized frequency constraint</i> (OFC)	Abstraktes Basismodell	.....
.....	.....	.....

Mein abstraktes Basismodell läßt den Einfluß mehrerer Komponenten auf den *initial parse* zu. Deshalb muß es spezifizieren, welches Gewicht OFC im Zusammenspiel mit den anderen Komponenten für die Strukturanalyse besitzt. Ich werde auf diesen Punkt in Abschnitt 5.4.4 zurückkommen.

## 5.2 Anforderungen an eine Frequenzkomponente

Existierende frequenzbasierte Modelle haben noch einen stark heuristischen Charakter. Meine Kritik insbesondere an der *Linguistic Tuning*-Hypothese (Abschnitt 4.3) und Jurafskys probabilistischem Modell (Abschnitt 4.4) hat schon die wichtigsten Punkte vorweggenommen, an denen eine genauere Spezifizierung einer Frequenzkomponente erforderlich ist. Sie beziehen sich vor allem auf drei Bereiche:

### 1. Theoretische Motivation

- Aus welchen Gründen sollte man überhaupt annehmen, daß Frequenz die Arbeitsweise des MSVAs wesentlich beeinflußt? Lassen sich theoretische Vorannahmen treffen, und lassen sich daraus bereits Eigenschaften eines frequenzbasierten mentalen Parsers oder Beschränkungen für die konkrete Modellierung ableiten?

### 2. Nach welchen Prinzipien werden Frequenzinformationen in eine mentale Statistik aufgenommen und dort gespeichert?

- Welchen Umfang hat die Speicherung der Frequenzdaten in einer mentalen Statistik? Werden in ihr nur die Häufigkeiten *ambiger* Strukturen gespeichert oder die *aller* Strukturen? Werden Häufigkeiten in Anlehnung an Wahrschein-

lichkeitswerte, an absolute Häufigkeiten oder beispielsweise an logarithmische Skalen gespeichert? Wie werden die gespeicherten Daten in der mentalen Statistik abgebildet, auf welchem Abstraktionsniveau, mit welcher Granularität?

- Wann und wie kommt es überhaupt zu der Speicherung von Frequenzdaten beim Menschen? Handelt es sich dabei um einen zeitlich auf die Spracherwerbsphase begrenzten Prozeß oder findet eine Art *Tuning* auch noch bei Erwachsenen statt? Wird neue Information stärker gewichtet als weiter zurückliegende?
- Falls die spezifische Ausprägung der zugrunde liegenden Grammatik entscheidend für die Speicherung und damit letztlich auch für die Vorhersagen eines frequenzbasierten Modells ist, muß diese Grammatik unabhängig motiviert sein.

### 3. Wann und auf welche Weise wird auf die mentale Statistik zugegriffen?

- Eine wichtige Voraussetzung für die Generierung empirisch testbarer Hypothesen ist die Spezifizierung des Zugriffs auf die gespeicherten Frequenzdaten während der inkrementellen Sprachverarbeitung. Zu welchem Zeitpunkt findet dieser Zugriff statt, auf welche Information genau wird zugegriffen? Wie werden gespeicherte Frequenzinformationen, die sich inhaltlich überschneiden, miteinander ‘verrechnet’? Insbesondere muß spezifiziert werden, wie *lexikalische* und *syntaktische* Frequenzinformationen interagieren.
- Spezifikationen der Art des Zugriffs sind nur dann aussagekräftig, wenn sie im Rahmen einer bestimmten *Parsingarchitektur* getroffen werden. Die Mindestanforderung an die Modellierung einer Frequenzkomponente ist, daß klargestellt wird, wie sie im Rahmen verschiedener Architekturen zum Einsatz kommen könnte. Vorzuziehen ist die Festlegung auf eine bestimmte Architektur. Dies habe ich bereits mit der Spezifikation des abstrakten Basismodells getan (vgl. Abschnitt 5.1).
- Was passiert, wenn die gespeicherten Frequenzdaten keine signifikanten Unterschiede für alternative Lesarten aufweisen?
- Warum kommt es bei einigen Sätzen zu Verarbeitungsproblemen, bei einigen strukturell identischen Sätzen, die lediglich andere lexikalische Einheiten enthalten, aber nicht?
- Was unterscheidet echte Holzwegsätze von Sätzen, bei denen eine ursprünglich falsch interpretierte Strukturinformation nicht zu einem bewußt empfundenen Scheitern der Verarbeitung führt?

Jedem dieser drei Bereiche – Motivation, Speicherprinzipien und Zugriffsprinzipien – ist im folgenden ein eigener Abschnitt gewidmet.

### 5.3 Theoretische Motivation für das *Optimized frequency constraint*

Auf lexikalischer Ebene gilt ein Frequenzeinfluß auf die Verarbeitung schon lange als gesicherte Erkenntnis (vgl. Abschnitt 1.4). Auf syntaktischer Ebene wird solch ein Einfluß erst seit wenigen Jahren diskutiert, und selbst die Vertreter frequenzbasierter Ansätze der Satzverarbeitung bieten kaum eine theoretische Grundlegung für ihre Modelle an: Mitchell et al. begnügen sich mit allgemein gehaltenen Hinweisen auf die Ökonomie, Jurafsky thematisiert theoretische Überlegungen fast gar nicht.

Warum sollte man überhaupt einen Frequenzeinfluß auf das menschliche Parsing annehmen? Meines Erachtens läßt sich eine theoretische Begründung für den Zusammenhang zwischen der Frequenz von sprachlichen Elementen und der Arbeitsweise des MSVAs aus zwei Argumentationssträngen herleiten. Zum einen zwingt der Druck der Echtzeitverarbeitung, dem der MSVA ausgesetzt ist, zu einer möglichst ökonomischen Verarbeitung, und frequenzbasiertes Parsing kann zumindest unter einer bestimmten Sichtweise *maximale* Verarbeitungsökonomie garantieren (Abschnitt 5.3.1). Zum zweiten besteht eine enge Beziehung zwischen Sprachdaten der *parole* mit ihren spezifischen Frequenzausprägungen und den Prinzipien des MSVAs, die durch die Grammatik vermittelt wird (Abschnitt 5.3.2). Diese Beziehung motiviert eine gegenseitige Beeinflussung von Sprachdaten und Sprachverarbeitung.

#### 5.3.1 Ökonomie

Der MSVA muß mit einem kapazitätsbeschränkten Arbeitsgedächtnis in Echtzeit komplexe Eingaben verarbeiten. Zur Beschleunigung des Parsingprozesses und zur Schonung der Gedächtnisressourcen ist eine hochautomatisierte und möglichst ökonomische Verarbeitung erforderlich.

Im Rahmen der Satzverarbeitungsforschung wird das Konzept der Ökonomie äußerst unterschiedlich interpretiert. Die *Referential Theory* (vgl. Abschnitt 3.1.2) beispielsweise läßt Lesarten präferiert erscheinen, die möglichst wenige Zusatzannahmen für das Diskursmodell erfordern. Ökonomie wird hier also als Sparsamkeit des Diskursmodells verstanden. *Parameterized Head Attachment* (vgl. Abschnitt 3.2.2) bevorzugt solche Lesarten, die eine möglichst schnelle Kopfanbindung und damit semantische Integration neu hinzukommenden Materials ermöglichen. Ökonomie bedeutet hier also, daß neues Satzmaterial so schnell wie möglich in die bestehende Phrasenstruktur integriert wird und nur möglichst kurz im Arbeitsgedächtnis gehalten werden muß.

Das *Garden-Path*-Modell von Frazier definiert den Begriff der Ökonomie so, daß als Ziel der Verarbeitung der Aufbau einer maximal ökonomischen *Repräsentation* der Eingabedaten angenommen wird, also ein Phrasenstrukturbaum mit möglichst wenigen nicht-terminalen Knoten. Dieses Ziel ist im *Minimal attachment*-Prinzip formuliert. Welche Repräsentation die am wenigsten komplexe und demnach ökonomischste ist, hängt dabei allein von der zugrundegelegten Grammatik ab: Verschiedene Grammatiken führen zu unterschiedlichen Vorhersagen für die Satzverarbeitung (vgl. Abschnitt 3.1.1). Solange keine unabhängig motivierte Grammatik vorliegt, kann dieser Ansatz also im Prinzip keine Vorhersagen für die Verarbeitung konkreter Sätze machen. Wenn sich zwei Lesarten nicht in bezug auf die Komplexität ihrer Repräsentation unterscheiden, greift im GP-Modell das *Late closure*-Prinzip. Durch die sofortige Integration neuen Materials an eine noch geöffnete Kante sorgt es für eine schnelle Strukturierung und damit Entlastung des Arbeitsgedächtnisses. In dieser Hinsicht entspricht die Auffassung von Ökonomie der des *Parameterized Head Attachment*-Modells.

Eine strukturell ambige Äußerung im Sinne der *Linguistic Tuning*-Hypothese ökonomisch zu verarbeiten heißt, bei der Verarbeitung einer ambigen Struktur diejenige Lesart zu wählen, die in der Vergangenheit in den meisten Fällen korrekt war. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit, auch die aktuelle Struktur richtig zu interpretieren, erhöht, und die Notwendigkeit für eine unökonomische strukturelle Reanalyse auf vergleichsweise wenige Fälle beschränkt.

In den verschiedenen Parsingmodellen existieren also sehr unterschiedliche Auffassungen von Ökonomie. Ihnen allen gemeinsam ist aber, daß die Ökonomiekriterien im mentalen Parser implementiert sein müssen, um ihre Wirkung entfalten zu können. *Implementierung* bedeutet hier, daß der mentale Parser für die Verarbeitung bestimmter Strukturen optimiert ist und sie deshalb schneller verarbeitet. Abbildung 8 illustriert dies.

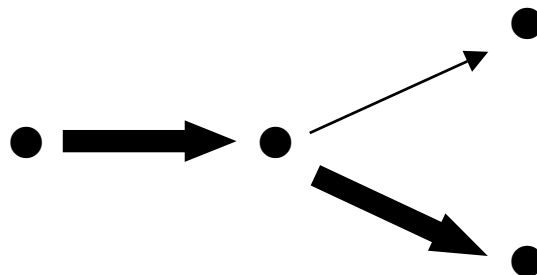


Abbildung 8: Veranschaulichung der mentalen Implementierung einer Parsingpräferenz für eine bestimmte Lesart einer ambigen Struktur

Entspricht eine zu verarbeitende Spracheingabe einer Struktur, für die der Parser optimiert ist (Abbildung 8, dicker Pfeil), wird sie schneller verarbeitet als andere, weil keine Reanalyse oder – im parallelen Modell – keine Aktivierung einer geringer gewichteten Lesart erforderlich ist. Daß die Verarbeitung seltenerer Strukturen weniger effizient implementiert ist, ist übrigens nur ein – nicht notwendigerweise eintretender – Nebeneffekt dieses Optimierungsprozesses, der angesichts beschränkter Ressourcen in Kauf genommen wird.

Das Ökonomiekriterium, das einzelne Satzverarbeitungsmodelle angeben, legt fest, *für welche* Lesarten der Parser optimiert ist. Ich möchte hier nur die beiden Extreme des Einsatzes des Faktors *Frequenz* als Ökonomiekriterium betrachten: rein frequenzbasierte Modelle auf der einen und das GP-Modell auf der anderen Seite.

Frequenzbasierte Ansätze gehen davon aus, daß die Verarbeitung häufiger Lesarten besonders effizient implementiert ist. Bei der Verarbeitung ambiger Strukturen wird der *Default*-Pfad verfolgt, der der häufigeren Lesarten entspricht. Das hat zur Folge, daß in den meisten Fällen keine Reanalyse erforderlich ist und häufige Lesarten entsprechend schnell verarbeitet werden.

Ein mentaler Parser, der die Ökonomieprinzipien des GP-Modells implementiert, verfolgt standardmäßig diejenige Lesart einer ambigen Struktur, die zum Aufbau einer Phrasenstrukturepräsentation mit den wenigsten nicht-terminalen Knoten führt. Stellt sich diese Lesart als falsch heraus, muß eine Reanalyse eingeleitet werden.

Wie stellen sich diese beiden unterschiedlichen Interpretationen des Ökonomiebegriffs im Vergleich dar? Parsingprozesse, die die häufigste Lesart einer ambigen Struktur begünstigen, können – wenn sie zuerst immer die häufigste Lesart verfolgen – für die Mehrzahl der Fälle die richtige Lesart vorhersagen. Parsingprozesse, die nach den Ökonomieprinzipien des GP-Modells operieren, können das nur dann, wenn für die meisten ambigen Äußerungen die *ökonomischste Repräsentation* auch gleichzeitig die *richtige Interpretation* liefert. Ansonsten würden die vielen erforderlichen Reanalysen die Verarbeitung sehr unökonomisch machen. Wenn aber die ökonomischste Repräsentation in den meisten Fällen die richtige Interpretation liefert, sind die Vorhersagen des GP-Modells ununterscheidbar von denen eines frequenzbasierten Modells. Man kann also feststellen, daß im GP-Modell eine – aus frequenzunabhängigen Gründen – als ökonomisch angenommene Phrasenstrukturepräsentation nicht notwendigerweise ökonomisch für die Verarbeitung ist.

Ein frequenzbasierter Ansatz wie z.B. die *Linguistic Tuning*-Hypothese garantiert also – zumindest unter der hier beschriebenen Sichtweise – *maximale* Verarbeitungsökonomie.

Ich werde auf den Zusammenhang zwischen Frequenz und generativ-linguistischer Komplexität noch einmal im nächsten Abschnitt ausführlich zurückkommen.

### 5.3.2 Vermittlung zwischen Frequenz und Verarbeitungsprinzipien durch die Grammatik

Parsingmodelle lassen sich in prinzipienbasierte und erfahrungsbasierte Modelle klassifizieren. Prinzipienbasierte Modelle erklären Verarbeitungspräferenzen mit der universellen Architektur des MSVAs bzw. Prinzipien der Universalgrammatik. Erfahrungsbasierte Modelle ziehen die Sprachdaten, denen ein Individuum während seiner Lerngeschichte ausgesetzt war, als Erklärung für aktuelle Verarbeitungspräferenzen heran.

Auf den ersten Blick unterscheiden sich die Grundannahmen dieser beiden Modelltypen kategorial. Bei näherer Betrachtung zeigt sich aber, daß dieser Unterschied gradueller Natur ist. Man kann die verschiedenen Modelle an der Achse eines Kontinuums ansiedeln, das das Ausmaß der Prägung des MSVAs durch Sprachdaten beschreibt (Abbildung 9).

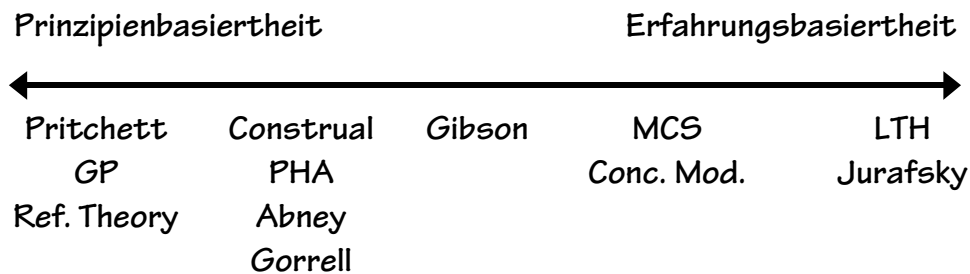


Abbildung 9: Positionierung aktueller Satzverarbeitungsmodelle an der Achse des Kontinuums *Prinzipienbasiertheit – Erfahrungsbasiertheit*

An dem einen Endpunkt dieses Kontinuums stehen die prinzipienbasierten Modelle wie z.B. das GP-Modell von Frazier. Sie führen Verarbeitungspräferenzen allein auf die – letztlich genetisch fixierten – Prinzipien der Universalgrammatik zurück. Einflüsse durch Daten der *parole* werden bestritten. Daraus folgt automatisch ihr Anspruch, Vorhersagen zu treffen, die für alle Sprachen gültig sind. Prinzipienbasierte Modelle bleiben mit ihren Erklärungen der Präferenzen bei der *Verarbeitung* damit noch hinter dem zurück, was auf Ebene der *Grammatik* weithin akzeptiert ist, nämlich die Prinzipien-und-Parameter-Theorie Chomskys (Chomsky, 1981; 1986; *principles and parameters* oder auch *government and binding*). Dieser Theorie nach ist die Universalgrammatik ein System von inter-

agierenden Wohlgeformtheitsbedingungen oder Prinzipien, das im Verlauf des Spracherwerbs einzelsprachspezifisch parametrisiert wird und so zur erwachsenensprachlichen Kompetenz führt. Trotz dieser allgemein akzeptierten Annahme der *Spezialisierung* einzelsprachlicher Grammatiken gegenüber der Universalgrammatik propagieren prinzipienbasierte Modelle, daß sich in bezug auf die Sprach*verarbeitung* nichts der Einzelsprache anpaßt.

In der Mitte des Kontinuums stehen Modelle wie z.B. das von Gibson (vgl. Abschnitt 3.2.6). Gibson geht zwar von der Gültigkeit universaler Verarbeitungsprinzipien aus, läßt aber punktuell deren einzelsprachliche Parametrisierung zu, wobei Frequenzkriterien für die Ausprägung der Parameter ausschlaggebend sind. Dieser Parametrisierungsprozeß auf der Verarbeitungsebene entspricht im wesentlichen den Ideen der Prinzipien- und Parameter-Theorie auf Ebene der Grammatik: Prinzipien der Universalgrammatik können in Abhängigkeit von der sprachlichen Eingabe in der Spracherwerbsphase wie Schalter auf verschiedene Stellungen gesetzt werden. Dabei handelt es sich um einen Prozeß, der im Verlauf der Spracherwerbsphase abgeschlossen und dann nicht mehr revidiert wird.

Am anderen Extrem des Kontinuums stehen frequenzbasierte Modelle. Auch frequenzbasierte Modelle gehen davon aus, daß Satzverarbeitung allgemeinen *constraints* unterworfen ist. Dazu gehört z.B. die Kapazität des Arbeitsspeichers, die zwar individuell schwanken kann, aber doch einer festen, artspezifischen Obergrenze unterworfen ist. Ebenso könnten (genetisch fixierte) Eigenschaften einer Universalgrammatik Variationen in der Ausprägung des MSVAs beschränken. Die Parametrisierung des MSVAs wird hier aber in dreierlei Hinsicht als sehr viel weitergehender als z.B. bei Gibson angenommen:

- 1) Ein Tuning der Verarbeitungsmechanismen findet nicht nur punktuell statt, d.h. nicht nur für einige wenige ausgezeichnete Konstrukte, sondern ganz generell über alle Konstruktionen.
- 2) Die Parametrisierung universalgrammatischer Prinzipien wird als fortlaufender Prozeß betrachtet. Er ist nicht mit dem Ende der Spracherwerbsphase abgeschlossen, sondern ist integraler Bestandteil der Sprachverarbeitung, der ständig aktiv ist.
- 3) Der Tuning-Prozeß ist nicht mit dem Setzen eines Schalters auf eine von wenigen definierten Stellungen zu vergleichen, sondern es werden graduelle oder probabilistische Parametrisierungen durchgeführt. Bei Annahme eines fortlaufenden Tuning-Prozesses wäre das Bild eines Schalters ohnehin unangemessen, denn die Annahme, daß sich bei erwachsenen Muttersprachlern von Zeit zu Zeit die Verarbeitungsprinzipien abrupt umschalten, ist sehr unplausibel.

Ich werde im folgenden versuchen, eine Beeinflussung des menschlichen Parsers durch Sprachdaten, wie sie in diesen drei Punkten beschrieben ist, in Anlehnung an den Zusammenhang zwischen Frequenz und Grammatikalität zu modellieren, wie Hawkins (1994) ihn im Rahmen seines Erklärungsmodells der Syntax auf Ebene der *langue* beschreibt.

Hawkins geht davon aus, daß (ungrammatische) sprachliche Elemente, die sehr häufig auftreten, eine starke Tendenz haben, grammatikalisiert oder lexikalisiert zu werden. Umgekehrt fördert natürlich die Grammatikalität oder die erfolgte Lexikalisierung eines Elements die Häufigkeit seiner Benutzung. In diesem Sinn sieht Hawkins die *parole* als *den* entscheidenden Faktor eines Erklärungsmodells der Syntax. Syntax ist nicht unabhängig vom Gebrauch und damit auch nicht unabhängig von der Frequenz sprachlicher Einheiten denkbar. Grammatikalität und Frequenz bedingen sich gegenseitig. Abbildung 10 illustriert diesen Zusammenhang.

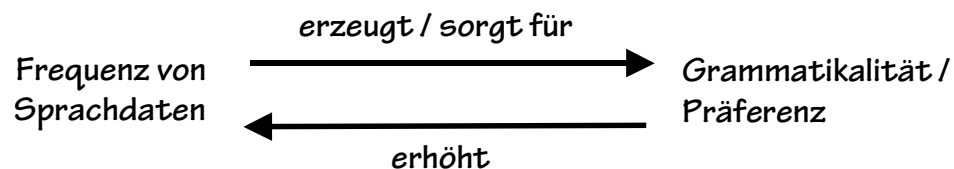


Abbildung 10: Veranschaulichung des von Hawkins (1994) beschriebenen Zusammenhangs zwischen Frequenz und Grammatikalität.

Hawkins' Beschreibung gilt primär der Syntax als Eigenschaft einer Sprache (*langue*). Wirken muß dieser Prozeß aber auf Ebene der Individuen. Dies gilt zum einen im Spracherwerb, wobei natürlich neben der Frequenz noch Faktoren Einfluß nehmen können, die (universellen) sprachlichen Prinzipien entsprechen. Zum anderen muß der MSVA auch später noch Anpassungsfähigkeit besitzen, da sich Sprachen während der Lebensspanne eines Individuums verändern. Das gilt ganz besonders und am sichtbarsten im Bereich der Lexik, da ständig neue Wörter hinzukommen und andere nicht mehr verwendet werden. Aber auch auf der syntaktischen Ebene gehen Änderungen vor sich, wie z.B. die gegenwärtig im Deutschen zu beobachtende Tendenz, nach einigen subordinierenden Konjunktionen (*weil, obwohl*) statt einer Nebensatz- eine Hauptsatzkonstruktion zu verwenden. Eher in den Bereich der Morphologie gehört die sich ändernde Rektion eines

Wortes wie *wegen*. Hier ist seit vielen Jahren eine verstärkte Neigung zu beobachten, *wegen* nicht mehr mit dem Genitiv, sondern mit dem Dativ zu benutzen. „Das Deutsche“ ändert sich bei diesen Wandlungen natürlich nur indirekt. Tatsächlich finden diese Veränderungen auf der Ebene vieler Individuen statt.

Mit Hawkins' Ansatz wird auch verständlich, warum bestimmte sprachliche Konstruktionen als mehr oder weniger grammatisch betrachtet werden und Muttersprachler und -sprachlerinnen keine klare ja/nein-Entscheidung in bezug auf die Grammatikalität dieser Konstruktionen fällen können, oder verschiedene Individuen der gleichen Muttersprache verschieden urteilen.

Ich übertrage diese Art der Betrachtungsweise auf die Sprachverarbeitung und nehme einen analogen Zusammenhang zwischen der Frequenz von Sprachdaten und der Arbeitsweise des MSVAs an, wie er in Abbildung 11 dargestellt ist.

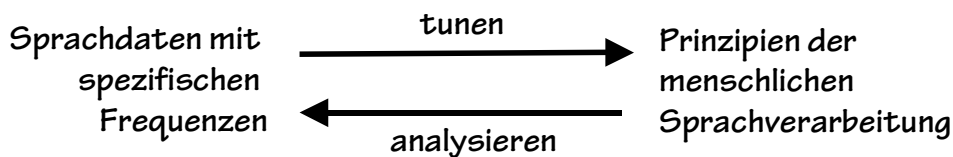


Abbildung 11: Angenommener Zusammenhang zwischen der Frequenz von Sprachdaten und der Arbeitsweise des MSVAs

Der MSVA ist mit der Notwendigkeit konfrontiert, Sprachdaten, die mit verschiedenen ausgeprägten Häufigkeiten in der Eingabe auftauchen, zu verarbeiten. Im Verlauf seiner ontogenetischen Entwicklung paßt er seine Verarbeitungsweise den Eingabedaten auf eine Weise an, die eine maximal ökonomische Verarbeitung dieser Daten garantiert. Umgekehrt formuliert: Sprachdaten mit ihren spezifischen Frequenzausprägungen *tunen* den MSVA im Verlauf seiner individuellen Entwicklung, und dieser verhält sich bei der Analyse seiner Eingabe seiner so geformten Architektur entsprechend.<sup>10</sup> Dieser Prozeß ist kei-

<sup>10</sup> Möglicherweise besteht ebenfalls ein Zusammenhang zwischen der Frequenz von Sprachdaten und der *Produktion* von Äußerungen. Insbesondere für den Fall, daß nur *ein* mentales Sprachverarbeitungssystem existiert, das sowohl für Produktion als auch für Rezeption zuständig ist, ließe sich solch ein Zusammenhang erwarten.

Existierende Modelle der Sprachproduktion gehen jedoch eher von getrennten Systemen für Produktion und Rezeption aus. Zum Beispiel verfügt das Leveltsche Produktionsmodell (Levelt, 1989) über einen sogenannten *Formulator*, der separat vom mentalen Parser agiert.

neswegs auf die Spracherwerbsphase beschränkt. Der MSVA besitzt auch bei Erwachsenen eine starke Anpassungsfähigkeit (vgl. Abschnitt 5.4.5).

Grundsätzlich ist die mentale Verarbeitung sprachlicher Eingabe logisch unabhängig von der Natur einer mentalen (Kompetenz-)Grammatik, denn es ist theoretisch möglich, daß beide von unterschiedlichen Repräsentationsformaten Gebrauch machen und sprachliches Wissen mehrfach vorgehalten wird. Es ist jedoch intuitiv plausibel und theoretisch sparsamer, eine enge Beziehung zwischen Grammatik und Verarbeitungsprinzipien herzustellen. Bresnan & Kaplan (1982) haben das mit der (heute weithin akzeptierten) *strong competence hypothesis* getan:

„... a model satisfies the strong competence hypothesis if and only if its representational basis is isomorphic to the competence grammar.“ (Bresnan & Kaplan, 1982: xxxi)

Die gleichzeitige Akzeptanz der Chomskyschen Prinzipien-und-Parameter-Theorie und eines rein prinzipienbasierten Satzverarbeitungsansatzes hat also logisch ein Abrücken von der *strong competence hypothesis* zur Folge.

Die in Abbildung 11 dargestellte Beziehung zwischen Sprachdatenhäufigkeit und der Arbeitsweise des MSVAs habe ich zunächst nur aus Plausibilitätserwägungen aufgestellt. Sie läßt sich aber auch aus der Verbindung von Hawkins' Überlegungen (vgl. Abbildung 10) mit der *strong competence hypothesis* herleiten. Wenn nach Hawkins die Frequenz syntaktischer Strukturen ein wesentlicher Faktor bei der Ausformung der Grammatik ist, und gemäß der *strong competence hypothesis* ein direkter Zusammenhang zwischen der Grammatik und den Verarbeitungsprinzipien des MSVAs besteht, ergibt sich eine Beziehung zwischen der Frequenz von Sprachdaten und deren Verarbeitung im MSVA fast zwingend. Abbildung 12 illustriert, wie der in Abbildung 11 gezeigte Zusammenhang transitiv durch die Grammatik vermittelt wird.

Diese Art der Betrachtung ist inspiriert durch den Ansatz der Synergetischen Linguistik (Köhler, 1986), in dem die Ausprägung verschiedener Systemgrößen durch deren ständige wechselseitige Beeinflussung bestimmt wird.

---

Abgesehen von modelltheoretischen Überlegungen ist die empirische Evaluation von Hypothesen über frequenzbasierte Produktion noch schwieriger als die experimentelle Untersuchung der Rezeptionsprozesse. Aus diesen Gründen werde ich in dieser Arbeit den Zusammenhang zwischen Frequenz und Produktion nicht weiter behandeln.

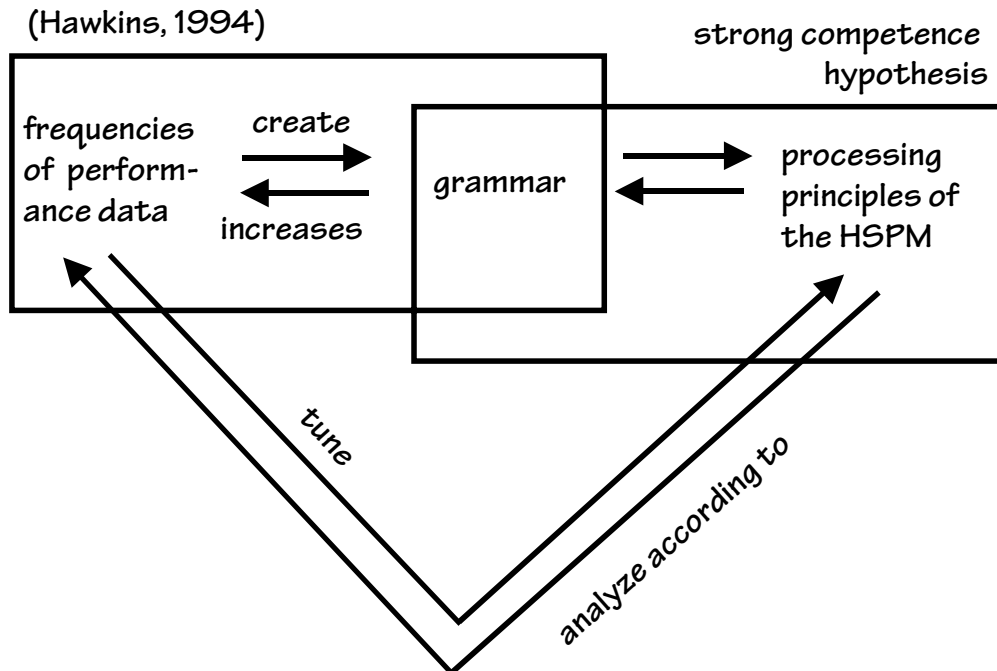


Abbildung 12: Die durch die Grammatik vermittelte Beziehung zwischen der Frequenz von Sprachdaten und den Verarbeitungsprinzipien des MSVAs (= HSPM, *human sentence processing mechanism*) (aus Giesecking, 1998)

Diese Sichtweise setzt sich von der starken Version der *Linguistic Tuning*-Hypothese ab, nach der keine kausale Beziehung zwischen Parametern der Grammatik und der Arbeitsweise des Parsers besteht. Sie hinterfragt ebenfalls die einseitige Kausalbeziehung zwischen Frequenz und Verarbeitungskomplexität, die herkömmlicherweise (z.B. Gibson & Loomis, 1994) angenommen wird. Danach sind bestimmte Strukturen oder Lesarten von Strukturen selten, *weil* sie (im generativ-linguistischen Sinne) komplexer und deshalb schwieriger zu verarbeiten sind. Umgekehrt läßt sich aus Abbildung 12 aber auch ableiten, daß eine Struktur auch komplex und schwierig zu verarbeiten sein kann, *weil* sie selten ist.

An dieser Stelle will ich noch einmal auf die Überlegungen zur mentalen Implementierung des Parsers aus dem vorherigen Abschnitt zurückkommen. Danach sind solche Konstruktionen leicht zu parsen, für deren Verarbeitung die Implementierung des Parsers optimiert ist. Dies bedeutet in Verbindung mit der durch die Grammatik vermittelten Beziehung zwischen Frequenz und MSVA, daß häufigen Konstruktionen eine men-

tale Phrasenstrukturepräsentation entspricht, deren Verarbeitung für den Parser einfach, also effizient implementiert ist. Da gemäß der *strong competence hypothesis* die Komplexität auf Ebene der Verarbeitung der Komplexität auf Ebene der Grammatik entspricht, bedeutet das, daß einfach zu verarbeitende Konstruktionen mental eine einfache grammatische Repräsentation haben. Das wiederum heißt, daß nicht unbedingt eine Beziehung zwischen generativ-linguistischer Komplexität und der Verarbeitung besteht, wie sie z.B. Frazier mit ihrem GP-Modell annimmt, denn formal-linguistische Satzrepräsentationen werden ohne Berücksichtigung der Frequenz und der möglichen mentalen Implementierung entwickelt.

## 5.4 Prinzipien der Speicherung von Frequenzdaten

In Abschnitt 5.3.1 habe ich beschrieben, wie frequenzbasierte Modelle unter mindestens einer Betrachtungsweise die ökonomischste Verarbeitung von Sätzen garantieren. In Abschnitt 5.3.2 habe ich gezeigt, daß sich ein wechselseitiger Kausalzusammenhang oder auch ein Fließgleichgewicht zwischen der Frequenz von Sprachdaten und der Arbeitsweise des MSVAs theoretisch ableiten läßt. Diese Überlegungen geben eine ausreichende theoretische Motivation, den Ansatz frequenzbasierten Parsings weiter zu verfolgen und zu versuchen, eine Frequenzkomponente für ein abstraktes Satzverarbeitungsmodell zu entwickeln, die in entscheidenden Parametern genauer spezifiziert ist als existierende frequenzbasierte Modelle.

Ein Hauptkritikpunkt an diesen Modellen – insbesondere an der *Linguistic Tuning*-Hypothese – war die unzureichende Motivation und Spezifikation einer bestimmten Granularität der Information in der mentalen Statistik. Bevor ich meine Hypothesen in bezug auf diesen wichtigen Parameter darstelle, möchte ich aus theoretischen Überlegungen heraus Randbedingungen für seine Ausprägung festlegen. Diese Randbedingungen beziehen sich auf quasi-axiomatische Ziele eines frequenzbasiert arbeitenden MSVAs. Das erste Ziel ist das effiziente Speichern von und Zugreifen auf sprachliche Frequenzdaten, um das Arbeitsgedächtnis und eventuell auch das Langzeitgedächtnis zu entlasten. Das zweite Ziel besteht darin, einen möglichst schnellen Strukturaufbau zu gewährleisten. Auch dieses Ziel dient der Entlastung des Arbeitsgedächtnisses bei der Echtzeitverarbeitung. Darüber hinaus ermöglicht es einen schnellen Überblick über die semantische Grobstruktur der Äußerung.

### 5.4.1 Ziel 1: Effizienz

Mit der *Linguistic Tuning*-Hypothese und Jurafskys probabilistischem Modell existieren mindestens zwei Erklärungsansätze, die die Häufigkeit sprachlicher Einheiten als den entscheidenden Faktor für die Ausbildung von Präferenzen bei der menschlichen Sprach-

verarbeitung ansehen. In Abschnitt 2.5.4 habe ich schon darauf hingewiesen, daß zur empirischen Überprüfung solcher Ansätze Frequenzdaten, die aus Korpora gewonnen werden, mit den Ergebnissen von Lesezeitexperimenten verglichen werden. Übereinstimmung zwischen Frequenzdaten und Lesezeiten wird dabei als Stützung frequenzbasierter Modelle bewertet, mangelnde Übereinstimmung als Schwächung dieser Modelle. Im Rahmen der bisherigen frequenzbasierten Modellierung hatte die Art der untersuchten Konstruktion dabei keinen Einfluß auf die Tragweite des Untersuchungsergebnisses. So brachte eine einzige Untersuchung (Relativsatzanbindungen an komplexe NPn), bei der Frequenz- und Lesezeitdaten nicht übereinstimmten, Mitchell & Brysbaert (1998) dazu, ihre eigene *Tuning*-Hypothese abzuschwächen (vgl. Abschnitt 4.3).

Das Propagieren eines frequenzbasierten Modells muß aus meiner Sicht jedoch nicht bedeuten, daß in jeder untersuchten Konstruktion ein gleich starker oder sogar überhaupt ein Frequenzeinfluß zu erwarten ist. Aus theoretischen Überlegungen lassen sich Hypothesen ableiten, die für verschiedene Konstruktionstypen einen unterschiedlich starken Frequenzeinfluß vorhersagen.

Meine Annahme unterschiedlich starker Frequenzeinflüsse basiert auf Überlegungen zur ökonomischen Speicherung von Frequenzdaten, die Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert (1995) schon in Grundzügen dargestellt haben. Mitchell et al. schlagen für ihre eigene *Linguistic Tuning*-Hypothese eine Speicherung der Frequenzinformationen in einem matrixartigen Format vor (vgl. Tabelle 4, Seite 84). Solche Matrizen sind im Prinzip für ganze Sätze vorstellbar (Tabelle 8).

Tabelle 8: Beispiel für die Speicherung der Vorkommenshäufigkeit unterschiedlicher Lesarten eines ganzen Satzes (hypothetische Daten)

Manfred [fesselte [[den Mann] [mit der Krawatte]]]	1
Manfred [fesselte [den Mann] [mit der Krawatte]]	0

Die Speicherung aller wahrgenommenen Sätze in dieser Form würde zu sehr dünn besetzten Matrizen führen. Sie wäre extrem aufwendig und ineffizient. Obwohl solch eine Art der Speicherung schon rein intuitiv unpausibel ist, ist allerdings keineswegs sicher, ob die damit verbundene mangelnde Speichereffizienz ein entscheidendes Ablehnungskriterium sein kann. Es ist noch keine feste Obergrenze für die Fähigkeit des menschlichen Gehirns zur Langzeitspeicherung von Informationen gefunden worden, möglicherweise ist seine Speicherkapazität unbegrenzt (Baddeley, 1990; Kluwe, 1996).

In einer computerorientierten Sichtweise könnte der Suchaufwand, der in einem praktisch unbegrenzten Speicher zu unakzeptablen Antwortzeiten führen würde, als funk-

tionales Äquivalent des Speicherbedarfs betrachtet werden. Das menschliche Langzeitgedächtnis stellt aber einen echten inhaltsadressierten Speicher dar, so daß auch der Suchaufwand nicht unbedingt ein valides Effizienzkriterium darstellt.

Vielmehr legt ein ganz anderes (wenn auch sicher mit Speicheraspekten verwandtes) Phänomen nahe, daß in einer mentalen Statistik nicht die Häufigkeiten ganzer Sätze gespeichert werden, nämlich die allgemeine Eigenschaft des menschlichen Gedächtnisses, ständig zu generalisieren. Generalisierungen treten in praktisch allen kognitiven Bereichen auf.

*Sprachliche Generalisierungen* sind insbesondere im Spracherwerb und bei der Verwendung neuer Wörter erforderlich. Zwei der bekanntesten empirischen Hinweise auf solche Generalisierungen sind die Bildung regelmäßiger Wortformen für unbekannte Wörter oder nicht-Wörter (*This is a wug. – There are two wugs.*) (Berko, 1958) oder die Übergeneralisierungen bei unregelmäßigen Verben in einer bestimmten Phase des Spracherwerbs (z.B. *abgeschlossen* statt *abgeschließt*) (Mills, 1985).

Auch bei der Interpretation ambiger Strukturen auf der Grundlage gespeicherter Frequenzinformationen sind Generalisierungen unumgänglich, denn das nochmalige Auftauchen eines bereits gespeicherten Satzes in der Spracheingabe ist extrem unwahrscheinlich (und selbst dann erlaubt die Statistik zwar eine sehr gute, aber keinesfalls eine völlig sichere Vorhersage für die Interpretation, denn der Satz wird in einem anderen Kontext stehen). Um für zukünftige ambige Spracheingaben Vorhersagen machen zu können, müssen die Sprachdaten in generalisierter Form gespeichert werden. Dies kann durch Abstraktion, durch Verkleinerung der Speichereinheiten oder durch beides geschehen. Tabellen 9 bis 11 liefern Beispiele dafür.

Tabelle 9 zeigt die Speicherung von Anbindungsalternativen von PPn, Tabelle 10 die Speicherung unterschiedlicher Argumentstrukturen eines Verbs und Tabelle 11 zwei verschiedene Interpretationen einer ambigen Wortform.

Tabelle 9: Beispiel für die Speicherung der Anbindungshäufigkeiten von PPn (hypothetische Daten)

[V [NP PP]]	25
[[V NP] PP]	13

Tabelle 10: Beispiel für die Speicherung der Häufigkeiten verschiedener Argumentstrukturmuster für das Verb *fesseln* (hypothetische Daten)

<i>fesseln</i> + direktes Objekt	100
<i>fesseln</i> + direktes Objekt + Instrument	500

Tabelle 11: Beispiel für die Speicherung der Häufigkeiten unterschiedlicher Lesarten der englischen Wortform *raced* (Daten entsprechen den Prozentangaben bei MacDonald, Pearlmutter & Seidenberg, 1994b, basierend auf Francis & Kučera, 1982)

<i>raced</i> = Präteritum	92 %
<i>raced</i> = Partizip Perfekt	8 %

Natürlich verschlechtert sich durch die Abstraktion und die Verkleinerung der Speichereinheiten die Vorhersagekraft, denn notwendigerweise geht so (Kontext-)Information verloren. Aber diese kleinen Matrizen sind dicht besetzt, und die Werte in den einzelnen Zellen sind groß genug, um statistisch relevante Unterschiede erkennen zu lassen. So lassen sich auch bei effizienter Speicherung relativ gut fundierte Vorhersagen treffen.

Diese Überlegungen lassen sich verallgemeinern zu der Angabe von Randbedingungen der Speicherung von Frequenzdaten, wie ich sie im folgenden darstellen werde.

### Randbedingungen der Speicherung von Frequenzdaten

Eine ressourcenintensive Speicherung von Frequenzinformationen mit einem geringen Grad an Generalisierung erlaubt im Prinzip sehr gute Vorhersagen, während eine ressourcenschonende, stark abstrahierte Speicherung durch den Verlust an Detail- und Kontextinformation zu einer Verschlechterung der Vorhersageleistung führen muß. Generalisierungsgrad und Vorhersagequalität sind also gegenläufige Eigenschaften in bezug auf die Speicherung von Frequenzdaten.

Diese Betrachtung gilt aber nur dann, wenn es um die Interpretation von Sätzen geht, die in exakt der gleichen Form schon einmal Teil der Spracheingabe waren. Sich wiederholende Eingaben kommen aber tatsächlich sehr selten vor. Fast immer überschneiden sich die Eingabesätze nur in Teilstrukturen oder den verwendeten Lexemen. Eine nicht-generalisierend gespeicherte Frequenzinformation wäre gar nicht in der Lage, Vorhersagen für neue Sätze zu generieren. Umgekehrt kann auch eine übergeneralisierende Statistik keine Vorhersagen von hoher Qualität erzeugen.

Aus diesen Überlegungen läßt sich ableiten, daß die Speicherung von Frequenzdaten nur in einem Phänomenbereich sinnvoll ist, in dem der Grad an Generalisierung und die Qualität der Vorhersage in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen. Abbildung 13 illustriert diese Sichtweise der Speicherung von Frequenzdaten.

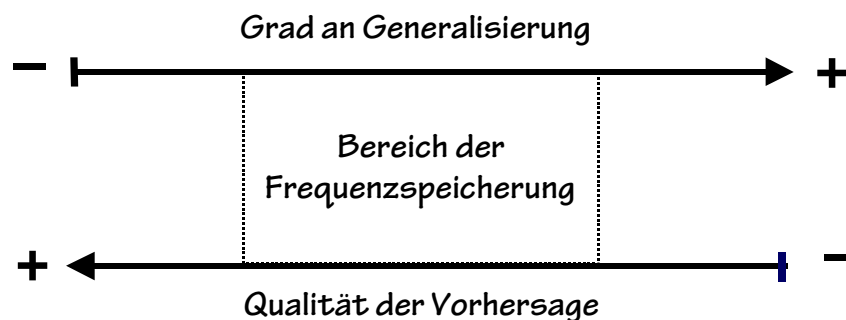


Abbildung 13: Bereich der Speicherung von Frequenzdaten

Versuche des Sprachverarbeitungsapparats, die Speicherung von Frequenzdaten über einen bestimmten Generalisierungsbereich auszuweiten, versprechen keinen Erfolg. Eine Ausdehnung in den Bereich geringerer Generalisierung wird dadurch bestraft, daß für eine geringere Anzahl von Sätzen überhaupt Vorhersagen erzeugt werden können. Auf der anderen Seite führt eine noch weitergehende Generalisierung zu einer Verschlechterung der Vorhersagen.

Frequenzeinflüsse bei der Verarbeitung sind bei Annahme dieser Randbedingungen also nicht unbedingt für alle sprachlichen Konstruktionen zu erwarten, sondern nur für diejenigen, die generalisiert genug gespeichert werden können, um für eine genügend große Anzahl von Eingabedaten Vorhersagen generieren zu können, deren Abstraktionsgrad aber trotzdem noch eine qualitativ befriedigende Vorhersage erlaubt.

#### 5.4.2 Ziel 2: Schneller Strukturaufbau

Neben der Speichereffizienz ist das zweite wichtige Ziel des MSVAs die schnelle Strukturierung des Eingabematerials zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses. Einige sprachliche Eigenschaften können in besonderer Weise zur Erreichung dieses Ziels beitragen. Sie lassen sich in vier Bereiche klassifizieren: Subkategorisierung, Wortstellung, Phrasen-anbindung und Teilsatzanbindung.

### 1) Subkategorisierung und Rektion

Viele Lexeme lizensieren das Vorkommen weiterer Satzelemente und geben damit bereits Hinweise für den Strukturaufbau des Satzes, lange bevor die lizensierten Elemente in der Eingabe auftauchen.

Die wichtigsten Elemente in dieser Hinsicht sind natürlich die Verben mit ihren unterschiedlichen Subkategorisierungsrahmen. Beispielsweise kann der MSVA bei Eingabe einer quasi-obligatorisch bitransitiven Verbform bereits eine Phrasenstrukturepräsentation aufbauen, die Knoten für ein direktes und ein indirektes Objekt enthält, wobei auch die Rektion des Verbs berücksichtigt wird. Aber auch andere Wortklassen können weitere Elemente lizensieren, z.B. Nomen ('Interesse' ist fast immer 'Interesse *an* etwas') oder Präpositionen ('mit' lizensiert ein Instrument, ein Attribut oder ein anderes Element).

Das Konzept der Subkategorisierung ist eng verknüpft mit dem der theta-Rollen-Lizensierung, wobei Subkategorisierung in erster Linie ein syntaktisches Phänomen beschreibt, während der Begriff der theta-Rollen eher semantisch orientiert ist. Trotz des engen Zusammenhangs sollten die beiden Bereiche aber klar getrennt werden. McElree & Griffith (1998) beispielsweise zeigen, daß Subkategorisierungsinformation einen Verarbeitungseffekt zeigt, der zeitlich *vor* einem mit theta-Rollen verbundenen Effekt auftritt.

### 2) Wortstellungsinformationen

Bei Sprachen mit sehr fester Wortstellung werden bei der Verarbeitung nur selten syntaktisch motivierte Fehlstrukturierungen vorgenommen, im Prinzip kann eine rudimentäre Phrasenstrukturepräsentation schon vor Beginn der Äußerung aufgebaut werden. Dies ist bei Sprachen mit freierer Wortstellung anders, in einigen lassen sich die Elemente in nahezu beliebiger Weise permutieren. Trotzdem haben auch Sprachen mit freier Wortstellung in der Regel eine Grundwortstellung, die die Mehrzahl der in dieser Sprache produzierten Sätze auszeichnet. Diese Grundwortstellung erleichtert den Hörerinnen und Hörern die Verarbeitung, denn mit dem Wissen über die Grundwortstellung können sie frühzeitig bestimmte Annahmen über die Abfolge der Konstituenten im Satz treffen. Der Preis dieser frühen Strukturierungsmöglichkeit besteht natürlich darin, daß die Verarbeitung solcher Sätze erschwert sein kann, die von der Grundwortstellung abweichen.

### 3) Phrasenanbindungsinformationen

Die dritte Klasse von Informationen, die einen schnellen Strukturaufbau fördern, sind Informationen über die Anbindungspunkte von Phrasen. Sie verhindern, daß identifizierte Konstituenten zu lange unangebunden das Arbeitsgedächtnis belasten. Diese Klasse überdeckt sich teilweise mit den Informationen in den beiden erstgenannten Klassen, insbesondere dann, wenn es um die Anbindung von Verbargumenten geht. Sie kann aber auch eigenständige Informationen enthalten, die von den anderen beiden Klassen nicht abgedeckt werden, beispielsweise Angaben zur Anbindung von Adjunkten.

#### 4) Teilsatzanbindung

Ähnlich wie Informationen über die Anbindung von Phrasen können auch Informationen über die Anbindung von Teilsätzen den Strukturaufbau beschleunigen und das Arbeitsgedächtnis entlasten. Auch die Klasse der Teilsatzanbindungen kann sich mit Lizenzierungsinformationen überschneiden, z.B. können Komplementsätze Argumente eines Verbs sein. Bei anderen Teilsätzen, z.B. Relativsätzen, handelt es sich klar um Adjunkte, die innerhalb der reinen Wortstellungsinformationen auf Teilsatzebene nicht erfaßt werden.

Diese vier Klassen sprachlicher Informationen sind besonders gehaltvoll in bezug auf den Strukturaufbau. Deshalb ist zunächst anzunehmen, daß sie bei der mentalen Speicherung einer Frequenzstatistik eine herausgehobene Stellung einnehmen.

### 5.4.3 Granularität und Umfang der mentalen Statistik im *Optimized frequency constraint*

Die Granularität einer mentalen Statistik wird also von mindestens zwei Randbedingungen beschränkt. Die erste ist die in Abschnitt 5.4.1 ausgeführte Bedingung, daß ein bestimmtes Maß an Speichereffizienz und an Generalisierung vorliegen muß, die zweite ist die in Abschnitt 5.4.2 geforderte Geschwindigkeit des Strukturaufbaus, den bestimmte sprachliche Informationen stärker fördern als andere.

Bevor ich – basierend auf diesen beiden Randbedingungen und in Kombination mit den theoretischen Überlegungen aus den Abschnitten 5.3.1 und 5.3.2 – konkrete Angaben über die Granularität des OFC mache, möchte ich zuerst zwei extreme Sichtweisen auf die Körnung untersuchen. Das eine Extrem bestünde darin, daß nur Frequenzen auf lexikalischer Ebene gespeichert werden. Es gibt eine ganze Reihe empirischer Hinweise darauf, daß die Frequenz von Lexemen einen wichtigen Einfluß bei der Verarbeitung von Sätzen hat, und fast alle Modelle haben diesen Faktor implizit oder explizit integriert.

Ein Modell, das allein auf die Frequenz von Lexemen zur Steuerung der Verarbeitung angewiesen ist, hätte aber große Probleme zu erklären, warum es bei der Präferenz bestimmter Lesarten strukturell ambiger syntaktischer Konstruktionen Regularitäten gibt, die unabhängig von den beteiligten Lexemen gelten. Ein rein lexikalisches Modell wird jedoch von niemandem propagiert. Am nächsten kommen diesem Extrem die MCS-Modelle, bei denen allerdings mit den einzelnen Lexemen auch jeweils syntaktische Informationen verknüpft sind.

Das andere Extrem ist die Speicherung von Frequenzdaten ausschließlich auf syntaktischer Ebene. Auch diese Variante kommt leicht in Erklärungsnotstände, z.B. wenn es darum geht zu begründen, warum die Verarbeitung syntaktischer Konstruktionen, die

bestimmte Lexeme enthalten, von der Verarbeitung derselben syntaktischen Konstruktion mit anderen Lexemen abweicht. Das Modell, das diesem Extrem am nächsten steht, ist die *Linguistic Tuning*-Hypothese, zumindest in ihrer von Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert (1995) beschriebenen Form.

Um diese beiden Extreme und die mit ihnen verbundenen grundsätzlichen Erklärungsproblematiken zu vermeiden, treffe ich für OFC die Annahme einer *mixed grain*-Speicherung, d.h. nach OFC werden Frequenzen auf syntaktischer *und* lexikalischer Ebene gespeichert. Ein Modell, das von solch einer *mixed grain*-Speicherung ausgeht, ist allerdings sehr viel stärker als die Extreme gezwungen, Angaben darüber zu machen, was genau auf welcher Ebene gespeichert wird und wie Speicherelemente verschiedener Granularität miteinander interagieren.

Dies werde ich im folgenden für OFC versuchen. Dabei baue ich am stärksten auf die Überlegungen aus Abschnitt 5.4.2 auf, also auf sprachliche Einheiten oder Eigenschaften, die den Strukturaufbau in besonderem Maße fördern. Ich schlage für OFC also die Speicherung der Frequenzen folgender sprachlicher Einheiten vor:<sup>11</sup>

- Die Frequenzen nicht-ambiger Lexeme sowie die Frequenzen einzelner Lesarten ambiger Lexeme.
- Die Frequenzen, mit denen bestimmte Lexeme weitere Satzelemente lizensieren, sowie die syntaktischen Kategorien dieser Satzelemente. Ich werde mich im Rahmen von OFC ausschließlich auf den syntaktischen Aspekt der Subkategorisierung bzw. Lizensierung beziehen, nicht auf thematische Rollen.
- Die Frequenzen von Wortstellungsinformationen auf Teilsatzebene (*clause*).
- Die Frequenzen von Phrasenanbindungen, separat für jeden Phrasentyp. Sie unterstützen die Anbindung von Satzgliedern, die (noch) nicht lizensiert sind.

Explizit ausschließen aus der Menge der gespeicherten Strukturen möchte ich diejenigen Informationen, die über die Teilsatzebene hinausgehen, also die im vorangegangenen Abschnitt unter Punkt 4 genannten Teilsatzanbindungen. Auf die Gründe dafür werde ich in Abschnitt 5.4.4 eingehen.

Als Granularität für die Speichereinheiten nehme ich zunächst „klassische“ Phrasenstruktureinheiten an. Zwar ist einfache Phrasenstruktur nicht ausreichend für ein vollständiges Grammatikmodell, denn es gibt immer auch sprachliche Phänomene, die sich nicht mit Phrasenstrukturregeln allein beschreiben lassen. Aber Phrasenstruktur ist eine universelle sprachliche Eigenschaft, die von jedem Grammatikmodell berücksichtigt wer-

---

<sup>11</sup> Ich gehe davon aus, daß auch die Frequenzen idiomatischer Sprachelemente gespeichert werden. Da ich jedoch z.Zt. keine Möglichkeit zur empirischen Überprüfung etwaiger Vorhersagen sehe, werde ich diesen Punkt nicht näher spezifizieren.

den muß, angefangen bei Chomsky (1957), der Phrasenstruktur (gemeinsam mit darauf obligatorisch operierenden Transformationen) als den Kern (*kernel*) der Grammatik bezeichnet. Auch das aus syntaktischer *und* semantischer Sicht zentrale Konzept der Lizenzierungsrelationen operiert auf Ebene der Phrasenstruktur: Das Verb steht in Lizenzierungsrelationen zu seinen Argumenten, die funktionale Rollen belegen und als solche ebenfalls Träger thematischer Rollen sind. Zudem gibt es schon lange empirische Hinweise auf die psychologische Realität klassischer Phrasenstruktureinheiten (z.B. Johnson, 1965).

Aufbauend auf diesen Festlegungen trifft OFC also beispielsweise die Annahme, daß Frequenzen für die hohe oder tiefe Anbindung von PP und Relativsatz in (60a und b) nicht zusammengefaßt werden zu einer Frequenz für die Anbindung eines nachgestellten Modifikators.

- (60) (a) The women discussed the dogs<sub>pp</sub>[on the beach].  
 (b) The women discussed the dogs<sub>RelSatz</sub>[that were on the beach].

Andere frequenzbasierte Modelle legen sich in dieser Hinsicht nicht fest. Jurafsky faßt – seinen Beispielen nach zu urteilen – PP und Relativsatz vermutlich zusammen, ohne daß er dafür eine Begründung liefert. Die *Linguistic Tuning*-Hypothese legt sich ebenfalls nicht fest, und die MCS-Modelle machen auch keine Angaben darüber, wie stark bestimmte Positionen der X-Bar-Struktur für eine Frequenzgewichtung weiter differenziert werden.

Daß nur eine separate Frequenzzählung von PP- und Relativsatzanbindungen empirisch adäquat sein kann, zeigen Experimentaldaten von Hemforth, Konieczny und Scheepers (im Druck b). Sätze wie (61) führten zu unterschiedlichen Präferenzen bei der Anbindung des Modifikators. Die PP *aus Deutschland* in (61a) wurde bevorzugt tief, der Relativsatz *die aus Deutschland kam* (61b) bevorzugt hoch angebunden.

- (61) (a) Die Tochter der Lehrerin<sub>pp</sub>[aus Deutschland] traf John.  
 (b) Die Tochter der Lehrerin<sub>RelSatz</sub>[die aus Deutschland kam], traf John.

Aus meinen Angaben über die Granularität läßt sich ebenfalls ableiten, daß die Frequenzen von PPn wie (62a-d) trotz unterschiedlicher interner lexikalischer und syntaktischer Struktur gemeinsam gespeichert werden.

- (62) (a) mit dem Hund  
 (b) mit dem Ball

- (c) mit dem roten Ball
- (d) mit dem großen roten Ball

Dagegen werden die Frequenzen von (63a-b) separat erfaßt, weil die Präpositionen *mit* und *für* jeweils unterschiedliche Lizenzierungsrelationen haben.

- (63) (a) mit dem Hund
- (b) für den Hund

Informationen aus verschiedenen Speicherebenen können sich inhaltlich überschneiden. Zum Beispiel beziehen sich Frequenzinformationen zur Argumentstruktur des Verbs *fesseln* in bezug auf Sätze wie (64) auf das gleiche Phänomen wie Frequenzinformationen zur *mit*-PP-Anbindung.

- (64) Hans fesselte den Mann mit der Krawatte.

Sind Informationen auf verschiedenen Abstraktionsebenen vorhanden, wird im OFC die zuerst zur Verfügung stehende verwendet. Das bedeutet für (64), daß die Frequenzen alternativer Argumentstrukturen von *fesselte* den Ausschlag für die Anbindung der PP *mit der Krawatte* geben. Für Sätze wie (65), bei denen zum Zeitpunkt der Anbindungsentcheidung spezifische Verbinformation nicht vorliegt, wird die allgemeinere, über alle Verben gemittelte *V NP PP<sub>mit</sub>*-Information für die Auswahl der präferierten Lesart benutzt.

- (65) Hans hat den Mann mit der Krawatte gefesselt.

Ähnliches gilt für Verbzweitsätze mit Verben, die keine starke Tendenz zur Lizenzierung einer PP haben (z.B. *sehen* wie in (66)) und deshalb keine Informationen in bezug auf die PP-Anbindung zur Verfügung stellen.

- (66) Hans sah den Mann mit der Krawatte.

Eine extreme, aber im Rahmen von OFC keineswegs unplausible Sichtweise in bezug auf Subkategorisierungsinformationen könnte die Annahme treffen, daß nicht der Subkategorisierungsrahmen eines Verbs gespeichert wird, sondern daß nur diejenigen Informationen, die zu einem Verb gespeichert werden, überhaupt als Subkategorisierungsrahmen interpretiert werden können. Prinzipiell ist eine riesige Menge von Informationen zu je-

dem einzelnen Verb verfügbar, beispielsweise wie oft das Verb *gehen* gemeinsam mit einer PP auftaucht, die die Art und Weise des Gehens beschreibt (z.B. *Sie ging mit unverminderter Geschwindigkeit*). Solche Ergänzungen tauchen aber verhältnismäßig selten auf und werden deshalb nicht als zum Subkategorisierungsrahmen gehörig gespeichert. Wären sie häufiger, würden sie gespeichert, um eine schnelle Vorstrukturierung des Satzes beim Auftauchen des Verbs zu ermöglichen. Entsprechend würde man die PP als zum Subkategorisierungsrahmen gehörig interpretieren.

Noch weitergehend und in Anlehnung an die in Abschnitt 5.3.2 dargestellten Überlegungen von Hawkins ließe sich die gesamte Grammatik als ein Destillat derjenigen Äußerungen interpretieren, die häufig genug auftauchen, um gespeichert zu werden. Dabei müßten natürlich bestimmte, durch Eigenschaften der Universalgrammatik motivierte Generalisierungen berücksichtigt werden, die dazu führen, daß auch seltene Konstruktionen grammatisch sein können. Komplizierend kommt hinzu, daß auch ehemals häufige und (auch) deshalb grammatische Strukturen durch diachronischen Wandel selten werden können, aber trotzdem (zumindest für ein gewisse Zeit) grammatisch bleiben.

### Umfang der Frequenzspeicherung

Eine Fragestellung, die im Prinzip der nach der Granularität noch vorausgeht, ist die nach dem Umfang der gespeicherten Information. Allen erfahrungsbasierten Ansätzen gemeinsam ist, daß die während der *previous exposure* gesammelten Frequenzinformationen als Basis für die Entscheidung in einer ambigen Situation dienen. Diese Ansätze unterscheiden sich aber in bezug auf das Ausmaß, in dem Daten gesammelt werden.

So werden gemäß der *Linguistic Tuning*-Hypothese nur die Frequenzen *ambiger* Strukturen gespeichert. Jurafskys probabilistisches Modell erfaßt die Häufigkeiten *aller* Strukturen sowie die Lexemhäufigkeiten. (Die Speicherung von Lexemhäufigkeiten schließt die *Linguistic Tuning*-Hypothese vermutlich auch nicht aus, aber es wird nicht beschrieben, wie sie in den Verarbeitungsprozeß integriert werden.) Bei *Multiple constraint satisfaction*-Modellen erhält die Frequenz einzelner Lexeme besonderes Gewicht, während der Umgang mit Frequenzen syntaktischer Strukturen kaum definiert ist.

Die Speichertechnik der *Linguistic Tuning*-Hypothese wirkt auf den ersten Blick sehr viel effizienter als die der anderen Modelle, weil sehr viel weniger – nämlich nur die Frequenzen ambiger Konstrukte – gespeichert werden muß. Gerade unter der Annahme eines hochautomatisierten Parsingprozesses erscheint es aber höchst unplausibel, daß die Syntaxverarbeitung bei jeder Äußerung im Input analysiert, welche Teilstruktur davon ambig ist und welche nicht, und nur die ambigen Teilstrukturen speichert. Vielmehr muß man davon ausgehen – und ich tue das für OFC –, daß in einem automatisch mitlaufenden und ressourcenneutralen Prozeß Frequenzen *aller* Konstrukte gespeichert werden (vgl. Hasher & Zacks, 1979).

Auch der Abruf dieser Frequenzinformation erfolgt automatisch und nicht beeinflußbar. In meiner Modellkomponente OFC hat diese Information jedoch nur dann strukturreisende Funktion bei der Verarbeitung, wenn eine ambige Struktur tatsächlich vorliegt. Bei nicht-ambigen Strukturen kann sie diese Funktion naturgemäß nicht haben. Trotzdem wird auch dort manchmal der Einfluß von Frequenzinformationen sichtbar. So zeigen sich in Experimenten mit OVS-Sätzen wie (67) trotz der nicht-ambigen Struktur schon bei *Den* gegenüber SVO-Sätzen erhöhte Verarbeitungszeiten (Hemforth, 1993), denn die verwendete Wortstellung ist zwar grammatisch und eindeutig, aber eher selten.

(67) Den hungrigen Fuchs beobachtete der fette Hahn.

(68) Die hungrige Füchsin beobachtete der fette Hahn.

Ein ähnlicher Effekt zeigt sich bei lokal ambigen Sätzen wie (68). Hier war die Lesezeit für die zweite NP, das Subjekt *der fette Hahn*, erhöht gegenüber der Lesezeit für ein direktes Objekt an gleicher Position. Außerdem interpretierte ein relativ hoher Anteil der Versuchspersonen die global nicht-ambige Konstruktion (68) falsch, nämlich so, als ob *Die hungrige Füchsin* das Subjekt wäre (Hemforth, 1993). Das läßt darauf schließen, daß der Satz trotz der Eindeutigkeit – wahrscheinlich aus Frequenzgründen – als der kanonischen Elementabfolge zugehörig betrachtet wurde und mentale On-line-Reparaturprozesse *der* zu *den* korrigierten.

#### 5.4.4 Der Geltungsbereich des *Optimized frequency constraint*

Mein abstraktes Basismodell läßt den Einfluß mehrerer Faktoren auf den *initial parse* zu. Solch ein Modell muß die Gewichtung der einzelnen Faktoren bei der Strukturanalyse spezifizieren, um empirisch evaluierbare Hypothesen zu generieren. Alternativ (oder zusätzlich) muß ein Phänomenbereich eingegrenzt werden, für den OFC einen meßbaren Einfluß auf die Verarbeitung nimmt, so daß angenommen werden kann, daß diese Komponente für diesen Phänomenbereich den primären Einflußfaktor darstellt.

Es ist im Rahmen dieser Arbeit – wie überhaupt beim gegenwärtigen Stand der Satzverarbeitungsforschung – nicht möglich, für eine einzelne der potentiellen Komponenten eines Modells des MSVAs das genaue Gewicht festzulegen. Deshalb werde ich von der zweiten Spezifikationsmöglichkeit Gebrauch machen und angeben, für welche Konstruktionen ein Frequenzeinfluß zu erwarten ist, der den Einfluß anderer Faktoren dominiert.

Im Prinzip habe ich dies bereits im vorangegangenen Abschnitt getan, indem ich drei Arten von Informationen benannt habe, die in der mentalen Statistik gespeichert werden: Frequenzen von Lizenzierungsrelationen, Wortstellungsmustern und Phrasenverbindungen. In der Menge dieser Strukturen fehlen die Teilsatzverbindungen, obwohl Fre-

quenzangaben über sie durchaus zu einer schnelleren Strukturierung der Eingabe beitragen könnten (vgl. Abschnitt 5.4.2). Die Speicherung der Frequenzen solcher Strukturen ist nicht unbedingt ineffizienter als die Speicherung anderer Frequenzen. Welche Gründe gibt es also für den Ausschluß?

Es gibt eine Reihe empirischer Hinweise darauf, daß an rechten Teilsatzgrenzen sogenannte *sentence wrap-up*-Prozesse angestoßen werden (Just & Carpenter, 1980; Rayner & Pollatsek, 1989). Sie lassen die Oberflächenrepräsentation des abgeschlossenen Teilsatzes verblassen und erstellen stattdessen eine tiefenstrukturelle Repräsentation des Teilsatzes. Auf diese Weise wird im Arbeitsgedächtnis Platz für neues sprachliches Material geschaffen. Beim Anschluß eines neuen Teilsatzes werden außerdem häufig anaphorische Prozesse angestoßen, die aufgrund von semantischen Kriterien einen Anbindungspunkt im vorangegangenen und möglicherweise semantisch schon voll integrierten Teilsatz suchen.

Nach dem Überschreiten einer Teilsatzgrenze sind die Zugriffsmöglichkeiten auf die Oberflächenrepräsentation des vorausgehenden Teilsatzes deutlich eingeschränkt (Caplan, 1972; Jarvella, 1979). Eine empirische Untersuchung von Konieczny, Hemforth & Scheepers (im Druck) zeigt, daß der MSVA selbst dann Probleme mit dem Zugriff auf Material vor einer bereits überschrittenen Teilsatzgrenze hat, wenn das Material noch sichtbar ist. In einer Blickbewegungsstudie untersuchten Konieczny et al. Sätze der Form (69a) bis (69c).

- (69) (a) *Prä-nominale Adjektivphrase:*  
Heinz schenkte der Nichte den Teddy und das *spannende und sehr lehrreiche* Buch dem Neffen, als er zu Besuch kam.
- (b) *Post-nominale Präpositionalphrase:*  
Heinz schenkte der Nichte den Teddy und das Buch *mit dem spannenden Titel* dem Neffen, als er zu Besuch kam.
- (c) *Post-nominaler Relativsatz:*  
Heinz schenkte der Nichte den Teddy und das Buch, *das sehr spannend war*, dem Neffen, als er zu Besuch kam.

Generell besteht bei Sätzen dieser Form eine Präferenz zur Interpretation der Konjunktion *und* als NP-koordinierend (z.B. (70)) gegenüber der Interpretation als VP-koordinierend, so daß in allen Fällen (69a) bis (69c) bei der Verarbeitung des disambiguierenden Elements *dem Neffen* ein Holzweg-Effekt auftritt. Dieser Effekt war nach Relativsätzen (69c) kleiner als nach PPn (69b) oder APn (69a) (sichtbar an kürzeren *regression path durations*). Dies widerspricht Erwartungen, die auf der Annahme beruhen, daß die syntaktische Komplexität für die Größe des Holzweg-Effekts verantwortlich ist, denn Relativsätze gelten als strukturell komplexer als PPn oder APn.

- (70) Heinz schenkte der Nichte den Teddy und das *spannende und sehr lehrreiche* Buch zu Weihnachten, als er zu Besuch kam.

Zusätzlich zu den Verarbeitungszeiten wurden auch die Häufigkeiten gemessen, mit der Versuchspersonen Blickregressionen von der disambiguierenden Region in die prädisambiguierende Region überhaupt durchführten (*first pass regression probabilities*). Nach Relativsätzen fanden Regressionen deutlich seltener statt als nach PPn und APn. Es scheint also, daß das wiederholte Lesen von Eingabematerial blockiert wird, nachdem eine rechte Teilsatzgrenze passiert wurde, unabhängig davon, ob bei den Versuchspersonen GP-Effekte auftraten oder nicht. Diese Blockade bestand, obwohl der Experimentalsatz die ganze Zeit über auf dem Bildschirm präsent war.

Aufgrund dieser empirischen Befunde beschränke ich den Geltungsbereich von OFC auf die Teilsatzebene. Bei Konstruktionen auf Teilsatzebene, bei denen zum Aufbau des *initial parse* in erster Linie Linzensierungs- und syntaktische Informationen berücksichtigt werden, kann ein hoher Grad an Automatisierung erzielt werden. Dementsprechend werden sie stark von der Frequenz beeinflusst. Bei der Speicherung dieser Konstruktionen in der mentalen Statistik wird von semantischen und pragmatischen Informationen stark abstrahiert. Teilsatzübergreifende Konstruktionen erfordern Analysen, die über die reine Syntaxverarbeitung hinausgehen. So ist der Ablauf anaphorischer (und damit semantisch-pragmatischer) Prozesse erforderlich, um für ein Relativpronomen das richtige Referenznomen im Hauptsatz zu bestimmen. Der semantische Abstraktionsgrad der mentalen Statistik ist aber zu hoch, um qualitativ hochwertige Vorhersagen für den Referenzpunkt des Relativsatzes zu machen (vgl. meine Modellierung der Randbedingungen der Frequenzspeicherung in Abschnitt 5.4.1). Die semantische Integration teilsatzübergreifender Konstruktionen kann deshalb nicht auf die gleiche Weise automatisiert werden wie primär syntaktische Prozesse.

Diese Trennung spiegelt – allerdings unter vielen Vorbehalten – ein wenig die Unterscheidung des *Construal*-Modells zwischen den *primary* und *secondary relations* wider. *Secondary relations* sind Elemente, deren Auslassung die Wohlgeformtheit eines Satzes nicht gefährdet, also z.B. Relativsätze und Adjunkte. Sie werden gemäß dem *Construal*-Modell lediglich mit bestimmten strukturellen Bereichen assoziiert (nicht angebunden), wobei u.a. pragmatische Interpretationsprinzipien wirksam werden. *Primary relations* hingegen, allesamt nur auf der Teilsatzebene angesiedelt, werden sofort aufgrund ausschließlich syntaktischer Kriterien angebunden (vgl. Abschnitt 3.2.3).

#### 5.4.5 Frequenzspeicherung als inkrementeller Prozeß

Ich habe festgelegt, *was* in einer mentalen Statistik gespeichert wird, und zwar sowohl in bezug auf die Granularität als auch den Umfang des zu speichernden Materials. Beides sagt aber noch wenig aus über die Art, *wie* die Frequenzen erfaßt werden. Existierende

frequenzbasierte Modelle bieten in dieser Beziehung wenig Orientierung, weil ihre Modellierung der Frequenzspeicherung entweder viel zu vage oder aber psychologisch unplausibel ist.

Die probabilistische Modellierung in Jurafskys Modell beispielsweise ist psychologisch nicht adäquat. Wie ich schon in Abschnitt 4.4 ausgeführt habe, wird die Verwendung von Wahrscheinlichkeitswerten nicht der Art und Weise gerecht, wie Menschen sprachliches Wissen erwerben und anwenden. Anders als in der mathematischen Statistik sammeln Menschen nicht zunächst eine Menge sprachlicher Daten, um dann summarisch Wahrscheinlichkeitswerte oder –schätzungen zu berechnen. Vielmehr ist nicht nur die Sprachverarbeitung, sondern auch der (andauernde) Spracherwerb ein Prozeß, der eine inkrementelle Aktualisierung der Datenbasis erfordert und nicht nach Eingabe jedes neuen Datums eine komplette Neuberechnung durchführen kann, wie die herkömmliche Wahrscheinlichkeitsrechnung dies verlangt.

In MCS-Ansätzen verfügt zwar jeder Lexikoneintrag und auch jede damit verknüpfte Argumentstrukturinformation und X-Bar-Struktur über Frequenzinformationen, die eine gewichtige Rolle bei der Satzverarbeitung spielen, es werden jedoch keine expliziten Angaben darüber gemacht, wie diese Frequenzdaten erworben werden. Ähnlich sieht es bei der *Linguistic Tuning*-Hypothese aus. Sie legt sich ebenfalls in Bezug auf den Erwerb der Frequenzdaten nicht fest, und in Beispielen, die im Rahmen der Beschreibung der *Tuning*-Hypothese gebracht werden, tauchen lediglich einfache absolute Häufigkeiten auf.

Ein Aspekt, der von keinem der beschriebenen frequenzbasierten Modelle aufgegriffen wird ist der, daß extreme Frequenzunterschiede keinesfalls zu extremen Unterschieden in der Verarbeitbarkeit bzw. Interpretationsgeschwindigkeit führen. Ein zehnmals häufigeres Wort wird nicht zehnmals schneller verarbeitet als das seltenere Vergleichswort. Gleiches gilt auf Satzebene. Man kann also annehmen, daß die mentale Statistik nicht einfach die absoluten oder relativen Häufigkeiten der sprachlichen Einheiten abbildet.

Im folgenden werde ich einen ersten Modellierungsansatz entwickeln, der das Zustandekommen des an eine logarithmische Beziehung erinnernden Verhältnisses sprachlicher Einheiten verschiedener Frequenz zueinander modelliert. Es ist inzwischen deutlich geworden, daß die Verwendung *objektiver* Wahrscheinlichkeiten im Sinne von relativen Häufigkeiten unzulänglich ist, wenn das Verhalten des MSVAs im Sinne eines frequenzbasierten Modells beschrieben werden soll. Vielmehr muß der MSVA auf *subjektiven* Erwartungswahrscheinlichkeiten operieren, die inkrementell erworben wurden.

Wie lassen sich diese subjektiven Erwartungswahrscheinlichkeiten im Rahmen von OFC modellieren? Grundidee meines Ansatzes ist, daß durch die Eingabe einer seltenen Form diese seltene Form stark an Erwartung gewinnt. Im Gegensatz dazu verändert sich die Erwartungswahrscheinlichkeit für eine ohnehin häufige Form kaum, wenn diese Form

in der Eingabe auftritt. Ein erster Ansatz zur formalen Modellierung dieses Ansatzes ist (71), wobei A und B die subjektiven Erwartungswahrscheinlichkeiten miteinander konkurrierender Formen sind, c eine Konstante und A' und B' die subjektiven Erwartungswahrscheinlichkeiten nach Verarbeitung der Eingabe A (zur Berechnung der Werte nach Verarbeitung der Eingabe B müssen lediglich die Variablen ausgetauscht werden). Es gilt  $A + B = 1$ , und entsprechend soll auch  $A' + B' = 1$  gelten.

- (71) Subjektive Erwartungswahrscheinlichkeiten für A und B nach Eingabe des Elements A:

$$A' = A + c \cdot (1 - A) = A + c \cdot B$$

$$B' = B - c \cdot B$$

Bei dieser Modellierung wird (bei Wahl einer geeigneten Konstanten c) die Erwartung der eingegebenen Form A proportional zu dem Anteil, der der Erwartung von A noch bis zur sicheren Erwartung fehlt, also proportional zu  $1 - A$ , erhöht. Die Erwartung der konkurrierenden Form wird proportional zu der für sie bereits bestehenden Erwartung erniedrigt. Dies hat den Effekt, daß bei Eingabe einer seltenen Form sich die Erwartungswahrscheinlichkeit schnell erhöht, während die Eingabe einer häufigen Form die Erwartungen kaum verändert. (72) ist ein Beispiel für die Veränderung der subjektiven Erwartungswerte durch die Verarbeitung eines häufigen Elements (A), (73) für die Verarbeitung eines seltenen Elements (B). In beiden Fällen sind die subjektiven Erwartungswahrscheinlichkeiten vor der Eingabe für  $A = 0.9$  und für  $B = 0.1$ , für die Konstante c wurde hier der Wert 0.1 gewählt).

- (72) Eingabe: A

$$A' = 0.9 + 0.1 \cdot (1 - 0.9) = 0.91$$

$$B' = 0.1 - 0.1 \cdot 0.1 = 0.09$$

- (73) Eingabe: B

$$B' = 0.1 + 0.1 \cdot (1 - 0.1) = 0.19$$

$$A' = 0.9 - 0.1 \cdot 0.9 = 0.81$$

Man sieht, daß die Eingabe eines Elements, das eine sehr viel höhere Erwartungswahrscheinlichkeit als das alternative Element besitzt, nur sehr geringe Änderungen in den Erwartungswahrscheinlichkeiten bewirkt (72). Die Eingabe des selteneren Elements hingegen führt fast zu einer Verdopplung der Erwartung für dieses Element und zu einer Abschwächung der Erwartung für das häufigere Element um ca. 10% (73).

Diese Modellierung subjektiver Erwartungswahrscheinlichkeit entspricht wichtigen psychologischen Adäquatheitskriterien. Sie ist inkrementell, da eine Anpassung bestehender Erwartungswahrscheinlichkeiten ohne Rückgriff auf (summierte) absolute Häufigkeiten erfolgen kann. Und sie ist „ahistorisch“ in dem Sinn, daß die Veränderung einer Erwartungswahrscheinlichkeit nur von der aktuellen Erwartungswahrscheinlichkeit und der zu verarbeitenden Eingabe abhängt. Ob die aktuelle Erwartungswahrscheinlichkeit auf sehr wenigen oder auf vielen Tausenden von Eingabedaten beruht, ist unerheblich. Darin ähnelt mein Ansatz der Delta-Regel für das Lernen in künstlichen neuronalen Netzen (z.B. Hinton, 1989). Dort geschieht die Anpassung der Verbindungsstärken zwischen einzelnen Knoten nur aufgrund des aktuellen Zustands und des gewünschten Ausgabeszustands.

Der hier entwickelte Ansatz des Erwerbs von Frequenzdaten steht auch im Einklang mit Erkenntnissen aus neuesten Lernexperimenten. MacDonald (1998) berichtet von ersten Ergebnissen einer Studie von MacDonald & Christiansen, in der die Verarbeitung von englischen Subjekt- und Objektrelativsätzen wie (74) untersucht wurde.

- (74) (a) *Objektrelativsatz:*  
The reporter that attacked the senator admitted the error.  
(b) *Subjektrelativsatz:*  
The reporter that the senator attacked admitted the error.

Objektrelativsätze sind im Englischen schwieriger zu verarbeiten als Subjektrelativsätze, insbesondere für Versuchspersonen mit geringer Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. MacDonald & Christiansen testeten die Hypothese, daß Subjektrelativsätze leichter zu verarbeiten sind, weil sie wichtige strukturelle Eigenschaften mit einfachen Hauptsätzen gemeinsam haben, und weil die Lernerfahrung, die Menschen mit einfachen Hauptsätzen haben, deshalb auch die Verarbeitung von Subjektrelativsätzen begünstigt. Analog dazu hängt der Erfolg bei der Verarbeitung der „unregelmäßigen“ Objektrelativsätze stark von der Erfahrung ab, die man mit Objektrelativsätzen hat.

Im Experiment lasen Versuchspersonen in zwei Übungssitzungen die gleiche Anzahl von Subjektrelativsätzen und Objektrelativsätzen. Vor und nach der Übungssitzung wurde mit Hilfe der Methode des selbstgesteuerten Lesens der Erfolg der Versuchspersonen bei der Verarbeitung von Subjektrelativsätzen und Objektrelativsätzen gemessen. Es zeigte sich, daß die geübten Versuchspersonen im Vergleich zu ungeübten Kontrollpersonen bei der Verarbeitung von Objektrelativsätzen größere Verbesserungen erzielten als bei der Verarbeitung von Subjektrelativsätzen. Das Vorkommen seltenerer Strukturen (und Objektrelativsätze gelten hier eben als seltener, weil sie strukturell weniger den extrem häufigen Hauptsätzen entsprechen) trainiert den MSVA demnach schneller als das

Vorkommen häufiger Strukturen. Genau das wird auch von meinem Modellierungsansatz vorhergesagt.

## 5.5 Prinzipien des Zugriffs auf gespeicherte Frequenzinformationen

Satzverarbeitung ist ein inkrementeller Prozeß. Deshalb muß jedes Modell des menschlichen Parsings spezifizieren, zu welchem Zeitpunkt der Verarbeitung bestimmte Strukturentscheidungen getroffen werden. Gerade frequenzbasierte Modelle bleiben auf diesem Gebiet zu vage. Sowohl im Rahmen der *Linguistic Tuning*-Hypothese als auch in Jurafskys probabilistischen Modell gibt es dazu fast keine expliziten Aussagen, vgl. meine Kritik in den Abschnitten 4.3 und 4.4. Aus dem MCS-Ansatz läßt sich nur schließen, daß der Zugriff auf Frequenzen bei der Verarbeitung des Lexems, mit dem sie verknüpft sind, erfolgt. Dies ist in vielen Fällen aber zu spät, um psychologisch plausibel zu sein (vgl. die Diskussion am Ende von Abschnitt 4.1).

Ich werde im folgenden die inkrementelle Arbeitsweise des OFC in bezug auf zwei Parameter festlegen. Der erste Parameter betrifft die *Reihenfolge* des Zugriffs auf lexikalische und syntaktische Frequenzinformationen, die sich überschneiden und auch potentiell widersprüchliche Vorhersagen treffen können. Der zweite Parameter beschreibt den *Zeitpunkt*, zu dem auf gespeicherte Frequenzinformationen auf syntaktischer Ebene zugegriffen wird.

### 5.5.1 Reihenfolge des Zugriffs

Mein abstraktes Basismodell geht von der Existenz eines modularen Sprachverarbeitungsapparats aus. Der Zugriff auf gespeicherte Lexemfrequenzen läuft separat vom Zugriff auf die Frequenzen syntaktischer Strukturen. Das bedeutet automatisch, daß der lexikalische Zugriff dem syntaktischen zeitlich vorgelagert sein muß, denn einzelne Lexeme bestimmter Wortklassen stellen ja die Eingabe der Syntaxkomponente dar.

Der Zugriff auf das mentale Lexikon und die Entscheidung darüber, zu welcher Wortart ein wortklassenambiges Lexem gehört, ist – wie empirisch vielfach gezeigt (vgl. Abschnitt 1.4) – stark frequenzabhängig. Die Eingabe in das Syntaxmodul ist also schon vom Faktor Frequenz beeinflusst. Andererseits findet der Lexikonzugriff immer innerhalb eines syntaktischen Rahmens statt, der potentiell Einfluß ausüben kann.

Eine Modellierung des Lexikonzugriffs innerhalb des menschen Parsings, die beiden Aspekten gerecht wird, haben Konieczny, Scheepers, Hemforth & Strube (1994) mit ihrem *Lexical strength*-Prinzip vorgestellt (vgl. Abschnitt 3.2.2). Ich übernehme dieses Prinzip für OFC.

(p11) *Lexical strength*

Wähle bei lexikalischer Mehrdeutigkeit die stärkste Form, die mit dem syntaktischen Kontext vereinbar ist.

*Lexical strength* verbindet zwei Aspekte der Einschränkung lexikalischer Ambiguität, und zwar in zeitlich festgelegter Abfolge. Zuerst wird aus den möglichen Lesarten eines ambigen Wortes die stärkste festgestellt. Beispielsweise kann das englische Wort *that* ein Pronomen, ein Artikel, ein Relativpronomen und eine subordinierende Konjunktion sein, und die häufigste Lesart wird zunächst ausgewählt, also die mit der höchsten *unbedingten* Wahrscheinlichkeit. Anschließend wird überprüft, ob diese Lesart mit dem aktuellen strukturellen Kontext vereinbar ist, d.h. die lexikalische Ambiguität wird durch die Positionierung des Wortes im Satz beschränkt. Steht *that* beispielsweise am Satzanfang, entfällt die Möglichkeit, es als Relativpronomen zu interpretieren. Wird die stärkste Lesart durch den syntaktischen Kontext ausgeschlossen, wird die nächsthäufigere Lesart gewählt.

*Lexical strength* liefert eine Erklärung für die Fehlinterpretation von Satzanfängen wie *The complex houses* (vgl. Abschnitt 4.4). *Complex* kommt deutlich häufiger als Adjektiv denn als Nomen vor, also wird vom MSVA zunächst die Adjektivlesart ausgewählt. Da der syntaktische Kontext diese Lesart durchaus zuläßt, führt *Lexical strength* auch im Endergebnis zur Adjektivlesart. Erst später im Satz stellt sich heraus, daß diese Entscheidung falsch war, und ein GP-Effekt tritt auf.

Wortklassendisambiguierung wird von *Lexical strength* also als ein Prozeß verstanden, der einerseits von der syntaktischen Analyse des vorangegangenen Materials beschränkt wird und andererseits natürlich wiederum selbst die syntaktische Analyse des aktuellen und folgenden Materials beschränkt.

## 5.5.2 Zeitpunkt des Zugriffs

Nach OFC werden Frequenzen verschiedener Kategorien von sprachlichen Informationen – Lizensierungsrelationen, Phrasenanbindungen und Wortstellung – gespeichert. OFC legt separat für jede dieser Kategorien einen Zugriffszeitpunkt fest.

### 1) Zugriff auf Frequenzinformationen zu Lizensierungsrelationen

Angaben über die Frequenzen verschiedener Lizensierungsrelationen sind an einzelne Lexeme, insbesondere Verben, gebunden. Auf diese Angaben kann deshalb sofort, nachdem gemäß dem *Lexical strength*-Prinzip die Wortart des möglicherweise ambigen Lexems bestimmt wurde, zugegriffen werden.

## 2) Zugriff auf Frequenzinformationen zur Phrasenanbindung

Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist beschränkt. Eine frühzeitige Anbindungsentscheidung kann die Belastung des Arbeitsspeichers reduzieren, denn die durch die Anbindungsentscheidung ermöglichte semantische Integration des sprachlichen Materials erlaubt es, Kapazität für die Aufnahme neuen Materials zu schaffen. Eine frühe Anbindung (und damit eine frühe semantische Integration) erhöht also die Verarbeitungsökonomie.

Um die ökonomischen Effekte einer frühen Anbindung ausnutzen zu können, sorgt OFC dafür, daß der MSVA zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf gespeicherte Frequenzinformationen auf Phrasenebene zugreift, nämlich beim Auftreten einer sogenannten *mother-node-constructing-category* (MNCC).

Das Konzept der MNCC stammt von Hawkins (1994). Es spielt eine wichtige Rolle in seinem performanzbasierten Erklärungsmodell der Syntax, *Early Immediate Constituents*. Grundgedanke dieses Modells ist es, daß die Anordnung von Elementen in Sätzen einer möglichst schnellen Erkennbarkeit der direkten Konstituenten eines Mutterknotens dient, d.h. es werden Anordnungen im Satz präferiert, die für eine schnelle Präsentation der Schwesterknoten sorgen. Mit Hilfe dieses Modells erklärt Hawkins u.a. die Präferenz von (75b) gegenüber (75a). Dieses Phänomen ist unter dem Namen *Heavy NP Shift* bekannt.

- (75) (a) I<sub>VP</sub>[gave<sub>NP</sub>[the valuable book that was extremely difficult to find] pp[to Mary]].  
 (b) I<sub>VP</sub>[gave<sub>PP</sub>[to Mary] NP[the valuable book that was extremely difficult to find]].  
 (Hawkins, 1994: 57)

Die drei direkten Konstituenten der VP, also Verb, NP und PP, werden in (75b) sehr viel schneller als in (75a) präsentiert. Es müssen nur vier Terminalknoten analysiert werden, bis alle direkten Töchter der VP erkannt werden. Das letzte *the* reicht aus, um einen NP-Knoten zu konstruieren. Bei (75a) hingegen sind elf Terminale erforderlich, bis die gleiche Strukturierungsleistung erbracht werden kann und das *to* die letzte direkte Konstituente des Satzes, die PP, konstruiert.

Die sogenannte *constituent recognition domain* (CRD) für die VP ist in (75b) kleiner als in (75a), also der Teil des Satzes, der gearastet werden muß, um alle Tochterknoten des Mutterknotens VP zu konstruieren.<sup>12</sup> Ziel der Syntax ist nach Hawkins immer eine Minimierung der CRD.

---

<sup>12</sup> Die genaue Definition der CRD schließt terminale und nicht-terminale Knoten ein:

Die Elemente *to* und *the* gehören zu MNCCs. MNCCs sind Wortarten, die dem Hörer eine reflexartige Erkennung höherer Konstituentenstruktur erlauben. Sobald eine MNCC im Input auftritt, *muß* ihr phrasaler Mutterknoten konstruiert werden (*mother node construction* (MNC)). Im Deutschen ist z.B. eine Präposition die MNCC für eine PP. Artikel, Nomen, Eigennamen oder Pronomen sind MNCCs für eine NP, usw.

Köpfe von Phrasen sind immer MNCCs, aber es kann umgekehrt MNCCs geben, die keine Köpfe sind (z.B. Artikel im Deutschen unter der herkömmlichen Annahme, daß das Nomen der Kopf einer NP ist). Köpfe sind demnach eine Untermenge der Menge der MNCCs. Hawkins postuliert in bezug auf MNCCs zwei Axiome.

*Axiom of MNCC Existence:*

For each phrasal mother node M there will be at least one daughter category C that can construct M on each occasion of use.<sup>13</sup>

Das Axiom der Existenz von MNCCs besagt, daß zu jedem phrasalen Knoten eine Tochterkategorie existiert, die den phrasalen Knoten bei jedem Vorkommen konstruieren kann. Dieses Axiom läßt explizit zu, daß verschiedene MNCCs den gleichen Mutterkno-

---

„The CRD for a phrasal mother node M consists of the set of terminal and non-terminal nodes that must be parsed in order to recognize M and all ICs of M, proceeding from the terminal node in the parse string that constructs the first IC on the left, to the terminal node that constructs the last IC on the right, and including all intervening terminal nodes and the non-terminal nodes that they construct.“ (Hawkins, 1994: 58-59)

<sup>13</sup> Hawkins betont, daß bei einer genaueren Betrachtung bestimmte Kategorien nicht nur direkte Mutterknoten, sondern auch Großmutterknoten konstruieren können. Gemäß Hawkins' Analyse konstruiert beispielsweise ein  $V_{\text{finit}}$  neben dem Mutterknoten VP auch einen Großmutterknoten S. Ähnlich konstruiert ein Aux neben AuxP ebenfalls ein S. Hawkins formuliert diese Eigenschaft einiger Kategorien in dem Prinzip *Grandmother Node Construction* (GNC):

In the left-to-right parsing of a sentence, if any word of syntactic category C uniquely determines a grandmother node G directly dominating its mother node M, in accordance with the PS rules of the grammar, then G is immediately constructed over M. (Hawkins, 1994: 361)

Um sein *Axiom of MNCC Existence* der Tatsache anzupassen, daß phrasale Knoten nicht nur durch Töchter, sondern auch durch Enkelinnen konstruiert werden können, ersetzt Hawkins es durch das allgemeinere *Axiom of Constructability*:

For each phrasal mother node P there will be at least one word of category C dominated by P that can construct P on each occasion of use. (Hawkins, 1994: 379)

Im Rahmen meines Ansatzes ist die Unterscheidung zwischen MNC und GNC von untergeordneter Bedeutung, deshalb beschränke ich mich im Haupttext auf die Beschreibung der intuitiveren MNC.

ten konstruieren können. Zum Beispiel kann sowohl ein Artikel als auch ein Nomen eine NP konstruieren.

Das zweite Axiom, das Axiom der Eindeutigkeit von MNCCs, besagt, daß jede MNCC nur einen bestimmten phrasalen Mutterknoten konstruiert.

*Axiom of MNCC Uniqueness:*

Each MNCC will consistently construct a unique M on each occasion of use.<sup>14</sup>

Dieses Axiom ist sehr viel problematischer als das Axiom der Existenz von MNCCs, denn es gibt durchaus Fälle, in denen ein Element – zumindest temporär – keine eindeutige MNCC ist. Hawkins schreibt:

„a complementizer such as *that* in English exists primarily in order to provide a clear boundary for the onset and recognition of a subordinate clause“  
(Hawkins, 1994: 350)

Damit gesteht er wohl dem Element *that* eine MNCC-Qualität in bezug auf den Mutterknoten CP zu. Er scheint zu übersehen, daß *that* im Verlauf eines inkrementellen Verarbeitungsprozesses ebenso eine MNCC für eine NP sein kann.

Wie oben schon angedeutet, verwendet mein Ansatz das MNCC-Konzept, um einen Zugriffszeitpunkt auf die gespeicherten Frequenzinformationen auf Phrasenebene zu spezifizieren. Eine mentale Statistik, die konsultiert wird, um über die Anbindung von Phrasen zu entscheiden, kann erst dann eine Interpretationshilfe bieten, wenn feststeht, um welchen Phrasentyp es sich handelt. Da die MNCC der früheste Punkt während der Verarbeitung ist, zu dem der Phrasentyp bekannt ist, ist es plausibel, daß eine ökonomische Verarbeitung zu diesem Zeitpunkt eine Anbindungsentscheidung fällt. Dies ist übrigens unabhängig davon, worauf diese Entscheidung basiert.

Ich habe oben auf die Problematik hingewiesen, daß das *Axiom of MNCC Uniqueness* bei inkrementeller Verarbeitung nicht in allen Fällen gilt. Dies bereitet dem OFC jedoch keine Probleme, denn bevor überhaupt ein Zugriff auf die Statistik syntaktischer

---

<sup>14</sup> Das *Axiom of MNCC Uniqueness* wird von Hawkins zum *Axiom of Phrasal Node Constructing Category (PNCC) Uniqueness* verallgemeinert, um die zusätzliche Möglichkeit einer *unique grandmother node construction* abzudecken:

*Axiom of PNCC Uniqueness:*

Each PNCC will consistently construct a unique M, and possibly a unique G, on each occasion of use. (Hawkins, 1994: 380)

Strukturen stattfindet, greift das *Lexical strength*-Prinzip, das die stärkste Lesart des ambigen Lexems auswählt. Diese Lesart kann dann als eindeutige MNCC fungieren – natürlich immer mit dem Risiko, daß die falsche Lesart gewählt wurde.

### 3) Zugriff auf Frequenzinformationen zur Wortstellung

Bei den Wortstellungsangaben, die nach OFC gespeichert werden, handelt es sich um Frequenzen verschiedener Wortstellungsmuster auf Teilsatzebene. Deshalb wird immer dann, wenn ein Lexem auftaucht, das einer MNCC angehört, die einen Teilsatz konstruiert, die mentale Statistik konsultiert. Für den ersten Teilsatz eines Satzes ist im Prinzip jedes Wort eine MNCC.

### Diskussion

Die Bestimmung der MNCC als Zeitpunkt des Zugriffs auf eine mentale Statistik auf Phrasenstrukturebene, die mein OFC vornimmt, ist schon insofern ein Fortschritt gegenüber anderen frequenzbasierten Ansätzen, als daß damit für eine frequenzbasierte Modellierung der Sprachverarbeitung erstmals überhaupt eine Spezifikation des Zugriffsmoments vorliegt.

Die Verwendung des Konzepts der MNCC bietet aber auch deutliche Vorteile gegenüber der Verwendung alternativer Konzepte, die sich unter Umständen ebenfalls als Markierungen des Zugriffszeitpunktes anbieten würden. Ich habe oben schon auf den Kontrast zwischen einer MNCC und einem phrasalen Kopf hingewiesen. Die MNCC ist als Konzept wesentlich theorieneutraler als ein Kopf. Je nach Theorie gelten verschiedene Elemente einer Phrase als deren Kopf. Hawkins weist darauf hin, daß die meisten Theorien zudem auf einer zweiseitigen Eindeutigkeitsbeziehung zwischen phrasalen Mutterknoten und Köpfen bestehen. Das bedeutet, daß neben der auch von Hawkins postulierten Eindeutigkeit einer Kategorie für die Phrase auch umgekehrt verlangt wird, daß jeder Phrasentyp nur eine Kopfkategorie besitzt. Tatsächlich lassen sich aber viele Phrasentypen anhand von mehr als einer Kategorie erkennen. Deshalb ist ein phrasaler Kopf weniger gut als Zugriffsmoment geeignet. Auch in bezug auf die Ökonomie ist das MNCC-Konzept Köpfen als Zugriffszeitpunkt überlegen, denn da Köpfe eine Untermenge der MNCCs sind, findet die Erkennung des Phrasentyps und damit der Zugriff auf die Phrasenstrukturstatistik spätestens beim Auftauchen des Kopfes statt, oft aber früher.

Eine zusätzliche Stärke der Verwendung des Konzepts der MNCC besteht in der dadurch automatisch erfolgenden weiteren Beschränkung der Granularität, mit der Daten oberhalb der Wortebene in der mentalen Statistik gespeichert werden. Zum Beispiel läßt sich aus der Annahme, daß ein Artikel eine MNCC in bezug auf eine NP ist und dementsprechend ein Statistikzugriff auf die NP-Statistik schon beim Artikel stattfindet, ableiten, daß Frequenzen von NPn mit und ohne Adjektiv nicht separat gespeichert werden.

Schließlich macht es keinen Sinn, für unterschiedliche Typen von NPn separate Statistiken zu führen, wenn zum Zeitpunkt des Statistikzugriffs noch keine Grundlage für die Entscheidung darüber, welche Variante vorliegt, möglich ist. (Die gleiche Vorhersage hatte OFC auch schon in Abschnitt 5.4.3 aus anderen Überlegungen abgeleitet.)

## 5.6 *Optimized frequency constraint*: Zusammenfassung

Ich habe mit dem OFC eine Frequenzkomponente für ein weitgehend abstraktes Satzverarbeitungsmodell spezifiziert, das neben der Frequenz prinzipiell auch anderen Faktoren Einfluß auf den *initial parse* zugesteht, und das von serieller Verarbeitung und der Existenz einer separaten Syntaxkomponente ausgeht. OFC erfüllt weitgehend die Anforderungen, die ich in Abschnitt 5.2 an die Frequenzkomponente eines Satzverarbeitungsmodells gestellt habe:

### Theoretische Motivation

OFC ist primär motiviert durch die Annahme, daß frequenzbasiertes Parsing hochautomatisierbar und maximal ökonomisch ist und dadurch den Anforderungen einer Echtzeitverarbeitung sowie der Beschränkung durch ein Arbeitsgedächtnis mit geringer Kapazität gerecht wird. OFC ist ebenfalls motiviert durch eine gegenseitige Beeinflussung von Frequenz und MSVA, die durch die Grammatik vermittelt wird. Frequenzbasierte Ansätze und stärker (formal-)linguistisch orientierte Ansätze müssen also nicht im Gegensatz zueinander stehen.

### Nach welchen Prinzipien werden Frequenzinformationen in eine mentale Statistik aufgenommen und dort gespeichert?

Aufbauend auf zwei quasi-axiomatischen Zielen des MSVAs, Speichereffizienz und schneller Strukturaufbau, spezifiziert OFC den Umfang und die Granularität der Speicherung von Frequenzdaten. Die Granularität der mentalen Statistik wird also nicht auf ein empirisches Phänomen reduziert. OFC geht davon aus, daß der Einfluß von Frequenzinformationen dort am größten ist, wo Strukturaufbau weitgehend auf lexikalischen oder syntaktischen Phänomenen basiert. Dort, wo pragmatische Prozesse oder anaphorische Bezüge entscheidend für den Strukturaufbau sind, spielt Frequenz eine untergeordnete Rolle. Demnach ist Frequenzinformation der wichtigste Faktor bei Wortstellungsphänomenen, Phrasenanbindungsphänomenen und Lizenzierungsrelationen. Bei der Verarbeitung von teilsatzübergreifenden Strukturen ist Frequenz von geringer Bedeutung. Sollte in solchen Fällen trotzdem eine Korrelation zwischen Frequenz und Verarbeitungsaufwand gefunden werden, spricht dies allerdings nicht gegen OFC, sondern würde lediglich so interpretiert, daß der Einfluß eines anderen, stärkeren Faktors in die gleiche Richtung

deutet wie der Einfluß der Frequenz. OFC beschreibt außerdem den Prozeß der Frequenzspeicherung als einen inkrementellen und „ahistorischen“ Vorgang.

Da die spezifische Ausprägung der zur Speicherung verwendeten Grammatik (zumindest jenseits einfacher Phrasenstrukturregeln) keine entscheidende Bedeutung für mein Modell hat, muß eine bestimmte Grammatik hier auch nicht unabhängig motiviert werden.

### **Wann und auf welche Weise wird auf die mentale Statistik zugegriffen?**

OFC spezifiziert die Reihenfolge und den Zeitpunkt, zu dem auf die gespeicherten Frequenzdaten zugegriffen wird. Zunächst wird nach dem *Lexical strength*-Prinzip die stärkste Form eines Lexems, die mit dem syntaktischen Kontext vereinbar ist, ausgewählt. Anschließend greift der mentale Parser auf die Frequenzen der mentalen Statistik zu. Für Frequenzen, die an Lexeme gebunden sind, wie z.B. die Frequenzen verschiedener Lizenzierungsrelationen eines Verbs, ist dieser Zeitpunkt die Verarbeitung des betreffenden Lexems. Für Frequenzen von Phrasenanbindungen wird beim Eintreffen der MNCC auf die mentale Statistik zugegriffen, also zum frühestmöglichen Zeitpunkt, zu dem der Typ der anzubindenden Phrase erkannt werden kann. Auf die Frequenzen verschiedener Wortstellungsmuster schließlich wird schon zu Beginn jeder Äußerung zugegriffen.

Die Speicherung von Informationen verschiedener Granularität und insbesondere auch die Berücksichtigung lexikalischer Frequenzen kann zur Erklärung unterschiedlicher Verstehensleistungen bei strukturell identischen, aber lexikalisch verschiedenen Sätzen herangezogen werden.

Weisen die gespeicherten Frequenzen alternativer Lesarten keine signifikanten Unterschiede auf, läßt sich auf der Basis von OFC keine Vorhersage für Verarbeitungspräferenzen erzeugen. In solch einer Situation kann der Einfluß anderer Faktoren zum Tragen kommen.

Eine Anforderung an eine Frequenzkomponente, der mein OFC noch nicht gerecht wird, ist die Angabe eines Kriteriums zur Unterscheidung echter GP-Sätze von anderen lokal ambigen Sätzen.

Im folgenden Kapitel werde ich aus diesen Grundannahmen des OFC in Verbindung mit Frequenzanalysen, die ich auf der Basis von Textkorpora durchgeführt habe, Hypothesen über den Verarbeitungsaufwand konkreter sprachlicher Strukturen ableiten. Diese Hypothesen werde ich anschließend anhand von Ergebnissen aus sprachpsychologischen Experimenten evaluieren.

---

## 6 Empirische Untersuchungen

Ein Großteil der bisherigen Untersuchungen menschlicher Satzverarbeitungsprozesse hat sich ausschließlich mit dem Englischen beschäftigt, und besonders in den Anfangszeiten dieser Forschungsrichtung wurde leichtfertig vom Englischen auf die Sprache im allgemeinen geschlossen. Diese Konzentration auf eine Sprache läßt den enormen Reichtum an sprachlichen Strukturen in den Sprachen dieser Welt außer acht und vernachlässigt die Vielfalt, die ein allgemeines Verarbeitungsprinzip abdecken muß. Abgesehen davon hat das Englische eine Reihe von typologischen Eigenschaften, die sprachenübergreifend betrachtet eher untypisch sind. So ist das Englische beispielsweise eine der wenigen, wenn nicht gar die einzige Sprache, in der die Reihenfolge der Elemente im Satz (*word order*) der wichtigste Determinator der Satzbedeutung ist (im Gegensatz zu Kriterien wie Kasus, Belebtheit, Kongruenz, Topikalisierung oder *Stress*; Bates & MacWhinney, 1989). Eine weitere Eigenschaft des Englischen, die sprachtypologisch ungewöhnlich ist, ist die Tatsache, daß die 3. Person Singular der englischen Verbformen markiert ist. Über alle Sprachen der Welt betrachtet ist die 3. Person Singular am seltensten markiert (Comrie, 1981).

Dementsprechend zeigte schon eine der ersten Untersuchungen (Cuetos & Mitchell, 1988) an einer anderen Sprache, dem Spanischen, daß auf englischen Daten basierende Ergebnisse nicht generell auf andere Sprachen übertragbar sind. Neuere Untersuchungen an weiteren Sprachen (Deutsch, Niederländisch, Französisch, Italienisch, Portugiesisch, Japanisch) deuten in die gleiche Richtung, obwohl einige dieser Sprachen mit dem Englischen eng verwandt sind und in wichtigen typologischen Parametern mit ihm übereinstimmen.

Auch Korpusuntersuchungen sind in der Vergangenheit in erster Linie an englischen Korpora durchgeführt worden. Lediglich einige ausgesuchte Konstruktionen wur-

den auch anhand von niederländischen, deutschen, spanischen und französischen Korpora untersucht. Im Sinne einer nicht ausschließlich auf das Englische ausgerichteten Satzverarbeitungsforschung werde ich daher in dieser Arbeit systematisch deutsche Korpusdaten erheben und auswerten.

Um auf Grundlage der Annahmen des *Optimized frequency constraint* den Einfluß der Frequenz sprachlicher Einheiten auf den *initial parse* zu überprüfen, müssen für jede untersuchte Konstruktion Korpusdaten erhoben und mit Daten aus sprachpsychologischen Leseexperimenten verglichen werden. Da ich im Rahmen dieser Arbeit keine eigenen Experimente durchführen konnte, ist notwendigerweise die Auswahl der untersuchten Konstruktionen durch die für das Deutsche vorhandenen Experimentaldaten beschränkt. Eine weitere Einschränkung liegt in der Art einiger der Konstruktionen, zu denen experimentelle Ergebnisse vorliegen. Sie sind teilweise strukturell so komplex (z.B. (76a und b) aus Bader & Lasser, 1994), daß im Korpus zu wenige Belege dafür auffindbar sind, um statistisch auswertbar zu sein.

- (76) (a) ... daß sie [nach dem Ergebnis zu fragen] tatsächlich erlaubt hat.  
(b) ... daß [sie nach dem Ergebnis zu fragen] tatsächlich erlaubt worden ist.

Im folgenden werde ich zunächst das für die empirischen Untersuchungen verwendete Korpusmaterial und die darauf operierenden Analysemethoden beschreiben. Dann werde ich für eine Reihe von lokal oder global ambigen Konstruktionen des Deutschen aus den Prinzipien des OFC in Kombination mit den Korpusfrequenzen Vorhersagen für die mentale Verarbeitungskomplexität und damit die zu erwartende Verarbeitungsdauer ableiten. Der anschließende Vergleich dieser Vorhersagen mit den Ergebnissen, die in sprachpsychologischen Experimenten erzielt wurden, wird Aufschluß darüber geben, inwieweit die Vorhersagen des OFC mit der experimentell gemessenen Verarbeitungskomplexität korrelieren.

## 6.1 Methoden der Datenanalyse und Auswahl des Datenmaterials

Bisher existieren nur kleinere syntaktisch analysierte Korpora der deutschen Sprache, auf die für Frequenzzählungen zurückgegriffen werden kann. Sie sind jedoch ohnehin nur bedingt für den hier verfolgten Zweck geeignet, denn ein auf herkömmliche Weise syntaktisch analysiertes Korpus versucht, Ambiguitäten aufzulösen, also die eigentlichen Zielstrukturen für sprachpsychologisch orientierte Zählungen gar nicht erst in Erscheinung treten zu lassen.

Um an größere Datenmengen zu kommen, habe ich große, leicht zugängliche und linguistisch völlig unanalysierte Korpora soweit aufbereitet, wie es für den hier verfolgten Zweck erforderlich war, und zwar Texte aus der *tageszeitung* (taz) und der *Süddeutschen Zeitung* (SZ). Sie dienen als Grundlage meiner Frequenzzählungen.

Zunächst habe ich das Textmaterial von Metazeichen gesäubert und eine Grobzerlegung in Sätze vorgenommen. Dabei bin ich nach einem ganz einfachen Verfahren vorgegangen: Jedes potentielle Satzendezeichen (Punkt, Frage- und Ausrufezeichen), das von einem Leerzeichen oder einem anderen Trenner gefolgt wird, wird als Satzende gewertet. Dieses Vorgehen führt in einigen Fällen zu fehlerhaften Satzgrenzen, z.B. wenn eine Abkürzung im Satz vorkommt. Ich gehe aber davon aus, daß diese Fälle zufällig verteilt sind. Deshalb verändern Fälle, in denen eine gesuchte Konstruktion durch diese künstlichen Satzgrenzen nicht mehr erkannt werden kann, im Ergebnis nicht die Frequenzrelationen, die in dieser Arbeit eine weitaus größere Rolle spielen als die absoluten Häufigkeiten.

Nach der Zerlegung in Sätze habe ich die Korpora unter Zuhilfenahme des CELEX-Vollformenlexikons<sup>15</sup> mit Wortartangaben annotiert, wobei ambigen Wortformen mehrere Angaben zugewiesen wurden. Den etwa 20% der Worttoken, die auf diese Weise nicht klassifiziert werden konnten, wurden in Abhängigkeit von der Groß-/Kleinschreibung und der Position im Satz (initial oder nicht) offene Wortklassen (Nomen, Verb, Adjektiv, Adverb) als Bezeichner zugeordnet.

Das Ergebnis war ein Korpus der folgenden Form, das sich in der Notation an das *British National Corpus* (Burnard, 1995) und damit an SGML-Konventionen anlehnt. (Die verwendeten Kürzel werden im Anschluß an die Sätze erklärt.)

```
<s n=      2>
<w N>Besitzer <w PD>von <w N>VW-Aktien <w V>können <w D>nicht <w
OD>mehr <w V>klagen<c PUN>, <w PD>seit <w N>VW <w P>im <w
A>letzten <w N>Dezember <w PD>mit <w RO>der <w N>IG <w N>Metall <w
RO>die <w A>radikale <w N>Arbeitszeitverkürzung <w PD>auf <w
num>28 <c PUN>, <w num>8 <w N>Stunden <w V>vereinbart <w V>hat<c
PUN>.
```

```
<s n=      3>
<w N>Produktivität <w C>und <w N>Ertragskraft <w RO>des <w
AVD>größten <w A>europäischen <w N>Autoherstellers <w V>sind <w
D>seither <w A>enorm <w V>gestiegen<c PUN>.
```

```
<s n=      4>
<w D>Bereits <w PD>für <w num>1994 <w V>verspricht <w N>VW-Chef
<w N>Ferdinand <w N>Piëch <w VRU>eine <w A>ausgeglichene <w
N>Bilanz<c PUN>, <w C>nachdem <w num>1993 <w RO>der <w N>Absatz
<w PD>von <w N>VW-Autos <w PDC>um <w num>25 <w N>Prozent <w
V>eingebrochen <w V>war<c PUN>.
```

---

<sup>15</sup> *The Celex lexical database*. Centre for Lexical Information, Max Planck Institute for Psycholinguistics, Nijmegen, 1995, CD-ROM.

<s n= 5>  
 <w RO>Der <w N>Einbruch <w V>war <w C>auch <w P>bei <w RO>der <w N>Bilanz <w PD>zu <w V>spüren<c PUN>.

<s n= 6>  
 <w P>Im <w N>Jahr <w num>1993 <w V>machte <w N>VW <w num>1 <c PUN>, <w num>94 <w N>Milliarden <w N>Mark <w N>Miese<c PUN>(<w PD>auf <w VROU>einen <w N>Umsatz <w PD>von <w num>76 <c PUN>, <w num>6 <w N>Mrd<c PUN>.

<s n= 7>  
 <w AVDN>DM<c PUN>)<c PUN>.

<s n= 8>  
 <w P>In <w RO>der <w N>Innenstadt <w PD>von <w N>Wolfsburg<c PUN>, <w RO>das <w PC>ohne <w N>VW <w D>nicht <w V>existierte<c PUN>, <w V>gehen <w PD>seit <w RO>dem <w N>Tarifabschluß <w RO>die <w N>Geschäfte <w D>wieder <w O>ihren <w A>gewohnten <w N>Gang<c PUN>.

<s n= 9>  
 <w P>Im <w N>Herbst <w V>hielten <w O>sich <w O>unsere <w N>Konsumenten <w A>deutlich <w D>zurück<c PUN>, <w V>sagt <w RO>der <w N>Sprecher <w RO>der <w N>Industrie- <w C>und <w N>Handelskammer<c PUN>.

#### Zeichenerklärung:

< s n= 2>	Angabe der Satznummer, hier z.B. Satz Nr. 2
<w N>	Annotierung eines Wortes mit seiner Wortart, hier z.B. Nomen
<w num>	Annotierung einer Ziffer oder Ziffernfolge
<c PUN>	Annotierung eines Satzzeichens

Die verwendeten Wortartangaben sind:

N	Nomen	R	Artikel
V	Verb	O	Pronomen
A	Adjektiv	U	Numeral
D	Adverb	C	Konjunktion
P	Präposition		

(Bei Satz 6 tritt der oben erwähnte Fehler bei der Zerlegung des Rohtextes in Sätze auf. Der Abkürzungspunkt von *Mrd.* wird als Satzendezeichen, das folgende *DM* als neuer Satz interpretiert. Die Auswertung wird aber – wie auch in diesem Fall – durch solche Fehler nur selten gestört.)

Um eine zu untersuchende syntaktische Konstruktion aus dem Korpus herauszufiltern, habe ich einen Abgleich der Korpusätze mit einem regulären Ausdruck, der diese Konstruktion beschreibt, durchgeführt. Bei der Suche nach Relativsätzen, die an ein komplexes Nomen angebunden sind (z.B. *der Name der Zeitung, der...*) wäre die entsprechende Konstruktion, nach der gesucht wird,

Artikel Nomen Artikel Nomen, Pronomen ...

Ein Abgleich der Korpusätze mit dieser Konstruktion ergab u. a. die folgenden (hier von Wortartangaben gereinigten) Sätze. Der gesuchte Ausdruck ist jeweils von spitzen Klammern umgeben.

<s n= 1067>

>>> Die Zahl der Arbeitnehmer, die <<< trotz Vollbeschäftigung mit ihrem Jahreseinkommen unter die Armutsgrenze von 13 . 000 Dollar für eine vierköpfige Familie fallen, ist seit 1979 von 12 auf 18 Prozent gestiegen.

<s n= 1396>

André Gorz etwa nannte >>> die Mikroelektronik ein Versprechen, das <<< im Grunde vielmehr den Tod der Arbeitsgesellschaft bedeutete.

<s n= 1657>

Und daher wird sich auch in >>> der Wahrnehmung der Bevölkerung, die <<< in den bestehenden Strukturen aufwächst, nichts ändern.

<s n= 1872>

Arbeit eröffnete seit jeher den Zugang zu den Gütern der Erde und diente somit >>> dem Ziel des Industrialismus, die <<< ganze Erde zu unterwerfen.

<s n= 1950>

Die Männer hat es im letzten Jahr besonders hart getroffen, >>> die Facharbeiter des Metallgewerbes, das <<< hier seit Menschengedenken angesiedelt ist.

<s n= 2488>

>>> Die Giftwolken der Industrieländer, die <<< Produkte, welche die Landarbeiter zusammen mit sich selbst vergiften, landen zum großen Teil auch wieder auf den Tischen in den westlichen Industrieländern.

<s n= 2930>

Weitere Diebstähle sind nach wie vor nicht ausgeschlossen, beklagte sich der Landrat von Nordhausen, Joachim Claus, gegenüber der taz, da >>> der Eigentümer des Berges, die <<< bayerische Firma Wildgruber, eine Zusammenarbeit verweigert.

<s n= 4192>

Und entlarvt nebenbei eben auch >>> die Verlogenheit einer Epoche, die <<< sich hinter galanter Sprache versteckt.

Die Korpusanalyse folgt also einem sehr einfachen Verfahren. Sein Vorteil liegt in der Robustheit, eine für die Verarbeitung von in Rohform vorliegenden Korpora unabdingbare Eigenschaft. Sein Nachteil besteht darin, daß in der Ergebnismenge außer Sätzen mit der gesuchten Konstruktion auch noch Sätze enthalten sind, in denen die gesuchte Abfolge von Wortarten tatsächlich Teil einer ganz anderen Konstruktion ist.

Die gefundenen Sätze mußten deshalb anschließend manuell bearbeitet werden, um die Sätze herauszufiltern, die der gesuchten Konstruktion trotz der übereinstimmenden Bezeichnerfolge nicht entsprachen. In den obigen Beispielsätzen ist das bei Satz 1396 der Fall, da die beiden NPn vor dem Komma keine komplexe NP bilden, und bei den Sätzen 1872, 2488 und 2930, weil der Artikel nach dem Komma keinen Relativsatz einleitet. Ebenso wurden Sätze ausgeschlossen, die aufgrund fehlerhafter Satzgrenzen nicht vollständig genug waren, um die verwendete Lesart der Konstruktion zu beurteilen.

Alle verbliebenen Sätze enthielten die gesuchte Konstruktion. Für sie wurde einzeln entschieden, welche der möglichen Lesarten im konkreten Fall vorlag, hier also, an welche der NPn der Relativsatz angebunden ist. Wenn keine Entscheidung möglich war, wurde der Satz von der Analyse ausgeschlossen. Dies war bei ca. 5-15% der Sätze der Fall.

Anschließend wurden mit den Ergebnissen der Zählungen Signifikanztests durchgeführt. Auf der Grundlage von Annahmen des OFC wurden mit Hilfe dieser Daten Hypothesen über die Verarbeitungspräferenzen von Versuchspersonen generiert, die schließlich mit Ergebnissen aus sprachpsychologischen Experimenten verglichen wurden.

Ich habe weiter oben (Abschnitt 4.3) schon ausgeführt, daß der Idealfall der empirischen Überprüfung eines frequenzbasierten Ansatzes darin bestünde, sämtliche Sprachdaten der *previous exposure* eines Individuums zu analysieren und anschließend mit den experimentell gemessenen Sprachverarbeitungsleistungen dieses Individuums zu vergleichen. Da dies offensichtlich nicht möglich ist, müssen in mehrerer Hinsicht Verallgemeinerungen und Abstraktionen dieses Idealfalls hingenommen werden.

Zum einen muß vom Individuum abstrahiert werden. In experimentellen Untersuchungen wird das Verhalten vieler Versuchspersonen analysiert und anschließend über die Ergebnisse gemittelt, um zu einer allgemeinen Aussage zu kommen. Auf der Seite der Erfassung von Frequenzdaten sieht es noch schwieriger aus, denn hier stehen überhaupt keine „Individualdaten“ zur Verfügung. Deshalb muß versucht werden, Korpusdaten zu erfassen, die möglichst repräsentativ für die (geschriebene) Spracheingabe der Versuchspersonen sprachpsychologischer Experimente ist. Das Problem der Repräsentativität von Korpora ist bisher nicht ausreichend geklärt (vgl. Rieger, 1979; Tuldava, 1998) und kann auch hier nicht gelöst werden. Denn ohne die vollständige *previous exposure* eines Individuums zu kennen, läßt sich prinzipiell nicht entscheiden, welches Textkorpus für die gesammelte Spracheingabe dieses Individuums repräsentativ ist. Gleiches gilt für eine Gruppe von Individuen oder eine ganze Sprachgemeinschaft.

Hinzu kommt die praktische Schwierigkeit, daß nicht alle Korpora, die prinzipiell als geeignet erscheinen, auch (maschinenlesbar) verfügbar sind.

In dem Rahmen, der durch diese Beschränkungen gesteckt ist, habe ich mich für die Verwendung von Zeitungskorpora entschieden. Zeitungskorpora bestehen typischerweise aus vielen kleinen, in sich abgeschlossenen Texten. Sie decken unterschiedliche Sachgebiete ab und stammen von verschiedenen Autoren, so daß erwartet werden kann, daß sich ein idiosynkratischer Sprachgebrauch einzelner Autoren herausmittelt. Trotz ihrer thematischen Diversität zeichnet sie doch die Homogenität eines Genres aus. Zeitungskorpora repräsentieren eine Textsorte, die von typischen Versuchspersonen sprachpsychologischer Experimente, Studierenden, in der Regel rezipiert wird. Dies gilt natürlich auch für weitere Textsorten, beispielsweise Fachbücher oder Romane. Es ist nicht auszuschließen, daß sich diese Textsorten von Zeitungstexten in bezug auf die Häufigkeiten bestimmter Strukturen unterscheiden. Dies konnte leider nicht überprüft werden, da Fachbuchtexte oder Prosatexte zeitgenössischer Autoren in der Regel nicht frei verfügbar sind. Es gibt allerdings keine *a priori*-Gründe für die Annahme, daß es systematische Unterschiede im Gebrauch bestimmter Lesarten syntaktisch ambiger Konstruktionen gibt.<sup>16</sup> Um zumindest innerhalb des Zeitungsgenres ein anderes Korpus zu untersuchen, wurden für einige Konstruktionen, in denen keine sehr klaren Frequenzverhältnisse vorlagen, neben den Daten der *taz* auch solche der *SZ* ausgewertet.

Für meine Korpusanalysen habe ich drei verschiedene Korpora bzw. Korpusgrößen verwendet. Sie werden im folgenden jeweils mit Korpus A, B und C bezeichnet. Unterschiedliche Korpusgrößen sind erforderlich, da für seltenere Konstruktionen größere Korpora benötigt werden, um an statistisch auswertbare Datenmengen zu gelangen.

**Korpus A:** Texte der *tageszeitung* (*taz*): etwa ein Fünftel der Texte eines Monats (April 1994) (ca. 8530 Sätze).

**Korpus B:** Texte der *tageszeitung* (*taz*): 6 Monate (Januar bis Juni 1994) (ca. 237.700 Sätze).

**Korpus C:** Texte der *Süddeutschen Zeitung* (*SZ*): 1 Monat (Februar 1996) (ca. 186.600 Sätze)

---

<sup>16</sup> Auch das Verhältnis schriftsprachlicher Korpora zu Korpora der gesprochenen Sprache wäre an dieser Stelle von Interesse. Es wird hier jedoch nicht weiter untersucht werden, denn zum einen geht es in dem hier behandelten Zweig der Satzverarbeitungsforschung um die Analyse von geschriebener Sprache, nicht die gesprochener Sprache. Zum anderen sind die (ohnehin spärlicher verfügbaren) Korpora gesprochener Sprache extrem schwierig zu analysieren: Sätze sind kaum abzugrenzen, und fast keine Äußerung läuft ohne Wiederholungen, Füllwörter, Unterbrechungen etc. ab, so daß der automatische Abgleich der Korpora mit bestimmten Suchmustern nur mit extrem hohem Aufwand möglich ist. Die statistische Analyse etwas komplexerer Äußerungen ist gar nicht möglich, weil sie in Korpora gesprochener Sprache praktisch nie auftauchen.

Die sprachlichen Konstruktionen, die ich untersuchen werde, gliedern sich in vier Bereiche. Im ersten Bereich geht es um Lizenzierungsrelationen, die zwischen Verben und den von ihnen lizenzierten Elementen bestehen. Es wird also der Einfluß von lexikalischer Information bzw. mit Lexemen verknüpfter Strukturinformation auf den Satzverarbeitungsprozeß analysiert. Der zweite Bereich deckt Wortstellungsphänomene in Deklarativsätzen, Relativsätzen und Fragen ab. Insbesondere geht es dabei um die Reihenfolge von Subjekt und Objekt. Der dritte Bereich behandelt Phänomene der Phrasenanbindung, und der vierte Bereich schließlich die Anbindung von Teilsätzen (*clauses*), speziell die Anbindung von Relativsätzen an komplexe NPn.

## 6.2 Lizenzierungsrelationen

Elemente verschiedenster Wortklassen können weitere Satzelemente lizensieren. Zum Beispiel lizenziert ein Wort wie *Vergleich* eine PP, die mit *mit* beginnt. Das bedeutet, daß der menschliche Parser beim Auftauchen des Wortes *Vergleich* in seiner Eingabe automatisch eine an dieses Nomen angebundene *mit*-PP konstruieren und damit bereits eine Vorstrukturierung der kommenden Eingabe vornehmen kann (obwohl diese *mit*-PP darin nicht unbedingt realisiert sein muß).

Der häufigste Fall der Lizenzierung im Deutschen ist die Lizenzierung einer oder mehrerer NPn durch das Verb. Zu Anfang des Kapitels 3 habe ich schon darauf hingewiesen, daß dabei die Unterscheidung von obligatorischen und nicht-obligatorischen Argumenten sowie den immer optionalen Adjunkten häufig problematisch ist. Für den hier verfolgten Zweck muß diese Unterscheidung aber gar nicht unbedingt getroffen werden. Obligatorische Argumente des Verbs können in der Regel nur an das Verb selbst angebunden werden und führen deshalb selten zu Anbindungsambiguitäten. Dementsprechend wird die Anbindung obligatorischer Elemente in sprachpsychologischen Experimenten kaum untersucht.

Interessanter sind die nicht-obligatorischen Argumente und die Adjunkte. Beide zeichnen sich dadurch aus, daß für sie häufig zumindest strukturell mehr als ein potentieller Anbindungspunkt zur Verfügung steht. Dies gilt besonders für PPn. So kann die *mit*-PP in (77) an das Verb *sah* (77a) und damit *hoch* im Sinne einer Phrasenstrukturepräsentation oder an das direkte Objekt *Mann* (77b) und damit *tief* angebunden werden. In einem Fall ist die PP die Angabe eines Instruments, im anderen die eines Attributs.

- (77) (a) Sonja<sub>VP</sub>[sah<sub>NP</sub>[den Mann]<sub>PP</sub>[mit dem Fernglas]].  
 (b) Sonja<sub>VP</sub>[sah<sub>NP</sub>[NP<sub>L</sub>[den Mann]<sub>PP</sub>[mit dem Fernglas]]].

Die PP-Anbindungsambiguität gehört zu den am häufigsten untersuchten Phänomenen sowohl in der Sprachpsychologie als auch in der computerlinguistisch orientierten Parsing-Forschung. Das Problem der PP-Anbindung ist unter anderem deshalb von so großem Interesse, weil diese Art von Ambiguität in vielen verschiedenen Sprachen auftritt. Der Vergleich von Verarbeitungspräferenzen kann also möglicherweise einen Beitrag zur Beantwortung der Frage liefern, ob Verarbeitungsmechanismen universell oder einzelsprachspezifisch ausgeprägt sind.

OFC geht davon aus, daß die Lizenzierungsrelationen, die den einzelnen Lexemen oder auch Lexemklassen zugehörig sind, aufgrund ihrer Bedeutung für den schnellen Strukturaufbau in einer mentalen Statistik gespeichert werden. Der Zugriff auf die Frequenzen der Lizenzierungsrelationen eines Verbs kann sofort nach der Identifikation des Verbs in der Eingabe zum Aufbau des *initial parse* genutzt werden. Zur Generierung von Vorhersagen darüber, welche Lesart der mentale Parser bei der Verarbeitung von Strukturen wie (77) präferiert, müssen auf der Basis des Korpus die Frequenzen der verschiedenen Lesarten dieser Struktur – in Abhängigkeit von den Lizenzierungsrelationen der beteiligten Verben – erhoben werden.

Um an Korpusdaten die Häufigkeiten zu erheben, mit denen sich *mit*-PPn an Verben mit verschiedenen Lizenzierungsrelationen oder an alternative Köpfe anbinden, muß zunächst bestimmt werden, welches überhaupt die Verben sind, die eine *mit*-PP lizenzieren.

Ich habe schon in Abschnitt 3.2 darauf hingewiesen, daß die Bestimmung von Lizenzierungsrelationen von Verben jedoch alles andere als einfach ist. Gängige Nachschlagewerke zur Verbvalenz, z.B. Helbig & Schenkel (1978), enthalten viele der Verben, die rein intuitiv betrachtet *mit*-PPn lizenzieren, gar nicht, oder führen nur obligatorische Argumente im engeren Sinne der Verbvalenz auf.

Sprachpsychologische Normierungsstudien sind oft auf eine sehr kleine Menge von Verben beschränkt. Fürs Englische liegen mit Connine, Ferreira, Jones, Clifton & Frazier (1984) für 127 Verben Normwerte für die mit ihnen verbundenen Verbrahmen vor, die in einer Produktionsstudie erhoben wurden. Konieczny, Hemforth, Scheepers & Strube (1997) haben für Experimente mit PP-Anbindungen umfangreiche Normierungsstudien mit deutschen Verben durchgeführt, allerdings wurden nur zwölf der Verben, die als *mit*-PP-lizenzierend eingestuft wurden, auch im Experiment verwendet. Eine Beschränkung auf diese zwölf Verben wäre im Rahmen einer Korpusanalyse problematisch: Die Verben kommen in den hier verwendeten Korpora nämlich gar nicht (z.B. *beschriften*), sehr selten (z.B. *belustigen*, *besticken*, *bewerfen*, *verzieren*) oder fast immer ohne *mit*-

PP vor (z.B. *beobachten, foltern*). Bei einem Verb wie *versperren* ist das potentielle *mit*-Argument im Korpus fast immer das Subjekt (z.B. *Der Schlagbaum verspernte den Weg*). Diese und weitere Verwendungsweisen der entsprechenden Verben machen die Benutzung der von Konieczny et al. erhobenen Normdaten zur Bestimmung von *mit*-PP-lizensierenden Verben unmöglich.

Grundsätzlich bietet sich als weitere Möglichkeit zur Normierung die Durchführung von entsprechenden Korpusstudien an. Ein solches Verfahren birgt jedoch die Gefahr einer zirkulären Argumentation.

Ich habe deshalb die Verben im Korpus rein intuitiv klassifiziert in solche, die eine starke Erwartung für eine *mit*-PP aufbauen und solche, die es nicht tun. Im Anhang sind die Verben nach dieser intuitiven Einschätzung geordnet aufgeführt, um diese subjektive Klassifikation zu dokumentieren.

Zur Erhebung der Frequenzen der alternativen Lesarten der ambigen Anbindung habe ich Korpus B auf die in Abschnitt 6.1 beschriebene Weise ausgewertet. Dabei habe ich mich auf Sätze mit Verbzweitstellung (wie (77)) beschränkt, also auf Fälle, in denen zum Zeitpunkt der Anbindungsentscheidung bereits alle potentiellen Köpfe und insbesondere auch die Lizenzierungsinformationen des Verbs vorhanden sind. In Abschnitt 6.4.1 werde ich die Anbindungspräferenzen für PPn untersuchen, bei denen Lizenzierungsrelationen des Verbs keinen Einfluß nehmen können. Dies ist in deutschen Sätzen mit Verbendstellung der Fall (78).

- (78) (a) Sonja hat den Mann mit dem Fernglas gesehen.  
 (b) ... daß Sonja den Mann mit dem Fernglas gesehen hat.

Das Suchmuster bestand aus der Wort(arten)folge

Verb Artikel1 Nomen1 mit Artikel2 Nomen2

Sätze (79) und (80) sind Beispielsätze aus dem Korpus, die dem gesuchten Muster entsprechen.

(79) NP-Anbindung:

Er trägt >>> ein Schildchen mit dem Foto <<< von ANC-Präsident Nelson Mandela auf seinem weißen Hemd.

(80) VP-Anbindung:

Er verteidigte >>> die US-Hilfe mit dem Hinweis <<< , der größte Teil der Millionenzahlungen gehe an Privatunternehmen.

Von den gefundenen Sätzen wurden nur diejenigen ausgewertet, bei denen die NP1 direktes Objekt war, um einen besseren Vergleich mit den Lesezeitdaten zu ermöglichen.

Tabelle 12 zeigt das Ergebnis der Auswertung der verbliebenen Sätze. *Mit*-PPn in Sätzen mit Verben, die keine *mit*-PP lizensieren, sind in den meisten Fällen an das Nomen angebunden. Wenn die Verben *mit*-PP-lizensierend sind, sind die *mit*-PPn praktisch immer an das Verb angebunden. Angesichts dieser deutlichen Präferenzen scheint die intuitive Vorgehensweise in bezug auf die Klassifizierung der Verben akzeptabel, weil das Ergebnis auch unter Berücksichtigung eines Anteils an Fehlklassifizierungen robust genug erscheint ( $\chi^2 = 38,7$ ;  $p < 0,001$ ).

Es muß hier darauf hingewiesen werden, daß Korpus- und Experimentalsätze in der Hinsicht differierten, daß in den Experimentalsätzen ausschließlich ‘saubere’ Instrumental- oder Attributivsätze (bzw. zwischen diesen beiden Lesarten ambige Sätze) verwendet wurden. In den Korpuszählungen wurden VP- und NP-Anbindungen etwas weiter gefaßt. So wurden beispielsweise auch PPn, die die Art und Weise etc. bezeichnen, erfaßt. Einer der Gründe für diese Vorgehensweise ist, daß in der Regel der Ort der Anbindung (NP oder VP) sehr viel leichter bestimmt werden kann als die genaue Funktion der PP.

Tabelle 12: Frequenzen der Anbindungen von *mit*-PPn an eine vorhergehende VP oder NP in Abhängigkeit von den Lizensierungsrelationen des Verbs (Korpus B)

	VP-Anbindung	NP-Anbindung
Verbzweitstellung, „neutrales“ Verb	18 (24%)	57 (76%)
Verbzweitstellung, Verb lizensiert <i>mit</i> -PP	23 (100%)	– (0%)

Tabelle 12 macht deutlich, daß im Korpus – trotz einer insgesamt häufigeren Anbindung an das Nomen (58,2%) – in Abhängigkeit von der Lizensierungsinformation, die mit dem Verb verbunden ist, die Anbindungshäufigkeiten stark variieren. Diese Daten sagen – unter Zugrundelegung der Annahmen des OFC – voraus, daß empirisch dann Verarbeitungsprobleme beobachtbar sein werden, wenn eine *mit*-PP an ein Verb angebunden wird, das sie nicht lizensiert, bzw. stärker noch, wenn eine *mit*-PP nicht an das Verb angebunden wird, obwohl dieses eine *mit*-PP lizensiert. Diese Probleme sollten sich in verlängerten Lesezeiten gegenüber den häufigeren Fällen (Verbanbindung bei lizensierendem Verb, Nomenanbindung bei nicht-lizensierendem Verb) bemerkbar machen.

Konieczny, Hemforth, Scheepers & Strube (1997) haben Blickbewegungsuntersuchungen zur PP-Anbindung durchgeführt. Dabei verwendeten sie u.a. Sätze wie (81) und (82). Ein Teil der Sätze enthielt Verben, die im Rahmen von Normierungsstudien eine starke Präferenz zur Lizensierung einer *mit*-PP als Argument oder Adjunkt gezeigt hatten (z.B. (81)), der andere Teil enthielt Verben, bei denen dies nicht so war (z.B. (82)).

Zusätzlich legte die Semantik sehr stark eine Anbindung an die VP ((81a), (82a)) oder an die NP ((81b), (82b)) nahe.

- (81) (a) Stefanie beobachtete das Pferd *mit dem neuen Fernglas*.  
(b) Stefanie beobachtete das Pferd *mit dem weißen Fleck*.
- (82) (a) Stefanie erblickte die Schlange *mit dem starken Teleobjektiv*.  
(b) Stefanie erblickte die Schlange *mit dem spitzen Giftzahn*.

Diese Experimente zeigten, daß in Sätzen mit Verbzweitstellung die Anbindungspräferenz in Abhängigkeit vom Verbtyp variierte: Sätze mit Verben, die eine *mit*-PP lizensieren, wie z.B. *beobachten* oder *beschriften*, führten zu einer VP-Anbindungspräferenz, Sätze mit Verben, die hinsichtlich der Anbindung einer *mit*-PP relativ neutral sind, z.B. *erblicken* oder *singen*, führten zu einer NP-Anbindungspräferenz.

Diese Experimentaldaten bestätigen also die aus OFC und den Korpusdaten abgeleiteten Vorhersagen, die einen starken Einfluß der Lizensierungsrelationen des Verbs auf die Anbindungspräferenz prädictieren.

Rein strukturell motivierte Vorhersagen für die PP-Anbindung, die Lizensierungsinformationen vernachlässigen, lassen sich mit diesen empirischen Daten nicht in Einklang bringen. Beispielsweise scheitert das GP-Modell mit seinen Vorhersagen für die PP-Anbindung im Deutschen. Das *Minimal attachment*-Prinzip sagt eine generelle VP-Anbindungspräferenz voraus, weil für die VP-Anbindung ein Strukturbaum mit weniger nicht-terminalen Knoten angenommen wird. Für das Englische war diese Vorhersage zunächst vielfach empirisch bestätigt worden. Allerdings scheint in Untersuchungen zur englischen Sprache im Versuchsmaterial ein starkes Übergewicht zugunsten sogenannter *action verbs* geherrscht zu haben, also solcher Verben, die eine starke Tendenz haben, Instrumente an sich zu binden (z.B. *to hit*, *to blow open*). Zahlreiche neuere Untersuchungen finden auch fürs Englische einen Einfluß von Lizensierungsrelationen (z.B. Trueswell, Tanenhaus & Kello, 1993; Trueswell, Tanenhaus & Garnsey, 1994; McRae, Ferretti & Amyote, 1997; Ferreira & McClure, 1997; Jennings, Randall & Tyler, 1997). Die gleiche Kritik wie für das GP-Modell gilt für *Construal* (vgl. Abschnitt 3.2.3): Da es sich bei den hier untersuchten Konstruktionen um *primary relations* handelt, kommt ebenfalls das *Minimal attachment*-Prinzip zum Tragen und generiert eine falsche Vorhersage.

Ich habe mich auf die Untersuchung von *mit*-PPn beschränkt, weil hierfür empirische Lesezeitdaten vorliegen, an denen eine Korrelation mit den Korpusdaten überprüft werden kann. Unterschiedliche Präpositionen führen zu unterschiedlichen Anbindungsfrequenzen. Zum Beispiel beträgt in einer englischen Korpusanalyse von Hindle & Rooth (1993), die über verschiedene Präpositionen mittelt, der Anteil der NP-Anbindungen

67%. Eine Korpusanalyse von Spivey-Knowlton & Sedivy (1995), in der nur *with*-PPn gezählt wurden, findet 62% VP-Anbindungen, wobei einer der Hauptfaktoren für die Präferenz der Verbtyp (*action verb*, z.B. *to hit, to fire* vs. *psychological verb*, z.B. *to think, to hope*) war. Dies steht völlig im Einklang mit den Annahmen des OFC, wonach die Frequenzen der Lizenzierungsrelationen eines Verbs – hier: ob eine bestimmte Art von PP lizenziert wird oder nicht – stärker zur Geltung kommen als Informationen über die Frequenzen von Phrasenanbindungen. Eine Mittelung über alle Präpositionen würde zu einer zu groben Körnung führen, denn die Lizenzierungsrelationen enthalten auch den Typ der zu erwartenden PP und damit deren einleitende Präposition.

## 6.3 Wortstellung

Lizenzierungsrelationen, die ich im vorangegangenen Abschnitt untersucht habe, sind an einzelne Lexeme oder Lexemgruppen gebunden. Sie erlauben deshalb keine Vorhersagen auf einer abstrakteren Ebene der Betrachtung von Satzverarbeitung, nämlich der Analyse der Verarbeitung einer Abfolge von syntaktischen bzw. funktionalen Kategorien. Laut OFC werden in der mentalen Statistik auch die Frequenzen verschiedener Wortstellungsmuster für (Teil-)Sätze gespeichert. Bei der Speicherung wird lediglich die Wortartinformation berücksichtigt und völlig vom semantischen Gehalt oder auch den Lizenzierungsrelationen einzelner Verben abstrahiert.

Auf die gespeicherten Frequenzen der Wortstellungsmuster wird gemäß OFC schon zu dem Zeitpunkt der Äußerung zugegriffen, zu dem eine MNCC für den (Teil-)Satz auftritt.

Im folgenden werde ich auf Grundlage von Korpusstudien Vorhersagen für die Verarbeitung verschiedener Wortstellungen in Deklarativsätzen, in Relativsätzen und in Fragen (Hauptsatz- und eingebettete Fragen) machen und anhand von Ergebnissen sprachpsychologischer Experimente evaluieren.

### 6.3.1 Wortstellung in Deklarativsätzen

Schon die ersten Ansätze der Satzverarbeitungsforschung machten Annahmen über Präferenzen bei der Analyse bestimmter Wortartabfolgen. Beispielsweise formulierte Bever (1970) heuristische Strategien, nach denen der menschliche Parser eine N–V–N–Abfolge präferiert als die Abfolge von Subjekt–Verb–Objekt interpretiert:

*The first N...V...(N)... clause [...] is the main clause, unless the verb is marked as a subordinate.* (Bever, 1970: 294)

*Any Noun–Verb–Noun (NVN) sequence within a potential internal unit in the surface structure corresponds to "actor–action–object". (Bever, 1970: 298)*

Die Formulierung dieser Strategien basiert auf der Betrachtung der englischen Sprache, die über eine sehr feste Wortstellung verfügt. Aufgrund dieser festen Wortstellung ist im Englischen die Reihenfolge der Elemente eine ziemlich verlässliche Information über deren Funktion im Satz.

Das Deutsche verfügt über eine wesentlich freiere Wortstellung. Insbesondere sind prinzipiell alle Permutationen von Subjekt (S), direktem Objekt (DO) und indirektem Objekt (IO) grammatisch, auch wenn sie sich deutlich in Häufigkeit und Verständlichkeit unterscheiden, d.h. es existieren deutliche Präferenzen zugunsten der Verwendung bestimmter Abfolgen.

Rösler, Pechmann, Streb, Röder & Hennighausen (1998) haben mit verschiedenen Methoden sämtliche Permutationen von Subjekt, direktem und indirektem Objekt im Deutschen untersucht. Die Analyse von Verstehenszeiten solcher Sätze ergab folgende Rangordnung:

$$\begin{aligned} S - IO - DO &< S - DO - IO < IO - S - DO \\ &= DO - S - IO = IO - DO - S = DO - IO - S \end{aligned}$$

Diese Ordnung stimmt mit Akzeptabilitätsurteilen, die Pechmann, Uszkoreit, Engelkamp & Zerbst (1996) erhoben hatten, überein. Die akzeptabelste und am leichtesten zu verstehende Abfolge ist demnach S – IO – DO wie z.B. in (83), die am wenigsten akzeptable Abfolge ist DO – IO – S wie in (84).

(83) Dann hat der Vater dem Sohn den Schnuller gegeben.

(84) Dann hat den Schnuller dem Sohn der Vater gegeben.

Neben den Verstehenszeiten wurden von Rösler et al. in erster Linie die EEGs von Versuchspersonen während der Präsentation der verschiedenen Satzversionen gemessen. Alle untersuchten Sätze enthielten ausschließlich maskuline NPh, weil nur sie für Subjekt, indirektes Objekt und direktes Objekt eindeutig kasusmarkiert sind. LAN (*left anterior negativity*)-Effekte im EEG (vgl. Abschnitt 2.5.3), die als Zeichen erhöhten Verarbeitungsaufwands interpretiert werden, traten bei drei der Permutationen auf, nämlich in den beiden Fällen, in denen das erste Satzelement nicht Subjekt, sondern direktes oder

indirektes Objekt war (85a-b), und in dem Fall, daß das erste Satzelement das Subjekt war und ein direktes Objekt folgte (85c).

- (85) (a) IO – x – x  
 (b) DO – x – x  
 (c) S – DO – x

Die Effekte bei (85a und b) legen nahe, daß Versuchspersonen zuerst ein Subjekt erwarten und diese Erwartung durch das Auftauchen eines indirekten oder direkten Objekts verletzt wird. Ebenso wird in (85c) das direkte Objekt nach dem Subjekt als strukturelle Inkonsistenz empfunden, weil ein indirektes Objekt erwartet wird. Es besteht also die Tendenz, die zweite NP automatisch als indirektes Objekt zu interpretieren, obwohl der Artikel die NP eindeutig als direktes Objekt markiert.

Die LAN-Effekte sind zeitlich auf die definiten Artikel beschränkt und lösen sich auf, bevor das zugehörige Nomen gelesen wird. Rösler et al. sehen die LAN-Effekte deshalb als Ausdruck der ersten Phase eines automatischen Parsingprozesses, der syntaktische Inkonsistenzen entdeckt und zusätzliche Berechnungsvorgänge einleitet.

Um festzustellen, inwieweit eine Korrelation zwischen den Verarbeitungspräferenzen der möglichen Abfolgen von Subjekt, indirektem Objekt und direktem Objekt und den Frequenzen dieser Abfolgen im Korpus besteht, müßten sämtliche Permutationen gefunden und analysiert werden. Einige der möglichen Permutationen sind aber so selten, daß Korpusanalysen keine statistisch relevanten Häufigkeiten hervorbringen, abgesehen davon, daß sie in einem nicht geparsten, sondern nur wortklassenannotierten Korpus schwierig zu finden sind. Ich habe die Analyse deshalb unterteilt. Zunächst untersuche ich die Abfolgen von indirektem Objekt und direktem Objekt relativ zueinander, und anschließend separat die Frontstellung von Subjekt im Gegensatz zu der von indirektem und direktem Objekt.

### 6.3.2 Wortstellung in Deklarativsätzen: Reihenfolge von direktem Objekt und indirektem Objekt

Rösler et al. (1998) fanden in ihren EEG-Untersuchungen einen LAN-Effekt für die Permutation S – DO – x. Im Anschluß an das Subjekt scheint also eine starke Erwartung zugunsten des indirekten Objekts zu bestehen. Um zu überprüfen, ob Korpusfrequenzen dieses Ergebnis vorhersagen, habe ich IO – DO- und DO – IO-Abfolgen (jeweils mit voranstehendem Subjekt) in Korpus B untersucht. Wie Rösler et al. habe ich die Analyse auf Fälle beschränkt, in denen indirektes und direktes Objekt maskuline NPn, also eindeutig kasusmarkiert sind. Gesucht wurden die Wort(art)folgen

*dem Nomen den Nomen                      und                      den Nomen dem Nomen.*

(86) und (87) sind Beispielsätze aus dem Korpus, die diesem Suchmuster entsprechen.

(86) Abfolge IO – DO:

Dutzende von Kartons, gefüllt mit kitschiger Keramik, erschweren >>> dem Besucher den Zugang <<< zu einer Agentur, die echte Kommunikation betreiben will.

(87) Abfolge DO – IO:

Wegen der Atmosphäre hat er >>> den Betzenberg dem VfB <<< Stuttgart und dem Karlsruher SC vorgezogen.

Tabelle 13: Frequenzen für Abfolgen von IO und DO in Korpus B (IO und DO sind Singular maskulinum)

S – IO – DO	25 (92,6%)
S – DO – ID	2 (7,4%)

Tabelle 13 zeigt das Ergebnis der Auswertung der gefundenen Sätze. In der ganz überwiegenden Mehrheit der Fälle steht das indirekte Objekt vor dem direkten Objekt ( $\chi^2 = 19,59$ ;  $p < 0,001$ ). OFC sagt auf Basis dieser Korpusdaten voraus, daß es bei der Verarbeitung von S – DO – IO-Abfolgen zu Verzögerungen im Vergleich zu der Verarbeitung von S – IO – DO-Abfolgen kommt. OFC sagt auch voraus, daß dieser Effekt sofort bei der Verarbeitung des direkten Objekts auftritt. Auf die gespeicherten Wortstellungsfrequenzen wird bereits zu Beginn des Satzes zugegriffen, denn bereits das erste Wort eines Satzes ist eine MNCC bzw. hier: eine *grandmother-node-constructing-category* in bezug auf den Satz. So können die Wortstellungsfrequenzen von Anfang an die Analyse des Satzes beeinflussen. Die bereits im vorangegangenen Abschnitt zitierten Ergebnisse von Rösler et al. zeigen deutlich, daß die von OFC vorhergesagten Effekte im sprachpsychologischen Experiment auftreten.

### 6.3.3 Wortstellung in Deklarativsätzen: Reihenfolge von Subjekt und Objekt

Im Deutschen ist für einfache Deklarativsätze sowohl die Abfolge Subjekt-Verb-Objekt (88a) als auch Objekt-Verb-Subjekt (88b) grammatisch. Nicht immer ist die Abfolge wie in (88) eindeutig kasusmarkiert. In (89) kann *die Professorin* sowohl Subjekt (89a) als auch Objekt (89b) des Satzes sein, so daß eine lokale Ambiguität entsteht. Auch eine globale Ambiguität wie in (90) ist möglich.

- (88) (a) Der Kollege begrüßte die Professorin.  
 (b) Den Kollegen begrüßte die Professorin.
- (89) (a) Die Professorin begrüßte den Kollegen.  
 (b) Die Professorin begrüßte der Kollege.
- (90) Die Katze liebt die Maus.

Rösler et al. (1998) haben in ihren EEG-Untersuchungen LAN-Effekte bei der Verarbeitung von kasuseindeutigen Permutationen gefunden, bei denen nicht das Subjekt an der ersten Satzposition steht (also bei IO – x – x und DO – x – x). Ein Objekt als erstes Satzelement scheint bei Versuchspersonen einen erhöhten Verarbeitungsaufwand zu verursachen.

Schon rein intuitiv läßt sich sagen, daß die häufigere Wortstellung im Deutschen die Subjekt-Objekt-Abfolge ist. Trotzdem habe ich zur Absicherung dieser Intuition einige Korpuszählungen durchgeführt. Ich untersuchte sowohl Sätze, die den von Rösler et al. verwendeten entsprachen, also wie (88) mit

$\{Der \mid Den \mid Dem\}$  Nomen Verb

beginnen, als auch Satzanfänge mit

$Die_{sg}$  Nomen Verb ,

die mindestens bis einschließlich des Nomens lokal ambig sind.

Die Zählungen in Korpus A ergaben die Ergebnisse in den Tabellen 14 und 15. Die ganz überwiegende Mehrheit der Sätze ( $\chi^2 = 501,6$ ;  $p \ll 0,001$ ), die mit einer einfachen maskulinen NP beginnen, hat ein satzinitiales Subjekt (Tabelle 14).

Tabelle 14: Frequenzen für S, DO und IO als Satzanfänge in Korpus A (alle NPn sind Singular maskulinum)

Der <sub>Nom.</sub> + Nomen (S)	135 (96,4%)
Den <sub>Akk.</sub> + Nomen (DO)	3 (2,2%)
Dem <sub>Dat.</sub> + Nomen (IO)	2 (1,4%)

Tabelle 15: Frequenzen für S, DO und IO als Satzanfänge in Korpus A (alle NPn sind Singular femininum)

Die <sub>Nom.</sub> + Nomen (S)	141 (95,3%)
Die <sub>Akk.</sub> + Nomen (DO)	4 (2,7%)
Der <sub>Dat.</sub> + Nomen (IO)	3 (2,0%)

Bei kasusambigen femininen NPn sehen die Frequenzverhältnisse ganz ähnlich aus (Tabelle 15:  $\chi^2 = 510,9$ ;  $p < 0,001$ ). Von 145 untersuchten Satzanfängen im Korpus A, die dem Muster *Die* + Nomen + Verb entsprechen, sind nur vier das direkte Objekt des Satzes ((91)-(94)). Ein Satz war global ambig und wurde nicht mitgezählt (95).

(91)

>>> Die Reihenfolge bestimmt <<< das Los oder die Schlange hinter der Bühne.

(92)

>>> Die Milchmädchenrechnung machte <<< Laermann gleich selbst auf.

(93)

>>> Die Mitte bezeichnete <<< Helmut Schmidt als jene Wähler, die von Fall zu Fall für die SPD oder für die CDU/CSU stimmen würden.

(94)

>>> Die Wahl kippen <<< wird er aber nicht – der ehemalige Umweltsenator und frischgebackene Vorsitzende Jörg Kuhbier (linker Flügel) erklärte, daß er die Vorstandswahlen für demokratisch hält.

(95)

>>> Die Weltbank hatte <<< die Regierung bereits 1988 gewarnt.

In drei dieser Sätze (91)-(93) stimmen Nomen und Verb im Numerus überein, so daß eine Disambiguierung hier erst nach dem Verb erfolgen kann. Allerdings ist keines der Nomen in diesen drei Sätzen ein guter Agent. Das fördert nicht die Tendenz, das erste Nomen als Subjekt zu interpretieren.

Auf Basis dieser Frequenzdaten sagt OFC eine klare Bevorzugung der Abfolge Subjekt – Objekt gegenüber der Abfolge Objekt – Subjekt vorher. Ein Vergleich dieser Vorhersagen mit den Experimentaldaten von Rösler et al. zeigt – wie schon bei der vorangegangenen Untersuchung – eine hohe Korrelation.

Daß die erste NP eines Satzes präferiert als das Subjekt des Satzes interpretiert wird, bestätigen weitere Experimente zum Deutschen. Daten aus Experimenten mit selbstgesteuertem Lesen von Hemforth (1993) und Hemforth, Konieczny & Strube (1993) zeigen, daß eine kasusambige satzinitiale NP (wie in (89)) präferiert als Subjekt interpretiert wird, denn die Verarbeitungszeiten der zweiten NP verlängern sich, wenn diese nicht als Akkusativobjekt interpretiert werden kann (wie in (89b)). Sätze mit kasusmarkierter Subjekt-Objekt-Abfolge (88a) sind leichter zu verarbeiten und werden häufiger als akzeptabel beurteilt als Sätze mit kasusmarkierter Objekt-Subjekt-Abfolge (88b).

Auch in anderen Sprachen scheint die fürs Deutsche gefundene Subjekt/Objekt-Asymmetrie zu bestehen. Kaan (1997) untersuchte die Abfolge von Subjekt und Objekt an niederländischen Deklarativsätzen. Niederländische Nomen sind nicht kasusmarkiert und deshalb ist die erste NP eines Deklarativsatzes praktisch immer ambig in bezug auf ihre Subjekteigenschaft.

Kaan analysierte Sätze wie (96a) und (96b) in einem Experiment mit selbstgesteuertem Lesen. Dabei fand sie in der Objekt-Subjekt-Bedingung verlängerte Verarbeitungszeiten beim disambiguierenden Element, also dem Auxiliar (*had/hadden*), und den beiden nachfolgenden Wörtern. Auch der Anteil der Fehler bei der Kontrollfrage (96c) war in der Objekt-Subjekt-Bedingung höher. Offensichtlich existiert also auch im Niederländischen eine Präferenz für die Subjekt-Objekt-Abfolge. Daten aus einem Experiment zum Niederländischen von Frazier & Flores d'Arcais (1989) mit ähnlichem Satzmaterial gehen in die gleiche Richtung.

- (96) (a) *Subjekt-Objekt-Abfolge:*  
 De filmster had de fotografen niet verwacht op het feest.  
 Der Filmstar hatte die Fotografen auf der Party nicht erwartet.
- (b) *Objekt-Subjekt-Abfolge:*  
 De filmster hadden de fotografen niet verwacht op het feest.  
 Den Filmstar hatten die Fotografen auf der Party nicht erwartet.
- (c) *Kontrollfrage:*  
 Wie werd(en) niet verwacht?  
 Wer wurde nicht erwartet?  
 FILMSTER – FOTOGRAFEN  
 Der Filmstar – die Fotografen

Die Präferenz für die Interpretation einer satzinitialen NP als Subjekt ist fürs Deutsche und Niederländische empirisch klar bestätigt. Die empirischen Daten lassen aber keine eindeutige Aussage darüber zu, *warum* solch eine starke Subjekt-Präferenz besteht. Die Daten sind kompatibel mit verschiedenen Annahmen. Die von mir untersuchte Hypothe-

se, daß die Frequenz der unterschiedlichen Wortstellungen für die Präferenz verantwortlich ist, ist nur eine von ihnen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die Präferenz rein syntaktisch motiviert ist, das heißt daß Eigenschaften der sich aufbauenden Phrasenstrukturepräsentation wie z.B. die Anzahl der nicht-terminalen Knoten und die dadurch bedingte Gedächtnisbelastung die richtige Erklärung liefern.

Ebenso ist eine an pragmatischen Prinzipien orientierte Erklärung denkbar. Möglicherweise läßt sich in der Experimentalsituation für die Subjekt-Lesart leichter ein Kontextmodell aufbauen als für die Objekt-Lesart, denn die Frontstellung des Objekts ist eine markierte Wortstellung, die pragmatisch die Topikalisierung des Objekts bewirkt. Auch semantische Informationen wie z.B. die Belebtheit des Nomens in der ersten NP sind mögliche Erklärungskandidaten. Beispielsweise haben MacWhinney, Bates & Kliegl (1984) für das Deutsche festgestellt, daß als Hinweis auf die funktionale Rolle *Subjekt* die Eigenschaft *Belebtheit* in ihrer Stärke noch vor Grundwortstellung und Kongruenz rangiert.

Die Ergebnisse von Hemforth (1993) zu nicht-ambigen SO/OS-Abfolgen zeigten, daß es trotz eindeutigen Artikels im Fall der Objekt-Frontstellung zu Verarbeitungsproblemen kam. Die gleichen Effekte werden in den Daten von Rösler et al. (1998) sichtbar. Die Verarbeitungsprobleme können also nicht in der Ambiguität des Artikels begründet sein. Dies scheint zumindest eine an morphologischen Kriterien ausgerichtete Erklärung auszuschließen.

Nicht nur Deklarativsätze weisen im Deutschen und anderen Sprachen für die satzinitiale NP eine Subjekt/Objekt-Ambiguität auf, sondern auch Hauptsatzfragen und eingebettete Fragen. Schlesewsky, Fanselow, Kliegl & Krems (im Druck) halten die Untersuchung der Subjekt/Objekt-Ambiguität gerade in Fragesätzen für sinnvoll, weil es hier möglich ist, verschiedene nicht-syntaktische Einflüsse, die in Deklarativsätzen mit der Wortstellung konfundiert sind, auszuschließen. Beispielsweise spielen in Fragen pragmatische Einflüsse eine geringere Rolle, denn das, wonach gefragt wird, steht automatisch im Fokus, unabhängig davon, ob es sich um ein Subjekt oder Objekt handelt. Subjekt- und Objektfragen haben eine gemeinsame syntaktische Repräsentation, und der Einfluß von Kasusangaben läßt sich bei der Untersuchung ambiger Fragen vermeiden. Deshalb werde ich im weiteren verschiedene Typen von Fragen näher analysieren.

### 6.3.4 Wortstellung in Hauptsatzfragen: Subjekt/Objekt-Ambiguität

Die Präferenz für die Interpretation der satzinitialen NP in Deklarativsätzen ist schon rein intuitiv feststellbar. Anders sieht es aus, wenn Subjekt oder Objekt aus dem Matrixsatz extrahiert werden, wie es z.B. in Fragen mit *welche* der Fall ist (97).

- (97) (a) Welche Professorin hat *den Kollegen* begrüßt?  
(b) Welche Professorin hat *der Kollege* begrüßt?

Aufgrund der Kasusambiguität von *welche* kann in (97) *Welche Professorin* zunächst sowohl als Subjekt- als auch als Objektextraktion interpretiert werden. Die Disambiguierung kann entweder durch eine kasuseindeutige weitere NP (*den Kollegen/der Kollege*) oder auch schon bei einem (Auxiliar-)Verb mit anderem Numerus als das extrahierte Element stattfinden (98).

- (98) Welche Professorin *haben* die Kollegen begrüßt?

Nicht nur die Verarbeitungspräferenzen sind bei diesen Konstruktionen nicht so offensichtlich wie bei den vorher untersuchten Deklarativsätzen, auch über die Frequenzverhältnisse im Korpus existieren keine Intuitionen.

Ich habe deshalb diese Konstruktionen und ihre jeweiligen Interpretationen in Korpus B und Korpus C untersucht. Dabei wurden alle Vorkommnisse von ‘*welche* + Nomen’ analysiert, die echte Fragen einleiteten. Das Nomen konnte also Singular femininum oder Plural sein. Die gesuchte Abfolge stand fast immer am Satzanfang, in seltenen Fällen stand davor eine Konjunktion oder ein die Frage einleitender Teilsatz. Beispielsätze aus dem Korpus für diese Konstruktion sind (99) und (100).

(99) Objektextraktion:

>>> Welche Probleme <<< haben Frauen an der Seite von Männern wie Falcone, die ja das Risiko mit ihnen teilen?

(100) Subjektextraktion:

>>> Welche Frau <<< sieht besser aus, welche hat den netteren Mann, welche hat mehr Kinder, welche hat außer ihrem Beruf auch noch Familie und Kinder, und welche hat nichts?

Vorkommen von ‘*welche* + Nomen’ innerhalb einer PP wie in (101) wurden nicht berücksichtigt:

(101)

Um >>> welche Perspektive <<< würden diese den medizinisch-biologischen Blick erweitern?

Tabelle 16 zeigt das Ergebnis der Korpuszählungen.

Tabelle 16: Frequenzen für die Interpretation von ‘*Welche* + Nomen’ am Beginn eines direkten Fragesatzes in Korpus B und C

	Korpus B		Korpus C		gesamt
	Sg.	Pl.	Sg.	Pl.	
Erstes Nomen = Subjektextraktion	6	20	8	13	47 (37%)
Erstes Nomen = Objektextraktion	16	33	15	16	80 (63%)

Ca. 63% der Nomen, die in Fragen auf *welche* folgen, stellen Objektextraktionen dar. Das erste Nomen in Fragesätzen mit *welche* ist damit signifikant häufiger ein Objekt als ein Subjekt ( $\chi^2_{\text{gesamt}} = 8,57$ ;  $p < 0,01$ ). Der Effekt wird in beiden untersuchten Korpora sichtbar, wobei er für Nomen im Singular femininum sehr viel deutlicher ist als für Nomen im Plural.

Aufbauend auf diesen Frequenzdaten sagt OFC eine leichtere Verarbeitung von Sätzen vorher, in denen ‘*welche* + Nomen’ als Objektextraktion interpretiert werden darf.

Die empirische Befundlage zu dieser Konstruktion ist nicht ganz eindeutig. Lesezeitdaten von Farke (1994) korrelieren mit den Frequenzdaten, Daten von Schlesewsky, Fanselow, Kliegl & Krems (im Druck) zeigen eine gegenläufige Tendenz.

Farke (1994) hat zu *welche*-Fragen ein Experiment mit wortweisem Lesen durchgeführt. Dabei untersuchte sie Sätze vom Typ (102a-d).

- (102) (a) Welche Frau liebt der Mann?  
 (b) Welche Frau liebt den Mann?  
 (c) Welche Frau hat der Mann gesehen?  
 (d) Welche Frau hat den Mann gesehen?

Bei beiden Satztypen, bei denen *Mann* durch den Artikel *den* eindeutig als Akkusativobjekt markiert ist (102b und d), sind die Lesezeiten für diese NP deutlich erhöht, woraus sich schließen läßt, daß *Welche Frau* zunächst als Extraktion des Akkusativobjekts interpretiert wurde, diese Interpretation aber beim Auftreten eines eindeutig kasusmarkierten Akkusativobjekts revidiert werden mußte. Farke erklärt diese Verarbeitungspräferenzen mit generativ-linguistischen Phänomenen, nach denen Objektextraktionen leichter zu verarbeiten wären als Subjektextraktionen.

Schlesewsky et al. haben versucht, Farkes Ergebnisse unter Verwendung identischen Materials zu replizieren. Dies war ihnen jedoch nicht möglich, sie fanden keine Präferenz in eine der beiden Richtungen. Farkes Daten können deshalb möglicherweise nicht als Hinweis auf eine Objekt-Präferenz gewertet werden.

Schlesewsky et al. führten zusätzlich Fragebogenuntersuchungen und Experimente mit selbstgesteuertem Lesen zu *welche*-Fragen unter Verwendung ähnlichen Materials durch. Dabei verwendeten sie Sätze wie (103), die abschnittsweise präsentiert wurden.

- (103) (a) Welche Frau | sah | der Mann | am Freitag | ?  
 (b) Welche Frau | sah | den Mann | am Freitag | ?  
 (c) Welche Frau | sahen | die Männer | am Freitag | ?

Bei einer Kontrollaufgabe mußten die Versuchspersonen entscheiden, ob ein Kontrollsatz eine wörtliche Wiederholung des vorangegangenen Experimentalsatzes war.

Es gab in den Experimentalsätzen zwei Arten der Disambiguierung, zum einen den Numerus des Verbs, der sich von dem des Nomens unterscheidet (103c), zum anderen den Kasus der zweiten NP im Satz (103a und b).<sup>17</sup>

Insgesamt zeigte sich hier – wie schon bei den Deklarativsätzen – eine Subjekt-Präferenz. Sie ist deutlich ausgeprägter, wenn wie in (103c) die Numerusinformation disambiguiert. Deutlich erhöhte Lesezeiten treten bei (103c) direkt in der disambiguierenden Region, dem finiten Verb, auf. Auch die Kontrollfragen wurden in der Pluralbedingung mit deutlich geringerer Genauigkeit beantwortet. Bei den Sätzen, bei denen die Kasusinformation disambiguiert (103a und b), war die Erhöhung der Lesezeiten etwas weniger stark und trat vor allem erst sehr viel später auf, signifikant nämlich erst in der Region des Fragezeichens, also am Ende des gesamten Satzes. Schlesewsky et al. schlossen in einem weiteren Experiment aus, daß die erhöhten Lesezeiten mit der im Deutschen längeren Verbform im Plural zu tun haben. Auch bei der Analyse von Sätzen wie (104) führte die Numerusdisambiguierung in (104a) zu deutlich erhöhten Lesezeiten beim Verb.

- (104) (a) Welche Frauen | sah | der Mann | am Freitag | ?  
 (b) Welche Frauen | sahen | den Mann | am Freitag | ?

Insbesondere die Verbindung eines Nomens im Singular mit einem Verb im Plural scheint für die Verarbeitung problematisch zu sein. Fodor (1998b) bezeichnet einen Satzanfang

---

<sup>17</sup> Möglicherweise spielen bei der Interpretation der NPn in (103a und b) auch Subkategorisierungsinformationen des Verbs eine Rolle. Dieser Faktor wurde von Schlesewsky et al. bei der Auswertung ihrer Daten aber nicht berücksichtigt.

wie 'Welche Frau haben ...' als einen „strong garden path“. Saddy, Schleewsky & beim Graben (1998) fanden bei EEG-Untersuchungen mit dieser Konstruktion LAN- und P600-Effekte (vgl. Abschnitt 2.5.3).

Diese Verarbeitungsprobleme finden in den Frequenzdaten ihre Entsprechung. In den untersuchten Korpora ist in Fragesätzen mit Objektextraktion die Abfolge von

Nomen<sub>pl.</sub> Verb<sub>sg.</sub>

um ein mehrfaches häufiger als die umgekehrte Abfolge, siehe Tabelle 17 ( $\chi^2_{\text{gesamt}} = 12,9$ ;  $p < 0,001$ ).

Tabelle 17: Frequenzen nicht übereinstimmender (und deshalb disambiguierender) Numerusinformation von extrahiertem Objekt und Verb in Korpus B und C

	Korpus B	Korpus C	gesamt
welche + N <sub>sg.</sub> + {...} + V <sub>pl.</sub>	3	6	9
welche + N <sub>pl.</sub> + {...} + V <sub>sg.</sub>	22	10	32

Abgesehen von dieser Zählung scheint die Korrelation zwischen Frequenzdaten und Verarbeitungspräferenzen bei Hauptsatzfragen mit *welche* eher gering. Außerdem liegen widersprüchliche Frequenzdaten vor. Meine eigenen Zählungen ergaben eine signifikant größere Häufigkeit von Objekt-Fragen. Korpusuntersuchungen von Schleewsky et al. zeigen etwa gleich viele Subjekt-NPn wie Objekt-NPn in Frontstellung (mit n.s. Vorteil für Objekt-NPn). Meng (1995) (zitiert nach Kaan, 1997) zählte signifikant mehr *welche*-Fragen mit Subjekt in Frontstellung (53% : 47%) (IdS-Spiegel-Korpus). Mögliche Bewertungen dieser mangelnden Korrelation werde ich in Kapitel 7 diskutieren.

Um noch einen weiteren möglichen Einflußfaktor der Verarbeitung, die Belebtheit des Nomens, auszuschalten, untersuchten Schleewsky et al. sowohl Fragesätze mit *Was* am Anfang, bei denen Belebtheit keine Rolle spielt, als auch Sätze mit 'Welche + Nomen', bei denen das Nomen immer unbelebt und deshalb kein guter Agent war, wie z.B. (105). In beiden Fällen zeigte sich wieder die schon vorher festgestellte Subjekt-Präferenz.

(105) Welches System unterstützt/unterstützen die Programme auf dem Computer?

Auch empirische Daten aus anderen Sprachen liefern Hinweise auf eine generelle Subjekt-Präferenz. Kaan (1997) hat für das Niederländische im wesentlichen die gleichen Ergeb-

nisse gefunden wie Schlesewsky et al. für das Deutsche. Wie schon bei niederländischen Deklarativsätzen, zeigte sich auch bei Hauptsatzfragen mit *welke* (welche) eine Subjekt-Präferenz (zumindest dann, wenn kein kasusmarkiertes Pronomen folgte). Allerdings war bei Fragen diese Subjekt-Präferenz etwas schwächer ausgeprägt als bei den Deklarativsätzen.

De Vincenzi (1991) zeigte für das Italienische in einer Fragebogenuntersuchung ebenfalls eine generelle Subjekt-Präferenz in Sätzen wie (106).

(106) Quale amico ha chiamato il ragazzo?

Welcher/Welchen Freund hat den Jungen/der Junge gerufen?

Ich habe weiter oben beschrieben, daß bei der Disambiguierung durch den Numerus sehr viel deutlichere Effekte für Verarbeitungspräferenzen zugunsten der Subjekt-Lesart sichtbar werden als bei der Disambiguierung durch den Kasus. „*Welche Frau sahen...*“ wird als Holzwegsatz empfunden, „*Welche Frau sah der Mann?*“ hingegen nicht. Dies ist überraschend, denn im ersten Fall erfolgt die Disambiguierung durch den Numerus des Verbs sehr schnell, im zweiten Fall durch den eindeutigen Kasus der NP erst etwas später. In der Regel ist es aber so, daß die mentale Reanalyse einer zunächst falsch aufgebauten Struktur umso schwieriger ist, je länger sie besteht, d.h. je mehr Elemente schon in die Struktur integriert wurden. Bei der Disambiguierung durch den Kasus der zweiten NP ist schon ein Element mehr, das Verb, in die aktuelle Struktur integriert, bevor erkennbar wird, daß die verfolgte Lesart falsch ist. Trotzdem ist hier der GP-Effekt deutlich schwächer ausgeprägt. Dieses Phänomen ist in der Satzverarbeitungsforschung bisher noch nicht ausreichend diskutiert worden, und bisherige syntaktisch orientierte Modelle können es auch nicht erklären.

Zusammenfassend läßt sich in bezug auf die Subjekt/Objekt-Ambiguität bei Hauptsatzfragen sagen, daß sich empirisch tendenziell eine Präferenz für die Subjekt-Präferenz gezeigt hat, während in den hier untersuchten Korpora eine höhere Frequenz objektinitialer Hauptsatzfragen gefunden wurde. Die Vorhersagen des OFC bezüglich dieser Konstruktion lassen sich also zunächst nicht bestätigen.

### 6.3.5 Wortstellung in eingebetteten Fragen: Subjekt/Objekt-Ambiguität

Die gleiche Ambiguität wie bei den Extraktionen aus dem Matrixsatz tritt auch bei eingebetteten Fragen auf. Hauptsatzfragen und eingebettete Fragen unterscheiden sich durch die Position des Verbs. In Hauptsatzfragen tritt das finite Verb als zweite Konstituente des Teilsatzes auf, in eingebetteten Fragen teilsatzfinal (107).

- (107) (a) *Subjekt-Objekt-Abfolge:*  
Alle waren neugierig zu erfahren, *welche* Politikerin die Minister kritisiert *hat*.
- (b) *Objekt-Subjekt-Abfolge:*  
Alle waren neugierig zu erfahren, *welche* Politikerin die Minister kritisiert *haben*.

Um zu überprüfen, ob sich die Frequenzen für eingebettete Fragen von denen der Hauptsatzfragen unterscheiden, habe ich auch diese Konstruktion in Korpus B und Korpus C untersucht. Wie oben wurden auch hier nur '*welche* + Nomen'-Folgen gezählt, die entweder Subjekt oder direktes Objekt waren. Vorkommen innerhalb einer PP o.ä. wurden ignoriert. (108) und (109) sind Beispielsätze aus dem Korpus, die dem Suchmuster entsprechen.

(108) *welche* + Nomen = Subjekt:

Sonst werden weiterhin die Männer entscheiden, >>> *welche* Frauen <<< drankommen.

(109) *welche* + Nomen = Objekt:

Aber während die Südafrikaner noch über ihre Rückkehr auf das internationale Parkett staunen, will die Welt schon wissen, >>> *welche* Rolle <<< das Land zu spielen gedenkt.

Tabelle 18: Frequenzen der Subjekt- und Objekt-Lesart bei eingebetteten *welche*-Fragen in Korpus B und C

	Korpus B		Korpus C		gesamt
	Sg.	Pl.	Sg.	Pl.	
<i>welche</i> + N = Subjekt	25	91	16	46	178 (51,4%)
<i>welche</i> + N = Objekt	44	65	21	38	168 (48,6%)

Tabelle 18 zeigt das Ergebnis dieser Korpusuntersuchung. Eingebettete Subjekt- und Objektfragen mit dem Interrogativpronomen *welche* sind im Korpus nahezu gleich häufig ( $\chi^2_{\text{gesamt}} = 0,14$ ; n.s.). Ausgehend von diesen Frequenzdaten lassen sich nach OFC also keine Präferenzen bei der Verarbeitung für die eine oder die andere Lesart erwarten.

Wie schon bei den Hauptsatzfragen, sind auch für eingebettete *welche*-Fragen die Daten aus sprachpsychologischen Experimenten nicht ganz eindeutig. Meng (1997) findet verlängerte Verarbeitungszeiten für die Objekt-Subjekt-Abfolge sowie einen höheren Anteil falscher Antworten auf Verständnisfragen, wenn die Disambiguierung durch den

Numerus des Verbs erfolgt (wie in (107)), aber keine Effekte bei Kasusdisambiguierung (110a und b).

- (110) (a) *Subjekt-Objekt-Abfolge:*  
Alle waren neugierig zu erfahren, *welcher* Politiker die Minister kritisiert *hat*.
- (b) *Objekt-Subjekt-Abfolge:*  
Alle waren neugierig zu erfahren, *welchen* Politiker die Minister kritisiert *haben*.

Diese Ergebnisse von Meng stimmen gut mit denen von Schlesewsky et al. (im Druck) zu Hauptsatzfragen überein.

Rummer und Konieczny (1998) finden bei einem Experiment mit akustischer Präsentation von Sätzen wie (111) trotz angenommener höherer syntaktischer Komplexität der Objekt-Lesart keine Effekte der unterschiedlichen Abfolgen von Subjekt und Objekt. Dieses Ergebnis ist gut mit den ausbalancierten Frequenzverhältnissen im Korpus für diese Konstruktionen zu erklären.

- (111) (a) *Subjekt-Objekt-Abfolge:*  
Kurt fragte Hans, welche Verkäuferinnen die Sekretärin auf die Party eingeladen hatten.
- (b) *Objekt-Subjekt-Abfolge:*  
Kurt fragte Hans, welche Verkäuferinnen die Sekretärin auf die Party eingeladen hatte.

Auch im Niederländischen scheint keine ausgeprägte Präferenz zu existieren. Kaan (1997) fand bei Sätzen wie (112) erhöhte Verarbeitungszeiten für die Subjekt-Objekt-Abfolge beim finiten Verb (*heeft/hebben*), das gleichzeitig Ort der Disambiguierung ist, aber erhöhte Verarbeitungszeiten für die Objekt-Subjekt-Abfolge bei der folgenden infiniten Verbform (*getrakteerd*).

- (112) (a) *Subjekt-Objekt-Abfolge:*  
Zij vroeg welke trainer de atleten 's avonds na de wedstrijd heeft getrakteerd.  
Sie fragte, welcher Trainer die Sportler abends nach den Spiel bewirtet hat.
- (b) *Objekt-Subjekt-Abfolge:*  
Zij vroeg welke trainer de atleten 's avonds na de wedstrijd hebben getrakteerd.  
Sie fragte, welchen Trainer die Sportler abends nach den Spiel bewirtet haben.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß für eingebettete Fragen weder in den Frequenzdaten noch in den Experimentaldaten eine klare Präferenz für eine Interpretation von 'welche + Nomen' als Subjekt oder Objekt zu erkennen ist. Allenfalls besteht in beiden eine leichte Tendenz in Richtung Subjekt-Präferenz.

### 6.3.6 Wortstellung in Relativsätzen mit kasusambigem Relativpronomen

Relativpronomen sind im Deutschen häufig kasusambig, so daß nicht auf Anhieb erkannt werden kann, ob sie im Relativsatz die funktionale Rolle des Subjekts (113a) oder des Objekts (113b) haben. Die Rolle des Relativpronomens im Relativsatz ist dabei prinzipiell unabhängig von der Rolle, die der Kopf des Relativsatzes (*die Professorin*) im Matrixsatz spielt.

- (113) (a) *Subjektrelativsatz:*  
Die Professorin, die die Kollegen begrüßt hatte ...
- (b) *Objektrelativsatz:*  
Die Professorin, die die Kollegen begrüßt hatten ...

Ein möglicher Disambiguierungspunkt für die Subjekt/Objekt-Ambiguität ist das finite Verb am Ende des Relativsatzes, das durch seinen Numerus disambiguieren kann (113). Die Disambiguierung ist auch schon zu einem früheren Zeitpunkt durch eine kasuseindeutige NP, die auf das Relativpronomen folgt, möglich (114). In extremen Fällen kann die funktionale Rolle des Relativpronomens allerdings gar nicht eindeutig bestimmt werden (115).

- (114) (a) Die Professorin, die der Kollege begrüßt hatte ...  
(b) Die Professorin, die den Kollegen begrüßt hatte ...
- (115) Die Professorinnen, die die Kolleginnen begrüßt hatten ...

Da in experimentellen Untersuchungen dieser Konstruktion immer kasusambige Relativpronomen verwendet werden, habe ich in Korpus B alle Abfolgen von

*die* Nomen, *die*<sub>Sg. fem. oder Pl.</sub> *die*<sub>Sg. fem. oder Pl.</sub>

analysiert. Neben dem Relativpronomen waren also auch der Anbindungspunkt des Relativpronomens und die nachfolgende NP kasusambig. Das Relativpronomen konnte demnach an ein Subjekt oder Objekt angebunden sein. (116) bis (119) sind Beispielsätze aus dem Korpus.

(116) Anbindungspunkt = Subjekt / Relativpronomen = Subjekt:

>>> Die Länder, die die <<< Kraftfahrzeugsteuern bekommen, haben hingegen einen Verlust von etwa 1,4 Milliarden Mark pro Jahr zu verkraften.

(117) Anbindungspunkt = Subjekt / Relativpronomen = Objekt:

Vor diesem Hintergrund wirken >>> die Evakuierungsaktionen, die die <<< UNO in Kigali durchführt, wie ein Tropfen auf den heißen Stein.

(118) Anbindungspunkt = Objekt / Relativpronomen = Objekt:

Am Donnerstag schließlich folgte das Gros der inzwischen etwa 500 Journalisten und besetzte >>> die Hotels, die die <<< Touristen fluchtartig verlassen hatten.

(119) Anbindungspunkt = Objekt / Relativpronomen = Subjekt:

Gegenüber allen Rassengreueln von gestern und heute halte ich >>> die Denkmalskultur, die die <<< Probleme isoliert, für hoffnungslos veraltet.

Tabelle 19 zeigt das Ergebnis dieser Zählung. Subjekt- und Objektrelativsätze kommen gleich häufig im Korpus vor. OFC sagt also auf der Basis dieser Werte gleich starke Präferenzen für die Subjekt- und Objekt-Lesart des Relativpronomens vorher.

Tabelle 19: Häufigkeiten von Subjekt- und Objektrelativsätzen in Korpus B

Subjektrelativsätze	35 (50%)
Objektrelativsätze	35 (50%)

Welche Präferenzen bei der Verarbeitung von ambigen Relativsätzen lassen sich experimentell beobachten? Generell scheint im Deutschen bei der Verarbeitung solcher Konstruktionen eine Präferenz für Subjektrelativsätze zu bestehen. Dafür sprechen eine Reihe empirischer Ergebnisse. Strube (1997) untersuchte diese Konstruktion mit Sätzen wie (120) mit der Methode des selbstgesteuerten Lesens.

- (120) (a) Der Eigentümer versuchte sofort, *die Architektin*, die die Bauarbeiter nicht informiert *hatte/hatten*, ans Telefon zu bekommen.  
 (b) Der Eigentümer versuchte sofort, *den Architekten*, der/den die Bauarbeiter nicht informiert *hatte/hatten*, ans Telefon zu bekommen.

Hat das Relativpronomen im Relativsatz eindeutig die Objektfunktion (z.B. *den die Bauarbeiter* in (120b)), traten schon in der ersten kritischen Region (*der/den die Bauarbeiter*) erhöhte Verarbeitungszeiten gegenüber der eindeutigen Subjekt-Lesart (*der die Bauarbeiter*) auf. Ist das Relativpronomen ambig (120a) und kann es deshalb auch als Subjekt des

Relativsatzes interpretiert werden, treten erhöhte Verarbeitungszeiten in der zweiten kritischen Region (*nicht informiert hatte/hatten*) auf, wenn diese die offensichtlich zunächst bevorzugte Subjekt-Lesart durch das finite Verb *hatten* als falsch erkennen läßt.

Schriefers, Friederici & Kühn (1995) führten ebenfalls Experimente mit selbstgesteuertem Lesen durch. Sie verwendeten Material wie in (121), das neben der Relativsatzambiguität auch semantische Informationen enthielt, die einen *bias* für eine der beiden Anbindungen enthielt oder aber in dieser Hinsicht neutral war.

- (121) (a) *Subjektrelativsatz, semantisch neutral:*  
Das ist die Managerin, die die Arbeiterinnen gesehen hat.
- (b) *Objektrelativsatz, semantisch neutral:*  
Das sind die Arbeiterinnen, die die Managerin gesehen hat.
- (c) *Subjektrelativsatz, positiver semantischer bias:*  
Das ist die Managerin, die die Arbeiterinnen entlassen hat.
- (d) *Objektrelativsatz, positiver semantischer bias:*  
Das sind die Arbeiterinnen, die die Managerin entlassen hat.
- (e) *Subjektrelativsatz, negativer semantischer bias:*  
Das ist die Arbeiterin, die die Managerinnen entlassen hat.
- (f) *Objektrelativsatz, negativer semantischer bias:*  
Das sind die Managerinnen, die die Arbeiterin entlassen hat.

Bei der Erstellung des Materials wurden bewußt Konstruktionen wie *Das ist/sind die ...* gewählt, die dem Nomen des Hauptsatzes keine klare Agentenrolle zuweisen (*equative constructions*). Eine der Zielsetzungen des Experiments war die Untersuchung des Einflusses semantischer Faktoren auf den *initial parse*. Dazu wurden jeweils Prädikate verwendet, die die Subjekt- oder die Objekt-Lesart plausibler erscheinen lassen, oder die semantisch neutral sind.

Die Ergebnisse dieser Experimente weisen auf eine generelle Präferenz der Subjekt-Lesart hin. Sichtbar wird dieser Effekt erst beim Auxiliar *hat*, das eine bestimmte Interpretation erzwingt, und nicht schon beim Partizip, das die eine oder andere Lesart als plausibler erscheinen läßt. Das ist ein Hinweis darauf, daß zunächst nur strukturelle Prinzipien das Parsing leiten und semantische Verarbeitung erst später bzw. erst in der Reanalyse zum Einsatz kommt. Daß die Semantik grundsätzlich Einfluß nimmt, zeigten Kontrollfragen zu den Experimentalsätzen: Die Beantwortung der Fragen war schneller und korrekter in der *positive bias*-Bedingung als in der neutralen oder der *negative bias*-Bedingung. Bei EEG-Untersuchungen zur gleichen Konstruktion fanden Mecklinger, Schriefers, Steinhauer & Friederici (1995) kompatible Ergebnisse.

In den hier beschriebenen Experimenten wurden bevorzugt nominative NPn als Köpfe verwendet (Schriefers et al.) oder die funktionale Rolle des Kopfes nicht systematisch kontrolliert (Strube). Schlesewsky (1997) weist auf die Möglichkeit hin, daß der menschliche Parser eine Analyse bevorzugt, in der der Kasus, der einem lokal ambigen Relativpronomen zugewiesen wird, dem Kasus der NP, die das Relativpronomen modifiziert, entspricht. Eine unter Verwendung von nominativen Köpfen gefundene Präferenz für Subjekt-Relativsätze könnte damit lediglich ein sogenannter *case matching*-Effekt sein. Möglicherweise besteht eine generelle Korrelation zwischen der funktionalen Rolle des Kopfes und der des Relativpronomens.

Um dieser Hypothese nachzugehen, habe ich die Relativsätze aus der obigen Korpuszählung noch einmal unter Berücksichtigung der funktionalen Rolle des Anbindungspunktes analysiert. Tabelle 20 zeigt das Ergebnis dieser Untersuchung.

Tabelle 20: Frequenzen von funktionalen Rollen des Kopfes und des Relativpronomens in Korpus B

funktionale Rolle des Kopfes im Matrixsatz	funktionale Rolle des Relativpronomens im Relativsatz	Anzahl	Summe
Subjekt/Prädikatsnomen	Subjekt	25	47
	Objekt	22	
Direktes Objekt	Subjekt	3	9
	Objekt	6	
PP	Subjekt	4	10
	Objekt	6	

Es zeigt sich, daß der größte Teil aller Relativsätze im Korpus an ein Subjekt oder Prädikatsnomen angebunden ist ( $\chi^2 = 11,87$ ;  $p < 0,001$ ). Dies gilt auch für Objektrelativsätze, wenn auch in etwas schwächerem Maße als für Subjektrelativsätze. Eine Tendenz in Richtung *case matching* ist sichtbar: Ist der Kopf ein direktes Objekt, übernimmt auch das Relativpronomen präferiert die Rolle des direkten Objekts im Relativsatz. Ist der Kopf das Subjekt des Matrixsatzes, trägt das Relativpronomen häufiger die Subjekt-Rolle. Diese Tendenzen sind aber nicht statistisch signifikant.

Auch aus anderen Sprachen liegen Hinweise auf die Präferenz der Subjekt-Lesart von Relativpronomen vor. Frazier (1987b) fand in einem Experiment mit selbstgesteuer-

tem Lesen an niederländischen Daten eine schnellere Verarbeitung von Subjektrelativsätzen. Besonders auffällig war, daß Testfragen zu den Experimentalsätzen häufig selbst dann im Sinne der Subjekt-Lesart des Relativpronomens beantwortet wurden, wenn die Relativsätze durch das finite Verb schon eindeutig als Objektrelativsätze gekennzeichnet waren.

Lesezeitdaten zur gleichen Konstruktion im Spanischen von Betancort & Carreiras (1998) zeigen ebenfalls eine Präferenz für die Subjekt-Lesart. Auch hier hatten semantische Faktoren, in diesem Fall Belebtheit, keinen sofortigen Effekt auf die Verarbeitungspräferenzen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die am Korpus erhobenen ausgeglichenen Frequenzen von Subjekt- und Objektrelativsätzen sich nicht in experimentell erhobenen Lesezeitdaten widerspiegeln. Dort findet sich sowohl für das Deutsche als auch für andere Sprachen eine Präferenz der Subjekt-Lesart des ambigen Relativpronomens.

### 6.3.7 Wortstellung und Frequenz: Zusammenfassung

Die Ergebnisse eines Vergleichs von experimentellen Verarbeitungsdaten zu verschiedenen Wortstellungsvarianten mit deren Frequenzen im Korpus fallen geteilt aus.

Bei Deklarativsätzen besteht eine sehr starke Korrelation zwischen Korpus- und Experimentaldaten. Die auf der Basis von Frequenzdaten zu erwartenden Präferenzen für die Reihenfolge von Subjekt, indirektem Objekt und direktem Objekt im Satz sind in vielen experimentellen Untersuchungen nachgewiesen worden. Der Frequenzfaktor – wenn man ihn denn zur Erklärung heranziehen will – scheint hier so stark zu sein, daß die Tendenz besteht, NPn selbst dann im Sinne der häufigsten Wortstellung zu interpretieren, wenn eindeutige Kasuszuweisungen dies eigentlich verbieten.

Bei Fragesätzen ist die Datenlage deutlich anders. Bei eingebetteten Fragen sind die Häufigkeiten von subjekt- und objektinitialen (Teil-)Sätzen fast identisch, und auch experimentell läßt sich kaum eine Präferenz zeigen. Bei Hauptsatzfragen sind zwar in dem von mir untersuchten Korpus die Objektfragen etwas häufiger, Untersuchungen an anderen Korpora (Meng, Schleewsky et al.) zeigen aber keine Unterschiede bzw. eine Tendenz in die entgegengesetzte Richtung. Im Gegensatz zu diesen Frequenzdaten weisen die Experimentaldaten generell eine Präferenz für die Subjektfrage auf. Diese Präferenz kann von den Frequenzdaten nicht vorhergesagt werden.

Relativsätze mit kasusambigem Relativpronomen sind in dem von mir untersuchten Korpus gleich häufig Subjektrelativsätze wie Objektrelativsätze. Empirisch zeigt sich in Lesezeitexperimenten aber eine Präferenz für die Interpretation des Relativsatzes als Subjektrelativsatz.

Mögliche Gründe für die mangelnde Korrelation zwischen Frequenz- und Experimentaldaten bei Hauptsatzfragen und Relativsätzen werde ich in Kapitel 7 diskutieren.

## 6.4 Phrasenanbindung

Bei den vorangegangenen Untersuchungen zur Wortstellung ging es vornehmlich um (größtenteils obligatorische) Verbargumente und die Zuweisung zentraler funktionaler Rollen zu diesen (kasusambigen) Argumenten. Ambiguitäten sind aber auch häufig mit optionalen Argumenten bzw. mit Adjunkten verbunden. Die häufig auftretende PP-Anbindungsambiguität, bei der prinzipiell mindestens zwei unterschiedliche Köpfe zur Verfügung stehen (z.B. (122)), wurde schon in Abschnitt 6.2 untersucht, und zwar unter dem Gesichtspunkt des möglichen Einflusses der Lizenzierungsrelationen eines voranstehenden Verbs.

(122) Sonja sah den Mann mit dem Fernglas.

An dieser Stelle werde ich sie nochmals analysieren, aber auf der Ebene der Phrasenanbindung, die von den konkret verwendeten Verben abstrahiert (Abschnitt 6.4.1). Im Anschluß werde ich eine zweite Phrasenanbindungsambiguität, und zwar diejenige zwischen der Interpretation einer NP als Genitivattribut oder als Dativargument, untersuchen (Abschnitt 6.4.2).

### 6.4.1 PP-Anbindung

Das PP-Anbindungsphänomen existiert in verschiedenen Sprachen und kann in verschiedenen syntaktischen Rahmen auftreten. Im Englischen ist beispielsweise die Verbzweitstellung wie in (123) nahezu der einzige Wortstellungsrahmen, in dem die PP-Anbindungsambiguität vorkommen kann.

(123) Sonja saw the man with binoculars.

Im Deutschen sind neben der Verbzweitstellung (122) auch verschiedene Typen von Verbendstellung gebräuchlich (124). Verbendstellung wird von den meisten linguistischen Ansätzen als die Grundwortstellung des Deutschen betrachtet.

- (124) (a) Sonja hat den Mann mit dem Fernglas gesehen.  
(b) ... daß Sonja den Mann mit dem Fernglas gesehen hat.

Die Verbendstellung schließt – bei Annahme inkrementeller Verarbeitung – die Einflußnahme der Lizenzierungsrelationen des Verbs auf die Anbindung der PP aus, da zu dem

Zeitpunkt, zu dem die Anbindungsentscheidung getroffen wird, das Verb noch nicht zur Verfügung steht und damit natürlich die lexikalisch gebundenen Informationen über seinen Subkategorisierungsrahmen fehlen. Unter Auslassung der Verbinformation handelt es sich also bei dieser Konstruktion um eine rein strukturelle Ambiguität.

Um konkrete Vorhersagen für deren Verarbeitung zu generieren, habe ich Folgen von

Artikel Nomen mit Artikel Nomen

in Korpus B gezählt. Die NP am Beginn dieser Folgen war immer das direkte Objekt des Satzes, um den späteren Vergleich mit Experimentaldaten zu ermöglichen. Es wurden Daten sowohl für die Verbzweitstellung als auch für die Verbendstellung erhoben. Die Datengrundlage ist also eine Obermenge von der aus Tabelle 12 (siehe Seite 152). Diese Zählungen führten zu dem Ergebnis in Tabelle 21. (125) und (126) sind Beispiele aus dem Korpus für verbendständige Sätze, die dem Suchmuster entsprachen.

(125) Verbendstellung, NP-Anbindung:

Er schlägt außerdem vor, daß wie in anderen Bundesländern die Krankenhäuser >>> die Abrechnung mit den Privatpatienten <<< übernehmen.

(126) Verbendstellung, VP-Anbindung:

Der Abstimmung war eine offene Diskussion vorausgegangen, bei der manche der RednerInnen >>> eine Abtreibung mit einem Mord <<< verglichen.

Tabelle 21: Frequenzen von Anbindungen einer *mit*-PP an eine VP oder NP in Korpus B (alle NPn sind direktes Objekt).

	VP-Anbindung	NP-Anbindung	gesamt
Verbzweitstellung	41	57	98
Verbendstellung	63	81	144
	104 (43%)	138 (57%)	242

Die Daten zeigen einen signifikant höheren Anteil von NP-Anbindungen im Korpus ( $\chi^2 = 4,78$ ;  $p < 0,05$ ). OFC geht davon aus, daß Phrasenanbindungsfrequenzen gespeichert werden, sagt also auf Basis dieser Korpusdaten für die Verarbeitung dieser Konstruktion durch Versuchspersonen deutscher Muttersprache eine generelle Präferenz zur tiefen, also der NP-Anbindung voraus. Dies gilt unabhängig von der Argumentstruktur des Verbs,

denn in Abwesenheit von Verbinformation an der ambigen Position besteht für den MSVA nur die Möglichkeit des Zugriffs auf strukturelle Frequenzinformation, wie sie in Tabelle 21 angegeben ist.

Diese frequenzbasierten Vorhersagen lassen sich mit Daten aus Blickbewegungsuntersuchungen zum selben Konstruktionstyp vergleichen, die von Konieczny, Hemforth, Scheepers & Strube (1997) durchgeführt wurden. Konieczny et al. verwendeten dabei das gleiche Material wie für die bereits in Abschnitt 6.2 geschilderte Untersuchung (also auch Verben mit unterschiedlichen Lizenzierungsrelationen), mit dem einen Unterschied, daß die Experimentalsätze verbendständig waren wie z.B. (127) und (128).

- (127) (a) Stefanie hat das Pferd *mit dem neuen Fernglas* beobachtet.  
 (b) Stefanie hat das Pferd *mit dem weißen Fleck* beobachtet.
- (128) (a) Stefanie hat die Schlange *mit dem starken Teleobjektiv* erblickt.  
 (b) Stefanie hat die Schlange *mit dem spitzen Giftzahn* erblickt.

Wie von den Frequenzdaten vorhergesagt, zeigten die Versuchspersonen in dieser Untersuchung mit Sätzen mit Verbfinalstellung eine NP-Anbindungspräferenz, und zwar unabhängig von der Argumentstruktur des Verbs. Auch hier wieder – wie schon in Abschnitt 6.2 – muß der Vorsicht halber hinzugefügt werden, daß der Begriff der VP- und NP-Anbindung in den Korpusuntersuchungen etwas weiter gefaßt war als in den Experimenten, also nicht nur reine Instrumental- bzw. Attributivanbindungen gezählt wurden.

Tabelle 21 zeigt die Frequenzen für beide Verbpositionen, weil ich nicht von der Annahme ausgehe, daß in einer mentalen Statistik die Häufigkeiten der Phrasenanbindungen in Abhängigkeit von der Verbposition gespeichert werden. Tatsächlich ist das Verhältnis von VP- und NP-Anbindungen auch in beiden Bedingungen nahezu gleich: Bei Verbzweitstellung beträgt der Anteil der NP-Anbindungen 58,2%, bei Verbendstellung 56,3%. Trotzdem habe ich die Korpusdaten für eine weitere Untersuchung noch stärker eingeschränkt, so daß sie maximale Ähnlichkeit mit den Experimentaldaten hatten. Es wurden separat alle diejenigen Sätze analysiert, die verbendständig waren und in denen beide Artikel in der gesuchten Konstruktion – wie im Experiment – definite Artikel waren (Tabelle 22). Die im Experiment gefundene NP-Präferenz wurde bei dieser feineren Analyse sehr viel deutlicher vorhergesagt ( $\chi^2 = 10,38$ ;  $p < 0,01$ ).

Tabelle 22: Frequenzen von Anbindungen einer *mit*-PP an eine VP oder NP in Korpus B; nur Sätze mit Verbendstellung und definiten Artikeln.

	NP-Anbindung	VP-Anbindung
Verbendstellung, beide Artikel definit	55 (67,9%)	26 (32,1%)

Bei einer näheren Betrachtung der Nomen in der ersten NP der gesuchten Konstruktion fällt auf, daß es sich dabei im Korpus häufig um nominalisierte Verben handelt (z.B. *Gespräch*, *Vergleich*). Im Experimentalmaterial hingegen kommen nominalisierte Verben praktisch gar nicht vor. Dort wird fast ausschließlich mit konkreten Nomen (z.B. *Brille*, *Mann*) gearbeitet.

Bei einer erneuten Zählung der Anbindungen habe ich diejenigen Sätze ausgeschlossen, bei denen der Kopf der ersten NP der untersuchten Konstruktion ein nominalisiertes Verb war, wie z.B. in (129).

(129)

Und es bleibt auch weiter fraglich, ob eine angehängte TV-Diskussion >>> eine Auseinandersetzung mit dem Film <<< leisten kann.

Als nominalisierte Verben wurden solche Nomen gewertet, zu denen sich sehr leicht die zugehörige Verbform<sup>18</sup> erschließen ließ, z.B. *Vergleich*, *Bruch*, *Aussöhnung*, *Rettung*, *Gespräch*, *Kooperation*, *Zahlung* etc. Nicht gezählt wurden (neben konkreten Nomen wie *Ehe*, *Streifenwagen*, *Schleimmonster*, *Planungsgebiete* etc.) solche Nomen, die ihrem Charakter nach zwar eine Aktion beschreiben, zu denen aber im Deutschen kein gängiges Verb existiert (z.B. *Dialog*) oder solche, die sich durch eine Kompositumsbildung weiter von einer ursprünglichen Verbform entfernt haben (z.B. *Streitgespräch*, *Trauerfeier*, *Massenabschiebung*, *Filmvorführung*). Eine Anbindung der PP an nominalisierte Verben ist dem semantischen Gehalt nach eine Verbanbindung. Tabelle 23 zeigt, daß durch den Ausschluß dieser Nomen, an die in vielen Fällen die PP angebunden war, die ursprünglicher Korpuspräferenz zugunsten der NP-Anbindung in eine etwas höhere Frequenz von VP-Anbindungen ( $\chi^2 = 1,14$ ; n.s.) umschlägt.

<sup>18</sup> Diese Klassifikation erfolgte ohne Berücksichtigung diachronischer Tatsachen, es werden hier also auch solche Nomen als nominalisierte Verben charakterisiert, die sprachhistorisch älter sind als die zugehörigen (aus den Nomen entwickelten) Verben.

Tabelle 23: Frequenzen von Anbindungen einer *mit*-PP an eine VP oder NP in Korpus B; nur konkrete Nomen als potentielle Köpfe.

	NP-Anbindung	VP-Anbindung
Sätze mit Verbzweit- und Verbendstellung, keine nominalisierten Verben als potentielle Köpfe	79	93

Würde sich mein Modell auf solch eine Korpuszählung stützen, würde dementsprechend eine Präferenz für die VP-Anbindung vorhergesagt. Daß trotzdem im Experiment eine NP-Präferenz gefunden wird ist ein weiterer Hinweis darauf, daß im ersten Verarbeitungsschritt semantische Eigenschaften der Lexeme (in diesem Fall ihr möglicher Verbalcharakter) nicht berücksichtigt werden.

Eine Beschränkung der Zählung auf konkrete Nomen zeigt auch eine interessante Parallele zu englischen Korpusdaten zur *with*-PP-Anbindung. Spivey-Knowlton & Sedivy (1995) fanden bei einer Zählung an Daten des Brown-Korpus (Francis & Kučera, 1982) 62% VP-Anbindungen und 38% NP-Anbindungen (N = 207). Wenn im Deutschen nur konkrete Nomen betrachtet werden, ist der Anteil der VP-Anbindungen fast genauso hoch wie im Englischen, einer Sprache mit einem weniger ausgeprägten Hang zur Nominalisierung von Verben als das Deutsche.

#### 6.4.2 Phrasenanbindung: Genitivattribut vs. Verbargument im Dativ

Sprachliche Konstruktionen wie (130) sind aufgrund einer nicht eindeutigen Kasusmarkierung lokal ambig. Die zweite NP, *der Sängerin*, kann einerseits als Genitivergänzung an die bereits gelesene Subjekt-NP angebunden werden, wodurch eine komplexe NP konstruiert wird (130a), andererseits ist eine Interpretation der zweiten NP als Verbargument im Dativ möglich (130b). Die lokale Ambiguität wird erst durch das Verb aufgelöst.

- (130) (a) Daß [<sub>NP1</sub>[der Arzt] <sub>NP2</sub>[der Sängerin]] ein Medikament entdeckt hat ...  
 (b) Daß <sub>NP1</sub>[der Arzt] <sub>VP</sub>[<sub>NP2</sub>[der Sängerin] ein Medikament gegeben hat] ...

Zur Generierung von Vorhersagen für die Verarbeitung dieses Konstruktionstyps habe ich Korpus B ausgewertet. Es enthielt 115 Sätze, in denen als Beginn eines Komplementsatzes die Konstruktion

*daß* Artikel1 Nomen1 *der*<sub>sg</sub> Nomen2

auftaucht. Dabei zeigte sich, daß es sich beim weit überwiegenden Teil der Sätze bei der NP2 um ein Genitivattribut handelte, also eine komplexe NP konstruiert wurde ( $\chi^2 = 75,21$ ;  $p \ll 0,001$ ). (131) und (132) sind Beispielsätze aus dem Korpus, die der gesuchten Struktur entsprechen. Tabelle 24 listet die Ergebnisse auf.

(131) Genitivattribut:

>>> Daß eine Drohgebärde der Nato <<< kommen würde, hatte er vorausgesehen, und die erneute Umarmungstaktik gegenüber der UNO scheint eiskalt kalkuliert.

(132) Dativargument:

Kinkel deutete an, >>> daß die Koalition der SPD <<< bei der Anschubfinanzierung der Pflegeversicherung in den neuen Ländern entgegenkommen will.

Tabelle 24: Frequenzen von Genitivattribut und Dativargument nach *daß* + NP in Korpus B, alle Nomen sind Singular femininum

<i>der</i> + N2 = Genitivattribut	104 (90,4%)
<i>der</i> + N2 = Dativargument	11 (9,6%)

Auch die Verwendung von anderen subordinierenden Konjunktionen (*als*, *da*, *nachdem*, *ob*, *obwohl*, *während*, *weil*) führte zu einem vergleichbaren Ergebnis (Tabelle 25).

Tabelle 25: Frequenzen von Genitivattribut und Dativargument nach verschiedenen subordinierenden Konjunktionen + NP, alle Nomen sind Singular femininum (Datenbasis: ein Drittel des Korpus B (= zwei Monate *taz*))

<i>der</i> + N2 = Genitivattribut	19
<i>der</i> + N2 = Dativargument	3

Bei nicht-ambigen Sätzen sieht die Situation sehr ähnlich aus. Zählungen in Korpus B zeigen, daß die kasuseindeutige Konstruktionen *daß* Artikel1 Nomen1 *des* Nomen2 deutlich häufiger ist als die ebenso kasuseindeutige Abfolge *daß* Artikel1 Nomen1 *dem* Nomen2 (Tabelle 26).

Tabelle 26: Frequenzen von Genitivattribut und Dativargument nach *daß* + NP in Korpus B, alle Nomen sind Singular maskulinum oder Singular neutrum

<i>des</i> + N2 = Genitivattribut	99 (94,3%)
<i>dem</i> + N2 = Dativargument	6 (5,7%)

OFC leitet aus diesen Frequenzdaten die Vorhersage ab, daß bei der mentalen Verarbeitung die zweite NP präferiert als Genitivattribut interpretiert wird.

Konieczny, Hemforth, Scheepers & Strube (1997) haben Konstruktionen wie (130) in Blickbewegungsexperimenten untersucht. Dabei stellten sie fest, daß bei kasusambiger NP2 dann erhöhte Verarbeitungszeiten beim Verb auftraten, wenn dieses ein Dativkomplement forderte (130b). Man kann also davon ausgehen, daß von den Versuchspersonen zuerst die Interpretation der NP2 als Genitivattribut gewählt wurde und beim Auftreten eines damit nicht kompatiblen Verbs eine Reanalyse angestoßen werden mußte.

Die gleiche Untersuchung wurde auch an Sätzen durchgeführt, die strukturell identisch waren, aber einen kasuseindeutigen Artikel in der NP2 enthielten, z.B. (133).

- (133) (a) Daß<sub>NP komplex</sub>[<sub>NP1</sub>[der Arzt] <sub>NP2</sub>[des Sängers]] ein Medikament entdeckt hat ...  
 (b) Daß<sub>NP1</sub>[der Arzt] <sub>VP</sub>[<sub>NP2</sub>[dem Sänger] ein Medikament gegeben hat] ...

Hier traten erhöhte Lesezeiten schon in der ersten gemessenen Region, der NP1 auf, wenn der Artikel der NP2 eindeutig im Dativ stand (133b). Untersuchungen mit Blickbewegungsexperimenten haben gezeigt, daß neben der fixierten Region aus den Augenwinkeln heraus (*parafoveal*) auch benachbarte Regionen erfaßt werden können. Man kann also davon ausgehen, daß bei der Fixierung der NP1-Region der Artikel der NP2 schon mitgelesen wurde und damit die Lesezeiten mitbeeinflusste.

Bei der Erhöhung der Lesezeiten zu diesem extrem frühen Zeitpunkt kann es sich nicht schon um einen Reanalyseprozeß handeln. Vielmehr muß es als plausibel angesehen werden, daß dieser sofortige Einfluß der Kasusmarkierung ein Indiz dafür ist, daß einer bereits aufgebauten Erwartung des MSVAs widersprochen wurde.

Die Vorhersagen von OFC in bezug auf die hier untersuchte Anbindungsambiguität werden durch die experimentellen Ergebnisse bestätigt. Auch der frühe Zeitpunkt der Anbindungsentscheidung entspricht den Annahmen des OFC: Auf die Frequenzdaten aus der mentalen Statistik wird zum Zeitpunkt des Auftretens der MNCC der anzubindenden Phrase zugegriffen, also bereits beim *parafoveal* erfaßten Artikel (für (133): *des* oder *dem*), so daß sofort eine Anbindung vorgenommen werden kann.

### 6.4.3 Phrasenanbindung und Frequenz: Zusammenfassung

Bei beiden untersuchten Phrasenanbindungsambiguitäten hat sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Frequenz der unterschiedlichen Interpretationen und der Präferenz der häufigeren Interpretation bei der experimentellen Untersuchung der Verarbeitung gezeigt.

Ganz besonders deutlich ist diese Korrelation bei kasusambigen NPh (Genitiv vs. Dativ), die einer Subjekt-NP folgen. Sowohl im Korpus als auch im Experiment besteht eine starke Bevorzugung der Interpretation der kasusambigen NP als Genitivattribut und damit für die Bildung einer komplexen NP. Die nicht präferierte Lesart der NP als Dativargument tritt auch im Korpus selten auf.

Nicht ganz so ausgeprägt, aber trotzdem positiv ist die Korrelation zwischen der Frequenz alternativer PP-Anbindungen an eine vorhergehende VP oder NP und deren Verarbeitungsgeschwindigkeit. Bei Ausschluß eines möglichen Einflusses von Lizenzierungsinformationen durch die Verwendung von Sätzen mit Verbendstellung zeigte sich sowohl im Korpus als auch im Experiment eine Bevorzugung der Anbindung an die NP.

## 6.5 Teilsatzanbindung

Bei den bisher untersuchten Konstruktionen handelte es sich um sprachliche Einheiten, die sich innerhalb eines Teilsatzes (*clause*) befanden. Es entstehen jedoch auch lokale und globale Ambiguitäten bei der *Verknüpfung* von Teilsätzen. Insbesondere Relativsatzanbindungen stehen seit einigen Jahren im Zentrum der Satzverarbeitungsforschung. Das hat mindestens zwei Gründe. Zum einen treten Relativsätze in vielen (auch typologisch unterschiedlichen) Sprachen auf, so daß die Existenz sprachenübergreifender Prinzipien anhand dieser Konstruktion evaluiert werden kann. Zum anderen spielen bei der Anbindung von Relativsätzen lexikalische Beschränkungen nur eine untergeordnete Rolle (Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert, 1995: 14), denn Relativsätze sind Adjunkte. Deren Gebrauch ist optional und der Einfluß der Lexik nicht so direkt wie z.B. bei der Anbindung von Argumenten an Verben. Deshalb werden bei der Untersuchung solcher Konstruktionen Effekte auf syntaktischer Ebene möglicherweise besser sichtbar.

Der Geltungsbereich des OFC erstreckt sich nicht auf Teilsatzanbindungen. Wie ich in Abschnitt 5.4.4 ausgeführt habe, gehe ich davon aus, daß aufgrund der anaphorischen und damit semantisch orientierten Prozesse, die bei der Relativsatzanbindung ablaufen müssen, die Frequenz verschiedener Anbindungen eine untergeordnete Rolle bei der Auswahl der bevorzugten Lesart spielt. Außerdem scheint nach Abschluß einer rechten Teilsatzgrenze das davor liegende Material dem MSVA nicht mehr im Wortlaut zur Verfügung zu stehen, was aber die Voraussetzung für eine hochautomatisierte frequenzbasierte Verarbeitung ist.

Weil die mentale Verarbeitung von Relativsätzen zur Zeit in der Satzverarbeitungsforschung von so großer Bedeutung ist, werde ich trotz der vorhergesagten geringen Rolle der Frequenz bei diesem Konstruktionstyp im folgenden die Relativsatzanbindung an eine komplexe NP anhand von Korpusdaten analysieren. OFC läßt keine Korrelation zwischen Frequenzdaten und Lesezeitdaten erwarten, aber eine möglicherweise bestehende Korrelation steht natürlich nicht im Widerspruch zu OFC.

### 6.5.1 Relativsatzanbindung an eine komplexe Nominalphrase

Eine Form der Relativsatzanbindung, die in der aktuellen sprachpsychologischen Forschung sehr häufig untersucht wird, ist die Anbindung eines Relativsatzes an eine komplexe NP wie in (134).

(134) Jemand erschloß *die Dienerin der Schauspielerin*, die auf dem Balkon war.

Sätze dieses Typs bieten für den Relativsatz mindestens zwei Anbindungsmöglichkeiten. Er kann entweder an die erste NP (*die Dienerin*) der komplexen NP angebunden werden (hohe Anbindung) oder an die zweite NP (*der Schauspielerin*; tiefe Anbindung). Theoretisch besteht auch noch die Möglichkeit eines dritten Anbindungspunktes, nämlich des Subjekts des Hauptsatzes, z.B. in (135). Dieser potentielle Kopf scheint aber in der Praxis keine Rolle zu spielen, vermutlich aufgrund seiner großen Entfernung von der anzubindenden Phrase. In einem Off-line-Experiment von Cuetos & Mitchell (1988) mit englischen Sätzen wurde nur in 0.21% aller Fälle das Subjekt als Anbindungspunkt gewählt.

(135) Someone shot the servant of the actress who was on the balcony.

Hemforth, Konieczny & Scheepers (1994) haben die Relativsatzanbindung an komplexe NPn in Fragebogenuntersuchungen analysiert. Dabei verwendeten sie so weit wie möglich genaue Übersetzungen des Experimentalmaterials von Cuetos & Mitchell (1988).

Im Ergebnis zeigte sich eine generelle Präferenz für die hohe Anbindung. Die gleiche Präferenz ergab sich bei einer separaten Auswertung der Sätze, in denen die erste NP der komplexen NP die Eigenschaft 'Nicht-Mensch' und die zweite NP die Eigenschaft 'Mensch' trug. Sätze, bei denen beide NPn die Eigenschaft 'Mensch' hatten, führten zu einer Präferenz für die tiefe Anbindung, die allerdings nicht signifikant war.

Hemforth, Konieczny & Scheepers (im Druck a) fanden in Blickbewegungsstudien ebenfalls eine generelle Präferenz für die hohe Anbindung, unabhängig davon, ob Genus, Numerus oder pragmatische Informationen disambiguierten. Sie gehen davon aus, daß bei der Relativsatzanbindung zwei verschiedene Prozesse ablaufen: zum einen ein syntaktisch orientierter Prozeß, nämlich die Anbindung des Relativsatzes an die aktuelle partiel-

le Strukturrepräsentation, und zum anderen die semantische Auflösung des Relativpronomens, also ein anaphorischer und damit eher diskurspragmatischer Prozeß. Je nach Art des Kopfes gewinnt einer der beiden Prozesse an Gewicht. Anaphorische Prozesse haben die Tendenz, Modifikatoren (und damit also auch Relativsätze) an saliente Elemente anzubinden. Dies sorgt bei Köpfen mit zwei Elementen (134) dafür, daß an das höhere, pragmatisch prominentere Element angebunden wird. Besteht der Kopf aus mehr als zwei Elementen, wie z.B. in (136), sorgt die steigende Gedächtnisbelastung für eine Bevorzugung rein syntaktischer Prinzipien, die das letzte, möglicherweise noch im Wortlaut im Gedächtnis befindliche Element auswählen. Tatsächlich wird bei Relativsätzen mit drei potentiellen Anbindungspunkten wie (136) bevorzugt an den ersten und den dritten Punkt angebunden (Walter, 1999). Hemforth et al. nennen das auch *attachment-binding dualism*: *Attachment* und *binding* sind zwei gleichzeitig in verschiedenen Modulen ablaufende Prozesse. *Binding* versucht, ein Relativpronomen per Koindexierung an den salientesten Diskursreferenten anzubinden, *attachment* bevorzugt eine Anbindung des Relativpronomens an den zuletzt eingelesenen potentiellen Anbindungspunkt im Strukturbaum. Derjenige Prozeß, der zuerst zu einer Lösung führt, entscheidet über den *initial parse* der ambigen Struktur. Zum Phänomen der Anbindung von Relativsätzen an mehr als zwei potentielle Köpfe vgl. auch das Modell von Gibson, Abschnitt 3.2.6.

(136) Er hat das Tuch neben dem Spielzeug für das Kätzchen zerrissen, das uns geschenkt wurde.

Ich habe Konstruktionen wie (134), also Relativsatzanbindungen an NPn mit zwei potentiellen Köpfen, in Korpus B gezählt. Dazu habe ich alle Wortklassenfolgen

Artikel1 Nomen1 Artikel2 Nomen2, Relativpronomen

analysiert. Die Position der komplexen NP im Satz spielte bei der Zählung keine Rolle. Die NP konnte also Subjekt oder Objekt sein oder auch innerhalb einer PP auftauchen. Bei der Zählung wurden – wie im oben zitierten Experiment – die Nomen nach der Eigenschaft ‘Mensch’/‘nicht-Mensch’ differenziert. (137) und (138) sind Beispielsätze aus dem Korpus für die hohe Anbindung, (139) bis (140) für die tiefe Anbindung. Tabelle 27 enthält die Ergebnisse der Zählung.

(137) Hohe Anbindung:

Die Bundesregierung denkt unterdessen an >>> eine Änderung des Konkursrechts, die <<< Lieferanten und Handwerker schützen soll.

(138) Hohe Anbindung:

>>> Der Film des Jahres, der <<< damit wirbt, die Musik einer ganzen Generation am Beispiel der Band des Jahrhunderts aufzurollen, handelt nämlich nur in zweiter Linie von den Siegern, von John, Paul, George und dem anderen Jungen.

## (139) Tiefe Anbindung:

Gremliza bezeichnet >>> den Neustart der Zeitung, die <<< fast ohne Anzeigen erscheint und deren Auflage seit der Wende kontinuierlich von 1,5 Millionen auf 30.000 sank, als ernsthaften letzten Versuch.

## (140) Tiefe Anbindung:

Selbst >>> der Segen des Papstes, den <<< er am Vortage besucht hatte, scheint dem bayerischen Ministerpräsidenten, der sonst so souverän wirkt, wenig geholfen zu haben.

Tabelle 27: Frequenzen hoher und tiefer Relativsatzanbindungen in Korpus B

NP1/NP2	NP1-Anbindung	NP2-Anbindung
nicht-Mensch/nicht-Mensch	101	190
nicht-Mensch/Mensch	19	124
Mensch/nicht-Mensch	27	14
Mensch/Mensch	4	7
gesamt*	171*	375*

Es zeigt sich, daß in allen Bedingungen der Relativsatz sehr viel häufiger an das zweite Element der komplexen NP angebunden wird als an das erste Element ( $\chi^2_{\text{gesamt}} = 76,2$ ;  $p \ll 0,001$ ). Allerdings sind für diejenigen Sätze, bei denen das erste Nomen die Eigenschaft 'Mensch' trägt, die Häufigkeiten so gering, daß keine verlässlichen statistischen Aussagen darüber getroffen werden können.

Diese Frequenzdaten sagen also nicht die von Hemforth et al. (1994) gefundenen Verarbeitungspräferenzen voraus. Das kann mehrere Gründe haben. Zum einen ist es möglich, daß sich Korpussätze und Experimentalsätze nicht gut entsprechen. Während in den Korpussätzen die komplexe NP an jeder beliebigen Satzposition auftreten konnte, befand sie sich in den Experimentalsätzen von Hemforth et al. immer an der Position des direkten Objekts. Zur Überprüfung dieser Hypothese habe ich eine Zählung durchgeführt, bei der nur Sätze mit direkten Objekten als Köpfe berücksichtigt wurden (Tabelle 28). Dabei fand sich allerdings ein ähnliches Verhältnis zwischen hoher und tiefer Anbindung wie oben ( $\chi^2_{\text{gesamt}} = 10,1$ ;  $p < 0,01$ ).

---

\* Die Gesamtsumme ist größer als die Summe der Einzelwerte, weil in einigen Fällen keine Festlegung darauf getroffen wurde, ob eine NP die Eigenschaft 'Mensch' trägt oder nicht (z.B. bei Nomen wie *Vorstand* o.ä.).

Tabelle 28: Frequenzen hoher und tiefer Relativsatzanbindungen in Korpus B. Die komplexe NP ist immer direktes Objekt.

NP1/NP2	NP1-Anbindung	NP2-Anbindung
nicht-Mensch/nicht-Mensch	12	39
nicht-Mensch/Mensch	12	26
Mensch/nicht-Mensch	4	3
Mensch/Mensch	–	1
gesamt*	31*	78*

Zum anderen könnte es sein, daß die experimentell gefundenen Effekte in der Häufigkeit begründet sind, mit der Nomen mit der Eigenschaft ‘Mensch’ in den beiden Untersuchungsmodi auftauchen. Sie unterscheiden sich sehr stark. Im Korpus ist die Kombination ‘Mensch/Mensch’ eher selten. Im Experimentalmaterial dagegen tritt sie bei fast der Hälfte der Sätze auf. Die Korpusfrequenzen dieser Kombination sind aber zu klein, um sie separat zu analysieren.

Sprachenübergreifende experimentelle Untersuchungen dieser Konstruktion ergeben ein uneinheitliches Bild. Im Englischen scheint in Sätzen wie (135) eine Präferenz für die tiefe Anbindung zu existieren (Cuetos & Mitchell, 1988; Gilboy, Sopena, Clifton & Frazier, 1995; Frazier & Clifton, 1996; Corley, 1996; Thornton, Gil & MacDonald, 1998). Dieser Effekt ist allerdings nicht immer stark ausgeprägt. Im Gegensatz dazu wurde für vergleichbare Konstruktionen im Spanischen (141) on-line eine Präferenz für die hohe Anbindung festgestellt (Cuetos & Mitchell, 1988; Carreiras & Clifton, 1993; Gilboy, Sopena, Clifton & Frazier, 1995).

(141) Alguien disparó contra de la actriz que estaba en el balcón.

Miyamoto (1998) findet eine Präferenz für die tiefe Anbindung im brasilianischen Portugiesisch.

(142) Quelqu’un a tué la servante de l’actrice qui était sur le balcon.

Im Französischen (142) wird generell eine hohe Anbindung bevorzugt (Mitchell, Cuetos & Zagar, 1990; Zagar, Pynte & Rativeau, 1997), selbst dann, wenn der Kontext die Lesart der tiefen Anbindung begünstigt. Diese Präferenz kann aber zu einer NP2-Bevorzugung umschlagen, wenn der Relativsatz sehr kurz ist (Pynte & Colonna, 1998).

Dies stützt die sogenannte *Prosodic Theory* von Fodor (1998), wonach lange, 'schwere' Modifikatoren eine Tendenz zur hohen Anbindung, 'leichte' Modifikatoren eine Tendenz zur tiefen Anbindung haben.

Im Italienischen wiederum wurde von De Vincenzi & Job (1993; 1995) on-line eine Präferenz für die tiefe Anbindung gefunden. Sie verwendeten für ihre Untersuchungen allerdings neben *NP di NP*-Konstruktionen (Genitiv) auch komplexe NPn mit der Präposition *mit* (*NP con NP*). Die NP2-Präferenz zeigte sich in Off-line-Experimenten weniger eindeutig: In Abhängigkeit von der Präposition überwog dort die hohe Anbindung (bei *di*) oder die tiefe Anbindung (bei *con*).

Daten aus dem Niederländischen zur Relativsatzanbindung an komplexe NPn sind in Abschnitt 4.3 in anderem Zusammenhang schon ausführlich beschrieben worden. Mitchell, Cuetos, Corley & Brysbaert (1995) haben für Konstruktionen wie (143) on-line eine Präferenz für die hohe Anbindung gefunden.

- (143) (a) De gangsters/schoten/ op de **zoon**/ van de **actrice**/ die/ op het balkon/ zat/  
*met zijn arm*/ in het gips.  
 Die Verbrecher schossen auf den Sohn der Schauspielerin, {der/die} auf dem Balkon stand mit seinem Arm in Gips.
- (b) De gangsters/schoten/ op de **zoon**/ van de **actrice**/ die/ op het balkon/ zat/  
*met haar arm*/ in het gips.  
 Die Verbrecher schossen auf den Sohn der Schauspielerin, {der/die} auf dem Balkon stand mit ihrem Arm in Gips.

Eine Korpusuntersuchung anhand von '*NP-van-NP-Relativsatz*'-Konstruktionen zeigte im Gegensatz dazu eine deutlich höhere Frequenz für die tiefe Anbindung (hoch: 144, tief: 325) (Mitchell & Brysbaert, 1998). Diese Divergenz zwischen Verarbeitungszeiten und Korpusfrequenzen entspricht in etwa der, die hier im Deutschen gefunden wurde.

Gilboy, Sopena, Clifton & Frazier (1995) führten Off-line-Experimente mit einander entsprechendem englischen und spanischen Satzmaterial durch. Dabei zeigte sich, daß die Anbindungspräferenz nicht primär von der Sprache, sondern in erster Linie vom Typ der komplexen NP abhing, also z.B. davon, ob N1 oder die verwendete Präposition eine thematische Rolle für N2 vergab. Beispielsweise führten Sätze vom Typ (144) in beiden Sprachen zur Präferenz einer hohen Anbindung, während Sätze vom Typ (145) in beiden Sprachen zur Präferenz einer tiefen Anbindung führten.

- (144) (a) Yesterday they gave me a sweater of cotton that was illegally imported.  
 (b) Ayer me regalaron un jersey de algodón que importaban de contrabando.
- (145) (a) Laura lost the notebook with the sticker that Pedro gave her.  
 (b) Laura perdió la libreta con el adhesivo que le regaló Pedro.

In Off-line-Untersuchungen wie denen von Gilboy et al. haben die Versuchspersonen allerdings ausreichend Zeit, alle semantischen Einflußfaktoren zu bedenken, bevor sie ihre Anbindungsentscheidung fällen. Deshalb ist es nicht überraschend, daß die Ergebnisse solcher Untersuchungen mit einer semantisch begründeten Erklärung, nämlich der Vergabe einer thematischen Rolle für N2, übereinstimmen.

Möglicherweise sind also Eigenheiten und Unterschiede der verwendeten Methoden für das uneinheitliche empirische Bild verantwortlich. Es ist aber auch plausibel, daß bei der kognitiven Verarbeitung von Relativsätzen anaphorische Auflösungs- und Interpretationsprozesse ablaufen, die nicht auf die Syntaxanalyse beschränkt sind oder sie soweit verlangsamen, daß Effekte experimentell nicht leicht aufzuzeigen sind. Ob die Verarbeitung von Relativsätzen deswegen schon in dem Ausmaß als kategorial verschieden von der Verarbeitung von Hauptsätzen angesehen werden muß, wie Frazier & Clifton (1996) (vgl. Abschnitt 3.2.3) das in ihrer *Construal*-Theorie tun, ist natürlich fraglich.

### 6.5.2 Relativsatzanbindung und Frequenz: Zusammenfassung

Im Gegensatz zu den vorhergehenden Korpusstudien zu Lizenzierungsrelationen, Wortstellungsmustern auf Teilsatzebene und Phrasenanbindungen, zeigt sich bei der Analyse von teilsatzübergreifenden Strukturen, hier Relativsatzanbindungen, keine generelle Übereinstimmung von Korpusfrequenzen und Experimentaldaten.

Vielmehr deuten Korpusanalysen und Experimentaldaten zur Relativsatzanbindung an komplexe NPh sogar in entgegengesetzte Richtungen. Im Experiment ist für das Deutsche und das Niederländische die Präferenz der hohen NP1-Anbindung nachgewiesen, während im Korpus bei beiden Sprachen die tiefe NP2-Anbindung deutlich häufiger ist.

Mögliche Gründe für diese Divergenz werde ich im anschließenden Kapitel diskutieren.

---

## 7 Evaluation des *Optimized frequency constraint* (OFC)

Die optimierte Frequenzkomponente OFC, die den wichtigsten Faktor in dem von mir entwickelten abstrakten Basismodell der Satzverarbeitung darstellt, sagt voraus, daß die Frequenz, mit der sprachliche Konstruktionen in der Vergangenheit von einem Individuum verarbeitet wurden, die Verarbeitung dieser Konstruktionen bei zukünftigen Vorkommen beeinflusst. Dabei ist der Geltungsbereich von OFC aufgrund von theoretischen Überlegungen sowie empirischen Befunden auf lexikalisch gebundene Lizenzierungsrelationen sowie Wortstellungs- und Phrasenanbindungsphänomene auf der Teilsatzebene beschränkt. OFC trifft auch Annahmen über den genauen Zeitpunkt des Zugriffs des MSVAs auf gespeicherte Frequenzinformationen.

In Kapitel 6 habe ich auf der Grundlage von Korpusuntersuchungen an deutschen Daten aus den Prinzipien des OFC konkrete Vorhersagen für den Verarbeitungsaufwand verschiedener Lesarten ambiger Konstruktionen abgeleitet. Diese Vorhersagen habe ich anschließend mit experimentell erhobenen Lesezeitdaten verglichen. Zusätzlich wurden empirische Ergebnisse aus Untersuchungen anderer Sprachen diskutiert.

Ich werde im folgenden Abschnitt zusammenfassend evaluieren, inwieweit die Vorhersagen empirisch adäquat sind, und diskutieren, wie Abweichungen der empirischen Daten von den Vorhersagen erklärt werden können.

## 7.1 Empirische Adäquatheit

Tabellen 29 und 30 zeigen im Überblick die empirisch gefundenen Beziehungen zwischen den korpusbasierten Vorhersagen des OFC und den Lesezeitdaten.

Tabelle 29: Überblick über die Übereinstimmung von korpusbasierten Vorhersagen des OFC und Lesezeitdaten

Konstruktionstyp		Übereinstimmung der Vorhersagen des OFC mit den Lesezeitdaten
Lizensierungsrelationen	Lizensierung durch das Verb	+
Wortstellung	Deklarativsätze	+
	Hauptsatzfragen	–
	eingebettete Fragen	○
	Relativsätze	○
Phrasenanbindung	PP-Anbindung	+
	Genitivattribut vs. Dativargument	+

Tabelle 30: Übereinstimmung von Korpusfrequenzen und Lesezeitdaten für einen Konstruktionstyp, für den OFC keine Vorhersagen macht.

Konstruktionstyp	Übereinstimmung der Korpusfrequenzen mit den Lesezeitdaten
Relativsatzanbindung an komplexe NP	–

Inwieweit ist zusammenfassend eine Übereinstimmung zwischen den korpusbasierten Vorhersagen des OFC und experimentellen Daten festzustellen, und wie lassen sich Abweichungen erklären?

Für die Lizenzierungsrelationen von Verben zeigt sich ein deutlicher Einfluß der Frequenz von Lizenzierungsrelationen auf die Verarbeitung (vgl. Abschnitt 6.2). Dies entspricht völlig den Vorhersagen des OFC, das explizit die Speicherung der Frequenzen von Lexemen sowie der mit ihnen verknüpften Lizenzierungsrelationen vorsieht.

In bezug auf Phrasenanbindungsambiguitäten stimmen korpusbasierte Vorhersagen und experimentelle Ergebnisse ebenfalls überein (vgl. Abschnitt 6.4). Dies habe ich anhand der Anbindung von *mit*-PPn an komplexe NPn, die zwei potentielle Köpfe für die PP anbieten, überprüft, sowie an der Anbindung von lokal ambigen NPn, die sowohl Genitivattribut einer vorausgegangenen NP als auch Dativargument eines noch folgenden Verbs sein können.

Die Ergebnisse bezüglich der Wortstellung müssen etwas differenzierter betrachtet werden. OFC sagt zunächst einmal innerhalb der Teilsatzebene generell einen Frequenzeinfluß vorher. Dieser wird auch deutlich sichtbar in den Präferenzen bei der Verarbeitung verschiedener Abfolgen von Subjekt und Objekt (Abschnitt 6.3.3) sowie direktem und indirektem Objekt (Abschnitt 6.3.2). Problematischer sind die Ergebnisse bei Fragen, und zwar sowohl bei Hauptsatzfragen als auch bei eingebetteten Fragen. Für eingebettete *welche*-Fragen gilt, daß sich auf der Basis des verwendeten Korpus keine Vorhersagen für Verarbeitungspräferenzen generieren lassen, weil sich die Frequenzen von Subjekt- und Objekt-Lesarten für *welche* + N nicht signifikant unterscheiden (vgl. Abschnitt 6.3.5). Allenfalls läßt sich vorhersagen, daß keine der Lesarten im *initial parse* systematisch präferiert wird. Dies scheint auch gar nicht so weit von den experimentellen Befunden zu liegen, die nur unter sehr speziellen Bedingungen eine Präferenz der Subjekt-Lesart zeigen.

Bei Hauptsatzfragen sagt OFC auf der Grundlage des hier verwendeten Korpus eine Bevorzugung der Objekt-Lesart vorher. Experimentell ist in den meisten Fällen eine Präferenz der Subjekt-Lesart zu finden. Allerdings sind auf der Grundlage anderer Korpora auch schon höhere Frequenzen der Subjekt-Lesart oder ausgeglichene Frequenzen von Subjekt- und Objekt-Lesart gefunden worden (Abschnitt 6.3.4). Es ist also schwierig, verlässliche Aussagen in bezug auf die Korrelation zwischen der Frequenz von Hauptsatzfragen und deren mentaler Verarbeitung zu treffen.

Ein möglicher Grund für die mangelnde Übereinstimmung könnte sein, daß das OFC momentan für die mentale Statistik eine zu feine Granularität annimmt und tatsächlich eine gröbere Körnung angenommen werden muß. Das würde bedeuten, daß über alle Satztypen hinweg die Frequenzen für die Reihenfolge der funktionalen Satzelemente erfaßt würden. Die Häufigkeit von Deklarativsätzen übersteigt die der Fragen um ein Vielfaches. Deshalb spiegeln die Gesamtfrequenzen im wesentlichen nur die Frequenzen der Deklarativsätze wider. Hinzu kommt, daß ein Wort wie *welche* am Satzanfang lediglich als MNCC für eine NP dienen kann. Es hat keine MNCC-Qualität in bezug auf

einen näher spezifizierten *clause*, denn *welche* kann sowohl eine Frage (146a) als auch eine (strukturell verschiedene) eingebettete Frage einleiten (146b).

- (146) (a) Welche Partei gewinnt die Wahl?  
(b) Welche Partei (die Wahl) gewinnt, wird sich erst am Sonntag zeigen.

Außerdem sind eingebettete Fragen – zumindest in den von mir untersuchten Korpora – fast dreimal so häufig wie Hauptsatzfragen mit *welche* (Hauptsatzfragen: 127; eingebettete Fragen: 346 (Summe Korpus B und C, vgl. Tabelle 16 (Seite 163) und Tabelle 18 (Seite 167)).

Ein zweiter Grund, der das gefundene Mißverhältnis erklären könnte, ist der, daß das Subjekt im Deutschen ein absolut obligatorisches Element ist. Deutsch ist keine *ProDrop*-Sprache, in der auf die explizite Nennung des Subjekts verzichtet werden kann. Das Subjekt taucht also immer auf, und ist deshalb – unabhängig von seiner Position – hochfrequent. (Zum Beispiel findet Kaan, daß im Niederländischen überhaupt nur 45% aller Hauptsatz- und eingebetteten *welke*-Fragen mehr als eine NP enthalten, d.h. mehr als die Hälfte dieser Fragen enthalten über das Subjekt hinaus überhaupt keine weitere NP.) Bei inkrementeller Verarbeitung steht den Rezipienten und Rezipientinnen zunächst immer nur ein Teil des gesamten Satzes zur Verfügung, also zunächst nur die erste NP in Deklarativsätzen bzw. die '*welche* + N'-Folge in Fragen. Auf der Basis der Frequenzinformation, daß in 100% der Sätze ein Subjekt auftaucht, und der ungewissen Fortführung des Satzes, der vielleicht gar keine zweite NP enthält, ist es eine erfolgsversprechende Strategie, zunächst die funktionale Rolle des Subjekts zu besetzen.

Allerdings zeigt sich auch im Italienischen die Bevorzugung der Subjekt-Objekt-Abfolge (De Vincenzi, 1991), obwohl das Italienische eine *ProDrop*-Sprache ist. Mir liegen jedoch keine Daten darüber vor, *wie häufig* das Subjekt im Italienischen tatsächlich weggelassen wird, und deshalb kann ich daraus keine Schlüsse für oder gegen die *ProDrop*-Hypothese ziehen.

Daneben ist gerade für Fragesätze zweifelhaft, ob schriftsprachliche Korpora annähernd repräsentativ für die Spracherfahrung der Versuchspersonen sind. Durch ihren monologischen Charakter unterscheiden sich die hier verwendeten schriftsprachlichen Zeitungstexte möglicherweise deutlich von der Alltagssprache in bezug auf diskurspragmatisch primär dialogische Äußerungen, wie Fragen sie darstellen.

Für die Interpretation eines Relativsatzes mit kasusambigem Relativpronomen als Subjekt- oder Objektrelativsatz läßt sich auf der Grundlage des Korpus keine Vorhersage erzeugen, da beide Interpretationen gleich häufig sind. Experimentell wird aber deutlich die Lesart als Subjektrelativsatz bevorzugt. Dieses Phänomen läßt sich u.U. ähnlich erklären wie die Abweichung zwischen Frequenz und Lesezeitdaten bei Hauptsatzfragen.

Subjekte treten in allen Relativsätzen auf, Objekte nur in einer Teilmenge aller Relativsätze. Die Interpretation des Relativpronomens als Subjekt des Relativsatzes ist insofern eine gute Strategie. Außerdem wird hieran eine Schwäche der Auswahl des Korpusmaterials sichtbar. Um Korpusätze zu zählen, die dem in sprachpsychologischen Experimenten verwendeten Satzmaterial möglichst gut entsprechen, habe ich nur Relativsätze wie (147a) verwendet, die Subjekt und mindestens ein Objekt enthielten. Tatsächlich gibt es aber viele Relativsätze, die wie z.B. (147b) nur ein Subjekt enthalten, in der Zählung aber nicht berücksichtigt wurden. Werden sie mitgezählt, steigt natürlich die Zahl der relativsatzinitialen Subjekte an, was dazu führt, daß die Korpusfrequenzen die Richtung der Verarbeitungspräferenz richtig vorhersagen.

- (147) (a) Die Studentin, die die Prüfung bestanden hatte, ...  
 (b) Die Studentin, die bestanden hatte, ...

Eine weitere sprachliche Konstruktion, für die ich Korpusdaten erhoben und mit experimentellen Ergebnissen verglichen habe, war die Anbindung von Relativsätzen an komplexe NPh (Abschnitt 6.5). Dabei handelt es sich um ein teilsatzübergreifendes Phänomen, für das OFC keine Vorhersagen trifft. Aufgrund unabhängiger empirischer Befunde gehe ich davon aus, daß nach rechten Teilsatzgrenzen Satzmaterial nicht mehr in gleicher Weise verfügbar ist wie innerhalb eines Teilsatzes (vgl. Abschnitt 5.4.4). Es können also nicht die gleichen, hochautomatisierten Prozesse ablaufen, wie sie von OFC propagiert werden. Vielmehr müssen anaphorische Prozesse angestoßen werden, die das Relativpronomen zu einem Element des bereits geschlossenen, vorhergehenden Teilsatzes in Beziehung setzen. Eine Korrelation zwischen Frequenz und Verarbeitungsaufwand für die Anbindung von Relativsätzen wäre also (im Rahmen von OFC, nicht unbedingt im Rahmen des abstrakten Basismodells für OFC) als zufällig zu betrachten.

Die Relativsatzuntersuchungen zeigen divergierende Präferenzen. Bei der Anbindung eines Relativsatzes an eine komplexe NP mit zwei potentiellen Anbindungspunkten besteht im Korpus eine starke Präferenz zugunsten einer tiefen Anbindung. Experimentell wurde im Deutschen aber eine Bevorzugung der hohen Anbindung gefunden. Die gleiche Divergenz zwischen Frequenzdaten und Experimentaldaten besteht auch in anderen Sprachen (vgl. Abschnitt 6.5).

## 7.2 Einfluß des *Optimized frequency constraint*

Was unterscheidet sprachliche Konstruktionen, für die Korpusfrequenzen und sprachpsychologische Experimentaldaten positiv korrelieren – Lizenzierungsrelationen, Phrasenanbindung und Wortstellung in Deklarativsätzen – , von solchen, bei denen das nicht oder nur eingeschränkt der Fall ist, also Relativsätzen und Fragen?

In erster Linie haben Relativsätze und Fragen eine stärkere diskurspragmatische Dimension als die anderen Konstruktionen. Relativsätze erfordern das Herstellen anaphorischer Relationen. Dazu sind – teilweise über Grenzen abgeschlossener Teilsätze hinweg – Rückbezüge auf schon verarbeitete Satzelemente erforderlich. Um dort den richtigen Anbindungspunkt zu identifizieren sind mindestens Kasusinformationen und meistens auch semantische Informationen, teilweise sogar diskurspragmatische Informationen zu berücksichtigen. Auch bei Fragen kommen diskurspragmatische Aspekte ins Spiel, insbesondere durch ihre fokussteuernde Funktion.

Bei den Konstruktionen, für die eine Korrelation zwischen Frequenzdaten und Verarbeitungsdaten gezeigt werden konnte, ist die diskurspragmatische Komponente deutlich schwächer ausgeprägt. Hier können Strukturierungen sehr viel leichter allein aufgrund von Wortartinformationen durchgeführt werden.

Für mein Modell bedeutet dies, daß seine Frequenzkomponente OFC besonders dann starken Einfluß auf die Verarbeitung nimmt, wenn die syntaktischen Kategorien der einzelnen Eingabeelemente ausreichen, um die Eingabekette mental zu strukturieren. OFC hat also dort den größten Einfluß, wo die Analyse hochautomatisierbar ist. Sind weitere Informationen erforderlich, um eine Strukturanalyse zu erzeugen, insbesondere semantische oder diskurspragmatische Informationen, überdecken andere Faktoren den möglichen Einfluß der Frequenzkomponente. Die Verarbeitung semantischer oder diskurspragmatisch orientierter Informationen läßt sich grundsätzlich nicht in dem gleichen Ausmaß automatisieren wie die Verarbeitung von Wortartinformationen, weil ihre mögliche Variation sehr viel größer ist.

Ein weiterer Unterschied zwischen Konstruktionen, für die Frequenz und Verarbeitungsaufwand die gleichen Präferenzen zeigen, und solchen, bei denen dies nicht der Fall ist, besteht in der Größe der Frequenzunterschiede alternativer Lesarten. Bei fast allen Konstruktionen mit Übereinstimmung von Frequenz und Verarbeitungsaufwand sind die Frequenzunterschiede zwischen alternativen Lesarten sehr hoch. Angesichts dieser extremen Unterschiede können andere Faktoren ihren Einfluß kaum geltend machen. Bei Hauptsatz- und eingebetteten Fragen sowie der Ambiguität von Subjekt- und Objektrelativsätzen sind die Frequenzunterschiede – wenn überhaupt vorhanden – sehr gering. In solch einer Situation kann der Einfluß anderer, z.B. pragmatischer Faktoren, den Einfluß der Frequenz überdecken und dabei auch zu einer den Frequenzverhältnissen widersprechenden Präferenz führen.

### 7.3 Weitere Spezifikation des *Optimized frequency constraint*

Mein Basismodell der Satzverarbeitung und seine Frequenzkomponente OFC erfüllen in bezug auf die Modellierung weitgehend die Anforderungen an ein frequenzbasiertes Satzverarbeitungsmodell, die ich in Abschnitt 5.2 formuliert habe. Darüber hinaus hat sich eine weitreichende empirische Adäquatheit gezeigt.

Eine Anforderung an das OFC, der diese Arbeit nicht gerecht werden konnte, ist die Spezifikation dessen, was einen lokal ambigen Satz zu einem echten GP-Satz macht. Dies ist allerdings bisher auch noch keinem anderen Satzverarbeitungsmodell systematisch gelungen.

Es ist anzunehmen, daß besonders zwei Faktoren einen starken Einfluß auf das Zustandekommen eines echten GP-Effekts haben. Der erste Faktor ist die Ambiguität einzelner Lexeme, insbesondere auch in bezug auf die syntaktische Kategorie, der sie angehören. Wortklassenambige Lexeme treten besonders oft im Englischen auf. Gründe dafür sind die Flexionsarmut der Sprache sowie die häufige Homographie/-phonie von Verben und Nomen. Im Deutschen kommen Holzwegsätze entsprechend seltener vor.

Auch die Frequenzen der alternativen Lesarten einzelner Lexeme scheinen oft für den Holzwegeffekt mitverantwortlich zu sein, z.B. in (148) und (149).

(148) The horse raced past the barn fell.

(149) The complex houses married and single students and their families.

Ein zweiter Faktor, der bei Holzwegsätzen oft im Spiel zu sein scheint, ist die Länge der ambigen Region. Je später disambiguierende Information eintrifft, umso wahrscheinlicher ist es, daß der Satz als Holzwegsatz empfunden wird.

Darüber hinaus können auch Effekte der Frequenz syntaktischer Konstruktionen und Effekte des semantisch-pragmatischen Kontexts auftreten. Allerdings scheint es keinen einzelnen Faktor zu geben, der allein einen Holzwegeffekt hervorrufen kann. Nur das Zusammenspiel mehrerer Faktoren läßt solch einen Effekt auftreten.

Hier müssen noch verstärkte Anstrengungen unternommen werden, um die Einflußfaktoren zu identifizieren und ihr jeweiliges Gewicht bei der Interpretation einzelner Sätze zu bestimmen.

## 7.4 Ausblick

Ich habe in dieser Arbeit gezeigt, daß in bezug auf Konstruktionen, die keine starke anaphorische oder diskurspragmatische Komponente haben, eine deutliche Korrelation zwischen der Frequenz, mit der diese Konstruktionen im Korpus auftreten, und dem Tempo der Verarbeitung besteht: Häufige Lesarten ambiger Konstruktionen werden schneller verarbeitet als seltene. Die Vorhersagen meines abstrakten Basismodells mit seiner Frequenzkomponente *Optimized frequency constraint* sind damit weitgehend bestätigt.

Trotz dieser nachgewiesenen Korrelation zwischen Frequenz und Verarbeitungskomplexität kann man grundsätzlich nicht ausschließen, daß die Frequenz sprachlicher Einheiten keinen eigenständigen Kausalfaktor, sondern nur einen *Indikator* für einen anderen, z.B. prinzipienbasierten Kausalfaktor der Satzverarbeitung darstellt. Dieser könnte beispielsweise in bestimmten Eigenschaften der Grammatik bestehen, die ja – wie die Frequenz – einzelsprachlich parametrisiert sind. Tatsächlich stimmen die Vorhersagen eher prinzipienbasierter Modelle mit denen des OFC oder anderer frequenzbasierter Modelle häufig überein.

Diese Überlegungen führen zu sehr grundlegenden Fragestellungen: Welche Eigenschaften der Grammatik und des mentalen Parsers sind angeboren und welche werden individuell erworben? Darf man in bezug auf den MSVA überhaupt eine so scharfe Trennung von Grammatik und Parser vornehmen, wie es in der theoretischen Linguistik und der Computerlinguistik üblich ist?

Natürlich können diese fundamentalen Fragen im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Ich habe aber versucht zu zeigen (vgl. Abschnitt 5.3.2, insbesondere Abbildung 12), wie Grammatik, Parser und die Frequenz von Sprachdaten zueinander in Beziehung stehen, und zwar auf eine Weise, die keinen einzelnen Faktor als Kausalfaktor herausstellt, sondern die Ausprägungen aller drei Faktoren als durch die ständige wechselseitige Beeinflussung gegeben sieht (wobei angeborene Eigenschaften der Universalgrammatik durchaus als *constraint* fungieren können).

Diese Sichtweise macht zum einen plausibel, warum frequenzbasierte und prinzipienbasierte Modelle häufig gleiche (korrekte) Vorhersagen für die Verarbeitung ambiger Strukturen machen. Sie zeigt aber außerdem, daß menschliches Parsing immer auch einzelsprachspezifisch bestimmt ist und universale Verarbeitungsprinzipien *allein* keine hinreichenden Erklärungen für die mentale Syntaxanalyse liefern können.

---

# Anhang

Vgl. Abschnitt 6.2, Tabelle 12 (Seite 152). Die Lizenzierung der PP erfolgt in der Regel *zusätzlich* zur Lizenzierung eines direkten Objekts. Die Zahlen in Klammern bezeichnen die Anzahl der Vorkommnisse des jeweiligen Verbs in den ausgewerteten Korpus­sätzen.

Verben, die als *mit*-PPn-lizensierend eingestuft wurden:

bedrohen	sprechen
beginnen	terrorisieren
beglücken	töten
begründen (4)	über'ziehen
erschrecken	vergleichen (5)
fixieren	versehen
konfrontieren	vertauschen
sich_die_Zeit_vertreiben	verteidigen

Verben, die hinsichtlich einer *mit*-PPn-Lizensierung als neutral eingestuft wurden:

abfangen	hören
absagen	in_den_Griff_kriegen
aneignen	liefern
ankündigen	machen (2)
anstreben (4)	nach_Hause_schicken
aufnehmen	nachspielen
ausnutzen	nutzen
ausschließen (3)	propagieren
bekommen	schmeißen
beleben	schwenken
beruhigen	sehen
besetzen	sich_schenken
besitzen	singen
bestätigen	spalten
besuchen	spiegeln
eingehen	suchen (4)
entdecken	tragen (5)
entschuldigen	übersenden
erhalten (2)	umfassen
erlauben	umsetzen
ermöglichen	verhindern
eröffnen	verlassen
erreichen	verweigern (3)
erschweren	vorbeischicken
finden	zeigen
foppen	zieren
fordern (2)	
forttragen	
geben (4)	

---

# Literatur

- Abney, S. (1989). A computational model of human parsing. *Journal of Psycholinguistic Research*, 18 (SI), 129-144.
- Altmann, G. & Steedman, M. (1988). Interaction with context during human sentence processing. *Cognition*, 30, 191-238.
- Altmann, G. T. M., van Nice, K. Y., Garnham, A. & Henstra, J.-A. (1998). Late closure in context. *Journal of Memory and Language*, 38, 459-484.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1990). *Human memory: Theory and practice*. Boston: Allyn and Bacon.
- Bader, M. & Lasser, I. (1994). German verb-final clauses and sentence processing: Evidence for immediate attachment. In C. Clifton, L. Frazier, & K. Rayner (Hrsg.), *Perspectives on sentence processing* (S. 225-242). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Bates, E. & MacWhinney, B. (1989). Functionalism and the competition model. In B. MacWhinney & E. Bates (Hrsg.), *The crosslinguistic study of sentence processing* (S. 3-73). Cambridge: Cambridge University Press.
- Berko, J. (1958). The child's learning of English morphology. *Word*, 14, 150-177.
- Betancort, M. & Carreiras, M. (1998). *The processing of subject vs object ambiguities in Spanish*. Poster auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AMLaP), Freiburg, 1998.
- Bever, T. (1970). The cognitive basis for linguistic structures. In J. R. Hayes (Hrsg.), *Cognition and Development of Language*. New York: John Wiley.
- Bibbig, A. (1996). Potential, ereigniskorreliertes. In G. Strube et al. (Hrsg.), *Wörterbuch der Kognitionswissenschaft* (S. 512). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Bod, R. (1996). Monte Carlo Parsing. In H. Bunt & M. Tomita (Hrsg.), *Recent advances in parsing technology* (S. 255-280). Boston: Kluwer.
- Boland, J. E. (1997). The relationship between syntactic and semantic processes in sentence comprehension. *Language and Cognitive Processes*, 12 (4), 423-484.
- Boland, J. E., Tanenhaus, M. K. & Garnsey, S. M. (1990). Evidence for the immediate use of verb control information in sentence processing. *Journal of Memory and Language*, 29, 413-432.
- Boland, J. E., Tanenhaus, M. K., Garnsey, S. M. & Carlson, G. (1995). Verb argument structure in parsing and interpretation: Evidence from *wh*-questions. *Journal of Memory and Language*, 34, 774-806.
- Bresnan, J. & Kaplan, R. M. (1982). Introduction: Grammars as mental representations of language. In J. Bresnan (Hrsg.), *The mental representation of grammatical relations* (S. xvii-li). Cambridge, MA: MIT Press.
- Brown, P. F., Della Pietra, S. A., Della Pietra, V. J. & Mercer, R. L. (1993). The mathematics of statistical machine translation: Parameter estimation. *Computational Linguistics*, 19, 263-312.

- Brown, R. & Hanlon, C. (1970). Derivational complexity and order of acquisition in child speech. In J. Hayes (Hrsg.), *Cognition and the development of language*. New York: McGraw Hill.
- Brysbaert, M. & Mitchell, D. C. (1996). Modifier attachment in sentence parsing: Evidence from Dutch. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A (3), 664-695.
- Burnard, L. (Hrsg.) (1995). *Users reference guide for the British National Corpus*. Oxford: University Computing Services.
- Caplan, D. (1972). Clause boundaries and recognition latencies for words in sentences. *Perception and Psychophysics*, 12, 73-76.
- Caplan, D. & Waters G. S. (1999). Verbal working memory and sentence comprehension. *Behavioral and Brain Sciences*, 22 (1), 77-94.
- Carreiras, M. & Clifton, C. (1993). Relative clause interpretation preferences in Spanish and English. *Language and Speech*, 36, 353-372.
- Chen, S. F. (1995). Bayesian grammar induction for language modeling. *Proceedings of the ACL*, 228-235.
- Chomsky, N. (1957). *Syntactic structures*. The Hague: Mouton.
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chomsky, N. (1981). *Lectures on Government and Binding*. Dordrecht: Foris.
- Chomsky, N. (1986). *Barriers*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Church, K. W. (1988). A stochastic parts program and noun phrase parser for unrestricted text. *Proceedings of the Second Conference on Applied Natural Language Processing*, Austin, TX, 136-43.
- Clark, H. H. & Clark, E. V. (1977). *Psychology and language. An introduction to psycholinguistics*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Comrie, B. (1981). *Language universals and linguistic typology: Syntax and morphology*. Oxford: Basil Blackwell.
- Connine, C., Ferreira, F., Jones, C., Clifton, C. & Frazier, L. (1984). Verb frame preferences: Descriptive norms. *Journal of Psycholinguistic Research*, 13 (4), 307-319.
- Corley, M. (1996). *The role of statistics in human sentence processing*. University of Exeter: Unveröffentlichte Dissertation.
- Crain, S. & Steedman, M. (1985). On not being led up the garden path: The use of context by the psychological syntax processor. In D. R. Dowty, L. Karttunen & A. M. Zwicky (Hrsg.), *Natural language parsing* (S. 320-358). Cambridge: Cambridge University Press.
- Cuetos, F. & Mitchell, D. C. (1988). Cross-linguistic differences in parsing: Restrictions on the use of the Late Closure strategy in Spanish. *Cognition*, 30, 73-105.
- Cuetos, F., Mitchell, D. C. & Corley, M. M. B. (1996). Parsing in different languages. In M. Carreiras, J. Garcia-Albea & N. Sebastian-Galles (Hrsg.), *Language processing in Spanish* (S. 145-187). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Cutting, D., Kupiec, J., Pedersen, J. & Sibun, P. (1992). A practical part-of-speech tagger. *Proceedings of the Third Conference on Applied Natural Language Processing*, 133-40.
- De Vincenzi, M. (1991). *Syntactic parsing strategies in Italian*. Dordrecht: Kluwer.
- De Vincenzi, M. & Job, R. (1993). Some observations on the universality of the late-closure strategy. *Journal of Psycholinguistic Research*, 22 (2), 189-206.
- De Vincenzi, M. & Job, R. (1995). An investigation of late closure: The role of syntax, thematic structure, and pragmatics in initial and final interpretation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21, 1303-1321.
- Earley, J. (1970). An efficient context-free parsing algorithm. *Communications of the ACM*, 13, 94-102.
- Eimas, P. D., Marcovitz-Hornstein, S. B. & Payton, P. (1990). Attention and the role of dual codes in phoneme monitoring. *Journal of Memory and Language*, 29, 160-180.
- Farke, H. (1994). *Grammatik und Sprachverarbeitung: Zur Verarbeitung syntaktischer Ambiguitäten*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Fay, D. (1980). Transformational errors. In V. A. Fromkin (Hrsg.), *Errors in linguistic performance: Slips of the tongue, ear, pen, and hand*. New York: Academic Press.
- Ferreira, F. & Henderson, J. M. (1990). Use of verb information in syntactic parsing: Evidence from eye-movements and word-by-word self-paced reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16 (4), 555-568.
- Ferreira, F. & McClure, K. K. (1997). Parsing of garden-path sentences with reciprocal verbs. *Language and Cognitive Processes*, 12 (2/3), 273-306.
- Fisher, S. E., Vargha-Khadem, F., Watkins, K. E., Monaco, A. P. & Pembrey, M. E. (1998). Localisation of a gene implicated in a severe speech and language disorder. *Nature Genetics*, 18 (2), 168-170.
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Fodor, J. A., Bever, T. G. & Garrett, M. F. (1974). *The psychology of language: An introduction to psycholinguistics and generative grammar*. New York: McGraw-Hill.
- Fodor, J. D. (1998a). Learning to parse. *Journal of Psycholinguistic Research*, 21 (5), 1303-1321.
- Fodor, J. D. (1998b). *Number, case and argument structure: Triggers for reanalysis*. Vortrag auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AM-LaP), Freiburg, 1998.
- Fodor, J. D. & Frazier, L. (1980). Is the HSPM an ATN? *Cognition*, 8, 417-459.
- Ford, M., Bresnan, J. & Kaplan, R. M. (1982). A competence-based theory of syntactic closure. In J. Bresnan (Hrsg.), *The mental representation of grammatical relations* (S. 727-796). Cambridge, MA: MIT Press.
- Francis, W. N. & Kučera, H. (1982). *Frequency analysis of English usage*. Boston: Houghton Mifflin.

- Frazier, L. (1979). *On comprehending sentences: Syntactic parsing strategies*. Bloomington, Ind.: IULC.
- Frazier, L. (1987a). Sentence processing: A tutorial review. In M. Coltheart (Hrsg.), *Attention and Performance XII: The psychology of reading* (S. 559-586). London: Erlbaum.
- Frazier, L. (1987b). Syntactic processing: Evidence from Dutch. *Natural Language & Linguistic Theory*, 5, 519-559.
- Frazier, L. & Clifton, C. (1996). *Construal*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Frazier, L. & Fodor, J. D. (1978). The sausage machine: A two stage parsing model. *Cognition*, 6, 291-325.
- Frazier, L. & Rayner, K. (1982). Making and correcting errors during sentence comprehension: Eye movements in the analysis of structurally ambiguous sentences. *Cognitive Psychology*, 14, 178-210.
- Frazier, L. & Rayner, K. (1987). Resolution of syntactic category ambiguities: Eye movements in parsing lexically ambiguous sentences. *Journal of Memory and Language*, 26, 505-526.
- Fromkin, V. A. (Hrsg.) (1973). *Speech errors as linguistic evidence*. The Hague: Mouton.
- Gale, W. A. & Church, K. W. (1993). A program for aligning sentences in bilingual corpora. *Computational Linguistics*, 19, 75-102.
- Garnsey, S., Pearlmutter, N. J., Myers, E. & Lotocky, M. A. (1997). The contributions of verb bias and plausibility to the comprehension of temporarily ambiguous sentences. *Journal of Memory and Language*, 37 (1), 58-93.
- Gibson, E. A. F. (1991). *A computational theory of human linguistic processing: Memory limitations and processing breakdown*. Ann Arbor, MI: UMI Dissertation Information Service (Carnegie Mellon University).
- Gibson, E. & Loomis, J. (1994). A corpus analysis of recency preference and predicate proximity. In *Proceedings of the 16th Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (S. 357-362). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, E., Pearlmutter, N., Canseco-Gonzalez, E. & Hickok, G. (1996). Recency preference in the human sentence processing mechanism. *Cognition*, 59, 23-59.
- Gibson E. & Pearlmutter N. J. (1994). A corpus-based analysis of psycholinguistic constraints on prepositional-phrase attachment. In C. Clifton, L. Frazier & K. Rayner (Hrsg.), *Perspectives on sentence processing* (S. 181-198). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, E., Schütze, C. T. & Salomon, A. (1996). The relationship between the frequency and the processing complexity of linguistic structure. *Journal of Psycholinguistic Research*, 25 (1), 59-92.
- Gieseeking, K. (1998). *Giving more precision to frequency-based models of human parsing*. Poster auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AMLaP), Freiburg, 1998.
- Gilboy, E., Sopena, J.-M., Clifton, C. & Frazier, L. (1995). Argument structure and association preferences in Spanish and English complex NPs. *Cognition*, 54, 131-167.

- Gorrell, P. (1995). *Syntax and parsing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gorrell, P. (1996). Parsing theory and phrase-order variation in German V2 clauses. *Journal of Psycholinguistic Research*, 25 (1), 135-156.
- Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In P. Cole & J. L. Morgan (Hrsg.), *Syntax and Semantics*. Band 3 (S. 41-58). New York: Academic Press.
- Habel, C., Kanngießer, S. & Rickheit, G. (1996). Thesen zur Kognitiven Linguistik. In C. Habel, S. Kanngießer & G. Rickheit (Hrsg.), *Perspektiven der kognitiven Linguistik: Modelle und Methoden* (S. 15-23). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Haberlandt, K. (1994). Methods in reading research. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 1-31). San Diego: Academic Press.
- Hagoort, P. & Brown, C. (1994). Brain responses to lexical ambiguity resolution and parsing. In C. Clifton, L. Frazier, & K. Rayner (Hrsg.), *Perspectives on sentence processing* (S. 45-80). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hahn, U. (1996). Parsing natürlicher Sprache V.2: Wortexperten-Parsing. In G. Strube et al. (Hrsg.), *Wörterbuch der Kognitionswissenschaft* (S. 469-470). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1979). Automatic and effortful processes in memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 108, 356-388.
- Hawkins, J. A. (1994). *A performance theory of order and constituency*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Helbig, G. & Schenkel, W. (1978). *Wörterbuch zur Valenz und Distribution deutscher Verben*. Leipzig: Bibliographisches Institut.
- Hemforth, B. (1993). *Kognitives Parsing: Repräsentation und Verarbeitung sprachlichen Wissens*. Sankt Augustin: Infix.
- Hemforth, B., Konieczny, L. & Scheepers, C. (1994). On reanalysis. In G. Strube (Hrsg.), *Current Research in Cognitive Science at the Center for Cognitive Science, University of Freiburg* (S. 15-32). Freiburg: Institut für Informatik und Gesellschaft.
- Hemforth, B., Konieczny, L. & Scheepers, C. (1994). Principle-based or probabilistic approaches to human parsing: How universal is the human language processor? In H. Trost (Hrsg.), *Tagungsband KONVENS '94: Verarbeitung natürlicher Sprache*.
- Hemforth, B., Konieczny, L. & Scheepers, C. (im Druck a). Modifier attachment: Relative clauses and coordinations. In B. Hemforth & L. Konieczny (Hrsg.), *German sentence processing* (S. 159-183). Dordrecht: Kluwer.
- Hemforth, B., Konieczny, L. & Scheepers, C. (im Druck b). Syntactic attachment and anaphor resolution: The two sides of relative clause attachment. In M. Crocker, M. Pickering & C. Clifton (Hrsg.), *Architectures and mechanisms for language processing*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hemforth, B., Konieczny, L. & Strube, G. (1993). Incremental syntax processing and parsing strategies. In *Proceedings of the 15th Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (S. 539-544). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hindle, D. & Rooth, M. (1993). Structural ambiguity and lexical relations. *Computatio-*

*nal Linguistics*, 19, 103-120.

- Hinton, G. E. (1989). Connectionist learning procedures. *Artificial Intelligence*, 40, 185-234.
- Huber, W., Poeck, K. & Weniger, D. (1989). Aphasie. In K. Poeck (Hrsg.), *Klinische Neuropsychologie*, 2. Auflage (S. 89-137). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Jarvella, R. J. (1979). Immediate memory and discourse processing. In G. H. Bower (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation*. Band 13. New York: Academic Press.
- Jennings, F., Randall, B. & Tyler, L. K. (1997). Graded effects of verb subcategory preferences on parsing: Support for constraint-satisfaction models. *Language and Cognitive Processes*, 12 (4), 485-504.
- Johnson, N. F. (1965). The psychological reality of phrase-structure rules. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 4, 469-475.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness* (S. 319-355). Cambridge: Cambridge University Press.
- Juliano, C. & Tanenhaus, M. K. (1994). A constraint-based lexicalist account of the subject/object attachment preference. *Journal of Psycholinguistic Research*, 23, 459-472.
- Jurafsky, D. (1996). A probabilistic model of lexical and syntactic access and disambiguation. *Cognitive Science*, 20, 137-194.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1980). A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87, 329-354.
- Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99 (1), 122-149.
- Kaan, E. (1997). *Processing subject-object ambiguities in Dutch*. Rijksuniversiteit Groningen: Dissertation.
- Kay, M. & Röscheisen, M. (1993). Text-translation alignment. *Computational Linguistics*, 19, 121-142.
- Kimball, J. (1973). Seven principles of surface structure parsing in natural language. *Cognition*, 2, 15-47.
- Kluwe, R. H. (1996). Gedächtnis. In G. Strube et al. (Hrsg.), *Wörterbuch der Kognitionswissenschaft* (S. 196-209). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Köhler, R. (1986). *Zur linguistischen Synergetik: Struktur und Dynamik der Lexik*. Quantitative Linguistics 31. Bochum: Brockmeyer.
- Konieczny, L. (1996). *Human sentence processing: A semantics-oriented parsing approach*. Universität Freiburg: Unveröffentlichte Dissertation.
- Konieczny, L., Hemforth, B. & Scheepers, C. (im Druck). Head position and clause boundary effects in reanalysis. In B. Hemforth & L. Konieczny (Hrsg.), *Cognitive parsing in German* (S. 247-278). Dordrecht: Kluwer.
- Konieczny, L., Hemforth, B., Scheepers, C. & Strube, G. (1997). The role of lexical heads in parsing: Evidence from German. *Language and Cognitive Processes*, 12, 307-348.

- Konieczny, L., Hemforth, B. & Strube, G. (1991). Psychologisch fundierte Prinzipien der Satzverarbeitung jenseits von Minimal Attachment. *Kognitionswissenschaft*, 1, 58-70.
- Konieczny, L., Scheepers, C., Hemforth, B. & Strube, G. (1994). Semantikorienteerte Syntaxverarbeitung. In S. W. Felix, C. Habel & G. Rickheit (Hrsg.), *Kognitive Linguistik: Repräsentation und Prozesse* (S. 129-158). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Konieczny, L. & Strube, G. (1995). SOUL: A cognitive parser. In J. D. Moore & J. F. Lehman, *Proceedings of the 17th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (S. 631-636). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Koster, J. (1978). *Locality principles in syntax*. Dordrecht: Foris Publishers.
- Koster, J. (1986). *Domains and dynasties*. Dordrecht: Foris Publishers.
- Kutas, M. & Hillyard, S. A. (1984). Brain potentials during reading reflect word expectancy and semantic association. *Nature*, 307, 161-163.
- Kutas, M. & Van Petten, C. K. (1994). Psycholinguistics electrified: Event-related brain potential investigations. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 83-143). San Diego: Academic Press.
- Lari, K. & Young, S. J. (1990). The estimation of stochastic context-free grammars using the Inside-Outside algorithm. *Computer Speech and Language*, 4, 35-56.
- Lari, K. & Young, S. J. (1991). Applications of stochastic context-free grammars using the Inside-Outside algorithm. *Computer Speech and Language*, 5, 237-257.
- Lasnik, H. & Kupin, J. (1977). A restrictive theory of transformational grammar. *Theoretical Linguistics*, 4, 173-196.
- Levelt, W. J. M. (1989). *Speaking*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lively, S. E., Pisoni, D. B. & Goldinger, S. D. (1994). Spoken word recognition: Research and theory. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 265-301). San Diego: Academic Press.
- Luce, P. A., Pisoni, D. B. & Goldinger, S. D. (1990). Similarity neighborhoods of spoken words. In G. T. M. Altmann (Hrsg.), *Cognitive models of speech processing: Psycholinguistics and computational perspectives*. Cambridge, MA: MIT Press.
- MacDonald, M. C. (1993). The interaction of lexical and syntactic ambiguity. *Journal of Memory and Language*, 32, 692-715.
- MacDonald, M. C. (1994). Probabilistic constraints and syntactic ambiguity resolution. *Language and Cognitive Processes*, 9 (2), 157-201.
- MacDonald, M. C. (1998). *Theories of working memory and sentence processing*. Vortrag auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AM-LaP), Freiburg, 1998.
- MacDonald, M. C., Just, M. A. & Carpenter, P. A. (1992). Working memory constraints on the processing of syntactic ambiguity. *Cognitive Psychology*, 24 (1), 56-98.
- MacDonald M. C., Pearlmutter N. J. & Seidenberg M. S. (1994a). Lexical nature of syntactic ambiguity resolution. *Psychological Review*, 101 (4), 676-703.
- MacDonald M. C., Pearlmutter N. J. & Seidenberg M. S. (1994b). Syntactic ambiguity

- resolution as lexical ambiguity resolution. In C. Clifton, L. Frazier & K. Rayner (Hrsg.), *Perspectives on sentence processing* (S. 123-153). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- MacWhinney, B., Bates, E. & Kliegl, R. (1984). Cue validity and sentence interpretation in English, German and Italian. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 23, 127-150.
- Marcus, M. (1980). *A theory of syntactic recognition for natural language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Marcus, M., Hindle, D. & Fleck, M. (1983). D-theory: Talking about talking about trees. *Association for Computational Linguistics*, 21, 129-136.
- Marcus, M. P., Santorini, B. & Marcinkiewicz, M. A. (1993). Building a large annotated corpus of English: The Penn treebank. *Computational Linguistics*, 19, 313-330.
- McElree, B. & Griffith, T. (1998). Structural and lexical constraints on filling gaps during sentence comprehension: A time-course analysis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24 (2), 432-460.
- McRae, K., Ferretti, T. R. & Amyote, L. (1997). Thematic roles as verb-specific concepts. *Language and Cognitive Processes*, 12 (2/3), 137-176.
- McRae, K., Spivey-Knowlton, M. J. & Tanenhaus, M. K. (1998). Modeling the influence of thematic fit (and other constraints) in on-line sentence comprehension. *Journal of Memory and Language*, 38, 283-312.
- Mecklinger, A., Schriefers, H., Steinhauer, K. & Friederici, A. D. (1995). Processing relative clauses varying on syntactic and semantic dimensions: An analysis with event-related potentials. *Memory & Cognition*, 23 (4), 477-494.
- Meng, M. (1995). Processing wh-questions in German and Dutch: Differential effects of disambiguation and their interpretation. Poster auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AMLaP), Edinburgh, 1995.
- Meng, M. (1997). *Grammatik und Sprachverarbeitung: Psycholinguistische Untersuchungen zur Berechnung syntaktischer Strukturen*. Universität Jena: Unveröffentlichte Dissertation.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits to our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Miller, G. A. (1962). Some psychological studies of grammar. *American Psychologist*, 17, 748-762.
- Miller, G. A. & Selfridge, J. A. (1950). Verbal context and the recall of meaningful material. *American Journal of Psychology*, 63, 176-185.
- Mills, A. E. (1985). The acquisition of German. In D. Slobin (Hrsg.), *The cross-linguistic study of language acquisition*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Mitchell, D. C. (1994). Sentence parsing. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 375-409). San Diego: Academic Press.
- Mitchell, D. C. & Brysbaert, M. (1998). Challenges to recent theories of crosslinguistic variation in parsing: Evidence from Dutch. In D. Hillert (Hrsg.), *Sentence processing: A cross-linguistic perspective* (S. 313-335). San Diego, CA: Academic Press.

- Mitchell, D. C. & Cuetos, F. (1991). The origins of parsing strategies. In C. Smith (Hrsg.), *Current issues in natural language processing* (S. 1-12). University of Austin, TX: Center for Cognitive Science.
- Mitchell, D. C., Cuetos, F., Corley, M. M. B. & Brysbaert, M. (1995). Exposure-based models of human parsing: Evidence for the use of coarse-grained (non-lexical) statistical records. *Journal of Psycholinguistic Research*, 24, 469-488.
- Mitchell, D. C., Cuetos, F. & Zagar, D. (1990). Reading in different languages: Is there a universal mechanism for parsing sentences? In D. A. Balota, G. B. Flores d'Arcais & K. Rayner (Hrsg.), *Comprehension Processes in Reading* (S. 285-302). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Miyake, A., Carpenter, P. & Just, M. A. (1995). Reduced resources and specific impairments in normal and aphasic sentence comprehension. *Cognitive Neuropsychology*, 12, 651-679.
- Miyamoto, E. T. (1998). *A low attachment preference in Brazilian Portuguese relative clauses*. Vortrag auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AMLaP), Freiburg, 1998.
- Norman, D. A. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review*, 88, 1-15.
- Osterhout, L. (1994). Event-related brain potentials as tools for comprehending language comprehension. In C. Clifton, L. Frazier, & K. Rayner (Hrsg.), *Perspectives on sentence processing* (S. 15-44). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Pearlmutter, N. J., Daugherty, K. G., MacDonald, M. C. & Seidenberg, M. S. (1994). Modeling the use of frequency and contextual biases in sentence processing. In *Proceedings of the 16th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (S. 699-704). Hillsdale: Erlbaum.
- Pechmann, T., Uszkoreit, H., Engelkamp, J. & Zerbst, D. (1996). Wortstellung im deutschen Mittelfeld: Linguistische Theorie und psycholinguistische Evidenz. In C. Habel, S. Kanngießer & G. Rickheit (Hrsg.), *Perspektiven der kognitiven Linguistik: Modelle und Methoden* (S. 257-299). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Peper, M. & Karcher, S. (1996). EEG. In G. Strube et al. (Hrsg.), *Wörterbuch der Kognitionswissenschaft* (S. 134-135). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Pritchett, B. L. (1992). *Grammatical competence and parsing performance*. Chicago: University of Chicago Press.
- Pritchett, B. L. & Whitman, J. B. (1995). Syntactic representation and interpretive preference. In R. Masuka & N. Nagai (Hrsg.), *Japanese sentence processing* (S. 65-76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Pynte, J. & Colonna, S. (1998). *Relative clause attachment revisited: French readers sometimes prefer to attach low*. Vortrag auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AMLaP), Freiburg, 1998.
- Rayner, K., Carlson, M. & Frazier, L. (1983). The interaction of syntax and semantics during sentence processing: Eye-movements in the analysis of semantically biased sentences. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 358-374.
- Rayner, K. & Pollatsek, A. (1989). *The psychology of reading*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

tice Hall.

- Rayner, K. & Sereno, S. C. (1994). Eye movements in reading. In M. A. Gernsbacher (Hrsg.), *Handbook of Psycholinguistics* (S. 57-81). San Diego: Academic Press.
- Reason, J. (1984). Absent-mindedness and cognitive control. In J. E. Harris & P. E. Morris (Hrsg.), *Everyday memory, actions and absent-mindedness* (S. 113-132). London: Academic Press.
- Rieger, B. (1979). Repräsentativität: Von der Unangemessenheit eines Begriffs zur Kennzeichnung eines Problems linguistischer Korpusbildung. In H. Bergenholtz & B. Schaeder (Hrsg.), *Empirische Textwissenschaft: Aufbau und Auswertung von Text-Corpora*. Monographien Linguistik und Kommunikationswissenschaft 39 (S. 52-70). Königstein/Taunus: Scriptor.
- Rösler, F., Pechmann, T., Streb, J., Röder, B. & Hennighausen, E. (1998). Parsing of sentences in a language with varying word order: Word-by-word variations of processing demands are revealed by event-related brain potentials. *Journal of Memory and Language*, 38, 150-176.
- Rosenbloom, P. S. & Newell, A. (1986). The chunking of goal hierarchies: A generalized model of practice. In R. S. Michalski, J. G. Carbonell & T. M. Mitchell (Hrsg.), *Machine learning*. Band 2. (S. 247-288). Los Altos, CA: Morgan Kaufman.
- Rummer, R. & Konieczny, L. (1998). *Working memory in sentence processing: Immediate recall and answering comprehension questions are based on different representations*. Poster auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AMLaP), Freiburg, 1998.
- Saddy, D., Schlesewsky, M. & beim Graben, P. (1998). *Evidence in favour of minimal structure building*. Poster auf der Tagung "Architectures and Mechanisms of Language Processing" (AMLaP), Freiburg, 1998.
- Savin, H. B. (1963). Word-frequency effect and errors in the perception of speech. *Journal of the Acoustical Society of America*, 35, 200-206.
- Scaglione, A. (1981). *Komponierte Prosa von der Antike bis zur Gegenwart*. Stuttgart.
- Schabes, Y. & Waters, R. C. (1996). Stochastic lexicalized tree-insertion grammar. In H. Bunt & M. Tomita (Hrsg.), *Recent advances in parsing technology*. Dordrecht: Kluwer.
- Schlesewsky, M. (1997). *Kasusphänomene der Sprachverarbeitung*. Universität Potsdam: Unveröffentlichte Dissertation.
- Schlesewsky, M., Fanselow, G., Kliegl, R. & Krems, J. (im Druck). The subject preference in the processing of locally ambiguous wh-questions in German. In B. Hemforth & L. Konieczny (Hrsg.), *Cognitive parsing in German*. Dordrecht: Kluwer.
- Schriefers, H., Friederici, A. D. & Kühn, K. (1995). The processing of locally ambiguous relative clauses in German. *Journal of Memory and Language*, 34, 499-520.
- Simon, H. A. (1974). How big is a chunk? *Science*, 183, 482-488.
- Spivey-Knowlton, M. J. (1996). *Integration of visual and linguistic information: Human data and model simulations*. University of Rochester, N.Y.: Unveröffentlichte Dissertation.

- Spivey-Knowlton, M. & Sedivy, J. C. (1995). Resolving attachment ambiguities with multiple constraints. *Cognition*, 55, 227-267.
- Spivey-Knowlton, M. & Tanenhaus, M. K. (1994). Referential context and syntactic ambiguity resolution. In C. Clifton, L. Frazier & K. Rayner (Hrsg.), *Perspectives on sentence processing* (S. 415-439). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Spivey-Knowlton, M., Tanenhaus, M. K., Eberhard, K. & Sedivy, J. (1995). Eye movement accompanying language and action in a visual context: Evidence against modularity. In J. D. Moore & J. F. Lehman, *Proceedings of the 17th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (S. 25-30). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Spivey-Knowlton, M., Tanenhaus, M. K., Eberhard, K. & Sedivy, J. (1996). Using eye movements to study spoken language comprehension. In T. Inui & J. McClelland (Hrsg.), *Attention & Performance XVI: Information integration in perception and communication*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Stevenson, S. (1993). A competition-based explanation of syntactic attachment preferences and garden path phenomena. In *Proceedings of the 31th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (S. 266-273). Somerset, NJ: ACL.
- Storrer, A. (1992). *Verbvalenz: Theoretische und methodische Grundlagen ihrer Beschreibung in Grammatikographie und Lexikographie*. Tübingen: Niemeyer.
- Strube, G. (1997). Sprachverarbeitung und Arbeitsgedächtnis: Syntaktische Analyse als automatischer Prozeß. In H. Mandl (Hrsg.), *Bericht über den 40. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie* (S. 896-903). Göttingen: Hogrefe.
- Strube, G., Becker, B., Freksa, C., Hahn U., Opwis, K. & Palm, G. (Hrsg.) (1996). *Wörterbuch der Kognitionswissenschaft*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Suppes, P. (1972). Probabilistic grammars for natural languages. In P. D. Davidson & G. Harman (Hrsg.), *Semantics of natural language*. Reidel: North-Holland.
- Tabossi, P., Spivey-Knowlton, M. J., McRae, K. & Tanenhaus, M. K. (1994). Semantic effects on syntactic ambiguity resolution: Evidence for a constraint-based resolution process. In C. Umiltà & M. Moscovitch (Hrsg.), *Attention and Performance XV: Conscious and nonconscious information processing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Taraban, R. & McClelland, J. L. (1988). Constituent attachment and thematic role assignment in sentence processing: Influences of content-based expectations. *Journal of Memory and Language*, 27, 797-632.
- Taraban, R. & McClelland, J. L. (1990). Parsing and comprehension: A multiple-constraint view. In D. A. Balota, G. B. Flores d'Arcais & K. Rayner (Hrsg.), *Comprehension processes in reading* (S. 231-264). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Thornton, R., Gil, M. & MacDonald, M. C. (1998). Accounting for crosslinguistic variation: A constraint-based perspective. In D. Hillert (Hrsg.), *Sentence processing: A cross-linguistic perspective* (S. 211-225). San Diego, CA: Academic Press.
- Trueswell, J. C. (1996). The role of lexical frequency in syntactic ambiguity resolution. *Journal of Memory and Language*, 35, 566-585.
- Trueswell, J. C. & Tanenhaus, M. K. (1991). Tense, temporal context and syntactic ambi-

- guity resolution. *Language and Cognitive Processes*, 6, 303-338.
- Trueswell, J. C., Tanenhaus, M. K. & Garnsey, S. (1994). Semantic influences on parsing: Use of thematic role information in syntactic ambiguity resolution. *Journal of Memory and Language*, 33, 285-318.
- Trueswell, J. C., Tanenhaus, M. K. & Kello, C. (1993). Verb-specific constraints in sentence processing: Separating effects of lexical preference from garden-paths. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19 (3) 528-553.
- Tuldava, J. (1998). *Probleme und Methoden der quantitativ-systemischen Lexikologie*. Quantitative Linguistics. Trier: Wissenschaftlicher Verlag Trier.
- Walter, M. (1999). Relative clause attachment in German: Syntactic and anaphoric processes. In *IIG-Berichte*. Freiburg: Institut für Informatik und Gesellschaft.
- Wanner, E. (1980). The ATN and the sausage machine: Which one is balony? *Cognition*, 8, 209-225.
- Weinberg, A. (1993). Parameters in the theory of sentence processing: Minimal commitment theory goes East. *Journal of Psycholinguistic Research*, 22, 339-364.
- Winograd, T. (1972). Understanding natural language. *Cognitive Psychology*, 3 (1) 1-191.
- Yu, B., Zhang, W., Jing, Q., Peng, R., Zhang, G. & Simon, H. A. (1985). STM capacity for Chinese and English language materials. *Memory and Cognition*, 13, 202-207.
- Zagar, D., Pynte, J. & Rativeau, S. (1997). Evidence for early-closure attachment on first-pass reading times in French. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 50A (2) 421-438.
- Zhang, G. & Simon, H. A. (1985). STM capacity for Chinese words and idioms: Chunking and acoustical loop hypotheses. *Memory and Cognition*, 13, 193-201.