Die Generierung natürlicher Sprache aus einer formalen Repräsentation

Boyd Buchin

Boyd Buchin
Fakultät für Informatik
Universität der Bundeswehr München
85577 Neubiberg

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Naturwissenschaften
an der Universität der Bundeswehr München

ISBN 3-930859-16-5

Universität der Bundeswehr München
Fakultät für Informatik

Thema der Dissertation:	Die Generierung natürlicher Sprache aus einer formalen Repräsentation
Verfasser:	Boyd Buchin
Vorsitzender des Promotionsausschusses:	Prof. Dr. Uwe Borghoff
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Ulf Schmerl
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Godehard Link
Tag der Prüfung:	16. Juni 1999
Mit der Promotion erlangter akademischer Grad:	Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

Neubiberg, den 21. Juni 1999

Der Druck der Arbeit wurde aus Haushaltsmitteln der Universität der Bundeswehr München gefördert.

Für Claudia, Daniel und Sierra

Danksagungen

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau Claudia, ohne deren Rückhalt, Hilfe und Geduld dies alles nicht möglich gewesen wäre. Mein Dank gilt auch Prof. Dr. Ulf Schmerl für dessen Anregungen, Ansporn und Unterstützung. Nur deshalb konnte ich diese Arbeit in so kurzer Zeit fertigstellen. Nicht zuletzt danke ich meinen Eltern sowie Herrn Marko Hofmann, Frau Jeannie Bertsch und dem SIL-Graduiertenkolleg der LMU, die mir durch wertvolle Gespräche, Diskussionen und Vorträge den Einstieg in die Linguistik erleichtert und zu dieser Arbeit beigetragen haben.

Achtung, der folgende Text ist maschinell erzeugt worden! Der dazugehörige Quelltext ist im Anschluß an die deutsche, englische und französische Fassung abgedruckt.

Zusammenfassung

Seit den 50er Jahren hat es viele Versuche gegeben, Computerprogramme zu konstruieren, die in der Lage sind, Texte einer natürlichen Sprache in eine andere zu übersetzen. Trotz 40 Jahre intensiver Forschung sind die Systeme, die bisher entwickelt worden sind, noch weit davon entfernt, Texte korrekt übersetzen zu können.

In dieser Arbeit stellen wir einen anderen Ansatz zur maschinellen Generierung von Texten in mehrere Sprachen vor, nämlich ihre Generierung aus den Ausdrücken einer formalen Sprache. Die Idee hierbei ist, daß ein Autor seinen Text in einer formalen Sprache formuliert. Diese Sprache enthält alle Informationen, die der Computer benötigt, um einen natürlichsprachigen Text in den gewünschten Zielsprachen zu erzeugen. Das Problem der Analyse eines natürlichsprachigen Quelltextes, das in der maschinellen Übersetzung bisher weitgehend nicht beherrscht worden ist, tritt bei diesem Ansatz nicht auf.

Der erste Teil der Arbeit befaßt sich mit der Frage, welche Form eine formale Sprache annehmen muß, wenn sie Texte eines hinreichend großen Sprachfragments erzeugen soll. Im zweiten Teil geben wir dann Algorithmen an, die deutsche, englische und französische Sätze aus den Ausdrücken der formalen Sprache erzeugen.

Des weiteren ist eine benutzerfreundlichere Version unserer formalen Sprache Teil unseres Forschungsprojekts. Ihre Syntax wird in einer separaten Arbeit besprochen. Sie gestattet es dem Benutzer, mit einem disambiguierten Fragment seiner Muttersprache zu arbeiten, das eindeutig in die formale Version übersetzt werden kann. So muß er nicht mit der eigentlichen formalen Sprache arbeiten, denn sie ist sehr maschinennah und deshalb unhandlich. Diese Zusammenfassung ist zum Beispiel in der benutzerfreundlichen Version der formalen Sprache geschrieben worden.

Die möglichen praktischen Anwendungen unseres Verfahrens liegen auf der Hand: Zum Beispiel kann ein Autor, der einen Text in verschiedenen natürlichen Sprachen veröffentlichen will, seinen Text in der formalen Sprache abfassen. Der Computer übernimmt dann die Aufgabe, den Text in den gewünschten Zielsprachen zu formulieren. Das Gleiche gilt, wenn ein Autor einen Text in einer Sprache formulieren will, mit der er nicht vertraut ist. Dieses Verfahren hat deutliche Vorteile gegenüber Übersetzungen durch eine Person oder eine Maschine: Wenn eine formale Sprache als Quellsprache verwendet wird, entfällt die Analyse des Quelltextes in der natürlichen Sprache. Dies ist eine Aufgabe, die bis heute in der maschinellen Übersetzung unzureichend gelöst worden ist. In dem Fall, daß nichtspezialisierte Personen die Übersetzung durchführen, besteht das zusätzliche Problem, daß Fachtexte falsch verstanden werden.

Attention, the following text has been produced by machine! The corresponding source text is printed after the German, English and French version.

Abstract

Since the 50's there have been many attempts to design computer programs which are able to translate texts from one natural language into another. Despite 40 years of intensive research the systems developed so far are still far from being able to translate texts correctly.

In this thesis we present a different approach to the machine generation of texts into several languages, namely their generation from the expressions of a formal language. The idea underlying this is that an author formulates his text in a formal language. This language contains all the information which the computer needs to produce a natural language text in the desired target languages. The problem of the analysis of a natural language source text, which has, to a great extent, not yet been mastered in machine generated translation, does not arise with this approach.

The first part of the thesis deals with the question of which form a formal language must take if it is to produce texts of a sufficiently large fragment of speech. In the second part we then cite algorithms which produce German, English and French sentences from the expressions of the formal language.

In addition, a more user-friendly version of our formal language is part of our research project. Its syntax is discussed in a separate paper. It allows the user to work with a disambiguated fragment of his mother tongue, which can be translated unambiguously into the formal version. This way he does not have to work with the actual formal language, for it is very machine-oriented and therefore unwieldy. This abstract, for example, has been written in the user-friendly version of the formal language.

The possible practical applications of our method are obvious: For example, an author who wishes to publish a text in various natural languages can write his text in the formal language. The computer then takes over the task of formulating the text in the desired target languages. The same applies when an author wishes to formulate a text in a language with which he is not familiar. This procedure has definite advantages over translations by a person or a machine: When a formal language is used as source language, there is no need for the analysis of the source text in the natural language. This is a problem which has to date been insufficiently resolved in machine translation. In the case of non-specialist persons doing the translation there is the additional problem of specialist texts being misunderstood.

Attention, le texte suivant a été elaboré à la machine ! le texte source correspondant paraît comme suite à la version allemande, anglaise et française.

Le résumé

Depuis les années ’50, il y a eu beaucoup de tentatives pour concevoir des programmes machine qui sont en mesure de traduire des textes d’un langage naturel dans un autre. En dépit de 40 ans de recherches intensives, les systèmes développés jusqu’ici sont encore loin de pouvoir traduire correctement des textes.

Dans cette dissertation, on présente une autre approche de la génération automatique de textes dans plusieurs langages, à savoir leur génération à partir des expressions d’un langage formel. L’idée ici est qu’un auteur formule son texte dans un langage formel. Ce langage contient toutes les informations dont l’ordinateur a besoin pour produire un texte d’un langage naturel dans les langues cibles désirées. Le problème de l’analyse d’un texte source d’un langage naturel, qui n’a pas jusqu’ici été maîtrisé en grande partie dans le cadre de la traduction par la machine, ne surgit pas avec cette approche.

La première partie de la dissertation s’occupe de la question, quelle forme un langage formel doit prendre s’il doit produire des textes d’un fragment suffisamment grand de langage. Dans la deuxième partie, puis, on donne des algorithmes qui produisent des phrases allemandes, anglaises et françaises à partir des expressions du langage formel.

En outre, une version plus conviviale de notre langage formel fait partie de notre projet de recherche. Sa syntaxe est traitée dans un mémoire séparé. Il permet à l’utilisateur de travailler avec un fragment désambiguïsé de sa langue maternelle, qui peut être traduit clairement dans la version formelle. De cette façon, il n’est pas obligé de travailler avec le langage formel réel, car il est très orienté sur la machine et donc difficile à manier. Ce résumé a été écrit par exemple en version conviviale du langage formel.

Les applications pratiques possibles de notre méthode sont immédiates : par exemple, un auteur qui veut publier un texte dans des langages naturels différents peut rédiger son texte en langage formel. Puis, l’ordinateur reprend la tâche de formuler le texte dans les langues cibles désirées. Il en est de même quand un auteur veut formuler un texte dans un langage avec lequel il n’est pas familier. Cette méthode a des avantages nets sur des traductions faîtes par une personne ou une machine : quand un langage formel est utilisé comme la langue source, l’analyse du texte source dans le langage naturel est superflue. Ceci est un problème qui a jusqu’à présent insuffisamment été résolu dans la traduction automatique. Dans le cas où des personnes non-spécialisées font la traduction, il y a le problème supplémentaire que des textes spécialisés sont compris de travers.

Attention, the following text H B produced$_2$ by machine! The corresponding$_2$ source text is ‹printed› after$_2$ the [German, English and French] version$_2$.

% Abs Abstract %

Since the fifties, there H been$_1$ {many attempts to ε(design computer programs which λt(*t* are able to ε(translate texts from one natural language into another $^{\#}$language)))}. Despite {40 years of typ intensive research}, the systems which λt(*t* H so far B developed) are ‹still far› from ε(being able to translate texts correctly).

In$_1$ this thesis, we{} present {a different approach$_2$ to {the machine generation of texts into several languages}} namely {the generation of them{texts} from {the expressions of a formal language}}. The idea underlying this is that (an author formulates {the text of him{author}} in a formal language). This language contains all the abs information$_2$ which λt(the computer needs *t* to ε(produce$_1$ {a natural language text in the desired target languages})). {The problem$_1$ of {the analysis$_2$ of a natural language source text}} which $\lambda' t$(*t* H to a great extent not yet B mastered in$_2$ abs machine generated translation) does not arise with$_2$ this approach$_2$.

{The first part of the thesis} deals with {the question of $^{\#}$?{thing} what λt(a formal language must take {the form of *t*} if (it{language} is to produce$_1$ {texts of a sufficiently$_2$ large fragment of speech}))}. In$_1$ the second part, we{} then cite algorithms which λt(*t* produce$_1$ [German, English and French] sentences$_2$ from {the expressions of the formal language}).

In addition, {a more user-friendly version$_1$ of {the formal language of us{authors}}} is part of {the research project of us{authors}}. {The syntax of it{version$_1$}} B discussed$_2$ in a separate paper$_2$. It{language} allows the user to ε(work with {a disambiguated fragment of {the mother tongue of him{user}}} which $\lambda' t$(*t* can B translated unambiguously into the formal version$_1$)). This way he{user} does not have to work with the actual formal language for (it{language} is [‹very machine-oriented› and ‹therefore unwieldy›]). This abstract for example H B written$_1$ in {the user-friendly version$_1$ of the formal language}.

{The possible practical applications of {the method$_2$ of us{authors}}} are ‹obvious›: For example, an author who λt(*t* wishes to publish a text in various natural languages) can write$_2$ {the text of him{author}} in the formal language. The computer then takes over {the task of ε(formulating the text in the desired target languages)}. The same applies when (an author wishes to formulate a text in a language with which λt(he{author} is not ‹familiar› *t*)). This procedure has {definite$_2$ advantages over {translations by [a person or a machine]}}: When (a formal language B used as abs source language) there is no need for {the analysis$_2$ of the source text in$_1$ the natural language}. This{} is a problem$_2$ which λt(*t* H to date B insufficiently resolved in$_1$ abs machine translation). In$_1$ {the case of that (non-specialist persons doing$_3$ the translation)}, there is$_3$ {the additional problem$_1$ of that (specialist texts B misunderstood)}.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Die vorliegende Arbeit beschreibt ein Verfahren, mit dem Texte verschiedener natürlicher Sprachen maschinell aus den Ausdrücken einer formalen Sprache erzeugt werden können. Die formale Sprache kodiert die Information, die zur Generierung der natürlichsprachigen Texte erforderlich ist. Die Zielsprachen, die wir betrachten werden, sind Deutsch, Englisch und Französisch.

Die möglichen praktischen Anwendungen dieses Verfahrens liegen auf der Hand. Zum Beispiel kann ein Autor, der einen Text in verschiedenen natürlichen Sprachen veröffentlichen will, diesen Text in der formalen Sprache abfassen. Der Computer übernimmt dann die Aufgabe, den Text in den gewünschten Zielsprachen zu formulieren. Das Gleiche gilt, wenn ein Autor einen Text in einer ihm nicht bekannten Sprache abfassen will.

Das Verfahren hat deutliche Vorteile gegenüber einer Übersetzung durch einen Menschen oder eine Maschine: So entfällt bei der Verwendung einer formalen Sprache als Quellsprache die Analyse eines natürlichsprachigen Quelltextes. Dies ist bei der maschinellen Übersetzung ein bis heute nur schlecht gelöstes Problem. Bei nichtspezialisierten menschlichen Übersetzern gibt es außerdem das Problem nicht verstandener Fachtexte. Bei unserem Verfahren darf ein Autor dagegen davon ausgehen, daß die erzeugten Texte den Originaltext korrekt wiedergeben.

Das automatische Erzeugen von Texten in mehreren Sprachen, wie es unser Verfahren zum Ziel hat, ist die klassische Domäne der maschinellen Übersetzung. Auf den ersten Blick erscheint die maschinelle Übersetzung unserem Verfahren überlegen, denn ein Autor muß sich dort nicht erst in eine formale Sprache einarbeiten, sondern kann direkt in seiner Muttersprache schreiben. Der Aufwand läßt sich jedoch auf ein Minimum reduzieren, indem ihm eine benutzerfreundlichere Version der formalen Sprache angeboten wird, die es ihm gestattet, mit einem disambiguierten Fragment seiner Muttersprache zu arbeiten, das sich eindeutig in die formale Version übersetzen läßt. Schreibt er in der angepaßten Version der formalen Sprache, so gewinnt er die Sicherheit, daß die erzeugten Texte korrekt sind – was bei der maschinellen Übersetzung dagegen nur selten der Fall ist.

Bevor wir genauer auf unseren Ansatz eingehen, betrachten wir kurz die Funktionsweise der maschinellen Übersetzung. Dies empfiehlt sich nicht nur wegen der ähnlichen Zielsetzungen. Ein Vergleich der Verfahren wird vor allem helfen, die Ideen, die hinter unserem Ansatz stehen, zu erhellen und zu präzisieren.

Die maschinelle Übersetzung

Die Wurzeln der maschinellen Übersetzung gehen bis in die 50er Jahre zurück. Seit dieser Zeit wird versucht, Computerprogramme zu konstruieren, die in der Lage sind, Texte von einer natürlichen Sprache in eine andere zu übersetzen. Trotz nunmehr 40 Jahren intensiver Forschung sind die bisherigen Systeme aber noch weit davon entfernt, Texte korrekt übersetzen zu können.

Der Grund liegt in der Funktionsweise der Übersetzungssysteme, die wir nun kurz beschreiben werden: Als Eingabe nehmen sie einen natürlichsprachigen Quelltext. Er wird zunächst analysiert. Das Ergebnis ist eine formale Repräsentation des Textes in einer Zwischensprache. Abhängig von dem Paradigma, nach dem das Übersetzungssystem arbeitet, wird nun entweder direkt aus der Zwischensprache in die gewünschte Zielsprache generiert (**Interlingua-Ansatz**), oder es findet vorher ein Transfer in eine zweite Zwischensprache statt, die der Zielsprache ähnlicher ist (**Transfer-Ansatz**). Das folgende Diagramm faßt die Gemeinsamkeiten der beiden Systeme zusammen:[1]

(1) $\boxed{\text{Quellsprache}} \xrightarrow{\text{Analyse}} \boxed{\text{Zwischensprache}} \xrightarrow{\text{Generierung}} \boxed{\text{Zielsprache}}$

Normalerweise sind die Zwischensprachen nur für eine interne Verwendung vorgesehen. Das *UNL*-Projekt (*Universal Networking Language*) geht hier einen neuen Weg: Ihre Vision ist, daß ihre Zwischensprache *UNL* die Standardsprache des Internets wird. Soll ein Text im Internet veröffentlicht werden, so wird er vorher in *UNL* übersetzt. Greift jemand auf diesen Text zu, so wird der Text automatisch von *UNL* in die jeweilige Muttersprache des Lesers generiert.[2]

Der wesentliche Schritt im Diagramm (1) ist die Analyse: Sie muß sämtliche Informationen aus dem Quelltext extrahieren, die für den anschließenden Schritt der Generierung benötigt werden. Den heutigen Analyseverfahren gelingt dies jedoch nur unzureichend. Das hat einen einfachen Grund: Sie verstehen den Sinn des Geschriebenen nicht. Das Erkennen von Sinnzusammenhängen – z. B. den Bezug eines Pronomens – ist aber oftmals unabdingbar für eine korrekte Generierung. Die Unzulänglichkeiten der heutigen Systeme lassen sich bereits an einfachen Beispielen illustrieren. Der Text (2a) ist ein solches Beispiel. Er kann mit (2b) ins Englische übersetzt werden.

(2a) Was macht das Mädchen gerade? Es schaukelt.
(2b) What is the girl doing right now? She is swinging.

Wir werden das Beispiel (2a) exemplarisch durch die Systeme *Systran Professional 2.0* und *MZ-WinTranslator v10.1* ins Englische übersetzen lassen. Wir haben diese beiden Systeme ausgewählt, weil sie in der Computerzeitschrift *c't* als besonders gut bezeichnet wurden.[3] Die Übersetzungen, die sie erzeugen, sind dennoch weit von einer korrekten Übersetzung entfernt:

(3a) What makes the girl straight? It swings. *(Systran)*
(3b) How much is that colleen just? E flat swings. *(MZ-WinTranslator)*

---

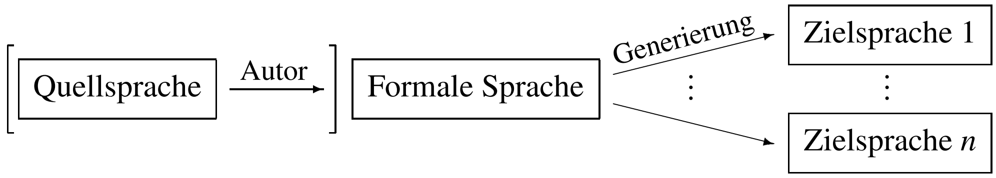
[1] Hutchins und Somers (1992), Seiten 71 bis 77.
[2] Senta und Uchida (1998).
[3] Malaske (1998), Seiten 170, 171 und 178.

Während man bei der ersten Übersetzung noch nachvollziehen kann, daß sie eine Übersetzung Beispiels (2a) sein soll, müssen der zweiten Übersetzung schon einige Bemerkungen hinzugefügt werden, damit der Zusammenhang erkennbar wird: Die Frage *How much ist that?* entspricht dem Deutschen *Was macht das?*, das Wort *colleen* ist irisch für *Mädchen*, wobei *colleen* lexikographisch kleiner als *girl* ist und deshalb ausgewählt wurde, und die Tonart *e flat* heißt im Deutschen *es*.

Unser Ansatz

Wir gehen dagegen einen anderen Weg und verwenden statt einer natürlichen Sprache eine formale Sprache als Quellsprache. Sämtliche Probleme, die im Zusammenhang mit der Analyse natürlichsprachiger Quelltexte auftreten, entfallen so, denn die Aufgabe des Computers beschränkt sich bei diesem Vorgehen auf die Generierung aus der formalen Sprache. Das folgende Diagramm veranschaulicht die Funktionsweise unseres Verfahrens:

(4)



Die zentrale Frage bei unserem Ansatz ist, welche Form die formale Sprache annehmen soll. Um diese Frage zu klären, werden wir zunächst untersuchen, wie andere formale Sprachen aufgebaut sind, die zur Textgenerierung eingesetzt werden. Zwei Kriterien können wir aber schon jetzt formulieren: Die formale Sprache sollte zum einen einfach gestaltet sein und zum anderen Texte eines hinreichend großen Sprachfragments erzeugen. Wir haben uns für das Fragment der mathematischen Texte entschieden.

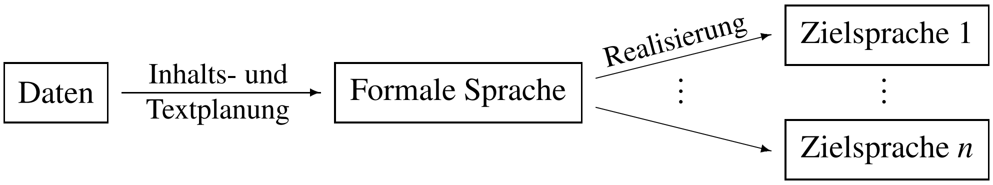
Die Textgenerierung

In vielen Bereichen ist es erforderlich, maschinell anfallende Daten schnell und möglichst kostengünstig in natürlichsprachige Texte umzusetzen. Beispiele sind: das Erstellen von Wettervorhersagen, das Zusammenfassen des Börsengeschehens und das Verbalisieren von Datenbankabfragen. Oftmals sind die Form der Daten oder das erforderliche Hintergrundwissen so speziell, daß die Aufgabe nur von Spezialisten wahrgenommen werden kann. Diese sind entsprechend teuer. Gelingt es, die Aufgabe auf den Computer zu übertragen – man spricht dann von **Textgenerierung** –, so ist dies eine interessante Alternative, denn ein Computer arbeitet wesentlich schneller und kostengünstiger als ein Mensch.

Seit dem Ende der 70er Jahre ist die Textgenerierung Gegenstand wissenschaftlicher Forschung. Bis heute sind eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme entwickelt worden, die teilweise mit Erfolg eingesetzt wurden. Die Verfahren, nach denen sie arbeiten, sind recht unterschiedlich; ihre Funktionsweise hängt im wesentlichen von der Beschaffenheit der Daten ab, die in einen natürlichsprachigen Text umgesetzt werden sollen. Doch auch die Zahl der Zielsprachen ist von Bedeutung: Wird in mehr als eine Sprache generiert, so ist es angebracht, möglichst lange sprachunabhängig zu arbeiten. Verfahren, die in mehrere Sprachen generieren, werden **multilingual** genannt.

Die heutigen Verfahren zur Textgenerierung zerfallen in zwei Gruppen: Die Verfahren der ersten Gruppe greifen auf vorformulierte **Textbausteine** zurück, die mit Daten gefüllt und dann zu einem fertigen Text zusammengesetzt werden. Die Daten werden an vordefinierten Stellen in die Textbausteine eingesetzt. Erst dadurch wird ein Textbaustein zu einer grammatischen Textpassage. Er wird deshalb auch **parametrisiert** genannt. Dieses Vorgehen erlaubt es, weitgehend auf das Implementieren linguistischen Wissens zu verzichten.

Die Verfahren der zweiten Gruppe greifen dagegen intensiv auf linguistisches Wissen zurück: Im ersten Schritt wird aus den Daten ein formaler Text erzeugt. Dafür benötigt der Computer ein Schema, das ihm sagt, wie die Daten in einen formalen Text umgesetzt werden sollen. Ein solches Schema wird ein **Diskursmodell** genannt. Gewöhnlich wird dieser Schritt in die Teilschritte **Inhaltsplanung** und **Textplanung** unterteilt. Anschließend werden aus dem formalen Text natürlichsprachige Texte in den gewünschten Zielsprachen generiert. Man nennt diesen Schritt auch ihre **Realisierung**. Das folgende Diagramm veranschaulicht das Vorgehen:[1]

(5) 

Wetterberichte Der erste Ansatz kann nur dann verwendet werden, wenn sich die anfallenden Daten durch endlich viele Textbausteine beschreiben lassen. Ein Beispiel für ein solches Szenario beschreiben Kittredge et al. (1986): Sie bringen formatierte Wettermeldungen mithilfe von parametrisierten Textbausteinen in eine für Menschen lesbare Form. Die so erzeugten englisch- und französischsprachigen Wettervorhersagen sind von einer hohen Qualität. Als Grundlage für unsere formale Sprache ist ihr Ansatz dennoch nicht geeignet, denn vorformulierte Textbausteine lassen zu wenig Variation zu, um etwa beliebige mathematische Texte damit kodieren zu können.

Datenbankabfragen Der zweite Ansatz ist für uns dagegen bedeutend interessanter. Er kam bereits in einem der ersten Textgenerierungssysteme zum Einsatz, das von McKeown (1982) implementiert wurde.[2] Ihr Ziel war es, Antworten auf Anfragen an eine Datenbank in englischsprachige Texte umzusetzen. Als Datenbank wählte sie eine Datenbank mit Wissen über amerikanische Waffensysteme. (6) ist ein Beispiel für eine Anfrage:

(6) What is the difference between a whisky and a kitty hawk?

[1] Fröhlich und van de Riet (1998), Abschnitt 3.
[2] McKeown (1982), Abschnitte 4.5 und 5.2.

Ihr System beantwortet diese Anfrage mit einem englischen Text, der die beiden Waffensysteme beschreibt und vergleicht. Aus der Anfrage wird dafür in mehreren Schritten eine Folge formalisierter Sätze erzeugt. Aus dieser Folge wird anschließend eine englischsprachige Antwort generiert. Der Ausdruck (7a) ist ein Beispiel für einen solchen formalisierten Satz. Wir haben die Schlüsselwörter der Zielsprache zur besseren Lesbarkeit durch Fettdruck hervorgehoben. (7b) ist seine englische Realisierung.

(7a) [(verb ((v = **have**)))
 (prot ((n = **torpedo**)))
 (goal ((adj = **underwater**)
  (article = **indef**)
  (n = **location**)
  (adj = **target**)))]

(7b) The torpedo has an underwater target location.

Die Mächtigkeit der formalen Sprache von McKeown (1982) ist für unser Vorhaben deutlich zu gering, wie bereits ein Blick auf die Grammatik ihrer formalen Sprache zeigt.[1] Sie läßt sich jedoch derart erweitern, daß sie ein ansehnliches Sprachfragment erzeugt, wie es z. B. im *LILOG*-Projekt geschehen ist.[2]

Textverstehen Das Ziel des *LILOG*-Projekts war es, dem Computer Textverstehen beizubringen. Im Rahmen des Projekts wurde ein System entwickelt, das nicht nur Wissen aus Texten extrahiert, sondern auch Fragen über deren Inhalt beantwortet.

Um die Fragen auf Deutsch beantworten zu können, wurde ein System zur Textgenerierung implementiert, das von seinem Aufbau her dem von McKeown (1982) ähnelt.[3] Die verwendete formale Sprache ist aber wesentlich mächtiger und läßt beispielsweise auch Nebensätze, Relativsätze und Appositionen zu. Dazu ein Beispiel:

(8a) sent (agens (np (**man**)),
  sub_s (junctor (**nachdem**),
   agens (np (**man**)),
   pred (**essen**, past_part, active),
   patiens (**Kleinigkeit**, sg, det_def)),
  pred (**beschließen**, past, active,
   inf (pred (**einkehren**, uninflected),
   time (**kurz**),
   goal (**in**, np (‘**Kö-Bistro**‘, sg, blank,
    mod (prä_poss (‘**Lili**‘)))))),
  lokal (**in**, np (**Ecke**, sg, det_def,
   mod (dir_app (‘**Kö/Bahnhofstraße**‘)))))

(8b) Nachdem man eine Kleinigkeit gegessen hatte, beschloß man, kurz in Lili’s Kö-Bistro an der Ecke Kö/Bahnhofstraße einzukehren.

1 McKeown (1982), Abschnitt 4.6.1.
2 Wendholt (1991), Seiten 696 bis 698.
3 Novak (1991), Seiten 659 und 662 bis 664.

Im *LILOG*-Projekt war nur eine Zielsprache vorgesehen, die deutsche, was sich auf die Struktur der formalen Sprache ausgewirkt hat: Sie enthält Eigenheiten, die nur in einem System Sinn machen, das ausschließlich ins Deutsche generiert. Eine davon ist das Attribut *prä_poss* für „präfixe Possessivangabe“ in (8a). Es besteht aus einer Positions- und einer Funktionsangabe. Während Funktionen dazu tendieren, sprachübergreifend gültig zu sein, sind Positionen das mit Sicherheit nicht:[1] Eine Possessivangabe steht z. B. im Französischen immer postfix. Ein Attribut wie *prä_poss* wäre also in einem System, das auch ins Französische generieren soll, nicht angebracht.

Die formale Sprache von *LILOG* ist deshalb als Basis für eine multilinguale Textgenerierung ungeeignet. Auch von anderen monolingualen Textgenerierungssystemen ist wegen ihrer Ausrichtung an einer natürlichen Sprache kaum zu erwarten, daß sie eine formale Sprache verwenden, die als Basis für eine multilinguale Textgenerierung geeignet ist.[2] Wir haben unsere Recherchen deshalb auf die formalen Sprachen multilingualer Textgenerierungssysteme konzentriert.

Multilinguale Textgenerierungssysteme

In der Textgenerierung stellen die Inhalts- und Textplanung eine weitaus größere Herausforderung dar als die anschließende Realisierung. Eine Auswirkung dieses Ungleichgewichts ist, daß die bestehenden Realisierungskomponenten deutlich mächtiger sind als die bestehenden Planungskomponenten. Dies hat dazu geführt, daß in neuen Systemen meist auf bestehende Realisierungskomponenten zurückgegriffen wird. In der multilingualen Textgenerierung ist dieses Vorgehen besonders ausgeprägt: Alle größeren Projekte verwenden eine der Realisierungskomponenten *KPML* von Bateman (1995), *FUF* von Elhadad und Robin (1999) oder der *CoGenTex*-Familie u. a. von Lavoie und Rambow (1997).[3] Zusammen mit der Realisierungskomponente wird gleichzeitig auch deren formale Sprache übernommen. Wir können unsere Untersuchung deshalb auf die drei Realisierungskomponenten beschränken.

Den formalen Sprachen der drei Realisierungskomponenten ist gemeinsam, daß sie satzorientiert sind: Ein formaler Text wird durch eine Folge formaler Sätze kodiert. Sie unterscheiden sich aber bereits deutlich in der Struktur ihrer formalen Sätze. Dies liegt daran, daß sie auf unterschiedlichen Modellen der Sprache basieren: *KPML* und *FUF* stellen die **kommunikative Funktion**, also die Intention, die hinter dem Gesagten steht, in den Vordergrund und bauen von ihr ausgehend die Grammatik der formalen Sprache auf. Von den beiden Systemen ist *KPML* deutlich weiter entwickelt, so daß wir *FUF* nicht weiter betrachten werden.[4] Die *CoGenTex*-Systeme stellen dagegen die **syntaktische Abhängigkeit**, also die Abhängigkeit der Bestandteile eines Satzes voneinander, in den Vordergrund. Daraus resultiert eine deutlich andere Formalisierung der Sprache.[5] Auf beide Ansätze werden wir nun genauer eingehen.

1 Bateman und Sharoff (1998), Abschnitt 1.
2 GIST Consortium (1996), Seite 4.
3 Paiva (1998) beschreibt nahezu alle heute verfügbaren Textgenerierungssysteme. Siehe auch Bateman (1997), Tabelle 1, und Lavoie und Rambow (1997), Abschnitt 1.
4 Bateman (1997), Seiten 2 bis 4.
5 Lavoie und Rambow (1997), Seite 1.

KPML Die formale Sprache von *KPML* basiert auf der kommunikativen Funktion. Ihr großer Vorteil ist, daß sie verhältnismäßig unabhängig von den gewünschten Zielsprachen ist: Die Intention des Gesagten hängt nur selten von der Sprache ab, in der sie verbalisiert wird.[1]

Die wohl auffälligste Auswirkung dieses Ansatzes auf die formale Sprache ist, daß formale Sätze und deren Bestandteile vorrangig durch das Spezifizieren ihres Kontextes formuliert werden. Der Kontext ist in Dimensionen aufgespalten, sogenannte **Kontexttypen**, aus denen, sofern angemessen, jeweils ein Element selektiert wird. Beispiele für Kontexttypen sind:

Satzart Aussage, Frage.

Fragetyp Entscheidungsfrage, Ergänzungsfrage.

Ergänzungsfragetyp offen, restringiert.

Die Zahl der benötigten Kontexttypen ist groß. Allein die englische Grammatik von *KPML* enthält über 600 Kontexttypen. Für andere Sprachen kommen weitere hinzu. So muß im Japanischen z. B. zwischen offenen und restringierten Ergänzungsfragen unterschieden werden – eine Unterscheidung, die weder im Englischen noch im Deutschen gemacht wird.

Ein Computer kann problemlos mit einer derartigen Vielfalt an Kontexttypen umgehen. Für einen menschlichen Benutzer ist die Zahl aber eindeutig zu groß, als daß die formale Sprache ein sinnvolles Eingabemedium darstellen würde. Darüber hinaus muß ihm nicht unbedingt die kommunikative Funktion dessen, was er sagt, bewußt sein.

Die formale Sprache von *KPML* besitzt einen weiteren Nachteil: In einigen Bereichen orientiert sie sich zu stark am Englischen. Der Vergleich des formalen Satzes (9a) mit seiner englischen Entsprechung (9b) und seiner deutschen (9c) zeigen das deutlich:

(9a) (E / **existence**
    :speechact *denial*
    :domain
    (S / **ship**
        :number plural
        :determiner *any*)
        :location
        (P1 / **three-d-location**
            :lex port-uncountable
            :number mass
            :location
            (P2 / **port**
                :name san-diego)))

(9b) There are *not any* ships in port at San Diego.

(9c) Es gibt *keine* Schiffe im Hafen von San Diego.

[1] Bateman (1997), Seite 6.

Die Entsprechungen zwischen den Kontexttypen des formalen Satzes und den Bestandteilen des englischen Satzes sind offensichtlich: So entspricht z. B. das englische Negationswort *not* dem Kontext *speechact: denial* und der englische Artikel *any* dem Kontext *determiner: any*. Die Formalisierung des deutschen Artikels *kein* durch den Kontext *Negation* und den formalen Artikel *any* ist hingegen weder offensichtlich noch ist sie allgemein zulässig:

(10a) Hektor ist *keine* Katze.

(10b) *Hector is *not any* cat.

Vor allem aufgrund der großen Anzahl an Kontexttypen werden wir weder *KPML* noch die kommunikative Funktion als Ausgangspunkt für unsere formale Sprache verwenden. Der folgende Ansatz ist als Basis für unsere formale Sprache dagegen bedeutend besser geeignet.

***CoGenTex*-Familie** Die formalen Sprachen der *CoGenTex*-Systeme basieren auf der syntaktischen Abhängigkeit. Sie führt – grob gesprochen – zu einer formalen Sprache, die nach dem Schema Prädikat–Argumente bzw. Prädikat–Modifikatoren aufgebaut ist. Wir werden uns dabei auf das System *RealPro* beschränken; es ist das neueste und am weitesten entwickelte System der *CoGenTex*-Familie. Der Satz (11a) ist ein Beispiel für eine Formalisierung in *RealPro*. Seine englische Entsprechung lautet (11b).[1]

(11a) **see** [class: verb, polarity: neg]
(I **Mary** [class: proper_noun]
II **boy** [number: pl]
(ATTR **any**))

(11b) Mary does not see any boys.

Aus Sicht eines menschlichen Benutzers ist die syntaktische Abhängigkeit eine bedeutend bessere Basis für eine formale Sprache als die kommunikative Funktion: Syntaktische Abhängigkeiten spiegeln Bedeutungszusammenhänge zwischen den Bestandteilen des Satzes wider und werden in der natürlichen Sprache gewöhnlich durch Positionsbezug oder syntaktische Markierung kenntlich gemacht. Ein menschlicher Benutzer kann sie deshalb entsprechend leicht identifizieren. Dies macht die syntaktische Abhängigkeit zu einer guten Basis für unsere formale Sprache.

RealPro nützt uns als Grundlage für unsere formale Sprache dagegen wenig: Erstens deckt *RealPro* ein zu geringes Sprachfragment ab und zweitens gilt dieselbe Einschränkung wie für *KPML*: Die formale Sprache orientiert sich zu stark am Englischen. So ist z. B. die Negation genauso formalisiert wie in *KPML*. Ein Grund dafür könnte sein, daß bisher nur der englische Generator fertiggestellt wurde; der französische befindet sich hingegen noch in der Entwicklung.[2] Wir werden *RealPro* deshalb nicht weiter betrachten.

[1] Lavoie und Rambow (1997), Seite 1.
[2] RealPro (1998), Abschnitte 9 bis 20.

Die Grundzüge unserer formalen Sprache

Einfacher Satz Unser Ansatz basiert auf der Idee, Sätze vom Prädikat ausgehend aufzubauen: Ein **Prädikat** eröffnet um sich herum Stellen für weitere Satzglieder. Wir werden sie **Terme** nennen. Das Prädikat legt fest, wie viele Terme zulässig sind und teilweise auch wie sie beschaffen sein müssen. Zusammen ergeben das Prädikat und die Terme einen **einfachen Satz**. Der folgende Satz ist ein Beispiel für einen einfachen Satz. Er besteht aus dem Prädikat *suchen* und den Termen *Peter* und *Maria*:

(12) Peter suchte Maria.

Die Terme des Satzes (12) besitzen eine enge Bindung an das Prädikat. Andere können hingegen vergleichsweise frei zum Prädikat hinzugefügt werden. Wir werden sie aus diesem Grund **freie Terme** nennen. Beispiele für freie Terme sind: das Adverb *heute*, das Präpositionaladverbial *im Garten* und der Adverbialsatz *weil es regnete*:

(13) Peter suchte Maria heute im Garten, weil es regnete.

Wir werden für einfache Sätze eine Notation verwenden, die an Montagues *Universale Grammatik* angelehnt ist. Ihm gelang es erstmals, einen Formalismus anzugeben, in dem einfache Sätze wie Primformeln notiert werden können: Seien p ein Prädikat, t_1 bis t_n Terme und f_1 bis f_m freie Terme, dann ist der Ausdruck (14) ein formaler Satz.[1]

(14) $p\, t_1 \ldots t_n\, f_1 \ldots f_m$

Zusammengesetzter Satz Etliche Sätze sind nicht nach dem obigen Schema aufgebaut: Sie bestehen aus einer Folge von Sätzen, die durch eine **Konjunktion** zu einem Satz verknüpft werden. Wir werden sie **zusammengesetzte Sätze** nennen. Der folgende Satz ist ein Beispiel für einen zusammengesetzten Satz:

(15) Der Mai ist gekommen, und die Bäume schlagen aus.

In unserer formalen Notation ausgedrückt: Seien k eine Konjunktion und s_1 bis s_n Sätze, dann ist der Ausdruck (16) ein zusammengesetzter Satz:

(16) $k\, s_1 \ldots s_n$

Soweit ist es uns gelungen, die natürliche Sprache in naheliegender Weise zu formalisieren. Dies ist jedoch nicht immer möglich: Einige Bereiche entziehen sich einer naheliegenden Behandlung, weil die Differenzen zwischen unseren Zielsprachen Deutsch, Englisch und Französisch zu groß sind. Dies gilt u. a. für Artikel, Modalverben, Negation, Passiv und Tempora. Wie eine solche Differenz umgangen werden kann, zeigen wir nun exemplarisch am Beispiel der Negation auf.

[1] Link (1976), Seite 117. Diese Darstellung einfacher Sätze ergibt sich unmittelbar aus dem *2. syntaktischen Oberflächenprinzip*, das festlegt, daß manifeste syntaktische Kategorien bei einer logischen Formalisierung erhalten bleiben müssen.

Beispiel Negation Eine naheliegende Formalisierung des englischen Satzes (17a) ist (17b). Diese Formalisierung bietet sich auch für seine deutsche Übersetzung (17c) an. Die Formalisierung der natürlichsprachigen Negation mit einem gewöhnlichen Negationsoperator erscheint somit auf den ersten Blick als geeignet.

(17a) Peter does *not* see Mary.
(17b) $\neg\,(\text{see Peter Mary})$
(17c) Peter sieht Maria *nicht*.

Ersetzt man jedoch in den obigen Sätzen den Eigennamen *Mary* durch die Nominalphrase *many guests*, so erhalten der englische und der deutsche Satz unterschiedliche Bedeutungen:

(18a) Peter does *not* see many guests.
(18b) $\neg\,(\text{see Peter }(\text{many guest}))$
(18c) Peter sieht viele Gäste ***nicht***.

Eine korrekte Übersetzung des englischen Satzes (18a) ins Deutsche müßte hingegen lauten:

(18d) Peter sieht *nicht viele* Gäste.

Der Grund dafür ist, daß sich die Negation im englischen Satz (18a) semantisch auf den Quantor *many* bezieht. Dies wird am Passiv des englischen Satzes sichtbar:

(18e) *Not many* guests are seen by Peter.

Einen Ausweg bieten die von Barwise und Cooper (1981) propagierten **verallgemeinerten Quantoren**: Neben den prädikatenlogischen Quantoren $\forall$ und $\exists$ führen sie eine Vielzahl weiterer Quantoren ein, die oftmals keine unmittelbare Entsprechung in der Prädikatenlogik besitzen. In unserem Beispiel ist es der verallgemeinerte Quantor $\neg\,$*many*, der eine adäquate Formalisierung der Sätze (18a) und (18d) ermöglicht:

(18f) $\text{see Peter }(\neg\,\text{many guest})$

Eine Formalisierung der Negation muß somit zwei Informationen enthalten:

1. Der positive Satz trifft nicht zu.
2. Ein Bestandteil des Satzes ist als Ursache markiert.

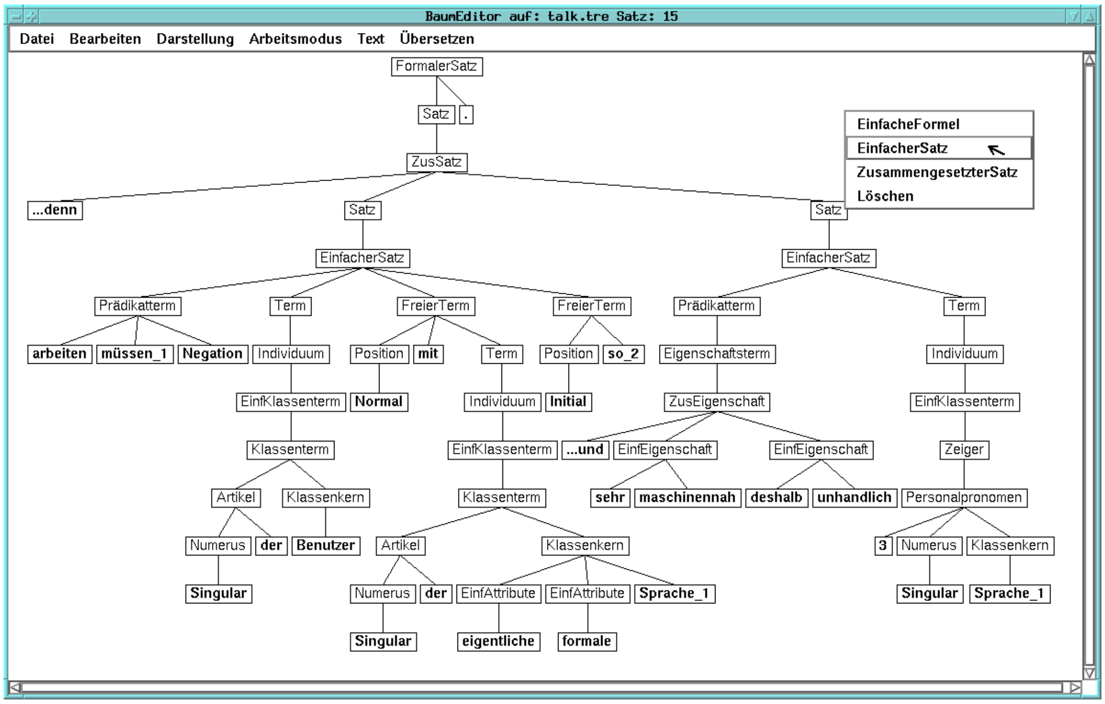
Nur so ist es möglich, die oben angesprochenen syntaktischen Unterschiede, die zwischen dem Englischen und dem Deutschen in bezug auf die Negation auftreten, zu umgehen.

TextPro: Eine Implementierung

Das System *TextPro* implementiert die in der vorliegenden Arbeit besprochene formale Sprache und Algorithmen. Es besteht zur Zeit aus fünf Hauptkomponenten: zwei Compilern, die Texte aus einer englischen Zwischensprache bzw. einer auf dem Deutschen basierenden Beschreibungssprache für Bäume in die eigentliche formale Sprache übersetzen, sowie den drei Generatoren für die Zielsprachen Deutsch, Englisch und Französisch. Ein Generator für das Italienische ist in Arbeit.

Die beiden Eingabesprachen unterscheiden sich erheblich: Während die englische Zwischensprache einer Programmiersprache ähnelt, wird die deutsche Beschreibungssprache über eine graphische Schnittstelle bearbeitet. Eine Textprobe der englischen Zwischensprache findet sich zusammen mit den daraus generierten natürlichsprachigen Texten auf den Seiten vii bis x der vorliegenden Arbeit. Ein Beispiel für einen über die graphische Schnittstelle eingegebenen Satz ist in der Abbildung (19a) dargestellt, den *TextPro* mit (19b) ins Deutsche umsetzt.

(19a)



(19b) So muß der Benutzer nicht mit der eigentlichen formalen Sprache arbeiten, denn sie ist sehr maschinennah und deshalb unhandlich.

Den Compiler für die englische Zwischensprache haben wir in Form einer kontextfreien Grammatik definiert. Sie umfaßt über 260 Produktionsregeln und unterscheidet knapp 80 Typen von Terminalen. Wir setzen sie mit Hilfe des Parsererzeugers *Happy* in Programmcode um.[1] Dies hat den Vorteil, daß die Definition des Compilers ei-

[1] Marlow (1997).

nerseits kompakt ist und andererseits automatisch auf Ambiguitäten überprüft werden kann.

Die graphische Schnittstelle für die deutsche Beschreibungssprache ist in der objektorientierten Programmiersprache *Smalltalk* implementiert.[1] Der dazugehörige Compiler ist – wie die Generatoren auch – in der funktionalen Programmiersprache *Haskell* geschrieben. Der Hauptgrund für die Wahl von *Haskell* ist seine Stärke beim Umgang mit Listen, die in der Verarbeitung natürlicher Sprache eine wichtige Rolle spielen: Selbst komplexe Listenumformungen lassen sich in *Haskell* durch Verknüpfen weniger Funktionen kurz und elegant formulieren.[2]

Insgesamt umfaßt *TextPro* etwa ein halbes Megabyte an Programmcode. Dazu kommen die Lexika, die in Form von Textdateien realisiert sind. Sie enthalten bisher knapp 1000 Einträge pro Sprache. Sie werden sowohl von den Compilern als auch von den Generatoren verwendet.

Übersicht

Die vorliegende Arbeit ist in zwei Teile unterteilt. Der erste Teil befaßt sich mit der Frage, welche Form die formale Sprache annehmen soll. Im zweiten Teil werden dann Algorithmen angegeben, die deutsche, englische und französische Texte aus den Ausdrücken der formalen Sprache erzeugen.

Der erste Teil ist in 8 Kapitel unterteilt, in denen auf jeweils einen Bereich der Sprache detailliert eingegangen wird. Den Ausgangspunkt bilden Texte, die in Kapitel 1 behandelt werden. Anschließend gehen wir in Kapitel 2 auf Sätze, in Kapitel 3 auf Prädikate und in Kapitel 4 auf die Negation ein. Danach behandeln wir in Kapitel 5 Terme. Zwei ihrer Bestandteile werden wir separat besprechen: Artikel und Pronomina in Kapitel 6 und Attribute in Kapitel 7. Zuletzt behandeln wir in Kapitel 8 freie Terme.

Der zweite Teil der Arbeit besteht aus 7 Kapiteln. Der deutsche Generator ist Gegenstand der ersten 5 Kapitel. Viele der hier angegebenen Algorithmen können in dem englischen und französischen Generator wiederverwendet werden; es sind nur geringfügige Modifikationen nötig. Ihre Behandlung fällt dementsprechend kürzer aus: Im Kapitel 6 wird der englische Generator besprochen und im Kapitel 7 der französische.

Anhang A faßt die Grammatik unserer formalen Sprache zusammen, und in Anhang B ist ein mathematischer Text abgedruckt, der von uns formalisiert und in die Sprachen Deutsch, Englisch und Französisch generiert wurde.

---

[1] Görtzen (1998).

[2] Jones und Hughes (1999), Seiten 105 bis 111.

Teil I

Die formale Sprache $\mathcal{L}_I$

1 Von Texten zu Sätzen

Wie in der Einleitung beschrieben, wollen wir eine formale Sprache entwickeln, aus der mathematische Texte in die drei Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch generiert werden können. Wir nennen sie $\mathcal{L}_I$ für „intermediate language“, da sie als Mittler zwischen Quell- und Zielsprache dient. Der Idealfall wäre, daß wir auf sie verzichten und stattdessen Texte direkt von der einen Sprache in Texte der anderen Sprachen übersetzen könnten. Das setzt aber ein Verstehen der Texte voraus, was bisher nur Menschen befriedigend gelingt.

Personalpronomina sind ein gutes Beispiel dafür, daß man Texte nicht übersetzen kann, ohne sie zu verstehen. Personalpronomina beziehen sich auf Personen, Dinge und Sachverhalte, die wir unter dem Begriff **Individuen** zusammenfassen werden. Dabei verwendet ein Autor nur dann ein Personalpronomen, wenn er weiß, daß ein Leser auch verstehen wird, worauf es sich bezieht. Soll eine Maschine Personalpronomina übersetzen, ohne daß sie weiß, worauf sie sich beziehen, so sind Fehler vorprogrammiert: Das Geschlecht des Personalpronomens richtet sich nämlich nach dem Geschlecht des Wortes, mit dem das Individuum üblicherweise bezeichnet wird. Wir nennen dieses Geschlecht das **grammatische Geschlecht** des Individuums. Das weicht im Deutschen teilweise deutlich vom natürlichen Geschlecht ab, wie Twain (1880) richtig observierte:

> In German, a young lady [*das Fräulein*] has no sex, while a turnip [*die Rübe*] has. Think what overwrought reverence that shows for the turnip, and what callous disrespect for the girl. [...] I would reorganize the sexes, and distribute them accordingly to the will of the creator. This as a tribute of respect, if nothing else.

Im Englischen richtet sich das grammatische Geschlecht nämlich fast immer nach dem natürlichen Geschlecht. Um ein Personalpronomen richtig zu übersetzen, genügt es somit nicht, sein grammatisches Geschlecht in einer Sprache zu kennen. Wir müssen vielmehr wissen, auf welches Individuum es sich bezieht. Diese Information ist aber nicht explizit in der natürlichen Sprache enthalten, sondern ergibt sich nur aus dem Kontext.

Die natürlichen Sprachen enthalten also zu wenig Information, um ohne ein Verstehen der Texte auszukommen. Was wir brauchen, ist eine Sprache, die die für die Generierung notwendige Information explizit enthält. Dies kann nur eine formale Sprache leisten.

Wie kodieren wir aber Texte in einer formalen Sprache? Der einfachste Weg wäre es, alle denkbaren Texte aufzulisten und sie durchzunumerieren, ähnlich wie Wörter und ihre Bedeutung in einem Wörterbuch aufgelistet werden. Die formalen Texte wären dann die Nummern. Ein formaler Text würde in eine natürliche Sprache transformiert, indem wir ihn wie einen Schlüssel behandeln und seine natürlichsprachige Entsprechung unter seiner Nummer nachschlagen, so wie man in einem Wörterbuch die Bedeutung eines Wortes unter dem Wort nachschlägt.

Was für Wörter gut funktioniert, ist für beliebige Texte jedoch nicht durchführbar; die Kombinatorik verhindert dies. Um das einzusehen, muß man nur die Zahl der Texte betrachten, die schon aus einem kleinen Wortschatz und einer einfachen Grammatik gebildet werden können. Kinderbücher sind ein gutes Beispiel dafür. Bei einem Wortschatz von einigen tausend Wörtern, wie wir ihn für das Fragment der mathematischen Texte benötigen, übersteigt die Zahl der Texte, die mit ihm gebildet werden können, die Fähigkeiten eines jeden Computers bei weitem. Theoretisch ist ihre Zahl sogar unendlich.

Der Ansatz, alle denkbaren Texte aufzuzählen, klingt bizarr, denn er ignoriert die Strukturen der natürlichen Sprachen gänzlich. Dennoch ist er bereits mit Erfolg eingesetzt worden. Wie Kittredge et al. (1986) gezeigt haben, können nach genau diesem Verfahren formatierte Wettervorhersagen in eine für Menschen lesbare Form gebracht werden. Ihr Ausgangspunkt waren die internationalen Wettercodes. Aus ihnen haben sie englisch- und französischsprachige Wetterberichte erzeugt.

Nun ist die Zahl der Wettersituationen, die sich in den Wettercodes darstellen lassen, endlich und damit auch die Zahl der Texte, die benötigt werden, um sie zu beschreiben. Eine Vielzahl der Wettercodes fallen sogar zusammen, da sie sich nur in ihren Zahlen für Zeit, Temperatur, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und ähnliches unterscheiden, nicht aber in der dadurch beschriebenen Wettersituation. Sie lassen sich folglich durch einen Standardtext beschreiben, in den lediglich noch konkrete Zahlenwerte eingesetzt werden müssen.

Wir dagegen kommen nicht mit endlich vielen Texten aus, weswegen uns nichts anderes übrig bleibt, als Texten Struktur zuzugestehen. Das hat den folgenden Vorteil: Ein Computer kann immer nur endlich viele Daten verarbeiten. Deshalb ist es ihm z. B. nicht möglich, unendlich viele formale Texte und ihre natürlichsprachigen Entsprechungen zu speichern. Haben wir dagegen eine feste Anzahl an verschiedenen Bausteinen und Regeln, die besagen, wie die Bausteine in die natürlichen Sprachen umzusetzen sind, so kann ein Computer mit ihnen umgehen: Ein formaler Text besteht immer nur aus endlich vielen Bausteinen. Da zu jedem Baustein bekannt ist, wie er in die natürliche Sprache zu übersetzen ist, kann ein Computer den Text auch in endlicher Zeit übersetzen. Dabei ist es für die Verarbeitung eines konkreten Textes unerheblich, ob die Zahl der Texte, die aus den Bausteinen gebildet werden können, unendlich ist.

1.1 Strukturen in Texten

Unser Ziel ist es also, Strukturen zu finden, die den Texten der drei Sprachen Deutsch, Englisch und Französisch gemeinsam sind. Vergleicht man Texte miteinander, so erkennt man aber wenig mehr an gemeinsamer Struktur, als daß sie alle aus einer Folge von Sätzen bestehen. Der umgekehrte Schluß gilt jedoch nicht: Nicht jede Folge von Sätzen ist ein Text. Es muß also mehr Struktur geben, als man auf den ersten Blick erkennt.

Betrachten wir den Inhalt von Texten, so lassen sich einige offensichtliche Bedingungen angeben: Die Sätze eines Textes werden üblicherweise in der Reihenfolge gelesen, in der sie auch im Text stehen. Ein Leser hat also bei jedem Satz, den er liest, Wissen über die vorhergehenden Sätze. Ein Autor hat dadurch nicht nur die Möglichkeit, die Sätze inhaltlich aufeinander aufbauen zu lassen, der Leser erwartet es auch von ihm: Lesen Sie einmal die Sätze dieses Absatzes in der falschen Reihenfolge. Obwohl die Sätze inhaltlich zusammenhängen, werden Sie sie in dieser Reihenfolge nicht als Text akzeptieren, da sie inhaltlich nicht aufeinander aufbauen. Diese Bedingung läßt sich jedoch nicht ohne weiteres in eine formale Sprache integrieren. Was wir benötigen, sind Regeln, aus denen wir eine Struktur für die formale Sprache $\mathcal{L}_I$ ableiten können. Wir werden nun einige Regeln vorstellen, die Texte erfüllen, wenn sie richtig gebildet sind.

Ganz allgemein sagt man von einem sprachlichen Objekt, das richtig gebildet ist, es sei **grammatisch**. In der natürlichen Sprache wird dies aus dem Sprachgebrauch heraus entschieden. Es ist bei Texten jedoch nicht möglich, zwischen grammatisch und ungrammatisch zu unterscheiden, wie es etwa bei Sätzen oder Nominalphrasen möglich ist. Zu Sätzen und Nominalphrasen lassen sich nämlich Regeln angeben, die genau dann erfüllt sind, wenn ein Satz bzw. eine Nominalphrase grammatisch ist. Texte dagegen lassen sich nicht derart durch Regeln beschreiben. Das heißt jedoch nicht, daß es keine Regel gibt, die Texte erfüllen müssen.

So wird die vorhin angesprochene inhaltliche Verbindung der Sätze syntaktisch vor allem durch Pronomina, aber auch durch Artikel realisiert. Beispielsweise kann man mit dem bestimmten Artikel *der/die/das* die Verbindung zu einem Individuum herstellen, das bereits vorher erwähnt wurde: So kann man z. B. mit dem Ausdruck *der Mann* auf ein Individuum referenzieren, das man vorher mit dem Ausdruck *ein Mann* eingeführt hat. Kommen mehrere Individuen in Frage, so bezieht sich der Ausdruck auf das zuletzt genannte Individuum.

Gleiches gilt auch für Pronomina, wie das Beispiel (1) mit den beiden Personen *Mick* und *Keith* und dem Personalpronomen *er* zeigt. Das Personalpronomen *er* kann sich im Beispiel (1) nicht, wie es durch die Indizes angedeutet ist, auf *Mick* beziehen, da *Keith* das zuletzt angesprochene Individuum ist, von dem man sagen kann, es irrt. Das Sternchen am Anfang des Satzes signalisiert, daß der Satz ungrammatisch ist.

(1) *Mick$_i$ glaubt, Keith$_j$ singt schlecht. Keith$_j$ glaubt es auch von Mick$_i$. Er$_i$ irrt.

Zwischen einem Pronomen und den vorangegangenen Sätzen besteht also eine klar festgelegte Beziehung. Eine Theorie, die sich mit dieser Relation befaßt hat, ist die *Discourse Representation Theory (DRT)*. Sie bemühen sich, Regeln zu finden, wie sich die Bedeutung eines Diskurses berechnen und mithilfe einer *Discourse Representation*

Structure (DRS) darstellen läßt. Ein Diskurs ist ein Text, der aus dem Blickwinkel seines Handlungsaufbaus betrachtet wird. Die *DRS* zu dem Text (1) ist in (2) dargestellt.[1]

(2)

$$\boxed{\begin{array}{c} x\ y\ s\ t\ u \\ \text{Mick}\ (x) \\ \text{Keith}\ (y) \\ s : \boxed{\text{schlecht singen}\ (y)} \\ x\ \text{glauben}\ s \\ t : \boxed{\text{schlecht singen}\ (x)} \\ y\ \text{glauben}\ t \\ u = y \\ u\ \text{irrt} \end{array}}$$

In der obersten Zeile der Tabelle stehen Variablen, die im Verlauf des Diskurses eingeführt werden. Sie stehen für Individuen und Zustände. In den Zeilen darunter stehen Bedingungen, die sich aus dem Diskurs für die Variablen ergeben. Sie können sein:

1. Bindungen von Variablen an Individuen. So bindet z. B. der folgende Ausdruck die Variable x an die Person *Mick*:

   (3) Mick (x)

2. Relationen. Durch Prädikate werden Variablen zueinander in Relation gesetzt. So besagt z. B. der folgende Ausdruck, daß x glaubt, daß s zutrifft:

   (4) x glauben s

3. Bindungen von Zuständen an *DRS*s. Der folgende Ausdruck bindet z. B. die Variable s an den Zustand, der durch das nachfolgende *DRS* ausgedrückt wird:

   (5) $s : \boxed{\text{schlecht singen}\ (y)}$

Ein *DRS* wird schrittweise aus einem Diskurs berechnet: Angefangen vom ersten Satz des Diskurses wird bei jedem Schritt ein neuer Satz zum *DRS* hinzugefügt. Für die Interpretation des neuen Satzes wird sowohl seine syntaktische Struktur wie auch der bisher berechnete Kontext herangezogen.[2]

Die *DRT* dient hauptsächlich dazu, die Bedeutung von Texten zu berechnen. Im Vergleich zu früheren Ansätzen ist ihre Stärke, daß es mit ihnen möglich ist, Zeit und anaphorische Pronomina semantisch zu erfassen. Für uns ist die Bedeutung jedoch irrelevant, solange sie bei der Generierung erhalten bleibt. Deshalb sind syntaktische Ansätze für uns genauso attraktiv wie semantische. Ein Beispiel für einen syntaktischen Ansatz ist die *Government and Binding*-Theorie *(GB)*, wie sie z. B. von Choms-

[1] Kamp und Reyle (1993). Die Darstellung (2) basiert auf den Erläuterungen auf den Seiten 62, 265 bis 271, 647 bis 649, 663 und 664.

[2] Kamp und Reyle (1993), Seite 59.

ky verwendet wird. Eine gute Darstellung findet man in Roberts (1997). Die *GB*-Theorie hat den Vorteil, schlichter zu sein als die *DRT*. Eigentlich ist sie satzorientiert und nicht auf Diskurse ausgerichtet. Levin (1982) hat jedoch gezeigt, daß sie sich so erweitern läßt, daß man mit ihr auch Bindungen von Pronomina erfassen kann, wie sie eben beschrieben wurden, also Bindungen, die über die Satzgrenze hinausgehen. Wir stellen diesen Ansatz nun am Beispiel der Interrogativpronomina vor.

Die Interrogativpronomina nehmen im Vergleich zu dem bestimmten Artikel und den übrigen Pronomina eine Sonderrolle ein, denn sie referenzieren auf etwas, das vorher nicht genannt wurde. So bezieht sich das Interrogativpronomen *what* im Beispiel (6a) auf das, was *Jenny* gegessen hat. Das ist zulässig, da vorher nicht genannt worden ist, was sie gegessen hat. Dagegen ist das Beispiel (6b) ungrammatisch, da mit *who* nur *Jenny* gemeint sein kann und somit auf etwas referenziert wird, das bereits vorher genannt wurde. Es muß sich aber auf etwas beziehen, das prinzipiell vorher im Text hätte stehen können. Deshalb ist auch das Beispiel (6c) ungrammatisch, da es keinen Hinweis darauf enthält, was mit *what* gemeint sein kann.

(6a) Jenny was eating. I wonder what.
(6b) *Jenny was eating. I wonder who.
(6c) *I wonder what.

Die Relation, die zwischen einem Interrogativpronomen und einem vorangegangenen Satz bestehen muß, beschreibt Levin mithilfe von Tabellen. Jede Tabelle entspricht einem Satz. Der Diskurs aus (6a) ist in den beiden Tabellen (7a) und (7b) dargestellt. In der ersten Tabelle erkennt man, daß beim Prädikat *eat* zwar eine Stelle für ein Objekt vorgesehen ist, diese Stelle aber unbesetzt bleibt. Dadurch ist es in der zweiten Tabelle möglich, mit dem Interrogativpronomen *what* auf diese leere Stelle zu referenzieren. Die Verbindung zwischen den beiden Stellen ist in den Tabellen durch die Koindizierung verdeutlicht.[1]

(7a) $\begin{bmatrix} \text{Subj} & [\textit{Jenny}] \\ \text{Pred} & \textit{was eating} \\ \text{Obj} & [\,]_i \end{bmatrix}$

(7b) $\begin{bmatrix} \text{Subj} & [\textit{I}] \\ \text{Pred} & \textit{wonder} \\ \text{Q} & [\textit{what}]_i \end{bmatrix}$

Der Ansatz von Levin erklärt auch, warum die anderen beiden Beispiele ungrammatisch sind: Beispiel (6b) ist ungrammatisch, weil die Stelle, auf die referenziert wurde, besetzt ist, und Beispiel (6c) ist ungrammatisch, weil keine Stelle existiert, auf die referenziert werden kann.

Die Regeln über die Bindungen von Pronomina und Artikeln, die über die Satzgrenze hinausgehen, beschreiben aber nur einen kleinen Ausschnitt der inhaltlichen Verbindungen, die zwischen den Sätzen bestehen müssen, damit sie einen Text bilden. Sie

[1] Levin (1982), Seiten 642 und 643.

genügen nicht, um von einer Folge von Sätzen entscheiden zu können, ob sie grammatisch sind, d. h. , ob wir sie als Text akzeptieren.

Ein wesentlicher Bereich, der weder durch die *DRT* noch durch die *GB*-Theorie erfaßt wird, ist der Aufbau von Diskursen. Es ist deshalb versucht worden, die grammatische Struktur von Texten zu finden, d. h. Regeln anzugeben, aus welchen Einheiten ein Text besteht (z. B. Einleitung, Hauptteil, Schluß) und wie diese angeordnet sind. Der Versuch, solche **Textgrammatiken** aufzustellen, wird heute jedoch als fehlgeschlagen bewertet.[1]

Was uns also an gemeinsamen Strukturen bleibt, sind die syntaktischen Bindungen, die durch Pronomina und Artikel zwischen den Sätzen erzeugt werden, und daß jeder natürlichsprachige Text durch eine Folge von Sätzen kodiert ist. Die Bindungen stellen wir zurück, da sie nur einen sehr speziellen Bereich erfassen, und betrachten zunächst nur die Satzstruktur.

Dürfen wir diese Struktur in unsere formale Sprache $\mathcal{L}_I$ integrieren? Dafür genügt es nicht, daß in den von uns betrachteten Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch alle Texte Folgen von Sätzen sind, was unbestritten der Fall ist. Indem wir einen formalen Text durch eine Folge von Sätzen kodieren, geben wir eine feste Satzeinteilung vor. Diese Satzeinteilung muß bei der Generierung in die natürlichen Sprachen übertragen werden. Ein naheliegender Weg ist es, sie direkt zu übernehmen. Da bei dieser Lösung jeder formale Satz genau einem generierten Satz entspricht, sprechen wir von einer 1:1-Entsprechung zwischen den formalen und natürlichsprachigen Sätzen. Die Lösung setzt voraus, daß Texte in allen drei Sprachen ähnlich in Sätze zerlegt werden, wobei die Übereinstimmung in unserem Fragment sogar so groß sein muß, daß seine Texte identisch in Sätze zerlegt werden dürfen.

Welche Texte zu unserem Fragment gehören, wird durch die Struktur von $\mathcal{L}_I$ festgelegt. Selbst wenn also eine 1:1-Entsprechung der Sätze im allgemeinen nicht möglich ist, haben wir die Möglichkeit, durch eine geschickte Definition von $\mathcal{L}_I$ steuernd einzugreifen. So können wir einerseits das Fragment einschränken, indem wir gewisse Formulierungen unterbinden, die nur durch Abweichen von der vorgegebenen Satzeinteilung generiert werden könnten. Andererseits können wir das Fragment auch erweitern, indem wir systematische Abweichungen von der 1:1-Beziehung in $\mathcal{L}_I$ aufnehmen und in den Generatoren entsprechend behandeln. So ist es denkbar, daß wir Regeln angeben, nach denen in bestimmten Fällen zwei formale Sätze zu einem natürlichsprachigen Satz zusammengefaßt werden oder ein formaler Satz in zwei natürlichsprachige Sätze zerlegt wird. Wir nennen diese beiden Arten der Entsprechung 2:1- bzw. 1:2-Entsprechung.

Entscheidend für die Größe des Fragments – und damit dafür, ob der Ansatz praktikabel ist – ist aber letztendlich, wie ähnlich Texte in den drei Sprachen in Sätze zerlegt werden. Dieser Frage werden wir uns nun widmen. Wir beantworten sie empirisch: Um herauszufinden, wie ähnlich Texte aufgebaut werden, vergleichen wir Texte, die uns in mehreren Sprachen vorliegen.

[1] Linell (1982), Abschnitt 6.5.

1.2 Resultate aus der Satzalignierung

Werden Texte in mehreren Sprachen erstellt, so wird üblicherweise versucht, die Texte so ähnlich wie möglich zu gestalten, wobei Inhalt und Wohlklang offensichtlich Vorrang vor der Satzeinteilung haben. Ist die Satzeinteilung in den Texten trotzdem weitgehend identisch, so ist das ein klares Indiz dafür, daß Texte in den drei Sprachen tatsächlich ähnlich aufgebaut werden können. Wir werden nun zwei Arbeiten vorstellen, die empirisch an diese Fragestellung herangegangen sind. In den wurden Texte, die in mehreren Sprachen vorlagen, miteinander verglichen. Klassifiziert wurde dabei nach der Art der Entsprechung zwischen den Sätzen der Texte.

Üblicherweise spricht man von **Alignierung**, wenn zwei Texte darauf untersucht werden, welche Teile des einen Textes welchen Teilen des anderen Textes entsprechen. Texte kann man auf verschiedenen Ebenen alignieren: nach Kapiteln, Abschnitten, Sätzen, Phrasen oder Wörtern. Da in den vorliegenden Arbeiten nach Entsprechungen auf der Satzebene gesucht wurde, sprechen sie von **Satzalignierung**.[1]

Soviel nur vorweggenommen: Die Resultate beider Arbeiten sprechen für unseren Ansatz, nicht zuletzt weil die dafür überaus wichtigen 1:1-Entsprechungen in den verglichenen Texten mit Abstand dominieren.

***EBK*-Korpus** In der Arbeit von Blank (1997) werden die Entscheidungen der *Beschwerdekammern des Europäischen Patentamts* untersucht. Eine solche Sammlung von Texten wird **Korpus** genannt. Das hier untersuchten Korpus kürzen wir mit *EBK*-Korpus ab. Die Beschwerdekammern entscheiden in zweiter und letzter Instanz über die dort vorgetragenen Beschwerden. Die Entscheidungen werden in schriftlicher Form in einer der drei Amtssprachen Englisch, Französisch oder Deutsch von den Mitgliedern einer Beschwerdeabteilung niedergelegt und anschließend meist in die zwei weiteren Amtssprachen übersetzt. Die Übersetzungen werden vom Sprachendienst des Patentamts durchgeführt.

Das *EBK*-Korpus umfaßt ca. 5000 Entscheidungen (12 Millionen Wörter) aus dem Zeitraum 1979 bis 1990. Die Originalsprache der Dokumente ist zu 53% Englisch, zu 37% Deutsch und zu 10% Französisch. Da die Entscheidungen vom Sprachendienst nach Dringlichkeit übersetzt werden, liegen weniger als ein Drittel der Entscheidungen in allen drei Sprachen vor. Vom größeren Teil existiert jedoch eine englische und eine deutsche Version. Das englische Korpus hat eine Größe von ca. 5,5 Millionen Wörtern, das deutsche eine Größe von ca. 4,5 Millionen Wörtern und das französische eine Größe von ca. 2 Millionen Wörtern.

In der Arbeit werden verschiedene Verfahren zur automatisierten Satzalignierung getestet und bewertet. Um die Güte der Verfahren abschätzen zu können, wird mit einem deutsch–englischen und einem deutsch–französischen Testkorpus gearbeitet, bei denen die Satzentsprechungen bereits bekannt sind. Der deutsch–englische Testkorpus

[1] Blank (1997), Seite 31.

umfaßt ca. 27000 Wörter, der deutsch–französische ca. 40000 Wörter. Bei den Satzentsprechungen wird zwischen vier Arten der Entsprechung unterschieden, wobei von diesen vier Arten nur drei tatsächlich vorkommen. Die vier Arten der Entsprechung sind:[1]

1:1 Ein Satz in der einen Sprache wird durch genau einen Satz in der anderen Sprache übersetzt.

1:0 Ein Satz in der einen Sprache hat keine Entsprechung in der anderen Sprache oder wurde weggelassen.

2:1 Zwei Sätze der einen Sprache entsprechen nur einem Satz in der anderen Sprache.

2:2 Zwei Sätze in der einen Sprache entsprechen zwei Sätzen in der anderen Sprache.

Dabei kommt es im deutsch–englischen Testkorpus zu der folgenden Verteilung:

(8)

Art der Entsprechung	Relative Häufigkeit in %
1:1	95,7
1:0 bzw. 0:1	0
2:1 bzw. 1:2	4,1
2:2	0,2

Im deutsch–französischen Testkorpus ist die Verteilung wie folgt:

(9)

Art der Entsprechung	Relative Häufigkeit in %
1:1	94,16
1:0 bzw. 0:1	0
2:1 bzw. 1:2	5,67
2:2	0,17

Die automatischen Verfahren kommen in den beiden Testkorpora zu sehr ähnlichen Resultaten. Interessant sind aber weniger die Ergebnisse der Verfahren, sondern vielmehr ihre Korrektheit. Die Korrektheit des besten Algorithmus, des Church-Gale-Algorithmus, beträgt im deutsch–englischen Testkorpus 94,9% und im deutsch–französischen Testkorpus sogar 97,1%. Sie berechnet sich aus dem Quotienten der korrekten Satzalignierungen und der Gesamtzahl der ausgeführten Satzalignierungen multipliziert mit der Abdeckung. Die Abdeckung ist der Quotient der alignierten Sätze und der Gesamtzahl aller Sätze. Die Formel ist unter (10) aufgeführt:

$$\text{(10)}\quad \text{Korrektheit} = \frac{\text{korrekte Alignierungen}}{\text{Gesamtzahl Alignierungen}} \cdot \frac{\text{alignierte Sätze}}{\text{Gesamtzahl Sätze}}$$

Nach ihrem Test werden die automatischen Verfahren auf das gesamte *EBK*-Korpus angewandt und kommen auch dort zu Ergebnissen, die denen in den Testkorpora sehr

[1] Blank (1997), Seite 45.

ähnlich sind. Da keines der Verfahren 100%ig korrekt arbeitet, macht es jedoch keinen Sinn, die genauen Ergebnisse aufzuführen, so daß wir darauf verzichten.

Folgerungen Uns interessiert vor allem die Zahl der 1:1-Entsprechungen. Da wir einen Text als eine Folge von Sätzen auffassen, müssen wir zwangsläufig auch satzweise generieren. Folglich sind die 1:1-Entsprechungen auch die vorherrschende Art der Entsprechung in den generierten Texten. Mit ca. 95% dominieren die 1:1-Entsprechungen im untersuchten Korpus, was ein starkes Indiz für die Durchführbarkeit unseres Vorhabens ist.

Die restlichen 5% verfallen fast ausschließlich auf die 2:1-Entsprechungen, d. h. zwei Sätze des einen Textes entsprechen einem Satz des anderen Textes. Wir haben zwei Möglichkeiten, mit 2:1-Entsprechungen umzugehen. Zum einen können wir $\mathcal{L}_I$ so restriktiv gestalten, daß die entsprechende Textpassage entweder als ein Satz formuliert wird, der in beide Sprachen generiert werden kann, oder als zwei separate Sätze, die in beiden Sprachen auch als separate Sätze generiert werden. Andererseits können wir $\mathcal{L}_I$ auch erweitern: Handelt es sich bei einer 2:1- bzw. einer 1:2-Entsprechung um eine systematische Abweichung, d. h. in jedem ähnlichen Fall dürfte genauso eine 2:1- bzw. eine 1:2-Entsprechung verwendet werden, so können wir die Abweichung in $\mathcal{L}_I$ integrieren. Dadurch weichen wir von einem strikten 1:1-Schema ab und lassen in besonderen Fällen 2:1- bzw. 1:2-Entsprechungen zu.

Die Zahl der 2:2-Entsprechungen beträgt ca. 2 Promille – also weniger als ein Satzpaar pro 500 Sätze. Sie ist so gering, daß es mit Sicherheit keine ernsthafte Einschränkung bedeutet, wenn ein solches Satzpaar anders formuliert werden muß. In $\mathcal{L}_I$ werden wir deshalb 2:2-Entsprechungen nicht behandeln. Ein interessantes Detail ist, daß der Anteil der 2:2-Entsprechungen mit 2 Promille sehr nahe an dem Wert von 2,5 Promille liegt, der nach der Kombinatorik die Wahrscheinlichkeit dafür ist, daß in beiden Texten gleichzeitig das „Ereignis“ 2:1-Entsprechung auftritt; das Ereignis 2:1-Entsprechung sehen wir hier als ein unabhängiges Ereignis mit einer Wahrscheinlichkeit von 5% an. Wir bemessen dieser Tatsache jedoch keine besondere Bedeutung zu.

Die Häufigkeit der 1:0-Entsprechungen liegt bei 0%, was bedeutet, daß jeder Satz in irgendeiner Form eine Entsprechung im jeweils anderen Text hatte. Dies ist ein wichtiges Ergebnis. Unser Ansatz basiert nämlich auf der Idee, daß man Texte aus 1:1-Entsprechungen aufbauen kann, d. h. daß jeder Satz genau eine Entsprechung im anderen Text besitzt. Daß wir zusätzlich systematische Unterschiede zwischen den Sprachen berücksichtigen können und dann auch 2:1-Entsprechungen und 1:2-Entsprechungen generieren, ist nur eine leichte Variation der Grundidee. Doch selbst bei den 2:1-, 1:2- und 2:2-Entsprechungen, die wir nicht generieren können, bleibt uns immer die Möglichkeit, den Autor zu zwingen, zwei separate formale Sätze zu verwenden. Dagegen haben wir keine Möglichkeit, mit 1:0-Entsprechungen umzugehen. Eine solche Entsprechung bedeutet, daß ein formaler Satz in einer natürlichen Sprache keine Entsprechung hat. Das paßt aber unter keinen Umständen in unser Modell, denn entweder ist dann die Idee falsch, daß Sätze nur Sätzen entsprechen können, oder es liegt ein erheblicher Verlust an Information vor. Beides ist nur schwer mit unserem Ansatz zu vereinen. Das ist der Grund, warum eine so geringe Zahl an 1:0-Entsprechungen für uns so überaus wichtig ist.

***UBS*-Korpus** Bei den Übersetzungen im *EBK*-Korpus stand vor allem eine korrekte Wiedergabe des Inhaltes in allen Sprachen im Vordergrund. Anders dagegen im folgenden Beispiel aus Gale und Church (1991): Dort wird der Wirtschaftsbericht der *Union Bank of Switzerland (UBS)* untersucht, der in mehreren Sprachen veröffentlicht wird. Die Berichte umfassen ca. 15000 Wörter pro Sprache, wobei in der vorliegenden Arbeit die englische, französische und deutsche Version untersucht werden. Wir bezeichnen diese Texte kurz als *UBS*-Korpus.

Im Gegensatz zu den Texten des *Europäischen Patentamtes* haben in einem Wirtschaftsbericht für die Aktionäre der Wohlklang Priorität vor einer bis ins Detail identischen Wiedergabe des Inhalts. Da ein besserer Klang wohl der primäre Grund für eine Abweichung von reinen 1:1-Entsprechungen ist, erwarten wir hier mehr Ausnahmen als beim *EBK*-Korpus. Wie beim *EBK*-Korpus steht auch bei mathematischen Texten die inhaltsgetreue Wiedergabe im Vordergrund, so daß man vermuten kann, daß die Zahl der Abweichungen vom 1:1-Schema im *UBS*-Korpus eine obere Schranke für die Zahl der Abweichungen in mathematischen Texten darstellt.

Gale und Church (1991) trennen ihre Ergebnisse nicht nach den alignierten Sprachen, wie es bei Blank (1997) der Fall ist, sondern fassen sie in einer Tabelle zusammen:

(11)

Art der Entsprechung	**Relative Häufigkeit in %**
1:1	89
1:0 bzw. 0:1	1
2:1 bzw. 1:2	9
2:2	1

Die Verteilung der Entsprechungen in diesem Korpus ist der im *EBK*-Korpus sehr ähnlich. Unterschiede sind eine Zunahme der 2:1- und der 2:2-Entsprechungen und das Auftreten von 1:0-Entsprechungen. Trotzdem ist die Zahl der 1:1-Entsprechungen mit 89% auch in diesem Korpus sehr hoch.

Fazit Die Resultate der beiden Untersuchungen erlauben zwar weder Aussagen über die Verteilung der Entsprechungen in anderen Texten, noch geben sie Auskunft darüber, ob wir Texte so formulieren können, daß wir nur mit 1:1-Entsprechungen auskommen. Die große Ähnlichkeit in den Satzeinteilungen der untersuchten Texte lassen diese Vermutungen jedoch plausibel erscheinen. Nicht zuletzt, weil die meisten Dinge sich auf mehrere Weisen formulieren lassen, gehen wir davon aus, daß der Ansatz, formale Texte als Folgen von formalen Sätzen zu sehen, keine zu große Einschränkung bedeutet.

Definieren wir in $\mathcal{L}_I$ Texte als Folgen von Sätzen, so zeichnen wir eine Struktur nach, die in allen natürlichen Sprachen vorkommt. Wir haben aber am Beispiel der Personalpronomina (auf Seite 15) gesehen, daß dies nicht ausreicht: Um Personalpronomina richtig übersetzen zu können, benötigen wir Informationen über den Kontext: Wir müssen wissen, auf welche Individuen sie sich beziehen. Aber nur ein Mensch ist in der Lage, diese Informationen aus dem Kontext zu gewinnen; eine Maschine dagegen benötigt sie explizit. Deshalb muß eine formale Sprache einige Informationen explizit enthalten, die sich in den natürlichen Sprachen aus dem Kontext ergeben.

Benötigen wir derartige Kontextinformationen bereits auf der Ebene der Texte? Bei den Personalpronomina ist das mit Sicherheit nicht notwendig: Die Information, die benötigt wird, um ein Personalpronomen richtig zu übersetzen, ist das Individuum, auf das es sich bezieht. Diese Information kann direkt zu den Personalpronomina hinzugefügt werden. Auch sonst haben wir keine Evidenz für die Notwendigkeit von Kontextinformationen auf der Ebene der Texte gefunden. Wir erkennen formalen Texten deshalb nur das an Struktur zu, was offensichtlich ist – daß sie aus einer Folge formaler Sätze bestehen.

Aus praktischen Gründen werden wir jedoch eine leicht erweiterte Definition von Texten verwenden. Zum einen werden wir als Trennzeichen zwischen Sätzen neben dem Punkt auch andere Satzzeichen zulassen. Zum anderen erweitern wir die Texte um zwei zusätzliche Elemente: Überschriften und Absätze. Überschriften entsprechen in $\mathcal{L}_I$ Individuen. Ein Text besteht somit aus einer Folge von Textbausteinen. Die folgende Grammatikregel bringt genau dies zum Ausdruck:

(12) $\boxed{\text{Text}} \rightarrow \left[\boxed{\text{Textbaustein}}\right]$

Mögliche Textbausteine sind Sätze mit Satzzeichen, Individuen und neue Absätze. Dies wird durch die folgende Grammatikregel ausgedrückt:

(13)
$$
\begin{aligned}
\boxed{\text{Textbaustein}} \;\rightarrow\;& \boxed{\text{Satz}} + \boxed{\text{Satzzeichen}} \\
\mid\;& \boxed{\text{Individuum}} \\
\mid\;& \boxed{\text{Neuer Absatz}}
\end{aligned}
$$

Eine Konsequenz dieser Definition ist klar: Dadurch, daß formale Texte kaum eigene Struktur besitzen, werden die Sätze zum zentralen Element von $\mathcal{L}_I$, denn sie müssen die Information tragen.

2 Der Satz

In diesem Kapitel zeigen wir auf, welche Typen von Sätzen in unserem Fragment vorkommen, ohne genauer auf ihre Struktur einzugehen. Bevor wir jedoch aufzeigen, was es in der formalen Sprache $\mathcal{L}_I$ zu modellieren gilt, legen wir fest, was wir unter einem natürlichsprachigen Satz verstehen.

2.1 Eine Klassifizierung der Sätze

Unter einem **Satz** verstehen wir die durch Interpunktion und Großschreibung des ersten Wortes gekennzeichnete Einheit der natürlichen Sprache. Indem wir die Interpunktion zur Definition von Sätzen verwenden, sind die Sätze an eine bestimmte sprachliche Ebene gebunden. Betrachten wir die Sätze jedoch aus Sicht ihrer Struktur, so kommen sie nicht nur auf dieser Ebene vor, sondern auch auf darunterliegenden Ebenen; so weisen z. B. *daß*-Sätze und Relativsätze eine nahezu identische Struktur zu den oben definierten Sätzen auf. Wegen der strukturellen Ähnlichkeit ist es gerechtfertigt, auch sie zu den Sätzen zu zählen. Zur Unterscheidung von den oben definierten Sätzen nennen wir sie **Teilsätze**, da sie Teil eines durch Interpunktion gekennzeichneten Satzes sind.

Indem wir Texte in $\mathcal{L}_I$ als Folge von Sätzen definieren, haben formale Texte nur wenig eigene Struktur. In diesem Punkt unterscheiden wir uns nicht von herkömmlichen Grammatiken, in denen Texten keine grammatische Struktur gegeben wird. Sie vertreten die Sicht, daß Sätze die größte grammatische Einheit sind. Texte dagegen werden als kommunikative Einheiten verstanden.[1] Bei den Sätzen treffen die beiden Sichtweisen aufeinander: Der Satz ist nicht nur die größte grammatische Einheit der natürlichen Sprache; er ist zugleich seine «kleinste „kommunikativ selbständige“ Einheit»[2]. Was damit gemeint ist, illustrieren wir an einem Beispiel:

(1) Die Blumen wachsen.

Der Satz (1) drückt einen Sachverhalt aus. Auch wenn er für sich alleine geäußert wird, hat er einen Sinn. Dagegen haben die Bestandteile des Satzes, das Prädikat *wachsen* und die Nominalphrase *die Blumen*, für sich alleine geäußert nur in ganz spezifischen Kontexten einen Sinn, nämlich dann, wenn der Empfänger sich den Rest eines Satzes denken kann. Die Bestandteile benötigen also einen Satz, in den sie eingebettet sind. Ohne ihn sind sie nicht verständlich und damit nicht kommunizierbar.

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1376.
[2] Eisenberg (1994), Seite 28.

Dadurch, daß der Satz sowohl kommunikative wie auch grammatische Einheit ist, kommt ihm eine besondere Rolle zu: Als grammatische Einheit besitzt er eine ausgeprägte Struktur, als kommunikative Einheit ist er inhaltlich relativ abgeschlossen. Dies läßt bei ihm in besonderem Maße sprachübergreifende Entsprechungen erwarten, was für seine Wahl zum zentralen Element von $\mathcal{L}_I$ spricht.

Satztypen Betrachtet man natürlichsprachige Texte, so stellt man schnell fest, daß es zwei grundverschiedene Typen von Sätzen gibt. Auf der einen Seite haben wir Sätze, die keine Sätze als unmittelbare Bestandteile haben. Diese Sätze sind zumeist nach dem einfachen Schema Subjekt, Prädikat, Objekte aufgebaut. Wir werden sie **einfache Sätze** nennen. Auf der anderen Seite haben wir Sätze, deren unmittelbaren Bestandteile wiederum Sätze sind – oftmals durch eine Konjunktion verknüpft. Sätze diesen Typs werden wir **zusammengesetzte Sätze** nennen.

In mathematischen Texten kommt neben diesen beiden Satztypen noch ein dritter Satztyp vor, die **Formel**. Formeln werden in mathematischen Texten wie einfache Sätze verwendet: Sie können sowohl für sich alleine stehen wie auch in einen Satz integriert sein. Im Beispiel (2a) steht die Formel für sich alleine, im Beispiel (2b) ist sie in einen Satz integriert. Wir haben zum Vergleich unter (2c) und (2d) die zu den Formeln äquivalenten einfachen Sätze aufgeführt.

(2a) $a^2 = b^2 + c^2$.
(2b) Dies folgt aus Satz 3, da $a_n - b_n = a_n + (-1)\,b_n$.
(2c) Das Quadrat der Hypotenuse ist gleich der Summe der Quadrate der Katheten.
(2d) Dies folgt aus Satz 3, da die Subtraktion auch mithilfe einer Addition und einer Multiplikation mit einer Konstanten ausgedrückt werden kann.

Grenzziehung Wir werden nun einige Beispiele für einfache und zusammengesetzte Sätze bringen und festlegen, wo wir die Grenze zwischen den beiden Satztypen ziehen. Die folgenden Sätze sind Beispiele für einfache Sätze, denn sie enthalten keine Sätze als unmittelbare Bestandteile:

(3a) Wir akzeptieren die Axiome aus dem folgenden Grund.
(3b) We accept the axioms for the following reason.
(3c) On accepte les axiomes pour la raison suivante.

Die drei Sätze sind alle gleich aufgebaut. Ihre unmittelbaren Bestandteile sind ein Subjekt, ein Prädikat und ein Objekt und ein Adverbial. Die Sätze des folgenden Beispiels sind dagegen zusammengesetzte Sätze, denn ihre unmittelbaren Bestandteile sind neben einer Konjunktion zwei Teilsätze:

(4a) Logik ist die Untersuchung des Denkens, und mathematische Logik ist die Untersuchung des Denkens in der Mathematik.

(4b) Logic is the study of reasoning, and mathematical logic is the study of the reasoning in mathematics.

(4c) La logique est l'étude du raisonnement, et la logique mathématique est l'étude du raisonnement en mathématique.

Die Grenze zwischen einfachen Sätzen und zusammengesetzten Sätzen ist aber nicht so klar, wie es zuerst erscheinen mag. Nach dem, was bisher gesagt wurde, könnte man meinen, die Konjunktion *daß* verknüpfe – genauso wie die Konjunktion *und* im Beispiel oben – zwei Teilsätze zu einem zusammengesetzten Satz. Das folgende Beispiel läßt diese Sichtweise jedoch fragwürdig erscheinen:

(5a) Wir beweisen, *daß der Satz richtig ist*.

(5b) Wir beweisen *den Satz*.

Die Funktion des daß-Satzes in (5a) ist identisch mit der Funktion der Nominalphrase in (5b): Beide sind Objekte zu dem Prädikat *beweisen*. Leitet die Konjunktion *daß* also in (5a) eine sprachliche Einheit ein, die einer Nominalphrase entspricht? Wenn das so ist, handelt es sich bei dem Satz (5a) um einen einfachen Satz und nicht um einen zusammengesetzten Satz. Wir beantworten die Frage anhand eines Beispiels, das Eisenberg (1994) entnommen ist:

(6) Karl erwartet, *daß Paul ihm schreibt*.

Streicht man in dem Satz den *daß*-Satz, so bleibt *Karl erwartet* übrig. Eisenberg sagt über diesen Satzrest: «Dieser Ausdruck ist für sich nicht einmal grammatikalisch, er ist also auch kein Satz»[1]. Das Prädikat *erwarten* benötigt einen *daß*-Satz oder eine Nominalphrase als Objekt, genauso wie es eine Nominalphrase als Subjekt benötigt. Wir werden uns deshalb dafür entscheiden, *daß*-Sätze als Konstituenten einfacher Sätze zu betrachten. Sprachliche Objekte, die die Funktion eines Subjekts oder eines Objekts wahrnehmen, fassen wir unter dem Begriff **Ergänzung** zusammen.

Drosdowski (1995) wählt dagegen den anderen Weg: Wie wir unterscheidet er zwischen einfachen und zusammengesetzten Sätzen. Im Gegensatz zu unserer Definition dürfen seine einfachen Sätze jedoch überhaupt keine Teilsätze enthalten.[2] So werden dort zwei durch *daß* verknüpfte Sätze als ein zusammengesetzter Satz gesehen.[3] Folglich unterscheiden sich unsere Definitionen eines einfachen Satzes deutlich voneinander.

---

[1] Eisenberg (1994), Seiten 68 und 69.

[2] Drosdowski (1995), Abschnitt 1046.

[3] Drosdowski (1995), Abschnitt 1049, Punkt 1.

Was wir benötigen, um einfache von zusammengesetzten Sätzen zu trennen, ist ein markantes Kennzeichen, das sprachübergreifend zum gleichen Ergebnis führt. Die Eigenschaft eines Satzes keine Teilsätze zu enthalten, wie sie Drosdowski (1995) wählt, ist ein solches Kennzeichen. Da diese Grenzziehung nicht der Funktion der Sätze gerecht wird, entscheiden wir uns für eine andere Lösung: Wir definieren, daß die Teilsätze eines zusammengesetzten Satzes gleichberechtigt verknüpft sein müssen. Was es bedeutet, gleichberechtigt zu sein, erfassen wir syntaktisch: Wird eine Markierung, die von einer übergeordneten Einheit in den Satz induziert wird, an alle Teilsätze weitergegeben, so sehen wir die Teilsätze als gleichberechtigt an. Wird eine Markierung dagegen nur selektiv an bestimmte Sätze weitergegeben und werden andere von ihr abgeschirmt, so sind sie nicht gleichberechtigt verknüpft.

Wir haben zwei solche Markierungen gefunden: Das **leere Subjekt**, wie es z. B. die Infinitiv- (7a) und Partizipialsätze (7b) haben, und die **freie Variable**, wie sie die Relativ- (8a) und Ergänzungsfragesätze (8b) haben. Freie Variablen sind Relativ- und Interrogativpronomina. In den Beispielen haben wir sie durch Fettdruck markiert:

(7a) Er trinkt Kaffee, um *wach zu bleiben*.
(7b) *Von der Dunkelheit überrascht*, war er ohne Orientierung.

(8a) Sie löste das Problem, ***das*** *sie schon lange gequält hatte*.
(8b) ***Wann*** *wird der Hundertmeterlauf beginnen*?

Durch ein leeres Subjekt oder eine freie Variable markierte Sätze unterscheiden sich von unmarkierten: Ist er ein einfacher Satz, so kommt die Markierung im Fall des leeren Subjekts dadurch zum Ausdruck, daß sein Prädikat nicht flektiert ist und er kein Subjekt enthält, und im Fall der freien Variable dadurch, daß er durch ein Relativ- oder Interrogativpronomen eingeleitet wird. Ist er hingegen ein zusammengesetzter Satz, so wird die Markierung an alle Teilsätze weitergegeben und kommt dort zum Ausdruck.

Sind mehrere Sätze durch eine Konjunktion zu einem Satz verknüpft, entscheidet die Konjunktion darüber, ob der Satz einfach oder zusammengesetzt ist: Sie legt fest, ob eine Markierung an alle Teilsätze weitergeleitet wird oder nur an einen. Leitet sie eine Markierung an alle Teilsätze weiter, so liegt ein zusammengesetzter Satz vor, und wir nennen die Konjunktion **koordinierend**. Leitet sie die Markierung dagegen nur an einen der Teilsätze weiter, nennen wir sie **subordinierend**.

Beispiele für koordinierende Konjunktionen sind die Konjunktionen *aber* und *weder …noch*, denn sie leiten eine Markierung an alle Teilsätze weiter. Wir haben die Markierungen in den Beispielen durch Fettdruck hervorgehoben:

(9a) ein Film, **der** keinem gefällt, *aber* (**der**) viel Geld einbringt
(9b) der Gast, **der** *weder* bestellen wollte, *noch* (**der**) bereit war zu gehen

Keine der beiden Konjunktionen lassen zu, daß nur einer der Sätze die Markierung erhält. Die folgenden beiden Sätze sind ungrammatisch, weil der zweite Teilsatz anstelle der benötigten Markierung ein Personalpronomen enthält. Sowohl die Markierung im ersten Teilsatz als auch das Personalpronomen im zweiten sind durch Fettdruck hervorgehoben:

(10a) *ein Film, **der** keinem gefällt, *aber* **er** viel Geld einbringt
(10b) *der Gast, **der** *weder* bestellen wollte, *noch* **er** bereit war zu gehen

Beispiele für subordinierende Konjunktionen sind die Konjunktionen *weil* und *denn*, denn sie leiten eine Markierung nur an einen der Teilsätze weiter. Der andere Teilsatz wird dagegen abgeschirmt:

(11a) ein Film, **der** keinem gefällt, *weil* **er** schlecht ist
(11b) der Gast, **den** er rausschmiß, *denn* **er** wollte nicht bestellen

Die folgende Liste enthält einige Beispiele für koordinierende Konjunktionen. Sie können sowohl einteilig, wie auch zweiteilig sein:

(12) und, oder, aber, sowohl. . . als auch, entweder. . . oder, zwar. . . aber, weder. . . noch, nicht. . . sondern

Unsere Grenzziehung unterscheidet sich leicht von der Grenzziehung in den natürlichen Sprachen. So wird z. B. die Konjunktion *denn* in der deutschen Grammatik zu den koordinierenden Konjunktionen gezählt. Wir sehen sie dagegen als subordinierend an. Durch die Notation werden wir aber verhindern, daß es einen Unterschied macht, wie ein solcher Grenzfall notiert wird: Die Notation führt beide Sichtweisen zusammen.

Nun ist es zunächst einmal nicht offensichtlich, wieso eine üblicherweise als koordinierend angesehene Konjunktion wie eine subordinierende Konjunktion behandelt werden kann. Am Beispiel der Konjunktion *denn* zeigen wir, weshalb die in der deutschen Grammatik genannten Gründe für uns nicht relevant sind.

Von ihrer Bedeutung her sind sich die Konjunktionen *denn* und *weil* sehr ähnlich. Es ist folglich naheliegend, zu versuchen, sie beide in dieselbe Kategorie einzuordnen. Wir beginnen deshalb mit einer genaueren Betrachtung der Konjunktion *weil*. Ihre Funktion in Satz ist deutlich verschieden von der Funktion, die die Konjunktion *daß* wahrnimmt. Während *daß*-Sätze ihre Funktion im Satz mit Nominalphrasen teilen (6), teilen *weil*-Sätze ihre Funktion im Satz mit Adverbien und Präpositionalphrasen:

(13a) Peter verlor, *weil er stürzte*.
(13b) Peter verlor *deswegen*.
(13c) Peter verlor *wegen des Sturzes*.

Weil-Sätze teilen aber nicht nur ihre Funktion im Satz mit Adverbien und Präpositionalphrasen. Sie können genauso wie sie im Vorfeld des Satzes stehen und auch durch eine Gradpartikel ergänzt werden, z. B. durch die Gradpartikel *nur*:

(14a) Nur *weil Peter stürzte*, verlor er.

(14b) Nur *deswegen* verlor Peter.

(14c) Nur *wegen des Sturzes* verlor Peter.

Wegen dieser Parallelen in Funktion und Struktur werden sprachliche Objekte in dieser Funktion unter dem Begriff **Adverbial** zusammenzufassen. Wir betrachten also *weil*-Sätze – genauso wie Adverbien und Präpositionalphrasen in derselben Funktion – als Adverbiale und damit als Konstituenten eines einfachen Satzes.

Von seiner Bedeutung her ließe sich der folgende Satz problemlos in die Aufzählung (13a - 13c) einreihen:

(15) Peter verlor, *denn er stürzte*.

In seinem syntaktischen Verhalten unterscheidet der *denn*-Satz sich jedoch beachtlich von diesen Sätzen: Er kann weder im Vorfeld stehen, noch kann er durch eine Gradpartikel ergänzt werden. Die Unterschiede sind sogar so groß, daß die Konjunktion *denn* in ihrem syntaktischen Verhalten eher der koordinierenden Konjunktion *aber* ähnelt als der subordinierenden Konjunktion *weil*. Die Unterschiede zwischen den Konjunktionen *denn* und *aber* auf der einen Seite und *weil* auf der anderen sind:

1. Die Konjunktionen *denn* und *aber* können nicht im Vorfeld stehen,
2. sie induzieren im nachfolgenden Satz eine andere Wortstellung und
3. sie können nicht durch eine Gradpartikel ergänzt werden.

Im Deutschen werden die Konjunktionen *denn* und *weil* deshalb unterschiedlichen Kategorien zugeordnet. Zwischen *denn* und *weil* besteht ein semantischer Unterschied. Sie besitzen folglich verschiedene Entsprechungen in $\mathcal{L}_I$. Sollten ihre formalen Entsprechungen auch in $\mathcal{L}_I$ verschiedenen Kategorien angehören?

Die ersten beiden Unterschiede haben mit der Wortstellung zu tun. Nun ist bekannt, daß sich die natürlichen Sprachen in ihrer Wortstellung erheblich unterscheiden. Folglich werden wir versuchen, Fragen der Wortstellung, so weit es geht, aus $\mathcal{L}_I$ auszuklammern. Insofern ist unklar, welche Tragweite diese beiden Unterschiede für die Struktur von $\mathcal{L}_I$ haben.

Der erste Unterschied, daß ein durch *denn* eingeleiteter Satz nicht im Vorfeld stehen kann, ist nicht wesentlich: Die Position eines Adverbials in einem Satz hat nur wenig Auswirkungen auf seine Bedeutung. Darüber hinaus teilt sich die Konjunktion *denn* diese Eigenschaft mit einigen Adverbien; das Fragezeichen vor dem Beispiel zeigt an, daß es ungewöhnlich wenn nicht sogar ungrammatisch ist:

(16) ?*Wie folgt* verlor Peter.

Auch der zweite Unterschied, daß die Konjunktionen verschiedene Wortstellungen induzieren, ist mit Sicherheit nur für die Generierung relevant, nicht aber für $\mathcal{L}_I$: Er besagt, daß verschiedene Satzschablonen verwendet werden müssen.

Der letzte Unterschied scheint dagegen wesentlich zu sein: Wird ein Adverbial durch eine Gradpartikel ergänzt, so ändert sich seine Bedeutung erheblich. Klassifizieren wir *denn*-Sätze als Adverbiale, so ist es prinzipiell auch möglich, sie durch eine Gradpartikel zu ergänzen. Ein solcher Satz könnte aber nicht generiert werden, da *denn*-Sätze nicht durch Gradpartikeln ergänzt werden dürfen. Aber auch diese Eigenschaft teilt sich die Konjunktion *denn* mit einigen Adverbialen: Ein durch die Konjunktion *da* eingeleiteter Satz kann genausowenig durch eine Gradpartikel ergänzt werden wie das Adverb *trotzdem*:

(17a) *Peter verlor, nur *da er stürzte*.
(17b) *Peter verlor nur *trotzdem*.

Somit ist auch dieser Unterschied kein ernst zu nehmender Einwand gegen eine Zuordnung der *denn*-Sätze zu den Adverbialen. Wir entscheiden uns deshalb auch für diesen Weg, selbst wenn er aus Sicht der deutschen Grammatik ungewöhnlich erscheint.

Zusammenfassung Die beiden zentralen Satztypen unseres Fragments sind der einfache und der zusammengesetzte Satz. Neben diesen beiden Satztypen kennt unser Fragment noch einen dritten Satztyp: die Formel. Sie nimmt eine Sonderrolle ein, denn sie resultiert aus unserer Entscheidung, mathematische Texte zu generieren – in anderen Texten ist sie dagegen für gewöhnlich überflüssig. Verwendet wird die Formel wie ein einfacher Satz, in ihrer Form unterscheidet sie sich jedoch wesentlich von den einfachen und zusammengesetzten Sätzen. Ein formaler Satz ist somit entweder eine Formel, ein einfacher Satz oder ein zusammengesetzter Satz:

$$
\text{(18)} \quad \begin{array}{lcl}
\boxed{\text{Satz}} & \rightarrow & \boxed{\text{Formel}} \\
 & | & \boxed{\text{einfacher Satz}} \\
 & | & \boxed{\text{zusammengesetzter Satz}}
\end{array}
$$

Der einfache und der zusammengesetzte Satz unterscheiden sich dadurch, daß der einfache Satz keine Teilsätze als unmittelbare Konstituenten enthält. Eine Konstituente nennen wir eine unmittelbare Konstituente, wenn ihr keine andere Konstituente übergeordnet ist. Die Teilsätze eines zusammengesetzten Satzes müssen folglich alle auf einer Stufe stehen – der Stufe unmittelbar unter dem Satz. Andernfalls bilden sie keinen zusammengesetzten Satz. Die *daß*-Sätze erfüllen diese Bedingung offensichtlich nicht, denn sie haben die Funktion eines Satzgliedes im anderen Teilsatz. Wir haben die Eigenschaft, gleichberechtigt zu sein, an einem syntaktischen Kriterium festgemacht: Wird eine Markierung von außen in einen Satz induziert, so muß ein zusammengesetzter Satz diese Markierung an seine Teilsätze weitergeben, da sie gleichberechtigt sind.

Wir haben zwei Markierungen gefunden, die von außen in einen Satz induziert werden: Die eine ist eine Markierung mit einem leeren Subjekt, die andere eine Markierung mit einer freien Variable. Sätze mit einer solchen Markierung nennen wir kurz ε-Sätze bzw. λ-Sätze. Formeln können keine Markierung tragen. ε-Sätze und λ-Sätze können folglich keine Formeln sein. Die anderen beiden Typen stehen ihnen jedoch offen:

$$\text{(19)} \quad \begin{aligned} \boxed{\varepsilon\text{-Satz}} \;&\rightarrow\; \boxed{\text{einfacher } \varepsilon\text{-Satz}} \\ &\;\,|\;\;\; \boxed{\text{zusammengesetzter } \varepsilon\text{-Satz}} \end{aligned}$$

$$\text{(20)} \quad \begin{aligned} \boxed{\lambda\text{-Satz}} \;&\rightarrow\; \boxed{\text{einfacher } \lambda\text{-Satz}} \\ &\;\,|\;\;\; \boxed{\text{zusammengesetzter } \lambda\text{-Satz}} \end{aligned}$$

2.2 Der einfache Satz

In diesem Abschnitt geht es um die Struktur einfacher Sätze. Wir werden zeigen, daß sie nach sehr klaren Regeln aufgebaut sind. Die gefundenen Regeln erfüllen zwei Aufgaben: Zum einen werden wir sie dazu verwenden, die einfachen Sätze in $\mathcal{L}_I$ nachzubilden, zum anderen werden sie uns im nächsten Abschnitt helfen, die Grenze zwischen den einfachen und den zusammengesetzten Sätzen zu präzisieren.

Ausgangspunkt Als Prototyp des einfachen Satzes bezeichnet Eisenberg (1994) einen Aussagesatz im Singular, Präsens, Indikativ, Aktiv mit definitem Subjekt, transitivem Verb und indefinitem Objekt. Als Beispiel nennt er den Satz:

(21) Karl kauft ein Feuerzeug.

Eisenberg sagt über den Prototyp: «Von diesem Satztyp her läßt sich [. . .] die gesamte Grammatik einer Sprache aufrollen, alle anderen Satztypen lassen sich formal und semantisch auf ihn beziehen.»[1] Auch wir werden von diesem Prototyp ausgehend unsere Vorstellung von einfachen Sätzen entwickeln. Dabei werden wir alles, was sich von seiner Struktur her auf diesen Prototyp reduzieren läßt, als einfachen Satz betrachten.

Beispiele Betrachtet man einfach aufgebaute Sätze, die dem Satz (21) ähnlich sind, so stellt man schnell fest, daß sie alle ein Prädikat enthalten. Sieht man einmal von Infinitivsätzen und Partizipialsätzen ab (die für diese Betrachtung sowieso nicht relevant sind, da sie keine eigenständigen Sätze sind und sich deshalb nicht unmittelbar auf unseren Prototyp reduzieren lassen), so enthält jeder Satz auch ein Subjekt. Die Zahl der Objekte ist dagegen nicht fest vorgegeben. Einige Sätze haben kein Objekt, viele haben ein Objekt und manche sogar zwei:

[1] Eisenberg (1994), Seite 39.

(22a) Peter schläft.
(22b) Ulla besteigt einen Berg.
(22c) Renate gibt ihm einen Kuß.

Objekte können aber nicht beliebig aus einem Satz gestrichen oder zu ihm hinzugefügt werden:

(23a) *Peter schläft einen Alptraum.
(23b) *Ulla besteigt.
(23c) *Renate gibt ihm.

Dem Prädikat kommt dabei eine zentrale Rolle zu: Es bestimmt die Anzahl und den Kasus der Objekte. Ein Prädikat muß aber nicht auf eine bestimmte Anzahl von Objekten festgelegt sein, es kann durchaus verschiedene Kombinationen zulassen:

(24a) Ulla spendet.
(24b) Ulla spendet 10 Mark.
(24c) Ulla spendet der Partei.
(24d) Ulla spendet der Partei 10 Mark.

Einige wenige Prädikate haben sogar Einfluß auf das Subjekt: Sie lassen nur ein unspezifisches *es* als Subjekt zu:

(25a) Es regnet.
(25b) *Das Nordseetief regnet.

Während es für das Subjekt und die Objekte feste Regeln zu geben scheint, können andere Konstituenten, wie das Adverbial *heute*, frei zu einem Satz hinzugefügt werden. Das Prädikat hat keinen unmittelbaren Einfluß auf ihr Auftreten:

(26a) Es regnet heute.
(26b) Peter schläft heute.
(26c) Ulla besteigt heute den Berg.
(26d) Renate gibt ihm heute einen Kuß.

Satzbau Die gefundenen Strukturen fassen wir nun am Beispiel des Satzes (27a) zusammen. Zum Vergleich haben wir seine englische und seine französische Übersetzung hinzugefügt. In den Punkten, die wir herausheben werden, unterscheiden sich die Übersetzungen nicht vom deutschen Satz.

(27a) Peter fegte gestern einen Hof.
(27b) Peter swept a yard yesterday.
(27c) Peter a balayé une cour hier.

Das zentrale Element des Satzes ist das Prädikat *fegen*. Es bestimmt den Bau des Satzes, indem es um sich herum Stellen für weitere Bestandteile eröffnet. Anzahl und Art der Stellen sind durch die **Valenz** des Prädikats festgelegt. Die Stellen können **obligatorisch**, **fakultativ** oder **frei** sein. Obligatorisch ist in dem Beispiel die Stelle des Subjekts *Peter*, da sie besetzt sein muß. Fakultativ, d. h. vom Prädikat vorgesehen aber nicht unbedingt besetzt, ist die Stelle des Objekts *einen Hof*. Frei, weil nicht charakteristisch für das Prädikat, ist das Adverbial *gestern*.

Dieser Aufbau ist für alle einfach aufgebauten Sätze charakteristisch: Wir definieren deshalb, daß alle sprachlichen Gebilde, die von einem Prädikat her aufgebaut sind, **einfache Sätze** sind. Die sprachlichen Objekte, die die von dem Prädikat eröffneten Stellen füllen, nennen wir **Terme** bzw. **freie Terme**, je nachdem wie eng die jeweilige Stelle an das Prädikat gebunden ist. Die Terme besetzen die obligatorischen und die fakultativen Stellen; die übrigen Stellen, die freien Stellen also, sind durch die freien Terme besetzt.

Da die Terme das Prädikat ergänzen, werden sie in der Literatur auch **Ergänzungen** genannt. Im Gegensatz zu dem Begriff des **Terms**, mit dem wir eine syntaktische Kategorie bezeichnen, werden wir den Begriff der Ergänzung relational verwenden: Wir bezeichnen damit die Funktion, die Terme im Satz haben. Die **freien Terme** haben im Gegensatz zu den Termen keine enge Bindung an das Prädikat. Sie fügen nur zusätzliche Information zu einem Satz hinzu. Da diese Funktion in den natürlichen Sprachen häufig von Adverbien wahrgenommen wird, werden sie auch **Adverbiale** genannt. Wie wir den Begriff der Ergänzung zur Bezeichnung der Funktion der Terme im Satz verwenden, verwenden wir den Begriff des Adverbials zur Bezeichnung der Funktion von freien Termen im Satz.

In der Literatur wird bei den Adverbialen häufig zwischen **inneren** und **äußeren Adverbialen** unterschieden.[1] So sagt Drosdowski (1995), daß sich Adverbiale einerseits – gewissermaßen von außen – auf einen Satz als Ganzes beziehen können. Der Satz wird dann durch sie jeweils unterschiedlich situiert. Beispiele dafür sind:

(28) *Wahrscheinlich/Vielleicht/Sicher/Vermutlich* kommt sie.

Andererseits können sie sich – gewissermaßen von innen – auf das Prädikat, aber auch auf den Satzinhalt insgesamt beziehen:

(29a) Sie trug das Paket *vorsichtig*.
(29b) *Heute* brachte sie das Paket mit.

Da wir in den von uns betrachteten Texten keine Evidenz für die Notwendigkeit einer solchen Unterscheidung gefunden haben, verzichten wir auf sie und sprechen einheitlich von Adverbialen, unabhängig von der Art, wie sie auf einen Satz wirken.

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1110.

Typisierung Von den Termen erwarten wir, daß sie von ihrer Anzahl und von ihrem Typ her zur Valenz des Prädikats passen. Seien p ein Prädikat und $t_1, \ldots, t_n$ Terme. Dann ist

(30) $p(t_1, \ldots, t_n)$

nur dann ein Satz, wenn die Typen $\tau_1, \ldots, \tau_n$ der Terme $t_1, \ldots, t_n$ zur Valenz σ des Prädikats passen, d. h. das Prädikat, angewandt auf die Terme, muß einen einfachen Satz zum Ergebnis haben. Ein Prädikat muß aber nicht auf genau eine Folge von Termen festgelegt sein. Das Prädikat *spenden* hat z. B. neben einer obligatorischen Subjektposition zwei Objektpositionen, die fakultativ sind, und läßt somit Folgen der Längen eins, zwei und drei zu (24a - 24d). Neben der Möglichkeit, daß bestimmte Stellen unbesetzt bleiben, existiert noch ein weiterer Parameter: Jede Stelle akzeptiert nur Terme bestimmter Typen. So läßt das Prädikat *erwarten* beispielsweise in seiner Subjektposition nur Terme vom Typ Nominalphrase zu. In seiner Objektposition akzeptiert es hingegen Nominalphrasen (31a), *daß*-Sätze (31b) und sogar Kombinationen aus beiden (31c):

(31a) Sie erwartet *einen Beweis*.
(31b) Sie erwartet, *daß 2 eine Primzahl ist*.
(31c) Sie erwartet *einen Beweis und, daß 2 eine Primzahl ist*.

Wir geben Nominalphrasen den Typ I (für Individuum) und *daß*-Sätzen den Typ F (für Faktum). Somit sind die Typen, die das Prädikat *erwarten* akzeptiert, $\{I\}$ in Subjektposition und $\{I,F\}$ in Objektposition. Um eine Verknüpfung von Termen verschiedenen Typs erfassen zu können, wie es im Beispiel (31c) der Fall ist, definieren wir, daß der Typ eines Terms eine Menge ist. Die Menge umfaßt die Typen der Terme, aus denen der Term aufgebaut ist. Das Prädikat *erwarten* akzeptiert folglich Argumente der folgenden Typen:

(32) $\tau_1 \in \mathfrak{P}_{\geqslant 1}\{I\}, \quad \tau_2 \in \mathfrak{P}_{\geqslant 1}\{I,F\}$

$\mathfrak{P}$ steht für die Potenzmengenfunktion, und der Index der Funktion $\mathfrak{P}_{\geqslant 1}$ bedeutet, daß nur solche Mengen aus der Potenzmenge ausgewählt werden, die ein oder mehr Elemente enthalten.

Als nächstes beschreiben wir, wie die Argumente des Prädikats *spenden* beschaffen sein müssen. Dafür legen wir fest, daß die leere Menge $\emptyset$ das Weglassen eines Terms symbolisiert:

(33) $\tau_1 \in \mathfrak{P}_{\geqslant 1}\{I\}, \quad \tau_2, \tau_3 \in \mathfrak{P}\{I\}$

Um die Valenz eines Prädikats korrekt angeben zu können, benötigen wir folglich zu jeder seiner Stellen zwei Informationen: Erstens müssen wir wissen, welche Typen diese Stelle akzeptiert, und zweitens, ob die Stelle obligatorisch oder fakultativ ist.

Seien $\tau_1, \ldots, \tau_n$ die Typen der Terme $t_1, \ldots, t_n$ und σ die Valenz des Prädikats p. Dann muß die **Valenzbedingung** (34) erfüllt sein, damit (30) ein einfacher Satz ist:

(34) $\tau = \langle \tau_1, \ldots, \tau_n \rangle \in \sigma$

Als nächstes definieren wir σ: Seien i eine Stelle des Prädikats p, σ_i die Menge der Typen, die das Prädikat an der Stelle i akzeptiert, und b_i genau dann wahr, wenn die Stelle i fakultativ ist. Dann ergibt sich σ zu:

(35) $\sigma = \{\langle \tau_1, \ldots, \tau_n \rangle \mid \forall i \, (\tau_i \subseteq \sigma_i) \wedge (\tau_i \neq \emptyset \vee b_i)\}$

Das Prädikat *erwarten* hat somit die in (36a) angegebene Valenz, und das Prädikat *spenden* die in (36b) angegebene Valenz. Der besseren Lesbarkeit wegen schreiben wir die Typen der Terme nicht als Mengen, sondern verwenden eine Notation, die ohne die Mengenklammern auskommt und zur Verknüpfung der Elemente der Menge das Symbol + verwendet:

(36a) $\sigma = \{\langle I, I \rangle, \langle I, F \rangle, \langle I, I+F \rangle\}$
(36b) $\sigma = \{\langle I, \emptyset, \emptyset \rangle, \langle I, I, \emptyset \rangle, \langle I, \emptyset, I \rangle, \langle I, I, I \rangle\}$

An den Beispielen (31a - 31c) ist der Unterschied zwischen unserer Definition eines einfachen Satzes und der von Drosdowski (1995) noch einmal deutlich geworden: *Daß*-Sätze sind aus seiner Sicht keine Terme und somit gibt es auch keinen Typ F für *daß*-Sätze. Die Objektstelle des Prädikats *erwarten* muß gemäß Drosdowski (1995) folglich fakultativ sein, damit der Satz (31b) korrekt gebildet ist. Das bedeutet aber, daß auch der folgende Satzrest grammatisch sein müßte:

(37) *Der Mathematiker erwartet.

Das ist offensichtlich falsch. Aus diesem Grund lehnen wir seine Sichtweise ab.

Schönfinkel-Reduktion Die im Ausdruck (30) verwendete Notation suggeriert, daß die Anzahl der Stellen, die das Prädikat eröffnet, fest sei. Dies ist natürlich nicht der Fall. Um das auch in der Notation zum Ausdruck zu bringen, verwenden wir die **Schönfinkel-Reduktion**. Sie besagt, daß eine n-stellige Funktion vom Typ $(\langle A_1, \ldots, A_n \rangle \rightarrow B)$ auf eine 1-stellige Funktion vom Typ $(A_1 \rightarrow (\ldots (A_n \rightarrow B) \ldots))$ reduziert werden kann.[1] Für jede Funktion f existiert also eine Funktion f', so daß gilt:

(38) $\forall f \, \exists f' \; f(a_1, \ldots, a_n) = f' a_1 \ldots a_n$

[1] Link (1979), Seite 152.

Informatiker kennen diese Reduktion unter dem Begriff **Currying**. Wir werden die beiden Darstellungen einer Funktion im folgenden als äquivalent ansehen. Die Entscheidung für die eine oder die andere Darstellung dient nur der besseren Lesbarkeit; sie hat keine semantischen Implikationen.

Notation Wir können nun formal definieren, was in $\mathcal{L}_I$ ein einfacher Satz ist. Dazu müssen wir nur noch die freien Terme in den Satz (30) integrieren. Seien p ein Prädikat, $t_1, \ldots, t_n$ Terme mit den Typen $\tau_1, \ldots, \tau_n$ und $f_1, \ldots, f_m$ freie Terme mit den Typen $\alpha_1, \ldots, \alpha_m$, dann ist der Ausdruck

(39) $p^\sigma t_1^{\tau_1} \ldots t_n^{\tau_n} f_1^{\alpha_1} \ldots f_m^{\alpha_m}$

genau dann ein einfacher Satz, wenn die Valenzbedingung (34) erfüllt ist. Wir dürfen dieselbe Valenzbedingung verwenden wie für den Satz (30), weil die Typen der freien Terme nicht benötigt werden, um zu überprüfen, ob der Satz wohlgeformt ist. Der Grund ist einfach: Da freie Terme nur eine lose Bindung an das Prädikat haben, hat ihre Präsenz im Satz keine Auswirkung darauf, ob er wohlgeformt ist. Ist also der Satz (39) korrekt gebildet, so ist es auch der Satz (30) und umgekehrt. Formal:

(40) $\langle \tau_1, \ldots, \tau_n \rangle \in \sigma \iff \langle \tau_1, \ldots, \tau_n, \alpha_1, \ldots, \alpha_m \rangle \in \sigma$

Die Äquivalenz erlaubt es uns, die Valenzen kompakter anzugeben: Von den Folgen von Typen, die Element der Valenz sind, geben wir nur die Folgen an, die keine Typen von freien Termen enthalten. Alle anderen zulässigen Folgen lassen sich mittels der Formel (40) – als Implikation gelesen – berechnen.

Als Beispiel bringen wir den Satz (27a) in eine formale Darstellung. Den Nominalphrasen ordnen wir dabei den Typ I (für Individuum) zu, den Adverbialen den Typ A. Der formale Satz lautet dann:

(41) *‹fegen›*$^{\langle I, \emptyset + I \rangle}$ *‹Peter›*^{I} *‹einen Hof›*^{I} *‹gestern›*^{A}

Reihenfolge Bisher haben wir für das Prädikat die Präfixschreibweise verwendet, wie es in der Mathematik üblich ist. In den betrachteten natürlichen Sprachen steht das Prädikat hingegen meist hinter dem ersten Term, also hinter dem Subjekt. Dies ist z. B. die im Englischen und Französischen übliche Wortstellung. Neben diesen beiden Wortstellungen existiert in den natürlichen Sprachen noch eine dritte: Das Prädikat steht an letzter Stelle.

Zu diesen drei Reihenfolgen kommt im Deutschen noch eine weitere Besonderheit hinzu: Etliche Prädikate werden in zwei Teile aufgespalten; der vordere Teil nimmt dann eine der drei eben genannten Positionen ein, der hintere Teil steht am Ende des Satzes. Die verschiedenen Möglichkeiten sind in (42a), (42b) und (42c) dargestellt. Wir haben in Klammern die deutsche Bezeichnung für die jeweilige Wortstellung hinzugefügt.

(42a) $p_1 t_1 \dots t_n f_1 \dots f_m p_2$ (Stirnsatz)
(42b) $t_1 p_1 t_2 \dots t_n f_1 \dots f_m p_2$ (Kernsatz)
(42c) $t_1 \dots t_n f_1 \dots f_m p_1 p_2$ (Spannsatz)

Dürfen wir diese drei Wortstellungen in $\mathcal{L}_I$ zulassen? Die Komponenten der Prädikate gehören anderen syntaktischen Kategorien an als die Komponenten der Terme und der freien Terme. Es ist folglich immer möglich, das Prädikat richtig zu identifizieren. Wir betrachten deshalb die obigen drei Darstellungen als äquivalent. Dies ermöglicht es uns, eine Notation für formale Sätze zu verwenden, die näher an der Wortstellung der natürlichen Sprachen ist. So läßt sich z. B. der Satz (41) auch mit deutscher Wortstellung notieren:

(43) *‹Peter›*^{I} *‹fegen›*$^{\langle I,\emptyset+I\rangle}$ *‹einen Hof›*^{I} *‹gestern›*^{A}

Wir müssen jedoch acht geben, wenn wir aus einfachen Sätzen größere Einheiten konstruieren. Dadurch, daß mehrere äquivalente Darstellungen mit unterschiedlichen Wortstellungen existieren, können beim Weglassen von Klammern leichter Ambiguitäten entstehen. Da es uns hier um die Struktur von $\mathcal{L}_I$ geht und nicht um ihre Lesbarkeit, werden wir im folgenden die einfachen Sätze weiterhin wie in (39) angegeben notieren.

Zusammenfassung In den natürlichen Sprachen füllen die Terme die Stellen des Subjekts, der Objekte und der gebundenen Präpositionalobjekte. Ein Beispiel für ein solches Präpositionalobjekt ist das zur Präposition *aus* gehörende Objekt des Prädikats *generieren aus*. Wie das Beispiel andeutet, ist es geschickt, solche Präpositionen als Teil des Prädikats aufzufassen, denn so bleibt von dem Präpositionalobjekt nur das Objekt übrig, was sich dann unter die übrigen Objekte subsumieren läßt. Aus dieser Sicht besetzen die Terme nur die Stellen des Subjekts und der Objekte. Alle übrigen Stellen werden durch freie Terme gefüllt.

Dadurch, daß es in $\mathcal{L}_I$ keine Präpositionalobjekte gibt, sind Präpositionalphrasen auch niemals Terme. Als Konstituenten eines einfachen Satzes sind sie immer freie Terme. Dazu ein Beispiel. Wir formalisieren den Satz:

(44) Unser Programm *generiert* Texte *aus* formalen Beschreibungen in verschiedene Sprachen.

Der deutsche Satz enthält zwei Präpositionalphrasen, *aus formalen Beschreibungen* und *in verschiedene Sprachen*. Seine formale Darstellung enthält dagegen nur eine Präpositionalphrase, die Präpositionalphrase *in verschiedene Sprachen*, da das Präpositionalobjekt aus der Sicht von $\mathcal{L}_I$ ein gewöhnliches Objekt ist und deshalb durch eine Nominalphrase gefüllt wird:

(45) *‹generieren aus›*$^{\langle I,I,I\rangle}$ *‹unser Programm›*^{I} *‹Texte›*^{I}
‹formale Beschreibungen›^{I} *‹in verschiedene Sprachen›*^{A}

Ein einfacher Satz in $\mathcal{L}_I$ besteht somit aus einem Prädikat, einer Folge von Termen, die vom Typ her zum Prädikat passen müssen, und einigen freien Termen:

(46) $$\boxed{\text{einf. Satz}} \rightarrow \boxed{\text{Prädikat}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]^{\tau \in \sigma} + \boxed{\text{freie Terme}}$$

Die Formeln sind den einfachen Sätzen von ihrer Funktion her sehr ähnlich. Wir werden deshalb an dieser Stelle kurz auf sie eingehen. Wie die einfachen Sätze können Formeln durch freie Terme ergänzt werden:

(47) Folglich $ab = 0$, da entweder $a = 0$ oder $b = 0$.

Durch Terme dürfen sie dagegen nicht ergänzt werden. Eine Formel ist somit:

(48) $$\boxed{\text{Formel}} \rightarrow \boxed{\text{Folge math. Symbole}} + \boxed{\text{freie Terme}}$$

Es fehlen noch die entsprechenden Definitionen der einfachen ε-Sätze und der einfachen λ-Sätze. Die einfachen ε-Sätze zeichnen sich dadurch aus, daß ihre Subjektposition nicht besetzt wird. Das bedeutet, daß das erste Element der Valenz wegfällt. Wir definieren deshalb:

(49) $$\sigma_\varepsilon = \{\langle \sigma_2, \ldots, \sigma_n \rangle \mid \langle \sigma_1, \ldots, \sigma_n \rangle \in \sigma\}$$

Ein einfacher ε-Satz ist dann:

(50) $$\boxed{\text{einfacher } \varepsilon\text{-Satz}} \\ \rightarrow \boxed{\text{Prädikat}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]^{\tau \in \sigma_\varepsilon} + \boxed{\text{freie Terme}}$$

Die einfachen λ-Sätze zeichnen sich dadurch aus, daß sie eine freie Variable enthalten. Je nachdem, ob die freie Variable die Funktion eines Terms oder eines freien Terms wahrnimmt, nennen wir sie λ-Term bzw. freier λ-Term. Ein einfacher λ-Satz ist somit:

(51) $$\begin{aligned} &\boxed{\text{einfacher } \lambda\text{-Satz}} \\ &\quad \rightarrow \boxed{\text{Prädikat}}^{\sigma} + \boxed{\lambda\text{-Terme}}^{\tau \in \sigma} + \boxed{\text{freie Terme}} \\ &\quad \mid \ \boxed{\text{Prädikat}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]^{\tau \in \sigma} + \boxed{\text{freie } \lambda\text{-Terme}} \end{aligned}$$

Die λ-Terme sind eine Folge von Termen, die genau einen λ-Term enthalten:

(52) $$\boxed{\lambda\text{-Terme}} \rightarrow \left[\boxed{\text{Term}}\right] + \boxed{\lambda\text{-Term}} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]$$

2.3 Der zusammengesetzte Satz

In diesem Abschnitt geht es vor allem darum, unsere Definition des zusammengesetzten Satzes den Definitionen in den natürlichen Sprachen gegenüberzustellen und zu zeigen, wie die verschiedenen Sichtweisen mithilfe einer geeigneten Notation zusammengeführt werden können. Unsere Definition haben wir bereits vorgestellt: Wir definieren einen **zusammengesetzten Satz** als einen Satz, dessen unmittelbaren Bestandteile wiederum Sätze sind.

Ein Bestandteil ist genau dann ein unmittelbarer Bestandteil, wenn er keinem anderen Bestandteil untergeordnet ist. Die Teilsätze eines zusammengesetzten Satzes sind ihm folglich direkt untergeordnet, stehen somit auf derselben Stufe. Welche Implikationen daraus für die Struktur von zusammengesetzten Sätzen resultieren, illustrieren wir am Beispiel der Konjunktion *zu*. Sie verlangt als Argument einen Infinitivsatz. Infinitivsätze kennzeichnen sich dadurch, daß sie kein Subjekt enthalten. So auch in dem folgenden Beispiel:

(53) Er vergaß, sowohl *zu gießen* als auch *den Schlüssel zurückzulegen.*

Wie man an dem Beispiel sieht, sind die beiden Teilsätze des zusammengesetzten Satzes Infinitivsätze. Es gibt keinen Grund, warum bei einem zusammengesetzten Satz nur einer der Sätze Infinitivsatz sein dürfte, der andere hingegen nicht. Genau das ist aber in dem folgenden Beispiel der Fall:

(54) *Er vergaß, *zu gießen*, denn *zu beschäftigt zu sein*.

Richtig müßte es heißen:

(55) Er vergaß, *zu gießen*, denn *er war zu beschäftigt*.

Der Handelnde beider Teilsätze ist dieselbe Person. Somit ist es prinzipiell möglich, daß beide Teilsätze Infinitivsätze sind. Die Konjunktion *denn* verhindert dies aber: Sie ordnet den zweiten Teilsatz dem ersten unter, so daß nur der erste Satz Objekt zum Prädikat *vergessen* ist. Somit kann das Prädikat nur den ersten Satz als Infinitivsatz lizenzieren.

Dies ist aber nicht das einzige Indiz dafür, daß *denn* eine subordinierende Konjunktion ist und *sowohl…als auch* eine koordinierende. Auf Seite 30 haben wir zwei Markierungen vorgestellt, die bei koordinierenden Konjunktionen an alle Teilsätze weitergegeben werden, bei subordinierenden dagegen nicht. Die Markierungen waren das leere Subjekt und die freie Variable. Der Satz (53) enthält zwar zwei Teilsätze, die beide ein leeres Subjekt haben, der zusammengesetzte Satz ist aber trotzdem nicht mit dem leeren Subjekt markiert. Vielmehr handelt es sich hier um eine Verknüpfung von Termen, die zufällig beide *zu*-Infinitivsätze sind. Genauso gut hätte aber auch nur einer der Sätze ein Infinitivsatz sein können:

(56) Er vergaß, sowohl *zu gießen*, als auch, *daß er den Schlüssel wieder unter die Fußmatte legen sollte*.

Beispiel für eine Markierung mit einem leeren Subjekt sind hingegen die *um zu*-Infinitivsätze und die Partizipialsätze.

Nun gilt es, unsere Definition des zusammengesetzten Satzes der Sicht in der deutschen Grammatik gegenüberzustellen. Dabei wird sich zeigen, daß es viele Parallelen zwischen unseren Definitionen gibt. Lediglich im Grenzbereich zwischen dem einfachen und dem zusammengesetzten Satz bestehen einige Unterschiede.

Die Unterschiede überbrücken wir, indem wir zwei Darstellungen für die Sätze des Grenzbereichs einführen, die wir als äquivalent betrachten: Die eine Darstellung ist die als Konstituenten eines einfachen Satzes, die andere ist die als Konstituenten eines zusammengesetzten Satzes. Mit den beiden äquivalenten Darstellungen fangen wir den Unterschied zwischen unserer Festlegung und den Festlegungen der natürlichen Sprachen auf. Doch nun zur Sichtweise der deutschen Grammatik.

2.3.1 Die Sicht der deutschen Grammatik

In der deutschen Grammatik werden die Teilsätze in **Hauptsätze** und **Nebensätze** eingeteilt. Ob ein Satz Haupt- oder Nebensatz ist, hängt von seiner Funktion ab: Hat er eine Funktion, die ihn zu einer Konstituente oder einem Teil einer Konstituente eines einfachen Satzes macht, so ist er ein Nebensatz; die Funktionen sind im einzelnen:

1. Attribut,
2. Ergänzung,
3. Adverbial.

Man spricht in diesem Fall auch von **Subordination**, da er einem anderen Satz untergeordnet ist. Hat er dagegen keine derartige Funktion, so ist er Hauptsatz und man spricht von **Koordination**.[1]

Die Nebensätze teilen sich die oben angegebenen Funktionen mit anderen syntaktischen Kategorien: Typische Vertreter der Ergänzungen und Adverbiale haben wir bereits kennengelernt. Ergänzungen werden üblicherweise durch Nominalphrasen und Adverbiale oft durch Adverbien und Präpositionalphrasen realisiert. Attribute haben wir bisher noch nicht behandelt. Wir gehen erst bei der Behandlung der Individuen genauer auf sie ein. Um aber einen ungefähren Eindruck ihrer Funktion zu vermitteln, sind unten zwei Beispiele für Attribute aufgeführt. Das erste Attribut ist ein **adjektivisches Attribut** (57a), das zweite ein **Genitivattribut** (57b).

(57a) eine *alte* Lokomotive
(57b) der Schlag *des Flügels*

[1] Eisenberg (1994), Seite 68.

Attribute sind Teil einer Nominalphrase und damit entweder Teil einer Ergänzung oder Teil eines Adverbials. Diese wiederum sind Konstituenten einfacher Sätze und somit sind Nebensätze grundsätzlich Teil eines einfachen Satzes.

Auch die englische und die französische Sprache kennen die Unterteilung in Haupt- und Nebensätze. Für die deutsche Sprache ist sie aber von besonderer Bedeutung, da sich hier der Unterschied auf die Wortstellung im Satz niederschlägt: Charakteristisch für Hauptsätze ist, daß das finite Verb an zweiter Stelle steht, wohingegen es sich in Nebensätzen am Schluß befindet.

Die Korrelation zwischen der Wortstellung und der Definition der Funktion wird uns später noch einige Schwierigkeiten bereiten, doch zunächst gehen wir darauf ein, wie die Subordination (Abschnitt 2.3.2) und die Koordination (Abschnitt 2.3.3) in der deutschen Grammatik definiert sind.

2.3.2 Die Subordination

Die erste grobe Einteilung der Nebensätze haben wir bereits präsentiert: die Einteilung nach ihrer Funktion. Aus dieser Einteilung resultieren die drei Gruppen von Nebensätzen: Attribute, Ergänzungen und Adverbiale. Die Sätze der einzelnen Gruppen unterteilen wir dann weiter nach ihren syntaktischen Eigenschaften und zeigen, wodurch sie sich von Sätzen in anderer Funktion unterscheiden.

Die Beispiele in den folgenden Absätzen sind zum größten Teil Eisenberg (1994), Seiten 64 bis 68 entnommen.

Attribut Ein Attribut ist Teil einer Nominalphrase. Es bezieht sich auf das Substantiv der Phrase. Die formale Entsprechung der Substantive nennen wir **Klassen**. Sie sind eine Verallgemeinerung der natürlichsprachigen Substantive. Die primäre Leistung der Attribute besteht darin, das von einer Klasse Bezeichnete näher zu bestimmen.[1] Syntaktisch lassen sich Sätze in Attributfunktion unterteilen in **Satzattribute** (58a - 58c) und **Relativsatzattribute** (58d):

(58a) die Frage, *wie* das weitergehen soll,

(58b) der Vorschlag, *daß* Paul das machen soll,

(58c) der Moment, *wenn* Helga reinkommt,

(58d) ein Vorschlag, *der* ganz neu ist.

Dadurch, daß ein Satz in Attributfunktion auf eine Klasse bezogen ist, ist eine klare Abgrenzung zu den Sätzen in anderer Funktion gegeben. Die Sätze in anderer Funktion beziehen sich nämlich entweder auf ein Prädikat oder auf einen Satz als ganzes. Die Attribute bieten sich deshalb – zumindest aus der Sicht der Sätze – als eine eigenständige Kategorie von $\mathcal{L}_I$ an.

[1] Eisenberg (1994), Seite 226.

Ergänzung Die Ergänzungen zeichnen sich durch ihre enge Bindung an ein Prädikat aus. Wir erfassen die Bindung mittels der Valenz des Prädikats: Sie legt fest, wie viele Ergänzungen das Prädikat nimmt, und von welchem Typ diese Ergänzungen sein müssen. Die sprachlichen Objekte, die die Ergänzungen realisieren, nennen wir Terme.

Vergleicht man Sätze in der Funktion von Ergänzungen, so findet man vier Typen von Sätzen, die sich syntaktisch unterscheiden: Die Typen sind die ***zu*-Infinitivsätze** (59a, 60a), die ***daß*-Sätze** (59b, 60b), die ***ob*-Sätze** (59c, 60c) und die ***w*-Sätze** (59d, 60d). Die ersten drei Typen sind nach der für sie jeweils charakteristischen Konjunktion benannt, die *w*-Sätze nach dem ersten Buchstaben der sie einleitenden Fragewörter, welcher für alle Fragewörter gleich ist.

Alle vier Typen können – sofern das Prädikat es zuläßt – sowohl in der Funktion eines Subjekts wie auch in der Funktion eines Objekts auftreten. Entsprechend umfaßt die erste Hälfte der folgenden Beispiele Sätze in Subjektfunktion und die zweite Hälfte Sätze in Objektfunktion:

(59a) Früh auf*zu*stehen ist nicht leicht.
(59b) *Daß* die Regierung zurücktritt, überrascht uns sehr.
(59c) *Ob* das Wetter so bleibt, interessiert mich nicht.
(59d) *Wieviel* das kostet, wird nicht bekannt.

(60a) Karl weiß, sich *zu* benehmen.
(60b) Karl weiß, *daß* man es ohne Krawatte zu nichts bringt.
(60c) Karl weiß, *ob* das so geht.
(60d) Karl weiß, *wie* ein Schornstein gemauert wird.

Die Konjunktionen *zu*, *daß* und *ob* können im Deutschen nur Sätze einleiten, die Ergänzung oder Attribut sind. Dadurch, daß Ergänzungen durch ein Prädikat gebunden sind und Attribute durch ein Individuum, lassen sie sich semantisch gut voneinander unterscheiden.

Dies gilt mit einer Einschränkung auch für das Englische und das Französische: In beiden Sprachen existiert ein Relativpronomen, das identisch mit der für *daß*-Sätze verwendeten Konjunktion *that* bzw. *que* ist. Das Relativpronomen und die Konjunktion lassen sich aber u. a. durch die Wortstellung im übrigen Satz gut voneinander unterscheiden.

Etwas anders liegen die Dinge bei den *w*-Sätzen. Sie unterscheiden sich von den durch Konjunktionen eingeleiteten Sätzen dadurch, daß sie durch ein Fragewort eingeleitet werden. Ein Fragewort kann aber auch einen Relativsatz einleiten, und die Stellen im Satz, die durch einen *w*-Satz gefüllt werden dürfen, können oft auch durch eine Nominalphrase besetzt werden. Dadurch besteht die Möglichkeit der Verwechslung mit einem **freien Relativsatz**, wie das Beispiel (61a) zeigt. Ein freier Relativsatz ist eine spezielle Art von Attribut. Normalerweise wird ein Attribut durch ein Substantiv oder ein Pronomen syntaktisch gebunden; der freie Relativsatz kommt hingegen ohne ein solches Substantiv oder Pronomen aus.

(61a) Ulla weiß, *was* Egon vermutet.

(61b) Ulla weiß, *was es ist, das* Egon vermutet.

(61c) Ulla weiß *das, was* Egon vermutet.

Der Nebensatz in (61a) kann syntaktisch gesehen sowohl *w*-Satz wie auch freier Relativsatz sein. Da das Prädikat *wissen* von seiner Valenz her sowohl einen *w*-Satz wie auch eine Nominalphrase nehmen kann, kommen für den Nebensatz beide Lesarten in Frage.

Die Lesarten lassen sich jedoch semantisch unterscheiden. Sie sind in den Beispielen (61b) und (61c) verdeutlicht. In (61b) ist die Lesart als *w*-Satz aufgeführt. Sie besagt, daß Egon einen bestimmten Sachverhalt vermutet und Ulla weiß, um welchen Sachverhalt es sich handelt. In (61c) ist die Lesart als Relativsatz aufgeführt. Sie besagt, daß Egon einen bestimmten Sachverhalt vermutet und Ulla weiß, daß dieser Sachverhalt zutrifft.[1]

Der semantische Unterschied ist so bedeutend, daß Sprachphilosophen ausdrücklich vor der Gefahr einer Verwechslung warnen.[2] Ob also ein Nebensatz wie der in (61a) Ergänzung oder Attribut ist, ist folglich eindeutig durch seine intendierte Bedeutung festgelegt. Für einen Sprecher besteht also prinzipiell keine Gefahr einer Verwechslung: Er kann mithilfe der Bedeutung klar zwischen *w*-Satz und freiem Relativsatz unterscheiden.

In den natürlichen Sprachen lassen sich Sätze in der Funktion von Ergänzungen folglich klar von Sätzen in anderer Funktion abgrenzen. Wir müssen also keine Bedenken haben, wenn wir Sätze mit ergänzender Funktion in $\mathcal{L}_I$ den Termen zuordnen.

Oben haben wir vier syntaktisch verschiedene Typen von Sätzen unterschieden. Wir werden diese vier Typen auch in $\mathcal{L}_I$ unterscheiden. Zum einen ist dies bei drei Typen schon aufgrund der bisher festgelegten Struktur von $\mathcal{L}_I$ notwendig, zum anderen benötigen wir die vier Typen, um die Valenzen der Prädikate präzise angeben zu können. Syntaktisch unterscheiden sich die *zu*-Sätze von den *daß*- und *ob*-Sätzen dadurch, daß die *zu*-Sätze Infinitivsätze sind, d. h. daß ihre Subjektstelle nicht besetzt ist. Die *daß*- und *ob*-Sätze sind dagegen vollwertige Sätze: Bei ihnen ist die Subjektstelle obligatorisch besetzt. Auch die *w*-Sätze unterscheiden sich wesentlich von den anderen drei Typen. Wie bei den Infinitivsätzen ist auch bei ihnen eine Stelle nicht besetzt. Die Stelle muß jedoch nicht die Subjektstelle sein. Außerdem wird mithilfe eines Fragewortes auf diese Stelle bezug genommen. Die *w*-Sätze sind also mit den λ-Ausdrücken der Mathematik vergleichbar.

Von der Valenz her ist die Unterscheidung notwendig, weil sich die Prädikate hinsichtlich der Ergänzungen, die sie akzeptieren, stark unterscheiden. In der Tabelle (62) sind zehn Prädikate aufgelistet, die sich alle hinsichtlich der Ergänzungen unterscheiden, die sie als Objekt nehmen können. Neben den satzwertigen Ergänzungen, die in der

[1] Eisenberg (1994), Seite 348.

[2] U. a. Wittgenstein, siehe Eisenberg (1994), Seite 349.

Tabelle aufgeführt werden, kann jedes der Prädikate außerdem eine Nominalphrase als Objekt nehmen.[1]

Wir unterscheiden deshalb vier satzwertige Terme in $\mathcal{L}_I$. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Terme, wie schon die Attribute, aus der Sicht der Sätze eine zu den anderen Kategorien hin klar abgegrenzte Kategorie bilden.

(62)

Prädikat	**Objekt**
verteilen	
beabsichtigen	zu
folgern	daß
glauben	zu, daß
fragen	ob, w
überlegen	zu, ob, w
erläutern	daß, ob, w
wissen	zu, daß, ob, w
beachten	daß, w
verstehen	zu, daß, w

Adverbial Die Adverbiale modifizieren einfache Sätze. Im Gegensatz zu den Ergänzungen besitzen sie keine enge Bindung an das Prädikat: Sie können frei zu einem Satz hinzugefügt oder gestrichen werden, ohne daß er dadurch ungrammatisch wird. Wir nennen die sprachlichen Objekte, die die Adverbiale realisieren, freie Terme.

Syntaktisch lassen sich drei Typen von Sätzen in adverbialer Funktion unterscheiden: Die **Adverbialsätze** (63a), die **adverbialen Infinitivsätze** (63b) und die **adverbialen Partizipialsätze** (63c). Die Adverbialsätze und die adverbialen Infinitivsätze werden durch eine Konjunktion an den übergeordneten Satz angeschlossen, die Partizipialsätze dagegen nicht:

(63a) Renate arbeitet, *weil* sie Geld braucht.

(63b) Renate arbeitet, *um* fertig *zu* werden.

(63c) Renate arbeitet, vom Erfolg *beflügelt*.

Eine Ausnahme bilden im Deutschen die **uneingeleiteten Nebensätze**. Wir unterscheiden zwei Formen von uneingeleiteten Nebensätzen. Die erste Form ist Ergänzung (64a, 64b), die zweite Adverbial (65a, 65b). Die Nebensätze sind in den Beispielen kursiv geschrieben:[2]

(64a) Es scheint, *du frierst*.

(64b) Karl behauptet, *er sei Tennisspieler*.

[1] Eisenberg (1994), Seiten 79, 80, 345 und 346.

[2] Eisenberg (1994), Seite 337.

(65a) *Liest er*, dann schläft er ein.

(65b) *Liest er auch*, schläft er ein.

Ob ein uneingeleiteter Nebensatz Ergänzung oder Adverbial ist, erkennt man bereits an seiner Syntax: Ist er Ergänzung, so steht sein finites Verb an zweiter Stelle im Satz. Ist er dagegen Adverbial, so steht sein finites Verb an erster Stelle, und er selbst muß auch die erste Stelle des übergeordneten Satzes besetzen. Von einem uneingeleiteten Nebensatz ist damit sowohl anhand der Stellung des finiten Verbs wie auch anhand seiner Funktion im übergeordneten Satz leicht zu entscheiden, ob er eine Ergänzung oder ein Adverbial ist.

In beiden Fällen sind die uneingeleiteten Nebensätze von ihrer Bedeutung her äquivalent zu einem durch eine Konjunktion eingeleiteten Satz: Die uneingeleiteten Ergänzungen können jederzeit durch einen entsprechenden *daß*-Satz ersetzt werden, die uneingeleiteten Adverbiale durch einen durch die Konjunktion *wenn* eingeleiteten Adverbialsatz. Entsprechend sind sie auch in die anderen Sprachen zu übersetzen. In $\mathcal{L}_I$ behandeln wir sie deshalb wie gewöhnliche – aber im Deutschen phonetisch leere – Konjunktionen.

Um die durch eine Konjunktion eingeleiteten Nebensätze von den uneingeleiteten Nebensätzen begrifflich unterscheiden zu können, führen wir den Begriff des **Konjunktionalsatzes** ein. Er umfaßt alle durch eine Konjunktion eingeleiteten Nebensätze, d. h. die *ob*-, *daß*-Sätze und *zu*-Sätze wie auch alle anderen durch eine Konjunktion eingeleiteten Nebensätze. Die oben besprochenen uneingeleiteten Nebensätze, wie auch die uneingeleiteten Infinitiv- und Partizipialsätze, zählen hingegen nicht dazu.

Von den Nebensätzen in adverbialer Funktion haben wir bisher erst den uneingeleiteten Nebensatz von Sätzen in anderer Funktion abgegrenzt. Wir werden nun die übrigen adverbialen Nebensätze, also die adverbialen Konjunktional-, Infinitiv- und Partizipialsätze, von Sätzen in anderer Funktion abgrenzen.

Wir beginnen mit der Abgrenzung zu den attributiv verwendeten Nebensätzen. Viele adverbiale Nebensätze lassen sich nur anhand ihrer Funktion im Satz von den attributiven Nebensätzen unterscheiden, da etliche Konjunktional-, Infinitiv- und Partizipialsätze auch als Attribute verwendet werden dürfen. Die Funktion eines Attributs ist aber grundverschieden von der Funktion eines Adverbials: Ein Attribut modifiziert eine Nominalphrase, wohingegen ein Adverbial einen gesamten Satz modifiziert.

Als Ergänzungen verwendete Nebensätze unterscheiden sich hingegen schon aufgrund ihrer Syntax von adverbialen Nebensätzen. Die Konjunktionen *zu*, *daß* und *ob* leiten immer eine Ergänzung ein, und die *w*-Sätze besitzen eine für sie charakteristische Struktur. Auch hier ist also eine klare Grenze gegeben.

Zusammenfassung Die Betrachtung der verschiedenen Funktionen, die Nebensätze wahrnehmen können, hat gezeigt, daß sich die Nebensätze in die drei Kategorien Attribut, Ergänzung und Adverbial unterteilen lassen. Jeder Nebensatz ist einer der drei Kategorien zugeordnet. Meist kann die Zuordnung schon anhand von syntaktischen Kriterien vorgenommen werden, wie z. B. durch die verwendete Konjunktion. In diesen Fällen ist sie unproblematisch. Kritisch sind dagegen die Bereiche, in denen sich die Sätze verschiedener Kategorien syntaktisch nicht unterscheiden. Dies ist erstens bei *w*-Sätzen und freien Relativsätzen der Fall. Zweitens tritt dies auch bei vielen Konjunktionalsätzen auf: Etliche Konjunktionalsätze können nämlich sowohl Attribut wie auch Ergänzung bzw. Adverbial sein. Wir haben aber gesehen, daß man in beiden Fällen anhand von semantischen Kriterien eine eindeutige Zuordnung vornehmen kann.

Die Unterteilung der Nebensätze in die drei Kategorien ist somit nachvollziehbar. Wir zeigen nun, daß es sinnvoll ist, sie in $\mathcal{L}_I$ zu übernehmen. Bei der Besprechung der einfachen Sätze haben wir aufgrund der Valenz der Prädikate zwischen Ergänzungen und Adverbialen unterschieden (Seite 36). Die beiden Kategorien sind also schon Teil von $\mathcal{L}_I$. Auch auf Attribute werden wir in $\mathcal{L}_I$ nicht verzichten können. Wegen der anderen beiden Kategorien machen die Attribute aber schon allein als Restkategorie einen Sinn. Die Unterscheidung der drei Kategorien ist somit nicht nur nachvollziehbar, sie fundieren sogar direkt auf unserem Konzept des einfachen Satzes.

Bisher haben wir nur die Subordination betrachtet, d. h. die Verknüpfung von Haupt- mit Nebensätzen. Als nächstes gehen wir auf die Verknüpfung von gleichwertigen Sätzen ein. Es wird sich zeigen, daß sich die beiden Formen der Verknüpfung schon allein anhand der verwendeten Konjunktion unterscheiden lassen.

2.3.3 Die Koordination

Die Verknüpfung von Sätzen gleicher Form (Hauptsatz mit Hauptsatz, Nebensatz mit Nebensatz) wird als **Koordination** bezeichnet. In der Regel geschieht die Verknüpfung durch eine Konjunktion. Die Konjunktion kann einfach (66a) oder zusammengesetzt (66b) sein. Die meisten Konjunktionen verknüpfen genau zwei Sätze miteinander. Manche Konjunktionen, wie *und* und *oder*, können aber auch mehr als zwei Sätze miteinander verbinden (66c). Ein Sonderfall ist das konjunktionslose Aneinanderreihen mehrerer Sätze, die **Asyndese** (66d). Sie wird oft als ein Spezialfall der *und*-Koordination angesehen.[1] Wir interpretieren sie als eine (phonetisch) leere Konjunktion.

(66a) Ulla kam mit dem Auto, *aber* Karl benutzte den Bus.
(66b) Ulla kam *weder* mit dem Auto, *noch* benutzte Karl den Bus.
(66c) Ulla kam mit dem Auto, Karl benutzte den Bus, *und* wir kamen zu Fuß.
(66d) Ulla kam mit dem Auto, Karl benutzte den Bus, wir kamen zu Fuß.

Wir zeigen nun, wie die Koordination von der Subordination unterschieden werden kann. Wir beginnen mit der Asyndese, da bei ihr im Gegensatz zu allen anderen koordinierenden Verknüpfungen keine Konjunktion verwendet wird. Die einzigen anderen

[1] Eisenberg (1994), Seite 315.

vollwertigen Sätze, die ohne eine einleitende Konjunktion auskommen, sind die uneingeleiteten Nebensätze im Deutschen. Wir zeigen nun auf, wodurch sie sich von ihnen unterscheiden.

Nehmen wir an, wir haben einen uneingeleiteten Nebensatz vorliegen. Ist er ein Adverbial, so ist schon aufgrund der Wortstellung keine Verwechslung möglich: Das finite Verb steht an der ersten Stelle im Satz; in einem Hauptsatz müßte es hingegen an zweiter bzw. in bestimmten Fällen an letzter Stelle stehen. Ist er eine Ergänzung, so ist er durch das Prädikat gebunden, was an der Valenz des Prädikats zu erkennen ist: Der uneingeleitete Nebensatz füllt eine Stelle des Prädikats, die für einen *daß*-Satz vorgesehen ist. Selbst wenn die Stelle nur fakultativ ist, läßt sie keine andere Interpretation zu. Somit ist auch in diesem Fall keine Verwechslung möglich.

Alle anderen koordinierenden Verknüpfungen werden durch eine Konjunktion realisiert. Deshalb betrachten wir nun die Konjunktionen genauer. Je nach der Form der Verknüpfung unterscheiden wir zwischen **koordinierender** und **subordinierender Konjunktion**. Eine Konjunktion heißt koordinierend, wenn sie zwei Hauptsätze miteinander verknüpfen kann, und subordinierend, wenn sie einen Nebensatz einleiten kann. In keiner der betrachteten Sprachen ist eine Konjunktion beiden Kategorien zugeordnet, so daß sich – zumindest auf den ersten Blick – anhand der Konjunktion entscheiden läßt, ob eine Koordination oder eine Subordination vorliegt.

Nun sind Koordination und Subordination zunächst einmal semantische Begriffe, die etwas über die Relation der verknüpften Objekte zueinander sagen. Quirk & Greenbaum definieren entsprechend die Koordination als die Verknüpfung zweier unabhängiger Objekte und die Subordination als Verknüpfung eines unabhängigen Objekts mit einem abhängigen.[1] Letztendlich verwenden sie aber syntaktische Kriterien, um herauszufinden, welche Form der Verknüpfung vorliegt. So legen sie fest, daß eine koordinierende Konjunktion nicht einen Satz einleiten kann, der an erster Stelle steht (67a, 67b). Dies ist nur subordinierenden Konjunktionen möglich (68a, 68b):[2]

(67a) He tried hard, *but* he failed.
(67b) **But* he failed, he tried hard.

(68a) He failed, *although* he tried hard.
(68b) *Although* he tried hard, he failed.

Kann eine Konjunktion einen Satz einleiten, der an erster Stelle steht, so ist sie folglich subordinierend. So ist *because* subordinierend, da (69a) ein korrekter Satz ist. Der umgekehrte Schluß gilt aber nicht, wie das Beispiel (69b) zeigt. Die Konjunktion *for* ist subordinierend, obwohl ein mit *for* eingeleiteter Satz nicht an erster Stelle stehen darf.

(69a) *Because* he was unhappy, he asked to be transferred.
(69b) **For* he was unhappy, he asked to be transferred.

1 Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 11.1.
2 Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 9.11.

Wie diese Festlegung zustande kommt, ist nicht angegeben. Wir benötigen die Begründung aber auch nicht, denn für uns ist an der Festlegung vor allem interessant, daß sie nicht im Einklang mit der Sichtweise der deutschen Grammatiker steht, die wir als nächstes vorstellen werden.

Eisenberg verwendet für seine Definitionen von Koordination und Subordination die Begriffe Haupt- und Nebensatz. Die wiederum definiert er wie wir über ihre Funktion: Ist der Satz Attribut, Ergänzung oder Adverbial, so ist er ein Nebensatz; andernfalls ist er ein Hauptsatz. An anderer Stelle deutet er jedoch an, daß man Haupt- und Nebensätze auch über die Stellung des finiten Verbs, d. h. über die Wortstellung, definieren kann.[1] Letztendlich gibt bei ihm dann auch die Wortstellung den Ausschlag, wie an einem von ihm angegebenen Beispiel deutlich wird. In dem Beispiel werden die beiden kausalen Konjunktionen *denn* und *weil* gegenübergestellt:[2]

(70a) Karl kommt, *denn* Paul erwartet ihn. (koordinierend)
(70b) Karl kommt, *weil* Paul ihn erwartet. (subordinierend)

Die Konjunktionen *denn* und *weil* besagen beinahe dasselbe, so daß die beiden Sätze deshalb semantisch nur schwer zu unterscheiden sind. Syntaktisch unterscheiden sich die Sätze dagegen durch die Stellung des finiten Verbs in dem durch die Konjunktion eingeleiteten Satz.

Doch selbst nach diesem Gesichtspunkt liegen sie nicht so weit auseinander, wie es zuerst den Anschein hat. In der gesprochenen Sprache ist es nämlich durchaus möglich, *weil* wie eine koordinierende Konjunktion zu verwenden:

(70c) ?Karl kommt, *weil* Paul erwartet ihn.

Trotzdem ordnet Eisenberg die beiden Konjunktionen verschiedenen Kategorien zu. Er begründet die Entscheidung in erster Linie mit der Position des finiten Verbs,[3] führt aber im Hinblick auf das Beispiel (70c) noch ein weiteres Argument an: «So kann ein Adverbialsatz das Vorfeld eines Satzes besetzen [...]. Koordinierte Sätze sind nicht derart zu einer Einheit integriert, sie stehen nebeneinander.»[4] Koordinierende Konjunktionen induzieren also nicht nur eine für sie charakteristische Wortstellung in dem Satz, den sie einleiten, sie unterbinden zusätzlich eine bestimmte Wortstellung in dem anderen Satz, die bei subordinierenden Konjunktionen zulässig ist. Wir haben somit im Deutschen zwei Kriterien, die beide zur selben Kategorisierung der Konjunktionen führen. Das erste Kriterium ist die Wortstellung im eingeleiteten Satz, das zweite die zulässigen Wortstellungen im anderen Satz.

Das zweite Kriterium ähnelt dem Kriterium, das im Englischen verwendet wird. Auch dort darf eine koordinierende Konjunktion nicht einen Satz einleiten, der an erster

[1] Eisenberg (1994), die Definitionen von Koordination und Subordination befinden sich auf Seite 316, die von Haupt- und Nebensatz auf Seite 68, die der Funktionen auf Seite 58 und die von Hauptsatz- und Nebensatzstellung auf Seite 19.
[2] Eisenberg (1994), Seite 316.
[3] Eisenberg (1994), Seiten 19 und 20.
[4] Eisenberg (1994), Seite 514.

Stelle steht. Im Gegensatz zum Deutschen werden im Englischen aber noch andere Aspekte für die Zuordnung der Konjunktionen herangezogen. Deshalb verhalten sich die Konjunktionen *denn* und *for* zwar nach diesem Kriterium gleich, werden aber trotzdem verschieden kategorisiert.

Nehmen wir einmal an, daß in $\mathcal{L}_I$ eine Konjunktion existiert, die mit *denn* bzw. *for* übersetzt wird. Eine derartige Konjunktion ist nicht unwahrscheinlich, da die beiden Konjunktionen sehr ähnliche Bedeutungen haben. Auch darf keine der beiden Konjunktionen einen Satz einleiten, der an erster Stelle steht. Die natürlichsprachigen Kategorisierungen lassen sich jedoch nicht auf die formale Konjunktion übertragen, da ihre englische Übersetzung subordinierend und ihre deutsche dagegen koordinierend ist. Somit existiert ein Grenzbereich zwischen den beiden Kategorien, in dem es nicht möglich ist, die natürlichsprachigen Kategorisierungen auf die formalen Konjunktionen zu übertragen.

Zwei Auswege bieten sich an:

1. Wir verwenden eine Kategorisierung, die einen solchen Grenzbereich vermeidet.
2. Wir gestalten den Grenzbereich so, daß die in ihm enthaltenen Konjunktionen beliebig zugeordnet werden dürfen, da jede Zuordnung zum selben Ergebnis führt.

Wir verwenden beide Lösungen. Die erste haben wir bereits für die Definition der zusammengesetzten Sätze benutzt: Wir haben die Koordination an einer Eigenschaft festgemacht, die für $\mathcal{L}_I$ relevant ist: die Markierung. Eine Markierung ist ein von außen induziertes Informationsdefizit. Bei koordinierten Sätzen erwarten wir, daß eine solche Markierung an alle Teilsätze weitergegeben wird, denn es widerspricht dem Konzept der Koordination, wenn manche Teilsätze anders behandelt werden als andere. Eine Markierung bleibt auch bei der Generierung erhalten, selbst wenn sie auf den ersten Blick nicht zu erkennen sein muß: Wo nämlich in $\mathcal{L}_I$ keine Information vorhanden ist, kann bei der Generierung auch keine Information „dazuerfunden" werden.

Die zweite Lösung verwenden wir für die Notation: Wir führen für die Konjunktionen des Grenzbereichs zwei äquivalente Notationen ein. Sie dürfen sowohl wie subordinierende als auch wie koordinierende Konjunktionen geschrieben werden.

2.3.4 Unsere Lösung

Bevor wir unsere Notationen vorstellen, zeigen wir, wieso die beiden Kategorien der koordinierenden und der subordinierenden Konjunktionen in $\mathcal{L}_I$ benötigt werden. Wir zeigen dies, indem wir Beispiele dafür bringen, daß keine der beiden Konjunktionen unter die andere subsumiert werden kann. Wir beginnen mit der Koordination. Als Beispiel wählen wir die Konjunktion *und*. Wir zeigen, daß es nicht sinnvoll ist, sie wie eine subordinierende Konjunktion zu behandeln.

Koordination Das Paradebeispiel einer koordinierenden Konjunktion ist die Konjunktion *und*: Zum einem steht bei ihr außer Zweifel, daß sie Sätze gleichwertig miteinander verknüpft, zum anderen ist sie am vielseitigsten einsetzbar. Im Beispiel (71) ist die Verknüpfung dreier formaler Sätze s_1, s_2 und s_3 durch die formale Konjunktion ‹*und*› dargestellt:

(71)
$$\begin{array}{ccc} & \langle \mathit{und} \rangle & \\ s_1 & s_2 & s_3 \end{array}$$

Trotzdem ist es möglich, bei zwei durch *und* verknüpften Sätzen den durch *und* eingeleiteten Satz als dem anderen untergeordnet zu definieren, ganz so als handele es sich bei *und* um eine subordinierende Konjunktion. Die so definierte binäre Konjunktion bezeichnen wir mit ‹*und′*›.

Sofern wir die neue Konjunktion nur dazu verwenden, um genau zwei Sätze miteinander zu verknüpfen, dürfen wir auch bei der Generierung so tun, als ob wir es mit einer subordinierenden Konjunktion zu tun hätten; wir müssen nur einige Besonderheiten beachten, wie die Stellung des finiten Verbs und daß der durch ‹*und′*› eingeleitete Satz nicht an erster Stelle stehen darf. Diese Besonderheiten lassen sich aber problemlos im Lexikon ablegen. Sobald wir jedoch drei und mehr Sätze mit ‹*und′*› verknüpfen, was bei dem natürlichsprachigen *und* durchaus üblich ist, müssen wir die Konjunktion ‹*und′*› gesondert von den subordinierenden Konjunktionen behandeln. Die Gründe dafür zeigen wir am Beispiel (72) auf. In dem Beispiel ist die Struktur eines deutschen Satzes dargestellt, der aus den drei Teilsätzen $\hat{s}_1$, $\hat{s}_2$ und $\hat{s}_3$ besteht, die durch *und* verbunden sind.

(72) $\hat{s}_1$, $\hat{s}_2$, und $\hat{s}_3$.

Das Symbol ˆ deutet an, daß es sich um natürlichsprachige Sätze handelt. Das Symbol dient dazu, um zwischen einem formalen Satz s und seiner natürlichsprachigen Entsprechung $\hat{s}$ unterscheiden zu können. Die Funktion $s \longmapsto \hat{s}$, die formale Sätze in die deutsche Sprache abbildet, ist somit ein Generator.

Wollen wir den Satz (72) mithilfe der oben definierten binären Konjunktion ‹*und′*› nachbilden, so haben wir zwei Möglichkeiten. Sie sind in (73a) und (73b) abgebildet.

(73a)
$$\begin{array}{c} s_1 \\ | \\ \langle \mathit{und}' \rangle \\ | \\ s_2 \\ | \\ \langle \mathit{und}' \rangle \\ | \\ s_3 \end{array}$$

(73b)
$$\begin{array}{ccc} & s_1 & \\ \langle \mathit{und}' \rangle & & \langle \mathit{und}' \rangle \\ | & & | \\ s_2 & & s_3 \end{array}$$

In der Variante (73a) ist jedem Satz maximal ein anderer Satz untergeordnet, in der Variante (73b) sind dagegen dem einem Satz die anderen beiden untergeordnet. Nun enthält ein Hauptsatz üblicherweise nicht mehr als einen adverbialen Nebensatz, so daß wir mit diesem Argument die Darstellung (73b) zurückweisen könnten, weil dort dem Satz s_1 zwei Sätze untergeordnet sind. Wir tun es aber nicht, da dasselbe Argument bei der Darstellung (73a) zu einer unzulässigen Einschränkung führt: Die Sätze s_1 und s_2 enthalten je einen untergeordneten Satz, der Satz s_3 dagegen nicht. Nach der obigen Restriktion dürfte somit nur der Satz s_3 einen adverbialen Nebensatz enthalten. Dieses Resultat deckt sich jedoch nicht mit der Realität, wie man leicht nachprüfen kann, so daß folglich die Restriktion nicht anwendbar ist, und damit beide Darstellungen zulässig sind.

Die Tatsache, daß zwei Darstellungen existieren, suggeriert einen semantischen Unterschied, den es nicht gibt. Das ist aber nicht das einzige Manko dieses Ansatzes. So darf man des weiteren nicht naiv an den Satz herangehen und ihn so generieren, als handele es sich bei dem ‹*und*′› um eine gewöhnliche subordinierende Konjunktion – das Ergebnis wäre der folgende, recht ungewöhnliche Satz:

(74) $\hat{s}_1$, und $\hat{s}_2$, und $\hat{s}_3$.

Zwar kann man Abhilfe schaffen, indem man das erste ‹*und*′› durch eine Konjunktion ersetzt, die das Komma symbolisiert, doch geht dadurch der aufzählende Charakter der Verknüpfung mit *und* vollends verloren. Auch wird in den beiden Darstellungen (73a, 73b) der Aspekt verschleiert, daß es sich um eine Verbindung gleichwertiger Sätze handelt. Dazu ein Beispiel: Wenn s_1 ein Relativsatz ist, so müssen es auch s_2 und s_3 sein. Hätten die Sätze s_2 und s_3 hingegen eine adverbiale Funktion, so dürften sie keine Relativsätze sein: Die adverbiale Funktion verhindert dies.

Selbst wenn wir also mit den Darstellungen (73a) und (73b) arbeiten, muß das Wissen, daß es sich eigentlich um eine koordinierende Verknüpfung der Form (71) handelt, den Generatoren bekannt sein. Nur so läßt sich der aufzählende Charakter richtig behandeln und nur so lassen sich Informationen, wie z. B. Genus und Numerus der Relativpronomina, an alle Teilsätze weiterreichen.

Da das Konzept der Koordination unverzichtbarer Teil der Generatoren ist, ist es nur natürlich, die Koordination auch in $\mathcal{L}_I$ aufzunehmen. Es bleibt also nur noch zu zeigen, daß die subordinierenden Konjunktionen nicht wie eine spezielle Ausprägung der koordinierenden Konjunktionen behandelt werden sollten.

Subordination Wir untersuchen nun, welche Konsequenzen es hat, wenn man eine subordinierende Konjunktion wie eine koordinierende behandelt. Die übliche Sicht einer subordinierenden Konjunktion ist in (75a) am Beispiel der Konjunktion *wenn* dargestellt. Der Nebensatz s_2 ist dem Hauptsatz s_1 untergeordnet. Koordinierende Konjunktionen verhalten sich dagegen anders: Sie verknüpfen Sätze gleichberechtigt. Entsprechend definieren wir eine formale Konjunktion ‹*wenn*′›, die den koordinierenden Konjunktionen nachempfunden ist. Diese neue Konjunktion verknüpft die beiden Sätze gleichberechtigt, wie in der Abbildung (75b) zu sehen ist.

(75a) $$\begin{array}{c} s_1 \\ | \\ \langle \mathit{wenn} \rangle \\ | \\ s_2 \end{array}$$

(75b) $$\begin{array}{ccc} & \langle \mathit{wenn}' \rangle & \\ \diagup & & \diagdown \\ s_1 & & s_2 \end{array}$$

Wir werden nun zeigen, daß es natürlichsprachige Sätze gibt, die sich mit der Konjunktion ‹*wenn*′› nicht adäquat formalisieren lassen. Als Beispiel dienen uns der englische Satz (76a) zusammen mit seinem deutschen Gegenstück (76b). Sie unterscheiden sich strukturell durch das Adverb *dann*, das nur im deutschen Satz auftritt und im englischen Satz keine Entsprechung hat, und dadurch, daß die Gradpartikel *only* bzw. *nur* in den beiden Sätzen verschiedene Positionen einnehmen:

(76a) He will accept a law, *only* when it has been proved.

(76b) Er wird ein Gesetz *nur dann* akzeptieren, wenn es bewiesen worden ist.

Wir analysieren nun, warum die beiden Sätze verschieden aufgebaut sind, obwohl sie dasselbe bedeuten. Vergleicht man die Bedeutung eines Satzes mit einem Adverbial mit der Bedeutung des Satzes ohne dieses Adverbial, so stellt man fest, daß das Adverbial eine Restriktion auf die Gültigkeit des Satzes ausdrückt. Die Wirkung des Adverbials auf den Satz kann durch bestimmte Wörter, die Gradpartikeln, verändert werden.[1] Die wohl wichtigste Partikel ist die Negationspartikel *nicht*, die eine Negation ausdrückt.[2] Auch unser Beispiel enthält eine Gradangabe, die durch die Gradpartikel *only* bzw. *nur* realisiert ist. Die beiden Gradpartikeln stehen jedoch an zwei deutlich voneinander verschiedenen Stellen im Satz, obwohl sich die Sätze in ihrer Bedeutung entsprechen: Im Englischen ist der Adverbialsatz durch die Gradpartikel *only* direkt modifiziert, im Deutschen dagegen würde die Gradpartikel *nur* in dieser Position deplaziert klingen. Sie wird deshalb mithilfe des Adverbs *dann* in den übergeordneten Satz integriert. Das Adverb stellt den Bezug zwischen der Gradpartikel und dem Nebensatz her. Sie hätte aber auch ohne das Adverb in den Hauptsatz integriert werden können; der Bezug der Gradpartikel auf den Nebensatz müßte sich dann aus dem Kontext ergeben.

Wie modellieren wir das Ergänzen der Konjunktion ‹*wenn*′› um die Gradangabe ‹*nur*›? Da koordinierende Konjunktionen nicht um eine Gradpartikel ergänzt werden können, bleibt uns nur die Möglichkeit, eine neue Konjunktion ‹*nur wenn*′› einzuführen. Entscheiden wir uns für diese Lösung, so müssen wir zu jeder subordinierenden Konjunktion und für jede Gradpartikel eine Konjunktion bereitstellen. Außerdem können subordinierende Konjunktionen Sätze einleiten, die im Vorfeld des übergeordneten Satzes stehen. Auch diese Eigenschaft teilen sie nicht mit den koordinierenden Konjunktionen, was die Zahl der neuen Konjunktionen noch einmal verdoppelt. Wir erhalten also eine Vielzahl neuer Konjunktionen, die sich vermeiden ließen, indem wir die Konjunktionen als subordinierend kategorisieren.

[1] Eisenberg (1994), Seite 207.

[2] Drosdowski (1995), Abschnitt 1224.

Gegen das Einführen der neuen Konjunktionen spricht aber noch ein weiterer Punkt. Die Konjunktion ‹*nur wenn*′› hat zwar mit dem *only when* eine direkte Entsprechung im Englischen, im Deutschen dagegen besteht ihr Gegenstück aus zwei weit auseinander liegenden Teilen. Der eine Teil ist die Konjunktion *wenn*, der andere Teil besteht aus der Gradpartikel *nur* und dem Adverb *dann*. Zwar läßt sich der Zusammenhang zwischen den beiden Teilen mit semantischen Argumenten herstellen, doch basieren diese Argumente darauf, daß es sich bei der Konjunktion ‹*nur wenn*′› eigentlich um eine subordinierende Konjunktion handelt, die um eine Gradangabe ergänzt wurde. Die Gradangabe wird durch eine Gradpartikel ausgedrückt. Da es im Deutschen nicht zulässig ist, daß ein Nebensatz um eine Gradpartikel ergänzt wird, steht sie im Hauptsatz. Das Adverb *dann* resultiert aus der Konjunktion ‹*wenn*...*dann*›, die fast gleichbedeutend ist mit der Konjunktion *wenn* und den Bezug zwischen der Gradpartikel und dem Nebensatz klarer hervortreten läßt.

Aus der Konjunktion ‹*nur wenn*′› ist dies aber nicht ersichtlich, da sie ein Atom ist, und somit per Definition keine innere Struktur besitzt. Die eben angeführte Argumentation läßt sich somit nur dann in $\mathcal{L}_I$ nachbilden, wenn wir eine subordinierende Konjunktion ‹*wenn*› zulassen.

Notation Wir haben zwei Arten der Verknüpfung von Sätzen, die Koordination und die Subordination. Jede der beiden Verknüpfungen weist eine für sie charakteristische Relation der verknüpften Sätze zueinander auf: Bei der Koordination sind die Sätze nebengeordnet, bei der Subordination ist der eine Satz dem anderen untergeordnet. Von der Notation erwarten wir, daß sie diese Relation widerspiegelt.

Koordination Die Koordination haben wir daran festgemacht, daß die Teilsätze alle unmittelbare Bestandteile des Satzes sind; sie stehen also alle auf einer Stufe. Entsprechend stellen wir die Teilsätze als Folge von Sätzen dar. Die Konjunktion verknüpft sie zu einem einzigen Satz, d. h. sie bildet die Folge von Sätzen auf ein Objekt vom Typ Satz ab. Seien also $s_1, \ldots, s_n$ Sätze mit $n \geqslant 2$ und k eine koordinierende Konjunktion, dann ist der folgende Ausdruck ein **zusammengesetzter Satz**:

(77) $ks_1 \ldots s_n$

Wir bezeichnen die Kategorie der koordinierenden Konjunktionen mit *KOR*. Von ihrer Funktionalität her lassen sie sich in zwei Klassen unterteilen: Die binären Konjunktionen KOR_2 und die aufzählenden Konjunktionen $KOR_{\geqslant 2}$. Die binären Konjunktionen wie die Konjunktion *aber* können nur genau zwei Sätze miteinander verknüpfen, die aufzählenden Konjunktionen wie die Konjunktion *und* dagegen beliebig viele. Für die binären Konjunktionen ist das n der obigen Definition folglich immer gleich zwei.

Subordination Mit Subordination bezeichnen wir die Relation zwischen einem Nebensatz und seinem übergeordneten Satz. Entsprechend nennen wir die Konjunktionen, die Nebensätze einleiten, subordinierende Konjunktionen. Wir werden hier nur auf die Nebensätze in ergänzender und adverbialer Funktion eingehen. Die Notation der Nebensätze in attributiver Funktion behandeln wir erst, wenn wir die Attribute als solche eingeführt haben.

In den natürlichen Sprachen kommen etliche Nebensätze ohne einleitende Konjunktion aus. Ist es sinnvoll, in $\mathcal{L}_I$ so weit es geht auf Konjunktionen zu verzichten? Bei den Ergänzungen ist diese Idee naheliegend, da sich drei der vier Satztypen strukturell unterscheiden. Die *daß*- und *ob*-Sätze lassen sich jedoch weder strukturell noch durch die Valenz der Prädikate unterscheiden. Wir benötigen die Konjunktion also, um zwischen ihnen unterscheiden zu können. Wir entscheiden uns deshalb dafür, alle Nebensätze durch Konjunktionen einzuleiten, da sie sich dann einheitlich behandeln lassen. Bei den adverbialen Nebensätzen sind sie wegen der Vielzahl der verschiedenen Konjunktionen sowieso unabdingbar.

Sowohl die Ergänzungen wie auch die Adverbiale sind unmittelbare Bestandteile des einfachen Satzes. Es ist also wichtig, daß wir die beiden Nebensatztypen unterscheiden können. Da beide durch Konjunktionen eingeleitet werden, geschieht dies über die Konjunktion. Sie bestehen also beide aus Konjunktion und Satz, wobei der Satz entweder ein normaler Satz, ein Satz mit leerem Subjekt (ε-Satz) oder ein Satz mit freier Variable (λ-Satz) ist:

(78) *ks*

Die Kategorie der subordinierenden Konjunktionen bezeichnen wir mit *SUB*. Von der Funktionalität der Konjunktionen her läßt sie sich in drei Klassen unterteilen. Eine Konjunktion nimmt entweder normale Sätze, ε-Sätze oder λ-Sätze. Entsprechend bezeichnen wir die drei Klassen mit SUB_v, SUB_ε und SUB_λ. Dies ist aber nicht die einzige mögliche Unterteilung. Wir können die subordinierenden Konjunktionen genausogut nach der Funktion der Satzglieder unterteilen, die sie einleiten. Nach diesem Kriterium können wir zwei Klassen unterscheiden, je nachdem ob sie Ergänzungen (SUB_E) oder Adverbiale (SUB_A) einleiten.

Nun unterscheidet sich unsere Grenzziehung zwischen den subordinierenden und koordinierenden Konjunktionen von der Grenzziehung in den natürlichen Sprachen. Einige Konjunktionen, die bei uns Nebensätze einleiten, sind in den natürlichen Sprachen als koordinierend klassifiziert und umgekehrt. Bei den Konjunktionen des Grenzbereichs handelt es sich ausnahmslos um binäre koordinierende Konjunktionen und subordinierende Konjunktionen in adverbialer Funktion.

Wir überbrücken den Unterschied, indem wir zwei äquivalente Notationen für diese Konjunktionen einführen: Sie dürfen sowohl wie binäre koordinierende Konjunktionen wie auch wie subordinierende Konjunktionen in adverbialer Funktion geschrieben werden. Bedingung ist aber, daß die adverbialen Nebensätze nicht um Informationen ergänzt sind, die sie eindeutig als Adverbial kennzeichnen. Sie dürfen also weder um eine Gradpartikel ergänzt sein noch eine Markierung haben, die besagt, daß sie im Vorfeld des übergeordneten Satzes stehen sollen.

Seien s_1, s_2 Sätze und k eine binäre koordinierende oder eine adverbiale Konjunktion. Dann definieren wir, daß die beiden folgenden Schreibweisen äquivalent sind:

(79) $ks_1s_2 \iff s_1(ks_2)$

Zusammenfassung In diesem Abschnitt haben wir gezeigt, wie zusammengesetzte Sätze gebildet werden: Sie werden aus einer Konjunktion und einer Folge von Sätzen gebildet, die je nach Konjunktion entweder zwei Sätze lang ist, oder eine beliebige Länge haben darf. Der Typ der Sätze ist für die Konjunktion unerheblich, solange sie alle den gleichen Typ besitzen. Sie müssen also entweder alle normale Sätze, ε-Sätze oder λ-Sätze sein. Der Typ hängt dabei vom Typ des zusammengesetzten Satzes ab:

(80) $$\boxed{\text{zusammenges. Satz}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Satz}}\right]^{\tau\in\sigma}$$

(81) $$\boxed{\text{zusammenges. } \varepsilon\text{-Satz}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\varepsilon\text{-Satz}}\right]^{\tau\in\sigma}$$

(82) $$\boxed{\text{zusammenges. } \lambda\text{-Satz}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\lambda\text{-Satz}}\right]^{\tau\in\sigma}$$

Wir haben im Kapitel 2 somit gezeigt, wie in $\mathcal{L}_I$ Sätze mithilfe von Konjunktionen aus einfachen Sätzen konstruiert werden. Zwei Mechanismen stehen uns dabei zur Verfügung: die Koordination und die Subordination. Von den formalen Sätzen ist der Schritt zu den formalen Texten nicht weit: Sie sind lediglich Folgen solcher Sätze.

Diese Konstruktion bedingt, daß unser System mit einer sehr starren Satzstruktur arbeitet: Betrachten wir einen Text, der in zwei Sprachen generiert wurde, so werden wir zu jedem einfachen Satz in dem Text der einen Sprache genau einen Satz in dem Text der anderen Sprache finden, der ihm entspricht. Das stellt natürlich eine Einschränkung auf die Qualität der generierten Texte dar, denn die generierbaren Texte sind immer derart, daß eine 1:1-Beziehung zwischen ihren Sätzen bestehen muß. Wir haben jedoch am Beispiel zweier Arbeiten zur Satzalignierung gezeigt, daß dies keine wesentliche Einschränkung ist.

Bei der Konstruktion von $\mathcal{L}_I$ sind wir von Texten ausgegangen und sind in diesem Kapitel bei den einfachen Sätzen angekommen. Das zentrale Element des einfachen Satzes ist das Prädikat; es bestimmt maßgeblich seine Struktur. Wir gehen deshalb als nächstes auf das Prädikat ein und zeigen, wie wir es in $\mathcal{L}_I$ nachbilden.

3 Das Prädikat

In diesem Kapitel definieren wir, was wir in der formalen Sprache $\mathcal{L}_I$ unter einem Prädikat verstehen. Die Definition wird sich an den Gegebenheiten der natürlichen Sprachen orientieren, da wir versuchen, diese zu modellieren. Letztendlich entscheidet jedoch die Generierbarkeit über seine Struktur.

Prädikat Wir sind im Abschnitt 2.2 über den einfachen Satz bereits kurz auf das Prädikat eingegangen. Dort haben wir es vor allem unter dem Gesichtspunkt seiner Valenz betrachtet, denn seine Valenz bestimmt die Struktur des einfachen Satzes maßgeblich. Mehr noch: Die Valenz war bisher das einzige Merkmal des Prädikats, das Einfluß auf die Struktur von $\mathcal{L}_I$ hatte. Dies legt die folgende Definition eines Prädikats nahe: Das **Prädikat** ist die Konstituente des einfachen Satzes, die seine Valenz trägt.

In den natürlichen Sprachen trifft diese Definition sowohl auf Vollverben (1a) als auch auf Kopulaverben in Verbindung mit einem Adjektiv (1b) oder einer Nominalphrase (1c) zu. Wir fassen die Adjektive und Nominalphrasen, die einem Kopulaverb hinzugefügt sind, als **Eigenschaften** zusammen. Entsprechend nennen wir ein Kopulaverb in Verbindung mit einer Eigenschaft einen **Eigenschaftsterm**.

(1a) Sie *überrascht* ihn mit einem Päckchen.
(1b) Er *ist* ihr *dankbar*.
(1c) Daß er überrascht ist, *ist ein Erfolg*.

Bestandteile Da jedes Prädikat entweder aus einem Vollverb oder einem Eigenschaftsterm besteht, werden wir sie den **Kern** des Prädikats nennen. So bestehen die Prädikate der obigen Beispiele nur aus einem Kern. Die Bestandteile des Prädikats, die nicht Teil des Kerns sind, werden wir **Modifikatoren** nennen, denn sie sind optional. So enthält das Prädikat des folgenden Satzes neben dem Vollverb *überraschen*, das seinen Kern bildet, das Hilfsverb *werden*, das die Funktion eines Modifikators hat und das Passiv anzeigt:

(2) Er *wurde* von ihr mit einem Päckchen *überrascht*.

Bevor wir jedoch weiter auf die Modifikatoren eingehen, werden wir die Valenz des Prädikats genauer lokalisieren.

Valenz Ein Prädikat erhält seine Valenz je nach der Beschaffenheit seines Kerns entweder von seinem Vollverb oder von seiner Eigenschaft. Bei den Vollverben ist dies offensichtlich, doch bei Prädikaten, die aus einem Kopulaverb und einer Eigenschaft bestehen, kommt theoretisch auch das Kopulaverb als Träger der Valenz in Frage. Das folgende Beispiel macht jedoch deutlich, daß es die Eigenschaft sein muß, die die Valenz trägt:

(3a) *Er *ist* ihr *erfreut*.
(3b) *Daß er überrascht ist, *ist das Paket*.

Würde das Kopulaverb die Valenz tragen, so müßten die beiden Sätze wohlgeformt sein, denn bei ihnen ist im Vergleich zu den Sätzen (1b) und (1c) nur die Eigenschaft ausgetauscht worden. Das ist aber nicht der Fall: Während das Adjektiv *dankbar* (1b) ein Subjekt und ein Dativobjekt lizenziert, läßt das Adjektiv *erfreut* (3a) nur ein Subjekt zu. Ähnliches gilt für die Substantive: Das Substantiv *Erfolg* (1c) ist in der Lage, einen *daß*-Satz in Subjektposition zu lizenzieren, das Substantiv *Paket* (3b) dagegen nicht.[1]

Obwohl die Eigenschaften die Valenz tragen und somit aus unserer bisherigen Sicht alle Charakteristika besitzen, die für ein Prädikat wesentlich sind, benötigen sie trotzdem ein Kopulaverb, um ein vollständiges Prädikat zu bilden. Es stellt sich die Frage: Welche Information trägt das Kopulaverb? Die überwiegende Zahl der Eigenschaftsterme werden mit dem Kopulaverb *sein* gebildet. Dem Kopulaverb *sein* kommt somit die Rolle des Standardfalls zu. Als Standardfall trägt es keine Information und kann deshalb in der formalen Sprache weggelassen werden.

Aus dieser Sicht ist eine Eigenschaft also bereits ein Eigenschaftsterm. Die von *sein* verschiedenen Kopulaverben *bleiben* und *werden* sind somit Modifikatoren: Sie drücken eine Veränderung der Bedeutung aus, die eine Eigenschaft üblicherweise im Satz hat. *Bleiben* bedeutet soviel wie „die Eigenschaft beibehalten“ und *werden* soviel wie „die Eigenschaft erhalten“.[2]

Diese Sicht macht das Konzept des Eigenschaftsterms überflüssig: Der Kern eines Prädikats ist entweder ein Vollverb oder eine Eigenschaft. Alle anderen Bestandteile sind Modifikatoren des Kerns. Wir gehen nun darauf ein, welche weiteren Bestandteile des einfachen Satzes wir sinnvollerweise zum Prädikat rechnen sollen. Zunächst werden wir sie aufzählen und anschließend kurz besprechen. In den folgenden Unterkapiteln gehen wir dann genauer auf sie ein und klären, wie sie in $\mathcal{L}_I$ integriert werden.

Modifikatoren Wir beginnen mit einem Satz, der eine ganze Reihe von Bestandteilen enthält, auf die wir bisher noch nicht eingegangen sind:

(4) Er *wird nicht* überrascht *werden können*.

Die uns bekannten Bestandteile des Satzes sind das Vollverb *überraschen*, das den Kern des Prädikats bildet, und das Personalpronomen *er*, das Subjekt zum Prädikat ist. Die bisher nicht behandelten Bestandteile sind die beiden Hilfsverben *werden*, die

[1] Eisenberg (1994), Seiten 95 und 96.
[2] Eisenberg (1994), Seite 94. Eisenberg umschreibt *sein* als „sich in einem Zustand befinden“, *bleiben* als „in einem Zustand verharren“ und *werden* als „in einen Zustand gelangen“.

Futur I und Passiv anzeigen, die Negationspartikel *nicht* und das Modalverb *können*. Sie alle kommen als Bestandteile des Prädikats in Frage, und zwar als Modifikatoren für das Tempus, das Genus verbi (Aktiv und Passiv), die Negation und die Modalität (Modalverben). Soviel vorweggenommen: Hiermit sind bereits alle Modifikatoren aufgezählt, die wir berücksichtigen werden.

Wir untersuchen nun, wie eng die Bindung der einzelnen Modifikatoren an den Kern des Prädikats ist. Als Einstiegspunkt wählen wir die Flektion der Prädikate. Die Flektion ist zwar für sich genommen kein Modifikator, doch besteht zwischen Flektion und Prädikat offensichtlich eine enge Verbindung. Ein Modifikator, der durch Flektion realisiert wird, besitzt folglich eine enge Bindung an das Prädikat, was als Hinweis dafür zu werten ist, daß er dem Prädikat zuzuschlagen ist.

Flektion Je nach Sprache und Kontext trägt ein Verb unterschiedliche Flektionsinformationen. Die Information kann sowohl durch eine Veränderung in seinem Stamm als auch durch das Hinzufügen von Affixen realisiert sein. Im Französischen und Deutschen fällt die ausgeprägte Kongruenz zwischen Subjekt und flektiertem Verb in Person und Numerus deutlich ins Auge:

(5a) Ich sing**e**, du sing**st**, er sing**t**, wir sing**en**, ihr sing**t**, sie sing**en**.
(5b) je arriv**e**, tu arriv**es**, il arriv**e**, nous arriv**ons**, vous arriv**ez**, ils arriv**ent**.

In den Beispielen wird die Kongruenz durch Anhängen verschiedener Suffixe realisiert. Im Französischen kann die Kongruenz zwischen einem flektierten Verb und seinen Ergänzungen sogar noch weiter gehen als im Deutschen: Zum einen kann ein Verb zusätzlich Information über das Genus des Subjekts tragen, zum anderen kann es in bestimmten Konstellationen sogar Informationen über das Genus und den Numerus des direkten Objekts tragen. All diesen Informationen ist aber gemeinsam, daß sie etwas über die Ergänzungen aussagen und somit keine neue Information liefern. Die Informationen gehören damit auch nicht zum Prädikat, sondern sind eine Redundanz der natürlichen Sprache.

Dagegen gibt es andere Informationen, die nur an der Flektion des Prädikats abzulesen sind. Im Deutschen gilt das z. B. für bestimmte Informationen über das Tempus:

(6) s**i**ngen, s**a**ngen, **ge**s**u**ngen.

Die drei Formen von *singen* zeigen das Präsens, das Präteritum und das Partizip Perfekt an. Alle weiteren Informationen über das Tempus sind im Deutschen durch Hilfsverben realisiert. Im Lateinischen ist das anders: Dort kann das Tempus bereits am Suffix des Prädikats abgelesen werden. In beiden Fällen ist die Information über das Tempus jedoch nur lokal vorhanden. Es liegt deshalb nahe, das Tempus zum Prädikat zu zählen.

Ähnliches gilt für den Modus (Indikativ und Konjunktiv) und das Genus verbi (Aktiv und Passiv). Beide werden in den natürlichen Sprachen – genauso wie das Tempus

– entweder durch Flektion oder durch Hilfsverben realisiert. Wir sehen sie deshalb alle drei als Modifikatoren des Prädikats an. Den Modus werden wir jedoch nicht in $\mathcal{L}_I$ integrieren, da er in mathematischen Texten nicht benötigt wird: Nur wenige Verben stehen in mathematischen Texten im Konjunktiv, wie z. B. die Modalverben *können/könnten*, *sollen/sollten* und *müssen/müßten*. Wir werden deshalb den Konjunktiv dieser Verben als ein eigenständiges Prädikat auffassen und vermeiden so, auf den Modus eingehen zu müssen.

Als nächstes zeigen wir auf, welche Verbindung zwischen den Modalverben und dem Prädikat besteht, und anschließend gehen wir auf die Negation des Prädikats ein.

Modalität Die Verben *können*, *wollen*, *mögen* und *dürfen* zählen zu den Modalverben. Die Modalverben sind eine besondere Klasse von Verben, die immer zusammen mit einem Vollverb auftreten. Die Relation zwischen dem Modalverb und dem Vollverb kann auf zwei Weisen gesehen werden: Entweder bildet das Modalverb zusammen mit dem Vollverb eine Konstituente des Satzes (7a), oder das Modalverb „zerschneidet“ den Satz in Subjekt und Infinitivsatz (7b):

(7a) Es *kann regnen*.
(7b) Es *kann* regnen.

Die erste Sicht ist näher an der Struktur der natürlichen Sprachen, denn die Positionen von Vollverb, Modalverb und Hilfsverben im Satz hängen derart zusammen, daß es nicht möglich ist, den Infinitivsatz separat zu generieren, ohne die Kompositionalität zu verletzen:

(8) Er freut sich, weil er **den Berg** *hat* **sehen** *können*.

Der Infinitivsatz ist durch Fettdruck gekennzeichnet und das Hilfsverb für das Tempus und das Modalverb durch Kursivdruck. Da Infinitivsätze keinen Tempus haben, muß das Hilfsverb zum Modalsatz gehören. Das Hilfsverb steht aber mitten im Infinitivsatz, was die Kompositionalität verletzt.

Es spricht noch ein weiterer Grund für die erste Sicht: Das Subjekt des Modalsatzes ist syntaktisch gesehen nicht Subjekt zum Modalverb, sondern Subjekt zum Vollverb. Bei den meisten Vollverben fällt dies nicht auf, doch bei den nullstelligen Verben tritt diese Tatsache deutlich hervor: Die nullstelligen Verben sind dadurch gekennzeichnet, daß sie anstelle eines gewöhnlichen Subjekts den obligatorischen Platzhalter *es* zum Subjekt haben. Beispiele für solche Verben sind die Wetterverben wie *regnen*, *schneien* und *hageln*. Tritt ein solches nullstelliges Verb zusammen mit einem Modalverb auf, so hat das Modalverb den Platzhalter *es* zum Subjekt (7b). Es kann folglich kein eigenes Subjekt nehmen:

(9) *Die Wolke *kann* regnen.

Vergleicht man Modalverben mit Verben, deren Valenz identisch zu der Valenz der Modalverben ist – also mit Verben, die ein Subjekt und einen Infinitivsatz nehmen –, so stellt man fest, daß sie im Gegensatz zu den Modalverben das Subjekt des Infinitivsatzes nicht übernehmen. Ihr Subjekt ist ein eigenständiges Subjekt:

(10a) Er *glaubt* zu schlafen.
(10b) Er *läßt* antreten.

Das Subjekt kann zwar gleichzeitig das semantische Subjekt des Infinitivsatzes sein (10a), muß es aber nicht (10b). Im Satz (10b) kann das Subjekt somit schon aus semantischen Gründen nicht das Subjekt des Infinitivsatzes sein. Mithilfe der nullstelligen Verben läßt sich entsprechendes auch für den Satz (10a) zeigen:

(11) *Es *glaubt* regnen.

Obwohl das Prädikat *glauben* den obligatorischen Platzhalter *es* zum Subjekt hat, also in Analogie zu den Modalsätzen gebildet ist, ist der Satz ungrammatisch. Der Grund ist einfach: In Infinitivsätzen ist die Subjektposition durch die Markierung „leeres Subjekt" besetzt. Da nullstellige Verben keine Subjektposition besitzen, lassen sie eine solche Markierung auch nicht zu. Somit können sie auch keine Infinitivsätze bilden. Der folgende Satz ist deswegen ungrammatisch, obwohl sein Prädikat *lassen* ein eigenständiges Subjekt hat und *regnen* ein Infinitiv ist:

(12) *Die Wolke *läßt* regnen.

Zwischen den Modalverben und den Prädikaten mit der Valenz Subjekt und Infinitivsatz besteht somit ein wesentlicher Unterschied. Wir fassen sie deshalb nicht als eigenständige Prädikate auf, sondern als Modifikatoren des Prädikats.

Negation Als letztes gehen wir noch kurz auf die Negation ein. Vergleicht man einfache Sätze, die ein Negationswort enthalten, mit den entsprechenden Sätzen ohne Negationswort, so unterscheiden sie sich in ihrer Bedeutung meist wie folgt: Während die Sätze mit Negation besagen, daß das Prädikat angewandt auf seine Terme nicht zutrifft, sagen die Sätze ohne Negation, daß es zutrifft. Dazu ein Beispiel:

(13a) Peter liebt Maria *nicht*.
(13b) Peter liebt Maria.

Der Satz (13a) besagt, daß *Peter* und *Maria* nicht zueinander in der Relation *lieben* stehen, und der Satz (13b) sagt, daß sie zueinander in dieser Relation stehen. Es liegt also nahe, in $\mathcal{L}_I$ eine Negation des Prädikats zuzulassen.

Man kann versuchen, die Bedeutung der Negation eines Prädikats naiv zu interpretieren: Die Negation besagt, daß das Prädikat angewandt auf seine Terme nicht zutrifft.

In den natürlichen Sprachen sind die Dinge jedoch nicht so einfach, wie diese Definition es suggeriert: Zum einen kann die Negation eines Prädikats so aussehen, als sei einer seiner Terme negiert (14a), zum anderen ist nicht selten aus der Sicht der Syntax das Prädikat negiert, obwohl von der Bedeutung her eigentlich einer der Terme negiert sein müßte (15b).

Der Kontrast wird an den Beispielen (14b) und (15a) deutlich, in denen die Negation an der Stelle steht, wo man sie von der Bedeutung des Satzes her auch erwarten würde. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Satzpaaren (14a, 14b) und (15a, 15b) ist die verwendete Sprache – von ihrer Bedeutung her sind die Paare dagegen nahezu identisch.

(14a) Ein Radius alleine definiert *keinen* Kreis.
(14b) A radius alone does *not* define a circle.

(15a) Er gab ihm *nicht* viele Ratschläge.
(15b) He did *not* give him many hits.

An den obigen Beispielen zeigt sich bereits eine Unzulänglichkeit der obigen naiven Interpretation der Negation: Obwohl alle vier Sätze aussagen, daß das Prädikat angewandt auf seine Terme nicht zutrifft, scheint in den ersten beiden Sätzen das Prädikat und in den letzten beiden Sätzen ein Objekt negiert zu sein. Um also entscheiden zu können, was in $\mathcal{L}_I$ die Negation eines Prädikates bedeutet, müssen wir folglich zuerst klären, was wir in $\mathcal{L}_I$ überhaupt unter Negation verstehen wollen. Dieser Frage werden wir im Kapitel 4 nachgehen.

Zusammenfassung Wir fassen nun die bisher gefundenen Strukturen des Prädikats zusammen. Zunächst unterteilt sich das Prädikat in einen Kern und seine Modifikatoren:

(16) $\boxed{\text{Prädikat}} \rightarrow \boxed{\text{Kern}} + \boxed{\text{Modifikatoren}}$

Der Kern enthält die obligatorischen Bestandteile des Prädikats. Wir unterscheiden zwei Typen von Kernen: Entweder ist der Kern ein Schlüssel, der in etwa einem Vollverb der natürlichen Sprache entspricht, oder eine Eigenschaft. Wir werden außerdem die Modifikatoren zum Kern zählen, die nur in Verbindung mit einem bestimmten Typ von Kern auftreten können: Bei den Schlüsseln ist es das Genus verbi, und bei den Eigenschaften ist es das Kopula. Die Gründe dafür sind, daß in den natürlichen Sprachen nur Vollverben passivfähig sind und nur Eigenschaften durch Kopula ergänzt werden. Ein Kern ist somit:

(17) $$\begin{aligned} \boxed{\text{Kern}} \rightarrow\ & \boxed{\text{Prädikatschlüssel}} + \boxed{\text{Genus verbi}} \\ \mid\ & \boxed{\text{Eigenschaft}} + \boxed{\text{Kopula}} \end{aligned}$$

Wir gehen nun auf die Bestandteile des Kerns ein. Der Prädikatschlüssel bedarf keiner weiteren Erläuterung und auf die Eigenschaft werden wir im Abschnitt 3.1 genauer eingehen. Das Genus verbi behandeln wir im darauffolgenden Abschnitt 3.2. Soviel nehmen wir jedoch vorweg: Da es sich beim Genus verbi um einen Modifikator handelt, existiert eine Belegung, die wir als unmarkiert, d. h. als Standard, ansehen: das Aktiv.

Auch die Kopula sind Modifikatoren. Bei ihnen ist der Standardfall das Kopula *sein*. Die anderen Kopula sind in mathematischen Texten selten. Sie sind sogar so selten, daß es keine große Einschränkung bedeuten würde, wenn wir ganz auf sie verzichten würden. Um den Standardfall in unserer Grammatik kennzeichnen zu können, führen wir eine Konvention ein: Wir markieren den Standardfall durch einen doppelten Rahmen:

(18) $\boxed{\text{Kopula}} \rightarrow \boxed{\boxed{\textit{sein}}} \mid \boxed{\textit{bleiben}} \mid \boxed{\textit{werden}}$

Nun zu den Modifikatoren, die unabhängig vom Typ des Kerns sind. Sie sind eine Markierung für die Negation, die Modalität und das Tempus:

(19) $\boxed{\text{Modifikatoren}}$

$$\rightarrow \boxed{\text{Modalität}} + \boxed{\text{Tempus}} + \boxed{\text{Markierung}}$$

Die Modalität werden wir im Abschnitt 3.3 behandeln, das Tempus im Abschnitt 3.4 und die Negation im Kapitel 4. Während die Modalität und das Tempus spezifisch für das Prädikat sind, ist die Negation nicht auf Prädikate beschränkt: Etliche andere Konstituenten des Satzes, wie z. B. Terme, sind auch negierbar:

(20) *Nicht* Peter liebt Maria.

Wir werden die Negation deshalb nicht nur aus dem Blickwinkel des Prädikats betrachten, sondern umfassend auf sie eingehen. Nur soviel vorweggenommen: Die Negation ist eine binäre Entscheidung. Ein Prädikat ist also entweder als negiert markiert oder nicht:

(21) $\boxed{\text{Markierung}} \rightarrow \boxed{\text{markiert}} \mid \boxed{\boxed{\text{unmarkiert}}}$

3.1 Die Eigenschaft

In diesem Abschnitt gehen wir darauf ein, wie wir die Eigenschaften in $\mathcal{L}_I$ integrieren werden. Bereits im letzten Abschnitt haben wir festgestellt, daß eine Eigenschaft entweder ein prädikativ verwendetes Adjektiv ist oder eine prädikativ verwendete Nominalphrase. Eine naheliegende Lösung ist es, diese Klassifikation in $\mathcal{L}_I$ nachzubilden. Es wird sich zeigen, daß dieser Ansatz für die Adjektive nicht angemessen ist. Für die Nominalphrasen führt er hingegen zu einer eleganten Lösung.

Adjektive In der traditionellen Grammatik mag es sinnvoll sein, bei den Adjektiven zwischen einer attributiven (22a), prädikativen (22b) und adverbialen (22c) Verwendung zu unterscheiden, weil dadurch eine Verwandtschaftsbeziehung zwischen den drei Kategorien herausgestellt wird:

(22a) das *kranke* Kind
(22b) Das Kind ist *krank*.
(22c) Das Kind liegt *krank* im Bett.

Die drei Verwendungen lassen sich jedoch klar gegeneinander abgrenzen und können nicht miteinander verwechselt werden. Außerdem gehen die drei Verwendungen mit einer Verschiebung der Bedeutung des Adjektivs einher, die – und das ist für uns ausschlaggebend – in den von uns betrachteten Sprachen unterschiedlich ausfällt. Das hat zur Konsequenz, daß Adjektive unterschiedlicher Sprachen sich in einer Verwendung entsprechen können und in einer anderen dagegen nicht. Für uns ist es deshalb sinnvoll, die drei Verwendungen als unabhängige Kategorien anzusehen, jede mit ihrem eigenen Wortschatz.

Eine gute Beschreibung der Veränderung der Bedeutung findet sich in Eisenberg.[1] Er sagt, daß attributive Adjektive „andauernde Eigenschaften“ bezeichnen (23a), wohingegen adverbiale Adjektive „temporale Eigenschaften“ benennen (23b):

(23a) Paul ißt am liebsten *holländische* Tomaten.
(23b) Paul ißt Tomaten am liebsten *holländisch*.

Während die adverbialen Adjektive auf temporale Eigenschaften beschränkt sind, können die attributiven Adjektive auch mit abgeleiteter Bedeutung verwendet werden. So kann das *krank* im Beispiel (22a) auch als temporale Eigenschaft verstanden werden. Das Französische ist dagegen restriktiver als das Deutsche:

(24a) das *brennende* Haus
(24b) *la maison *brûlante*

Während im Deutschen *brennend* als eine temporale Eigenschaft verstanden wird, ist diese Lesart im Französischen nicht zulässig: *Brûlé* muß als andauernde Eigenschaft verstanden werden, was natürlich nicht der Intention des Satzes entspricht.

Auch zwischen der prädikativen und attributiven Verwendung eines Adjektivs besteht ein Bedeutungsunterschied. So gering er oft sein mag, in bestimmten Fällen führt er dazu, daß eine der beiden Verwendungen nicht zulässig ist:

(25a) *Der Mörder ist *potentiell*.
(25b) der *potentielle* Mörder

[1] Eisenberg (1994), Seiten 223 und 224.

(26a) Paul ist *gewillt*.
(26b) *der *gewillte* Paul

Die prädikativen Adjektive werden deshalb in $\mathcal{L}_I$ eine eigenständige Kategorie bilden. Um dies zu unterstreichen, geben wir ihnen einen eigenen Namen: Wir nennen sie **Zustände**, denn sie bezeichnen vor allem andauernde Eigenschaften.

Zustände Die Zustände umfassen jedoch mehr als nur die formalen Entsprechungen der prädikativen Adjektive: Wir werden alles, was dieselbe Funktion wie ein prädikatives Adjektiv hat, als einen Zustand bezeichnen. Das betrifft sowohl ergänzte als auch zusammengesetzte prädikative Adjektive:

(27a) Dieser Algorithmus ist *besonders effizient*.
(27b) Die Aufgaben sollten *schnell und einfach* zu lösen sein.

Als Ergänzungen kommen vor allem die Gradpartikeln in Frage. Sie haben keinen Einfluß auf die Valenz.[1] Die Verknüpfungen werden durch Konjunktionen realisiert. Die Valenz des zusammengesetzten Zustands entspricht dem Durchschnitt der Valenzen der verknüpften Eigenschaften.

Nominalphrasen Während die Art der Verwendung bei den Adjektiven maßgeblichen Einfluß auf ihre Bedeutung hat, ist dies bei den Nominalphrasen nicht der Fall: Prädikativ verwendete Nominalphrasen sind für sich genommen identisch zu Nominalphrasen in ergänzender Funktion. Der einzige Unterschied ist, daß ihre Valenz Einfluß auf den Bau des Satzes hat, indem sie festlegt, von welchem Typ das Subjekt des Satzes sein darf. Fast immer ist nur ein Term vom Typ Nominalphrase zugelassen. Nur selten sind auch Terme eines anderen Typs zulässig:

(28a) Daß der Baum Blätter verliert, ist *eine Tatsache*.
(28b) *Daß der Baum Blätter verliert, ist *der Herbst*.

Es ist deshalb denkbar, auf prädikativ verwendete Nominalphrasen zu verzichten und stattdessen Kopulaverben eine zweistellige Valenz zuzugestehen. Bei dieser Lösung ist es jedoch nicht möglich, die Valenz der Nominalphrase zu berücksichtigen. Wir entscheiden uns deshalb dafür, die prädikative Verwendung von Nominalphrasen zuzulassen.

Zusammenfassung Die formale Entsprechung der Nominalphrasen sind die Individuen. Eine Eigenschaft ist somit entweder ein Zustand oder ein Individuum:

(29) $\boxed{\text{Eigenschaft}} \rightarrow \boxed{\text{Zustand}} \mid \boxed{\text{Individuum}}$

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 636.

Auf die Individuen werden wir im Abschnitt 5.3 näher eingehen. Die Zustände haben wir hingegen bereits besprochen. Sie unterteilen sich zunächst in einfache und zusammengesetzte Zustände:

(30)
$$\begin{array}{lcl} \boxed{\text{Zustand}} & \rightarrow & \boxed{\text{einfacher Zustand}} \\ & \mid & \boxed{\text{zusammengesetzter Zustand}} \end{array}$$

Ein zusammengesetzter Zustand besteht aus einer Konjunktion und einer Folge von Termen, die von ihrer Länge her zur Konjunktion passen muß:

(31)
$$\boxed{\text{zus. Zustand}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{einf. Zustand}}\right]^{\tau\in\sigma}$$

Ein einfacher Zustand ist entweder ein Schlüssel oder ein Schlüssel in Verbindung mit einer Gradangabe. Der Schlüssel entspricht einem prädikativen Adjektiv der natürlichen Sprache, und die Gradangabe entspricht einer Gradpartikel:

(32)
$$\begin{array}{lcl} \boxed{\text{einf. Zustand}} & \rightarrow & \boxed{\text{Zustandsschlüssel}} \\ & \mid & \boxed{\text{Gradangabe}} + \boxed{\text{Zustandsschlüssel}} \end{array}$$

Bisher sind wir ausschließlich auf Zustandsschlüssel eingegangen, die einem natürlichsprachigen Adjektiv entsprechen. Es sind aber auch andere Entsprechungen denkbar. Im Abschnitt 8.1 werden wir zeigen, daß es sinnvoll ist, auch ein prädikativ verwendetes Adverb durch einen Zustandsschlüssel zu repräsentieren.

3.2 Das Genus verbi

Beim Genus verbi werden die beiden Formen Aktiv (33a) und Passiv unterschieden. Im Deutschen wird das Passiv weiter nach dem mit *werden* gebildeten Vorgangspassiv (33b) und dem mit *sein* gebildeten Zustandspassiv (33c) unterteilt:

(33a) Wir beweisen die Aussage nicht.
(33b) Die Aussage *wird* (von uns) nicht bewiesen.
(33c) Die Aussage *ist* nicht bewiesen.

Das Aktiv kommt in Texten ungleich häufiger vor als das Passiv. Im Deutschen stehen etwa 93% der Sätze im Aktiv, wohingegen das Vorgangspassiv in etwa 5% der Sätze und das Zustandspassiv in etwa 2% der Sätze verwendet wird. Das Aktiv wird deshalb üblicherweise als die merkmallose Form gesehen und das Passiv als die Kontrastform.[1]

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 307.

Bisher haben wir ausschließlich aktivische Sätze behandelt. So haben wir u. a. unser Valenzsystem ausschließlich auf Basis von aktivischen Prädikaten konstruiert. Das Ziel dieses Abschnitts ist es, zu zeigen, wie das Passiv in dieses System integriert werden kann. Dafür ist es zunächst einmal wichtig, zu wissen, wodurch sich das Aktiv und das Passiv unterscheiden. Wenn man einmal von der Form des Prädikats absieht, so ist der wesentliche Unterschied der, daß im Passivsatz ein Objekt des Aktivsatzes die Funktion des Subjekts übernimmt, und das Subjekt des Aktivsatzes entweder zu einem Präpositionalobjekt wird oder ganz weggelassen wird.

Zwischen den drei von uns betrachteten Sprachen bestehen jedoch nicht nur Unterschiede in der Art, wie das Passiv gebildet wird, sondern auch in seiner Bedeutung. Wir betrachten deshalb das Passiv der drei Sprachen separat und vergleichen sie anschließend miteinander. Wir beginnen mit dem deutschen Vorgangspassiv und behandeln dann das englische und das französische Passiv. Es wird sich zeigen, daß sie sich im wesentlichen entsprechen. Danach gehen wir noch auf das deutsche Zustandspassiv ein und zeigen, weshalb es sinnvoll ist, es nicht als eine Form des Passivs anzusehen, sondern als eine Variante der Eigenschaften. Wir schlagen es deshalb auch nicht dem Genus verbi zu, sondern den Eigenschaften.

Der Vergleich der Sprachen wird also zeigen, daß wir nur eine Passivform in $\mathcal{L}_I$ benötigen: das Vorgangspassiv. Zu guter Letzt klären wir, welche Funktion das Passiv in $\mathcal{L}_I$ haben wird, und legen fest, welche Prädikate passivfähig sein werden. Doch nun zu dem deutschen Vorgangspassiv.

Das deutsche Vorgangspassiv Drosdowski (1995) unterscheidet beim Vorgangspassiv drei Typen von Prädikaten. Über die Zuordnung entscheidet das Objekt, das im Passivsatz zum Subjekt wird:

Typ A Das Objekt ist ein Akkusativobjekt.

Typ B Das Objekt ist ein Genitiv-, Dativ- oder Präpositionalobjekt.

Typ C Das Prädikat hat keine Objekte.

Die drei Typen unterscheiden sich deutlich in der Häufigkeit ihres Auftretens. Während 97% auf den Typ A entfallen, sind die Typen B und C nur mit 2% und 1% vertreten. Zur Illustration geben wir zu jedem Typ je ein Beispiel an:[1]

(34a) Vera streicht *ihr Zimmer*.
(34b) *Das Zimmer* wird (von Vera) gestrichen.

(35a) Sie gruben *nach Kohle*.
(35b) *Nach Kohle* wurde (von ihnen) gegraben.

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 308.

(36a) Die Griechen tanzten.
(36b) Von den Griechen/*Es* wurde getanzt.

Die Typen A und B sind sich in ihrer Struktur sehr ähnlich: Bei beiden wird ein Objekt zum Subjekt, und das vormalige Subjekt wird entweder zu einem Präpositionalobjekt mit der Präposition *von* oder ganz weggelassen. Die beiden Typen unterscheiden sich lediglich durch den Kasus, den das Objekt im Passivsatz annimmt: Während beim Typ A das Objekt den Nominativ erhält (34b), behält das Objekt beim Typ B seinen Kasus bei (35b). Der Typ C hat im Gegensatz zu den anderen beiden Typen kein Objekt, das im Passivsatz zum Subjekt werden kann. Stattdessen füllt entweder das zum Präpositionalobjekt gewordene Subjekt des Aktivsatzes oder der Platzhalter *es* die Subjektposition (36b).

Für Prädikate mit zwei Objekten existiert eine weitere Form des Vorgangspassivs. Neben der mit *werden* gebildeten Form, bei der das Akkusativobjekt zum Subjekt wird, existiert eine Form, die wahlweise mit *bekommen*, *erhalten* oder *kriegen* gebildet werden kann, und in der das Dativobjekt zum Subjekt wird:[1]

(37a) Sie schenkte ihm einen Pullover.
(37b) *Ein Pullover* wurde ihm geschenkt.
(37c) *Er* bekam einen Pullover geschenkt.

Da die beiden Sätze (37b) und (37c) in etwa gleichbedeutend sind, werden wir in $\mathcal{L}_I$ auf die Passivbildung mit *bekommen*, *erhalten* und *kriegen* verzichten.

Das englische Passiv Die englische Sprache kennt im Gegensatz zum Deutschen nur eine Form des Passivs. Sie entspricht von ihrer Bedeutung her in etwa dem deutschen Vorgangspassiv und kann nur von Prädikaten gebildet werden, die ein direktes Objekt besitzen (38a). Eine Bildung des Passivs in Analogie zum deutschen Vorgangspassiv vom Typ B und C ist dagegen nicht möglich (38b, 38c). Die folgenden drei Sätze zeigen dies deutlich. Sie sind die direkten Übersetzungen der deutschen Passivsätze (34b), (35b) und (36b):

(38a) *The room* is being painted (by Vera).
(38b) **For coal* was dug (by them).
(38c) *By the Greeks/*It* was danced.

Das englische Passiv entspricht somit im wesentlichen dem deutschen Vorgangspassiv vom Typ A. Seine Bildung verläuft jedoch nicht in allen Punkten parallel. In Sätzen mit zwei direkten Objekten kann wahlweise das erste oder das zweite Objekt zum Subjekt des Passivsatzes werden, wobei die zweite Variante geläufiger ist:[2]

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 317.
[2] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 7.5.

(39a) She gave him a pullover.
(39b) *A pullover* was given (to) him.
(39c) *He* was given a pullover.

Der englische Satz (39b) entspricht in etwa dem deutschen Satz (37b) und der englische Satz (39c) in etwa dem deutschen Satz (37c).

Der größte Unterschied zwischen dem deutschen Vorgangspassiv und dem englischen Passiv ist somit, daß die Typen B und C im Englischen fehlen. Es ist jedoch kein großer Verlust, wenn ein Text ohne sie formuliert werden muß, denn in einem deutschen Text werden sie im Durchschnitt nur in 1,5 Promille der Sätze verwendet. Wir werden deshalb nur das Vorgangspassiv vom Typ A in die formale Sprache aufnehmen.

Das französische Passiv Mit dem französischen Passiv lassen sich sowohl Zustände als auch Vorgänge beschreiben. Wie das englische Passiv kann es nur von Prädikaten gebildet werden, die ein direktes Objekt besitzen:

(40a) Elle lui a donnée *un pullover*.
(40b) *Un pullover* lui a été donné (par elle).

Das Passiv wird im Französischen deutlich seltener verwendet als in den anderen beiden Sprachen. Oftmals wird dort, wo im Deutschen ein Passivsatz verwendet wird, im Französischen ein Aktivsatz mit dem Platzhalter *on* als Subjekt verwendet. Eine Übersetzung des deutschen Passivsatzes mit einem Passivsatz ist aber genauso zulässig. Wir können deshalb die Entscheidung dem Generator überlassen.

Prädikate mit zwei Objekten Bei Prädikaten mit zwei Objekten gibt es oftmals zwei Varianten des (Vorgangs-)Passivs. So kann beispielsweise beim englischen Prädikat *send* sowohl das erste wie auch das zweite Objekt zum Subjekt des Passivsatzes werden:

(41a) He sent her a letter.
(41b) A letter was sent (to) her.
(41c) She was sent a letter.

Wir haben uns dafür entschieden, Varianten des Passivs in $\mathcal{L}_I$ nicht zu berücksichtigen. Der Grund dafür ist einfach: Zum einen sind nicht immer beide Varianten in allen Sprachen zulässig, und zum anderen gilt fast immer eine der beiden Varianten als betont. Damit die generierten Sätze in etwa die gleiche Bedeutung haben, muß eine solche Betonung vermieden werden. Von den Generatoren erwarten wir, daß sie sich für die Variante entscheiden, die in ihrer Sprache geläufiger ist. Es muß sich dabei nicht in allen Sprachen um die gleiche Variante handeln, wie das folgende Beispiel belegt:

(42a) *Diese Uhr* wurde mir von meinem Vater gegeben.

(42b) *I* was given *this watch* by my father.

(42c) *Cette montre* moi a été donné par mon père.

In dem Beispiel sind die direkten Objekte der zugehörigen Aktivsätze durch Kursivdruck hervorgehoben. Doch nun zu der Behandlung des deutschen Zustandspassivs.

Das deutsche Zustandspassiv Neben dem Vorgangspassiv kennt die deutsche Sprache noch das Zustandspassiv, das mit *sein* gebildet wird (43a, 44a). Es können zwei Typen unterschieden werden. Entscheidend für die Zuordnung ist, worauf das Zustandspassiv zurückgeführt werden kann:[1]

Typ 1 Es kann auf das Perfekt des Vorgangspassivs zurückgeführt werden.

Typ 2 Es kann nur auf einen entsprechenden Aktivsatz zurückgeführt werden.

Das Prädikat *öffnen* ist ein Beispiel für ein Prädikat vom Typ 1 (43a, 43b), und das Prädikat *bedecken* ist ein Beispiel für ein Prädikat vom Typ 2 (44a, 44b):

(43a) Die Tür ist geöffnet.

(43b) Die Tür ist geöffnet *worden*.

(44a) Die Bücher sind mit Staub bedeckt.

(44b) *Die Bücher sind mit Staub bedeckt *worden*.

Die folgenden beiden Sätze sind die aktivischen Gegenstücke zu den letzten beiden Sätzen. Es fällt auf, daß der Satz (44b) auch als Aktivsatz falsch bleibt (45b):

(45a) Staub bedeckt die Bücher.

(45b) **Man* bedeckt die Bücher mit Staub.

Während das Aktiv und das Vorgangspassiv nahezu gleichbedeutend sind, ist beim Zustandspassiv ein inhaltlicher Unterschied auszumachen. Wie der Unterschied genau beschaffen ist, hängt vom Typ des Zustandspassivs ab. Wir gehen deshalb auf beide Typen einzeln ein. Unser besonderes Augenmerk gilt dabei den Entsprechungen des Zustandspassivs im Englischen: Weil das Englische das Zustandspassiv nicht kennt, muß es umschrieben werden. Wenn es jedoch möglich ist, das Zustandspassiv im Englischen zu umschreiben, so wird ähnliches auch für $\mathcal{L}_I$ gelten. Wir haben vor, diesen Mechanismus nachzubilden.

Drosdowski (1995) charakterisiert das Zustandspassiv vom Typ 1 wie folgt: «Inhaltlich betrachtet, wird der Sachverhalt nicht mehr als Vorgang, als Prozeß, als Handlung mitgeteilt, sondern als ein Zustand, der das Ergebnis des Vorgangs oder der Handlung

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 318.

darstellt.»[1] Beim Typ 1 liegen folglich Handlung und Ergebnis noch nahe beieinander. Will man ein Zustandspassiv vom Typ 1 ins Englische übersetzen, so muß man sich hingegen für eine der beiden Sichtweisen entscheiden: Entweder man betrachtet nur das Ergebnis und blendet die vorausgegangene Handlung aus (46a). In diesem Fall entspricht das Zustandspassiv einer Eigenschaft (46b):

(46a) The door is open.
(46b) Die Tür ist offen.

Andererseits kann man auch den Aspekt der in der Vergangenheit abgeschlossenen Handlung hervorheben (47a). In diesem Fall ist das Zustandspassiv auf das Perfekt des Vorgangspassivs zurückgeführt (47b) worden:

(47a) The door was opened.
(47b) Die Tür ist geöffnet worden.

Diese Rückführung des Zustandspassivs auf das Perfekt des Vorgangspassivs ist beim Typ 2 dagegen nicht möglich. Von den beiden Möglichkeiten bleibt also nur die Übersetzung als Eigenschaft übrig. Dieses Ergebnis deckt sich mit Drosdowski (1995) Charakterisierung des Typs 2: «Nicht ein Zustand als Ergebnis einer Handlung wird ausgedrückt, sondern eine andauernde oder zeitweilig zu beobachtende Seinsgegebenheit.»

Das Zustandspassiv entspricht also entweder dem Perfekt des Vorgangspassivs oder einer Eigenschaft. Wir subsumieren das Zustandspassiv der Prädikate deshalb unter die Eigenschaftsschlüssel. Wir haben somit gezeigt, daß das Zustandspassiv auf bereits vorhandene Strukturen von $\mathcal{L}_I$ zurückgeführt werden kann und dürfen deshalb in $\mathcal{L}_I$ darauf verzichten.

Textfunktion Wir gehen nun auf die Funktion des Passivs ein. Weil aktivische und passivische Sätze im wesentlichen gleichbedeutend sind, läßt sich der Nutzen des Passivs folglich nicht über die Semantik erklären, sondern muß durch etwas anderes begründet sein. Syntaktisch gesehen ermöglicht es das Passiv, daß das Subjekt eines Aktivsatzes zu einer fakultativen Ergänzung gemacht wird. Wir betrachten nun, welche Vorteile das haben kann.

Aus der Sicht der Sätze ergibt sich daraus der folgende Nutzen: Das Passiv erlaubt es, eine Information wegzulassen, die in einem Aktivsatz obligatorisch wäre. Für diese Funktion des Passivs spricht, daß das Subjekt tatsächlich in der überwiegenden Zahl der Passivsätze weggelassen wird (ca. 90%). Da transitive Prädikate zumeist Handlungen beschreiben und ihr Subjekt den Urheber dieser Handlung benennt, wird das Passiv häufig als „täterabgewandt“ charakterisiert:[2]

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 319.
[2] Drosdowski (1995), Abschnitt 312.

(48a) *Jemand* ermordete gestern den Präsidenten.

(48b) Der Präsident wurde gestern ermordet.

Betrachtet man das Passiv aus der Sicht der Texte, so erkennt man eine weitere Funktion. Die Sätze eines Textes bauen in der Regel inhaltlich aufeinander auf, sie bilden also in einem gewissen Sinn eine „kausale Kette“. Diese Verbindung der Sätze läßt sich durch die Syntax verstärken, indem der Mitteilungsschwerpunkt des einen Satzes in der Einleitung des nächsten Satzes wieder aufgegriffen wird. Der Teil eines Satzes, der ihn einleitet, wird sein **Thema** genannt und der Rest sein **Rhema**. Eisenberg sagt dazu: «Ein kohärenter Text entsteht erst, wenn das, was satzgrammatisch als Thema/Rhema gekennzeichnet ist, verträglich ist mit dem, was textuell als Thema/Rhema erwartet wird.» Dazu ein Beispiel:

(49a) Sie besuchten *das Endspiel*. Die Bayern verloren *es*.

(49b) Sie besuchten *das Endspiel*. *Es* wurde von den Bayern verloren.

Obwohl die beiden Satzfolgen dasselbe besagen, ist die zweite Satzfolge besser zu verstehen, da hier der Zusammenhang durch eine entsprechende Besetzung von Thema und Rhema unterstützt wird. Auf Textebene besteht die Funktion des Passivs somit darin, durch Vertauschungen von Subjekt und Objekt den Zusammenhang zwischen den Sätzen klarer hervortreten zu lassen.

Passivfähige Prädikate Wir untersuchen nun, welche der Prädikate von $\mathcal{L}_I$ passivfähig sind. Dafür betrachten wir zunächst, welche Prädikate der natürlichen Sprachen das Passiv bilden können.

Zunächst einmal können solche Prädikate das Passiv bilden, deren Kern ein Vollverb ist. Im Englischen und Französischen ist es zusätzlich zwingend erforderlich, daß das Prädikat ein direktes Objekt nimmt. Wir werden diese Prädikate **transitiv** nennen. Das Deutsche ist zwar nicht so restriktiv, da aber das Passiv von nicht-transitiven Prädikaten selten ist, werden wir die Passivbildung in $\mathcal{L}_I$ auf die transitiven Prädikate einschränken.

Doch auch bei den transitiven Prädikaten gibt es Ausnahmen, die nicht passivfähig sind:

(50a) Wir kennen alle Fakten.

(50b) *Alle Fakten werden (von uns) gekannt.

Es lassen sich jedoch keine syntaktischen Kriterien angeben, nach denen entschieden werden kann, ob ein transitives Prädikat das Passiv bilden kann. Uns bleibt deshalb nichts anderes übrig, als die passivfähigen Prädikate im Lexikon zu kennzeichnen.

Zusammenfassung Wir haben zwei Formen des Passivs kennengelernt: das Vorgangs- und das Zustandspassiv. Das Vorgangspassiv ist nahezu gleichbedeutend mit dem Aktiv und dient vor allem zum Strukturieren von Texten. Das Zustandspassiv unterscheidet sich dagegen in seiner Bedeutung vom Aktiv. Es wird verwendet, um Eigenschaften auszudrücken. Wir betrachten es deshalb nicht als eine Form des Genus verbi, sondern als eine Teilklasse der Eigenschaften. Es bleiben also nur das Aktiv und das Vorgangspassiv als Genus verbi übrig:

(51) $\boxed{\text{Genus verbi}} \rightarrow \boxed{\boxed{\text{Aktiv}}} \mid \boxed{\text{Passiv}}$

3.3 Die Modalität

Die Modalverben können aus zwei verschiedenen Blickrichtungen gesehen werden: Entweder man betrachtet sie als Modifikatoren des Prädikats und macht sie so zu einer Teilklasse der Hilfsverben, oder man gesteht ihnen eine Valenz zu, wodurch sie zu einer Teilklasse der Vollverben werden.

Auf Seite 62 haben wir bereits einen Grund aufgeführt, warum die zweite Sicht problematisch ist: Wenn die Modalverben eine Valenz hätten, so wäre es die Valenz Subjekt und Infinitivsatz. Das Subjekt kann jedoch bereits aus syntaktischen Gründen nicht das Subjekt des Modalverbs sein, sondern ist das Subjekt des Infinitivsatzes. Nach unserem Verständnis von Valenz können Modalverben deshalb keine Valenz tragen.

Wir werden nun ein weiteres Argument dafür anführen, warum die Modalverben nicht als eigenständige Verben gesehen werden sollten. Als eigenständige Verben müßten sie nämlich negierbar und durch Adverbiale erweiterbar sein. Das hätte den folgenden Nachteil: Jeder Satz, dessen Prädikat ein Modalverb ist, enthält einen Infinitivsatz. Von jedem Adverbial und von jeder Negation muß folglich entschieden werden, ob sie Teil des Modalsatzes oder Teil des Infinitivsatzes ist. So müßte z. B. im folgenden Satz entschieden werden, ob das Adverbial *oft* zum Prädikat *können* oder zum Prädikat *sehen* gehört:

(52) Er freute sich, weil er sie *oft* sehen konnte.

Die Zuordnung bleibt jedoch ohne Auswirkungen: Im obigen Beispiel kann das Adverbial nur an genau einer Position stehen. Auch in Sätzen, wo mehrere Positionen möglich sind, hat die Zuordnung keinen Einfluß auf die Position.

Gleiches gilt für die Negation: Wir wählen ein Beispiel, in dem die Zuordnung Auswirkung auf die Bedeutung des Satzes hat. Doch auch hier lassen sich die beiden Lesarten nicht syntaktisch realisieren:

(53) Er kann *nicht* rauchen.

Wir veranschaulichen die beiden Lesarten, indem wir *können* mit *die Möglichkeit haben* paraphrasieren:

(54a) Er hat die Möglichkeit, *nicht* zu rauchen.
(54b) Er hat *nicht* die Möglichkeit zu rauchen.

Nach der Lesart (54a) ist das Modalverb negiert und nach der Lesart (54b) das Vollverb. Egal für welche Lesart wir uns entscheiden: Das Ergebnis ist immer der Satz (53).

Ein weiterer Nachteil dieser Sichtweise ist es, daß in der formalen Sprache beide Teilsätze negierbar wären. Obwohl klar ist, was ein solcher Satz bedeuten würde (55b) – generiert werden kann er nicht:

(55a) ?Er kann *nicht nicht* rauchen.
(55b) Er hat *nicht* die Möglichkeit, *nicht* zu rauchen.

Würden wir die Modalverben wie eigenständige Prädikate behandeln, so würden wir nicht nur Unterschiede machen müssen, für die es im Deutschen keine Evidenz gibt, sondern außerdem noch Sätze zulassen, die nur generiert werden können, indem sie umschrieben werden. Auch deshalb entscheiden wir uns dafür, die Modalverben als Modifikatoren anzusehen.

Eisenberg entscheidet sich dagegen für die andere Sichtweise. Als Grund führt er an, daß Modalverben eine Valenz besitzen, die über die oben angesprochene Valenz hinausgeht. So können *mögen* und *wollen* zwei Nominalphrasen oder auch eine Nominalphrase und einen *daß*-Satz nehmen:[1]

(56a) Sie mag Himbeereis.
(56b) Er mag, daß sie länger bleibt.

Es besteht jedoch ein fundamentaler Unterschied zu der oben diskutierten Valenz der Modalverben: In beiden Fällen ist die erste Nominalphrase ein echtes Subjekt und wird nicht von irgendeinem anderen Prädikat regiert. Wir müssen folglich zwei verschiedene *mögen* unterscheiden. Das eine *mögen* ist ein Modalverb und das andere ein Vollverb. Welches von beiden vorliegt, läßt sich anhand der Ergänzungen bestimmen.

Als nächstes gehen wir auf die formalen Entsprechungen der Modalverben ein. Drei Bereiche sind dabei von besonderem Interesse: Die Halbmodale, der Konjunktiv der Modalverben und die Art, wie wir mit Sprachunterschieden verfahren.

Halbmodale Die Verben *scheinen*, *pflegen*, *drohen* und *versprechen* zählen zu einer besonderen Gruppe von Verben, den **Halbmodalen**. Von ihrem Stellungsverhalten und ihrer Valenz her sind sie den Modalverben sehr ähnlich, sie bilden aber ihren Infinitiv mit *zu*:[2]

[1] Eisenberg (1994), Seiten 104 und 105.
[2] Eisenberg (1994), Seiten 382 bis 385.

(57a) Es scheint dem Mann geholfen *zu* werden.
(57b) Es muß dem Mann geholfen werden.
(57c) *Karl wünscht, dem Mann geholfen *zu* werden.

Wie das Modalverb *mögen* besitzen sie neben der modalen Verwendung auch eine Verwendung als Vollverben:

(58a) Maria droht Peter.
(58b) Es scheint, daß Karl schläft.

Die Parallelen zwischen den Halbmodalen und den Modalverben rechtfertigen es, sie in $\mathcal{L}_I$ den Modalverben zuzurechnen.

Konjunktiv Wir haben uns bereits dagegen entschieden, den Modus als eigenständiges Paradigma in $\mathcal{L}_I$ aufzunehmen, da der Konjunktiv in mathematischen Texten recht selten ist. Eine Ausnahme bilden jedoch die Modalverben. Wir werden deshalb nicht auf ihren Konjunktiv verzichten. Wir integrieren ihn in $\mathcal{L}_I$, indem wir zu jedem Modalverb seinen Konjunktiv als eigenständiges Modalverb aufnehmen.

Sprachunterschiede Wir gehen nun darauf ein, wie wir mit den Modalverben verfahren, die keine unmittelbare Entsprechung in allen drei Sprachen besitzen. Zwei Fälle sind denkbar: Zum einen können sich bestimmte Modalverben nur in bestimmten Kontexten entsprechen. So muß das deutsche *können* je nach Kontext entweder als *can* (Fähigkeit) oder als *may* (Möglichkeit) ins Englische übersetzt werden:

(59a) Ich *kann* einen Reifen wechseln.
(59b) I *can* change a wheel.

(60a) Die Wettervorhersage *kann* falsch sein.
(60b) The weather forecast *may* be wrong.

Diesen Fall werden wir durch eine feinere Unterteilung der Modalverben in $\mathcal{L}_I$ kompensieren. Der andere Fall ist, daß es Modalverben gibt, die in manchen Sprachen keine Entsprechung besitzen. So besitzt das englische *will*, wenn es dazu verwendet wird, um ein typisches Verhalten auszudrücken, keine Entsprechung im Deutschen. Es muß als *pflegen* paraphrasiert werden:

(61a) Charlie *will* sit in a pub for hours.
(61b) Charlie *pflegt* stundenlang in einer Kneipe zu sitzen.

Die Umschreibung ist Aufgabe der Generatoren. Je nachdem, womit das Modalverb paraphrasiert wird, wird entweder nur ein Wort einer anderen Kategorie verwendet, oder das Modalverb muß durch eine andere Konstituente ersetzt werden. Beides kann jedoch von den Generatoren geleistet werden.

Zusammenfassung Wir haben uns dafür entschieden, die Modalverben als Modifikatoren des Prädikats aufzufassen. Die Zahl der Modalverben, die einem Satz hinzugefügt werden können, wird nur durch die Semantik beschränkt. Wie das folgende Beispiel zeigt, kann ein Satz durchaus mehrere Modalverben enthalten:

(62) Wir *könnten* wegen des Wetters vorzeitig abbrechen *müssen*.

Die einzelnen Modalverben werden in $\mathcal{L}_I$ durch Schlüssel realisiert. Die Modalität besteht folglich aus einer Liste von Schlüsseln:

(63) $$\boxed{\text{Modalität}} \rightarrow \left[\boxed{\text{Modalschlüssel}}\right]$$

3.4 Das Tempus

Das Tempus dient dazu, die zeitlichen Zusammenhänge sprachlich zu erfassen. In diesem Abschnitt werden wir eine Systematik entwickeln, die es erlaubt, zeitliche Zusammenhänge so zu beschreiben, daß sie in den Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch korrekt wiedergegeben werden können. Die Tempussysteme der drei Sprachen unterscheiden sich deutlich voneinander – sowohl in bezug auf ihre Tempusformen als auch in bezug auf deren Bedeutung. Wir werden deshalb nicht versuchen, das Tempus umfassend zu behandeln, sondern beschränken unsere Betrachtung auf das Fragment der mathematischen Texte.

In diesem Fragment ist die Übereinstimmung zwischen den Tempussystemen nämlich wesentlich größer als in vielen anderen Bereichen der natürlichen Sprache. Dies liegt vor allem daran, daß es sich bei mathematischen Texten um „Tatsachenberichte" handelt, die auf den Zeitpunkt des Lesens bezogen sind. Wir werden zunächst empirisch an die Tempussysteme herangehen, indem wir für alle drei Sprachen auflisten, welche Tempusformen in mathematischen Texten verwendet werden, und nach Entsprechungen in den anderen Sprachen suchen.

Dreiteilung der Zeit Im Deutschen stehen mathematische Texte im Präsens. Nur in wenigen Sätzen wird mithilfe des Perfekts Bezug auf bereits Geschehenes genommen oder mithilfe des Futur I noch zu Leistendes angesprochen. Während bei Vergangenem das Perfekt obligatorisch ist, kann Zukünftiges sowohl im Futur I als auch im Präsens stehen:

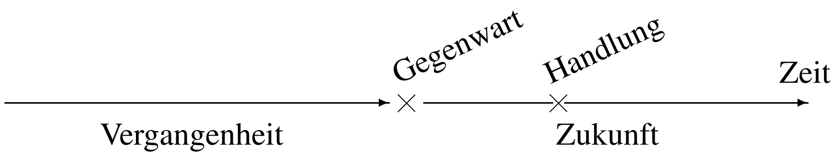
(64a) Wir werden diesen Satz im nächsten Abschnitt beweisen.
(64b) Wir beweisen diesen Satz im nächsten Abschnitt.

Diese Einteilung der Zeit deckt sich im wesentlichen mit den Einteilungen in den anderen beiden Sprachen. Die entsprechenden Zeitformen im Französischen sind das passé composé für Vergangenes, das présent für die Gegenwart und das futur simple für Zukünftiges; im Englischen sind es das present perfect, das simple present und das future tense.

Das Englische kennt zusätzlich zu den oben aufgeführten Tempusformen, die simple forms genannt werden, je eine progressive form. Die progressive forms werden jedoch selten in mathematischen Texten verwendet. Wir setzen deshalb zunächst die simple forms mit den Formen der anderen Sprachen gleich und kommen später auf die Funktion der progressive forms zurück.[1]

Diese Parallelen zwischen den Tempusformen rechtfertigen es, die Zeit in **Vergangenheit**, **Gegenwart** und **Zukunft** zu unterteilen. Die Gegenwart ist der Zeitpunkt, der die Zeit in die Bereiche Vergangenheit und Zukunft unterteilt. Die Handlung eines Satzes findet somit zu einem Zeitpunkt statt, der entweder die Gegenwart ist oder in der Vergangenheit oder der Zukunft liegt. Wir nennen diesen Zeitpunkt die **Aktzeit**. Das folgende Diagramm veranschaulicht unsere Einteilung:

(65)



Die Gegenwart entspricht in mathematischen Texten der aktuellen Position im Text. Sie entspricht damit sowohl der Schreibzeit als auch der Lesezeit. Sie wird aber auch dann verwendet, wenn der angegebene Sachverhalt „zeitlos“ ist, d. h. wenn er an keinem konkreten Zeitpunkt stattfindet:

(66) Die Zahl π ist eine reelle Zahl.

Ein Sachverhalt findet somit genau dann in der Gegenwart statt, wenn er an der aktuellen Position im Text beschrieben wird. Vergangenheit und Zukunft umfassen dagegen genau die Sachverhalte, die vorher bzw. nachher im Text behandelt werden. Dieses Zeitverständnis ist für den Autor und die Leser eines Textes gleichermaßen gültig.

Entsprechend dieser Einteilung der Zeit sind auch die Tempusformen in den natürlichen Sprachen zu wählen. Die folgende Tabelle faßt die Entsprechungen zwischen der Aktzeit und der zu wählenden Zeitform zusammen. Wir werden diese Sicht der Zeit die **absolute Zeit** nennen, um sie begrifflich von der noch einzuführenden relativen Zeit zu unterscheiden:

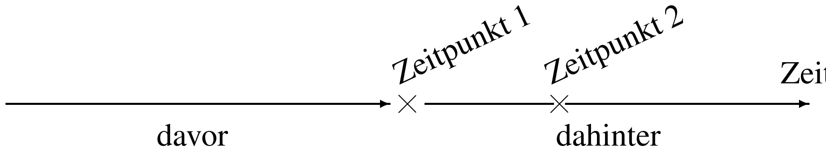
(67)

Absolute Zeit	**Englisch**	**Französisch**	**Deutsch**
Vergangenheit	present perfect	passé composé	Perfekt
Gegenwart	simple present	présent	Präsens
Zukunft	future tense	futur simple	Futur I

[1] Fleischhack et al. (1981), Abschnitt 116.

Bezugszeit Die Einteilung in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft reicht jedoch nicht aus. Wie wir nun zeigen werden, sind nämlich Konstellationen möglich, in denen nicht bekannt ist, wie ein Zeitpunkt in Relation zur Gegenwart steht. Eine solche Konstellation kann eintreten, wenn auf einen Zeitpunkt in der Vergangenheit oder Zukunft Bezug genommen und gesagt wird, daß etwas davor oder dahinter geschieht:

(68)



Zur Unterscheidung der beiden Zeitpunkte bezeichnen wir den ersten Zeitpunkt als **absolut**, weil er die Gegenwart als Bezugspunkt hat, und den zweiten als **relativ**, weil er einen anderen Zeitpunkt als Bezugspunkt hat. Wir werden den Bezugspunkt die **Bezugszeit** nennen.

Die Bedingung, daß von dem relativen Zeitpunkt nicht bekannt sein darf, wie er in Relation zur Gegenwart steht, ist wichtig: Die natürlichen Sprachen verwenden nämlich nur dann die relative Zeit, wenn die absolute nicht verwendet werden kann. Von den oben beschriebenen Konstellationen bleiben deshalb nur zwei übrig. Bei allen anderen kann nämlich abgeleitet werden, wie die Aktzeit in Relation zur Gegenwart steht. Die beiden Konstellationen sind:

1. Die Aktzeit liegt vor einem Zeitpunkt in der Zukunft.
2. Die Aktzeit liegt hinter einem Zeitpunkt in der Vergangenheit.

Wir werden nun je ein Beispiel für die beiden Konstellationen bringen. In beiden Beispielen bestehen die Sätze aus je zwei Teilsätzen, wobei der erste Teilsatz eine absolute und der zweite Teilsatz die relative Zeitangabe enthält. Im ersten Beispiel liegt der erste Zeitpunkt in der Zukunft, und der zweite liegt irgendwo davor. Im zweiten Beispiel sind die Verhältnisse umgekehrt: Der erste Zeitpunkt liegt in der Vergangenheit, und der zweite liegt irgendwo dahinter:

(69a) However, he will accept this as a law of mathematics, only when it *has been proved*.

(69b) Pourtant, il va accepter ceci comme une loi des mathématiques, seulement quand cela *aura été prouvé*.

(69c) Jedoch wird er dies nur dann als ein Gesetz der Mathematik akzeptieren, wenn es *bewiesen worden ist*.

(70a) We have so far supposed that we *have* definite concepts in mind.

(70b) On a jusqu'à présent supposé que l'on ne s'*a préoccupé* que des concepts définis.

(70c) Wir haben bis jetzt angenommen, daß wir bestimmte Konzepte im Kopf *haben*.

Die folgende Tabelle faßt die Entsprechungen zwischen der **relativen Zeit** und den Tempora der natürlichen Sprachen zusammen:

(71)

Relative Zeit	**Englisch**	**Französisch**	**Deutsch**
Davor	present perfect	futur antérieur	Perfekt
Dahinter	simple present	passé composé	Präsens

Beide Zeilen der obigen Tabelle sind verschieden von den Zeilen der Tabelle (67) zur absoluten Zeit. Die Unterscheidung von relativer und absoluter Zeit ist damit zwingend erforderlich.

Aspekt Wir haben uns bisher darauf beschränkt, die Auswirkungen zu untersuchen, die der Zeitpunkt einer Handlung auf das Tempus hat. Dabei haben sich zwei Zeitsysteme herauskristallisiert, die sich vor allem durch ihre Bezugszeit unterscheiden: Die absolute Zeit nimmt Bezug auf die Gegenwart, und die relative Zeit nimmt Bezug auf eine andere Handlung.

Die Identifikation von Handlungen mit Zeitpunkten setzt jedoch eine Abstraktion voraus, da Handlungen für gewöhnlich keine punktuellen Ereignisse sind, sondern sich normalerweise über einen Bereich der Zeit erstrecken. Trotzdem läßt sich in allen drei Sprachen einer Handlung immer eine Aktzeit zuordnen.

Im Englischen bleibt jedoch bei der Abstraktion ein Aspekt des Zeitbereichs der Handlung im Tempussystem erhalten: Ist die Handlung weder zur Aktzeit noch zur Bezugszeit beendet, so wird eine spezielle Tempusform verwendet, die progressive form. Man bezeichnet die Handlung dann auch als **offen**, da sie über den angegebenen Zeitpunkt hinaus andauert. Wir nennen dieses Attribut einer Handlung seinen **Aspekt**. Die folgende Tabelle faßt die Entsprechungen zwischen der absoluten Zeit einer offenen Handlung und den englischen Tempora zusammen:[1]

(72)

Offen	**Englisch**
Vergangenheit	present perfect progressive
Gegenwart	present progressive
Zukunft	future progressive

Alle anderen Handlungen werden **abgeschlossen** genannt. Für sie behalten die Tabellen (67) und (71) ihre Gültigkeit. Wir bringen nun zur Illustration je ein Beispiel für eine offene und eine abgeschlossene Handlung:

(73a) He *is eating* sushi.
(73b) He *eats* sushi.

Der erste Satz steht im present progressive und beschreibt somit eine Handlung, die in der Gegenwart noch nicht beendet ist. Der zweite Satz beschreibt dieselbe Handlung, und auch hier ist sie auf die Gegenwart bezogen. Sie wird jedoch nicht als offen charakterisiert, so daß es sich bei der Handlung um eine Gewohnheit handeln muß.

[1] Fleischhack et al. (1981), Abschnitte 132 - 136, 143, 144, 172 und 173.

Der Aspekt einer Handlung hat nichts damit zu tun, daß manche Verben im Deutschen als punktuell und andere als durativ verstanden werden. So ist *essen* durativ, *losfahren* dagegen punktuell. Beide können jedoch offen verwendet werden:

(74a) He *is leaving* for work.
(74b) He *leaves* for work.

Zusammenfassung Wir haben in diesem Abschnitt eine Systematik für das Tempus entwickelt, die speziell auf mathematische Texte zugeschnitten ist. Wir werden die Systematik nun in die formale Sprache $\mathcal{L}_I$ integrieren. Zunächst einmal ist das Tempus in Aspekt und Zeit unterteilt:

(75) $\boxed{\text{Tempus}} \rightarrow \boxed{\text{Aspekt}} + \boxed{\text{Zeit}}$

Ein Satz ist einem bestimmten Zeitpunkt zugeordnet, seiner Aktzeit. Der Aspekt beschreibt die Relation zwischen der Aktzeit und der Handlung des Satzes. Die möglichen Aspekte sind die offene Handlung und die abgeschlossene Handlung. Die abgeschlossene Handlung ist der Standardfall:

(76) $\boxed{\text{Aspekt}} \rightarrow \boxed{\boxed{\text{Abgeschlossen}}} \mid \boxed{\text{Offen}}$

Die Zeit setzt die Aktzeit in Relation zur Bezugszeit. Mögliche Bezugszeiten sind die Gegenwart und ein zuvor eingeführter Zeitpunkt. Entsprechend unterteilen wir die Zeit in absolute und relative Zeit. Die absolute Zeit ist der Standardfall:

(77) $\boxed{\text{Zeit}} \rightarrow \boxed{\boxed{\text{Absolute Zeit}}} \mid \boxed{\text{Relative Zeit}}$

Die absolute Zeit wird unterteilt in Gegenwart, Vergangenheit und Zukunft, wobei die Gegenwart der Standardfall ist:

(78) $\boxed{\text{Absolute Zeit}}$
$\rightarrow \boxed{\text{Vergangenheit}} \mid \boxed{\boxed{\text{Gegenwart}}} \mid \boxed{\text{Zukunft}}$

Die relative Zeit gibt an, ob die Aktzeit vor oder hinter dem anderen Zeitpunkt liegt:

(79) $\boxed{\text{Relative Zeit}} \rightarrow \boxed{\text{Davor}} \mid \boxed{\text{Dahinter}}$

Eine mögliche Erweiterung wäre das Zulassen weiterer Bezugszeiten. So liegt die Bezugszeit bei Erzählungen häufig in der Vergangenheit. Wie bei der absoluten und relativen Zeit auch, müßte ein eigenständiges Zeitsystem für diese Bezugszeit entwickelt werden.[1] Wir benötigen jedoch keine solche Erweiterung, denn die oben vorgestellte Systematik reicht für mathematische Texte vollkommen aus.

[1] Eisenberg (1994), Seiten 136 und 137.

4 Die Behandlung der Negation

4.1 Verschiedene Charakterisierungen

Der Begriff der Negation wird in verschiedenen Fachgebieten verwendet. Die für uns interessanten Gebiete sind die Logik, in der die Negation eine mit dem Symbol $\neg$ bezeichnete Operation auf Aussagen ist, und die Linguistik, in der sich die Negation auf ein sprachliches Phänomen bezieht, das durch bestimmte Wörter wie *nicht* und *kein* zum Ausdruck gebracht wird. Beiden ist gemeinsam, daß etwas verneint wird.

Bisher haben wir uns nur mit Sätzen beschäftigt, die keine Negation enthielten. Wir werden diese Sätze als **positive Sätze** bezeichnen. Sätze, die ein Negationswort enthalten, bezeichnen wir entsprechend als **negative Sätze**.

Wir haben drei Möglichkeiten, die Negation in die formale Sprache zu integrieren:

1. Wir können die **Syntax** der natürlichen Sprache nachbilden.
2. Wir können durch eine präzise Festlegung ihrer **Semantik** eine gemeinsame Basis für alle Sprachen schaffen. Aus der semantischen Beschreibung muß sich die natürlichsprachige Realisierung unmittelbar ableiten lassen.
3. Wir können uns das **Sprachgefühl** zunutze machen und auf seiner Basis zu einem positiven Satz aus der Menge der möglichen Negate den Satz auswählen, der am natürlichsten erscheint.

Egal für welchen Ansatz wir uns entscheiden, er muß so umfassend sein, daß sich innerhalb gewisser Grenzen jeder negative Satz formalisieren läßt.

Der erste Ansatz ist den anderen beiden vorzuziehen, denn er erlaubt es, die formale Sprache $\mathcal{L}_I$ so zu verwenden, wie man spricht. Leider unterscheiden sich die untersuchten Sprachen so stark in ihrer Syntax, daß wir ihn verwerfen müssen. Der zweite Ansatz ist ein Kompromiß: Indem wir auf eine semantische Kategorie namens Negation ausweichen, ist Universalität sichergestellt. Der Nachteil ist, daß ein Benutzer, der einen negativen Satz formalisieren will, ihn nicht direkt eingeben kann, sondern über seine Bedeutung reflektieren muß. Auch den dritten Ansatz werden wir verwerfen müssen, da sich das Sprachgefühl von Sprache zu Sprache zu stark unterscheidet. Er enthält aber einige gute Ideen, die in die von uns gewählte Lösung einfließen werden.

Syntax Als Ausgangspunkt unserer Untersuchung der Syntax wählen wir das Deutsche. Seine Negationswörter und ihre Klassifikation sind in Drosdowski (1995) genau aufgeführt.[1] Wir werden uns auf die beiden Negationswörter *nicht* und *kein* konzentrieren, da ihnen eine prominente Rolle zukommt.[2] An dieser Stelle werden wir nur jeweils eine ihrer möglichen Verwendungen betrachten: die Verwendung der Negationspartikel *nicht* als modales Adverb, das etwas über die Geltung eines Sachverhaltes aussagt,[3] und die Verwendung des Negationspronomens *kein* als Artikel.

Allein mit diesen beiden Wörtern und unter Beachtung der oben festgelegten Verwendungen lassen sich beachtlich viele negative Sätze formalisieren. Doch schon bei einfachen Sätzen werden die Grenzen dieses Ansatzes sichtbar:

(1a) Er kauft *keinen* Fisch.
(1b) He did *not* buy *any* fish.

In diesem Beispiel entspricht das deutsche *kein* dem englischen *not* + *any*, was problematisch ist, da das englische *not* syntaktisch dem deutschen *nicht* entspricht. Diese Unstimmigkeit können wir jedoch umgehen, indem wir *not* + *any* als eine Einheit ansehen, die dem deutschen *kein* entspricht. Für diese Lösung spricht auch die Existenz einer weniger gebräuchlichen Variante des englischen Satzes (1b), dessen Struktur identisch ist mit der des deutschen Satzes (1a):

(1c) He bought *no* fish.

Der Ansatz scheitert aber vollständig an dem folgenden Beispiel:

(2a) Er ist *kein* Mörder.
(2b) He is *not* a murderer.

Auch wenn wir davon ausgehen, daß der Satz (2a) durch sprachliche Glättung aus dem Satz (2c) entstanden ist, sind die Negationen in den beiden deutschen Sätzen (1a) und (2a) syntaktisch nicht unterscheidbar.

(2c) Er ist *nicht* ein Mörder.

Den Kontrast zwischen den beiden Sätzen müssen wir deshalb durch die Wahl einer anderen Blickrichtung herbeiführen.

Semantik Eine naheliegende Alternative ist es, eine Blickrichtung zu wählen, die näher an der Semantik ist. Die entscheidende Frage lautet: Was bedeutet „Negation“? Um dies herauszufinden, vergleichen wir die Bedeutung negativer Sätze mit der Bedeutung der positiven Sätze, die durch Weglassen des Negationswortes aus ihnen hervorgehen. Wünschenswert wäre es, wenn dabei eine Charakterisierung der Negation

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1223.
[2] Eisenberg (1994), Seiten 160 und 215.
[3] Eisenberg (1994), Seite 214.

herauskommt, die der Charakterisierung in der Logik entspricht: Dort trifft eine negative Aussage genau dann zu, wenn die dazugehörige positive Aussage nicht zutrifft. Dieser einfache Zusammenhang erlaubt es, syntaktisch zu einer positiven Aussage die entsprechende negative zu formulieren, indem ein einziges Symbol der positiven Aussage vorangestellt wird.

Sei also a eine positive Aussage. Dann ist $\neg a$ die dazugehörige negative Aussage. Auf die natürliche Sprache bezogen bedeutet das: Wenn a ein Sachverhalt ist, wie z. B. der Sachverhalt (3a), dann ist $\neg a$ offensichtlich der Sachverhalt (3b):

(3a) Kolumbus entdeckte Amerika.
(3b) Kolumbus entdeckte Amerika *nicht*.

Der Satz besagt, daß der Sachverhalt a nicht zutrifft. Wir bezeichnen die Information, daß der Sachverhalt nicht zutrifft, als die **negative Information** des Satzes. Dies genügt aber nicht, um die sprachliche Negation zu charakterisieren. Ein negativer Satz enthält zusätzlich noch die Information, warum der Sachverhalt nicht zutrifft. Diese Information nennen wir seine **positive Information**. Dazu ein Beispiel:

(3c) *Nicht* Kolumbus entdeckte Amerika.

Wie Satz (3b) sagt dieser Satz aus, daß der Satz (3a) nicht zutrifft; sie enthalten also beide dieselbe negative Information. Er sagt aber auch deutlich, warum der Satz (3c) nicht zutrifft: Es liegt an dem im Subjekt denotierten Individuum. Entsprechend wird auch im Satz (3b) gesagt, warum er nicht zutrifft: Hier scheitert es an dem Prädikat. Die beiden Sätze unterscheiden sich also hinsichtlich ihrer positiven Information. Wir werden die Konstituente, an der das Zutreffen scheitert, **markiert** nennen.

Wenn die Logik auf die natürliche Sprache angewandt wird, wird die positive Information oftmals vernachlässigt: In der Logik gibt es nämlich zu jeder Aussage nur genau ein Negat. Entsprechend kann es zum positiven Satz (3a) auch nur einen negativen geben. In der Logik können nur Prädikate negiert werden, nicht aber Terme. Entsprechend wird der Satz (3b) gerne als das „richtige“ Negat des Satzes (3a) angesehen, da in ihm das Prädikat markiert ist. Diese Einstufung deckt sich mit dem Sprachgefühl, auf das wir im nächsten Abschnitt eingehen, denn auch nach dem Sprachgefühl wird der Satz (3b) als das „natürliche“ Negat des Satzes (3a) eingestuft. Die Argumentation ist jedoch eine andere als in der Logik.

Sprachgefühl Eine Alternative zur Semantik stellt das Sprachgefühl dar. Wenn wir nach dem Sprachgefühl gehen, so erscheint uns der Satz (3b) als das natürliche Negat vom Satz (3a), wohingegen dem Satz (3c) etwas besonderes anhaftet: Er besitzt einen starken Akzent auf der negierten Konstituente. Dem Gefühl nach liegt eine Fortsetzung des Satzes mit *sondern*... nahe. Entsprechend wird in Drosdowski (1995) zwischen Satz- und Sondernegation unterschieden:[1] Der Satz (3b) ist **satznegiert**, da

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1229.

in ihm gefühlsmäßig der ganze Satz verneint ist, der Satz (3c) **sondernegiert**, da in ihm gefühlsmäßig nur die markierte Konstituente verneint ist. Leider ist diese Sicht mit einigen Problemen behaftet: Zunächst einmal existieren Sätze, die nicht in dieses Schema passen:

(4a) Ich habe viele Bücher *nicht* gelesen.

Bei diesem Satz ist nicht entscheidbar, ob Satz- oder Sondernegation vorliegt. Drosdowski (1995) sagt dazu, daß «[...] von der Position des Negationswortes her eine Sondernegation nicht vorzuliegen scheint, einzelne Elemente des Satzes sich aber der potentiellen Wirkung von *nicht* auf den ganzen Satz eindeutig entziehen, so daß auch keine Satznegation vorzuliegen scheint».[1] In unserem Beispiel ist es die Konstituente *viele Bücher*, die sich der Negation entzieht. Dies wird besonders deutlich, wenn wir den Satz ins Englische übersetzen wollen. Um den Akzent auf dem *nicht gelesen* zu erhalten, dürfen wir ihn nicht direkt übersetzen, sondern müssen ihn umschreiben:

(4b) There are many books I have *not* read.

Neben der Schwierigkeit, daß einige Sätze nicht in dieses Schema passen und außerdem nicht direkt übersetzt werden können, ist das Sprachgefühl mit einem weiteren Nachteil behaftet: Die Bedeutung eines Satzes mit Negation hängt stark davon ab, was noch hätte gesagt werden können. Dazu ein Beispiel:

(5a) Sie liebt *nicht einen* Mann.

Wenn dieser Satz erfüllt ist, so trifft der Satz

(5b) Sie liebt einen Mann.

mit Sicherheit nicht zu. Wie steht es aber mit dem folgenden Satz?

(5c) Sie liebt *keinen* Mann.

Man ist versucht zu sagen, daß er mit (5a) gleichbedeutend ist. Wenn er aber mit ihm gleichbedeutend ist, warum hat der Sprecher ihn dann nicht geäußert? Der Satz (5a) ist nämlich umständlicher, so daß man (5c) normalerweise vorziehen würde. Zwei Ursachen sind denkbar:

1. Es soll hervorgehoben werden, daß die Klasse *Mann* falsch gewählt ist.
2. Es soll ausgedrückt werden, daß sowohl der Satz (5b) als auch der Satz (5c) nicht zutreffen sind. Sie liebt folglich mehr als einen Mann.

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1230.

Um einen negierten Satz verstehen zu können, muß man also oftmals wissen, was noch hätte gesagt werden können, und vor allem, was einfacher zu sagen gewesen wäre. Wir werden deshalb eine Hierarchie auf den Sätzen einführen, die auf dem Sprachgefühl basiert. Einfache Sätze sind in dieser Hierarchie kleiner als umständlichere. So ist z. B. der Satz (5c) kleiner als der Satz (5a). Die Hierarchie ermöglicht es, aus der Menge der möglichen Negate eines Satzes den Satz auszuwählen, der am natürlichsten erscheint.

Weil aber schon die Menge der nach dem Sprachgefühl zulässigen Sätze sprachabhängig ist und sich viele Sätze nur schlecht in das Schema von Satz- und Sondernegation einordnen lassen, entscheiden wir uns gegen das Sprachgefühl als Basis für unseren Negationsformalismus. Wir entscheiden uns stattdessen für eine Lösung, die sich an der Semantik orientiert. Das Sprachgefühl wird jedoch in diese Lösung einfließen.

Zusammenfassung Wir haben gesehen, daß es nicht genügt, einen negativen Satz als das Negat eines positiven Satzes zu charakterisieren: Es muß zusätzlich noch eine Konstituente angegeben werden, an der (aus Sicht des Autors) das Zutreffen des Satzes scheitert. Wir nennen sie deshalb „markiert“. Ein naheliegender Ansatz wäre es, in $\mathcal{L}_I$ die Möglichkeit vorzusehen, genau eine Konstituente zu markieren. Dieser Ansatz ist aber so nicht durchführbar, weil sich die untersuchten Sprachen stark darin unterscheiden, welche Konstituenten markiert werden dürfen. So dürfen im Deutschen – wie man am Beispiel der Sätze (4a) und (4b) sieht – wesentlich mehr Konstituenten markiert werden als im Englischen. Wir werden deshalb zunächst versuchen, die Zahl der Konstituenten einzuschränken, die in $\mathcal{L}_I$ markiert werden dürfen. Ideal wäre es, wenn wir die Zahl so weit einschränken könnten, daß nur noch eine Konstituente übrig bleibt. In dem Fall könnten wir in $\mathcal{L}_I$ gänzlich auf Markierungen verzichten.

In den nächsten drei Abschnitten werden wir verschiedene Negationsformalismen aufführen. Einen dieser Formalismen werden wir in $\mathcal{L}_I$ integrieren. Mit entscheidend für unsere Wahl wird der zum Formalismus gehörende Kalkül sein, der es ermöglicht, aus der formalen Repräsentation die natürlichsprachige Realisierung zu berechnen. Unser Vorbild ist die Prädikatenlogik: Unsere Formalisierung und der dazugehörende Kalkül sollten wenn möglich so intuitiv sein wie das Negieren von prädikatenlogischen Aussagen. Deshalb ist es naheliegend, zunächst die Prädikatenlogik auf ihre Eignung als Formalismus zu untersuchen.

4.2 Die Prädikatenlogik als Negationsformalismus

In diesem Abschnitt untersuchen wir die Eignung der Prädikatenlogik zur Formalisierung natürlichsprachiger Negation. Es wird sich zeigen, daß die Prädikatenlogik aus zwei Gründen nicht als Basis für einen Formalismus geeignet ist:

1. Die Formalisierungen natürlichsprachiger Sätze entsprechen oftmals nicht unserer Intuition.
2. Ihre Ausdrucksstärke ist unzureichend.

Der zweite Punkt bedarf noch einiger Erläuterung. Von der Prädikatenlogik der ersten Stufe ist hinlänglich bekannt, daß sie nicht als Semantik für die natürliche Sprache geeignet ist.[1] Uns geht es jedoch nicht um die Abbildung der natürlichen Sprache in die Prädikatenlogik. Der zu entwickelnde Formalismus soll lediglich der Syntax der Prädikatenlogik nachempfunden werden. Das zweite Ergebnis ist deshalb nicht von vornherein abzusehen.

Artikel vs. Quantoren Wir werden den Formalismus am Beispiel des folgenden Satzes entwickeln:

(6a) *Ein* Linguist findet *eine* Phrase *nicht* in *allen* Sprachen. ($\exists\exists\neg\forall$)

Wenn wir davon ausgehen, daß der Artikel *ein* dem $\exists$-Quantor entspricht und der Artikel *alle* dem $\forall$-Quantor, dann lautet seine Formalisierung in der Prädikatenlogik:

(6b) $\exists l{\in}\langle\mathit{Linguist}\rangle\ \exists p{\in}\langle\mathit{Phrase}\rangle\ \neg\forall s{\in}\langle\mathit{Sprache}\rangle\ \langle\mathit{finden\ in}\rangle\,(l,p,s)$

Wir führen von nun an nur noch die Quantoren und das Negationszeichen auf und blenden den Rest aus. Für (6b) erhalten wir somit die Formalisierung $\exists\exists\neg\forall$, was prädikatenlogisch äquivalent ist zu $\neg\forall\forall\forall$. Der positive Satz zum Satz (6a) lautet folglich:

(6c) *Alle* Linguisten finden *alle* Phrasen in *allen* Sprachen. ($\forall\forall\forall$)

Dies ist aber nicht der Satz, der üblicherweise als positiver Satz genannt wird. Die Intuition legt eher den Satz (6d) nahe. Er geht aus dem Satz (6a) hervor, indem das Negationswort gestrichen wird:

(6d) *Ein* Linguist findet *eine* Phrase in *allen* Sprachen. ($\exists\exists\forall$)

Je nachdem, welches Kriterium wir anwenden, erhalten wir also einen anderen positiven Satz zum Satz (6a). Die unterschiedlichen Resultate lassen sich auf die Unterschiede zwischen den Quantoren und den Artikeln zurückführen: In der Prädikatenlogik ist der $\forall$-Quantor das gleichberechtigte Gegenstück zum $\exists$-Quantor. In der natürlichen Sprache hingegen ist der unbestimmte Artikel neben dem bestimmten Artikel der mit Abstand am häufigsten verwendete Artikel. Der Artikel *alle* spielt dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Die Diskrepanz zwischen den beiden Artikeln kommt in dem folgenden Satz deutlich zum Ausdruck:

(7a) Löwen sind gefräßig. ($\forall$)

Obwohl die Nominalphrase *Löwen* durch den unbestimmten Artikel eingeleitet wird, muß der Satz von seiner Bedeutung her mit dem $\forall$-Quantor formalisiert werden. Man erkennt es u. a. daran, daß der folgende Satz fast gleichbedeutend ist:

[1] Link (1979), Seiten 22 und 127.

(7b) *Alle* Löwen sind gefräßig. ($\forall$)

Ein weiterer Unterschied ist, daß der unbestimmte Artikel sowohl mit dem Singular als auch mit dem Plural verwendet werden kann (und jeweils etwas anderes bedeutet), wohingegen der Artikel *alle* nur mit dem Plural stehen kann.

Es besteht also ein auffälliger Unterschied zwischen den Quantoren und den Artikeln: Während in der Prädikatenlogik die Quantoren gleichwertig sind, kommt in der natürlichen Sprache dem unbestimmten Artikel ein deutlich höheres Gewicht zu als dem Artikel *alle*. Das „Umklappen" der Quantoren, wie es beim Vorziehen des Negationsoperators passiert ist, entspricht deshalb nicht unserer Intuition.

Auswahl Selbst wenn wir von dieser Unstimmigkeit absehen, hat der Formalismus einen weiteren Nachteil: Woher soll der Generator wissen, daß der von uns gewünschte negative Satz zum positiven Satz (6c) der Satz (6a) ist? Negieren wir den Satz (6c), so ist sein Negat nach der Montague-Theorie nämlich zunächst einmal der folgende Satz:[1]

(6c) Es ist *nicht* der Fall, daß *alle* Linguisten *alle* Phrasen in *allen* Sprachen finden. ($\neg\forall\forall\forall$)

Man ist versucht, diesen Satz mit dem folgenden Satz abzukürzen:

(6d) *Alle* Linguisten finden *alle* Phrasen in *allen* Sprachen *nicht*. ($\forall\forall\forall\neg$)

Aus Sicht der Montague-Theorie ist diese Abkürzung zulässig.[2] Legen wir jedoch unseren Kalkül zugrunde, so dürfen wir die beiden Sätze auf keinen Fall als identisch ansehen, da $\neg\forall\forall\forall \neq \forall\forall\forall\neg$. Doch egal wie wir zu dem Satz (6d) stehen, keiner der beiden Sätze entspricht dem von uns gewünschten Negat. Das dreimalige Vorkommen des Artikels *alle* läßt nämlich beide Formulierungen umständlich und unbeholfen erscheinen.

Die im Abschnitt 4.1 eingeführte Hierarchie auf Basis des Sprachgefühls hilft an dieser Stelle weiter: Sie liefert eine einfache Begründung dafür, warum der Satz (6a) den anderen beiden Sätzen vorzuziehen ist, denn nach der Hierarchie gilt: (6a) $<$ (6d) $<$ (6c). Die anderen beiden Sätze sind demnach umständlicher, und der Satz (6a) ist somit vorzuziehen.

Position Die Hierarchie erscheint also auf den ersten Blick als ein geeignetes Auswahlkriterium. Der folgende Satz zeigt aber, daß die Hierarchie nicht ausreicht, um das „richtige" Negat auszuwählen:

1 Link (1979), Seite 110.
2 Nach Link (1979), Seite 207 ist (6c) eine Lesart von (6d).

(6e) *Ein* Linguist findet *eine* Phrase in *einer* Sprache *nicht*. ($\exists\exists\exists\neg$)

Die Sätze (6a) und (6e) erscheinen uns vom Sprachgefühl her in etwa gleichwertig. Das Sprachgefühl ermöglicht uns also nicht, einen der beiden Sätze zu verwerfen. Die beiden Sätze unterscheiden sich jedoch in ihrer Bedeutung. Eine Unterscheidung ist deshalb notwendig. Die einzige Möglichkeit, die uns der Kalkül bietet, um die beiden Ausdrücke $\exists\exists\neg\forall$ und $\exists\exists\exists\neg$ zu unterscheiden, ist die Berücksichtigung der Position des Negationsoperators: Wir müssen die Stelle, an der er steht, als markiert interpretieren.

Diese Interpretation mißachtet aber nicht nur die Beziehungen, die zwischen dem Negationsoperator und den Quantoren bestehen, sie birgt außerdem dieselben Probleme wie der syntaktische Ansatz, den wir bereits in der Einleitung verworfen haben: Steht der Negationsoperator vor einem Quantor, so bilden sie zusammen einen negativen Artikel, also entweder den Artikel *kein* oder den Artikel *nicht alle*. Steht er rechts von den Quantoren, so entspricht er dem adverbialen *nicht*. Genau diese Kombination aus negativem Artikel und negativem Adverb benutzen wir aber in der Einleitung, um zu zeigen, daß der syntaktische Ansatz ungeeignet ist.

Die Position des Negationsoperators darf folglich nicht berücksichtigt werden. Wir können somit nicht alle möglichen Negate eines positiven Satzes berücksichtigen – selbst wenn sie etwas verschiedenes bedeuten –, sondern müssen aus der Menge der möglichen Negate genau einen Satz auswählen.

Zusammenfassung Der prädikatenlogische Ansatz ist also mit zwei wesentlichen Nachteilen behaftet:

1. Die verwendeten positiven Sätze entsprechen nicht unserer Intuition.
2. Die Zahl der formalisierbaren negativen Sätze ist eingeschränkt.

Zunächst werden wir uns mit dem ersten Punkt beschäftigen und einen Kalkül entwickeln, dessen positive Sätze im Einklang mit der Intuition stehen. Wie in dem prädikatenlogischen Ansatz wird auch diese Formalisierung nur einen Negationsoperator besitzen. Der zweite Nachteil des prädikatenlogischen Ansatzes wird somit auch auf diesen Ansatz zutreffen. Wir werden jedoch durch eine Verfeinerung der Artikel Abhilfe schaffen.

4.3 Negation als Satznegation

Der in diesem Abschnitt zu entwickelnde Formalismus basiert auf der Idee, daß es zu jedem positiven Satz genau ein natürliches Negat gibt. Negative Sätze lassen sich somit durch Anwenden eines Negationsoperators auf positive Sätze erzeugen.

In den natürlichen Sprachen wird Negation jedoch durch das Negieren einer Konstituente ausgedrückt. Der Negationsoperator muß deshalb eine Konstituente des Satzes selektieren, die bei der Generierung negiert wird. Dies geschieht, indem wir zwischen negierbaren und nicht-negierbaren Konstituenten unterscheiden und auf den Konstituenten eine „natürliche“ Ordnung definieren. Die nach dieser Ordnung erste negierbare Konstituente wird negiert.

Wir haben eben den Formalismus von den positiven Sätzen ausgehend motiviert. Für den Benutzer ist hingegen die umgekehrte Sichtweise relevant: Wie wird ein negativer Satz formalisiert? Da sich ein negativer Satz nur dadurch von dem dazugehörenden positiven Satz unterscheiden darf, daß eine seiner Konstituenten negiert ist, wird der benötigte positive Satz erzeugt, indem die Negation aus dem negativen Satz gestrichen wird. Der so erhaltene positive Satz entspricht genau dem Satz, den wir auch von unserer Intuition her genannt hätten.

Wir haben also ein Verfahren, dessen positive Sätze im Einklang mit unserer Intuition stehen. Aber auch die Grenzen dieses Verfahrens sind klar: Sind mehrere Konstituenten des Satzes negierbar, so wird eine selektiert. All die negativen Sätze, die durch Negieren einer der anderen Konstituenten entstanden wären, sind folglich nicht formalisierbar. Über mögliche Auswege werden wir am Ende dieses Abschnitts nachdenken.

Der Vorteil des Verfahrens ist, daß wir einen Negationsoperator haben, der so schlicht ist wie der Negationsoperator in der Logik. Die Komplexität wird auf den Kalkül zur Berechnung der zu negierenden Konstituente abgewälzt. Trotz des aufwendigen Kalküls hat der Benutzer eine gute Kontrolle über das Ergebnis, weil auch in seine Muttersprache generiert wird. Entspricht der generierte Satz seinen Anforderungen, so kann er davon ausgehen, daß auch in die anderen Sprachen korrekt generiert wurde.

Das Aufstellen des Kalküls besteht aus zwei Aufgaben:

1. Wir müssen feststellen, welche Konstituenten negierbar sind.
2. Wir müssen eine Ordnung auf den Konstituenten definieren.

Wir werden die Ordnung die **natürliche Ordnung** nennen, weil sie sich so weit wie möglich an unsere Intuition anlehnen soll. Die nach dieser Ordnung erste negierbare Konstituente wird negiert. Sowohl die negierbaren Konstituenten wie auch die Ordnung sind sprachabhängig.

Wir beginnen zunächst mit dem Deutschen, da es in bezug auf die Negation am flexibelsten ist. Anschließend vergleichen wir es mit dem Englischen und zeigen dann eine mögliche Erweiterung des Kalküls auf, um die Zahl der formalisierbaren negativen Sätze zu vergrößern.

4.3.1 Der Kalkül für das Deutsche

Dieser Abschnitt besteht aus zwei Teilen: Zuerst zählen wir auf, welche Konstituenten negierbar sind. Wir werden dabei detailliert auf die Adverbien eingehen, da sie im Hinblick auf ihre Negierbarkeit sehr differenziert sind. Anschließend stellen wir die natürliche Ordnung auf.

Negierbare Konstituenten Im Deutschen sind die folgenden Konstituenten negierbar:

1. Prädikate,
2. Individuen, deren Artikel ein Quantor ist,
3. Eigenschaften,
4. negierbare Adverbiale.

Prädikate werden negiert, indem ihnen ein *nicht* in der Funktion eines modalen Adverbials hinzugefügt wird. Da jedem Prädikat ein Adverbial hinzugefügt werden kann, ist folglich auch jedes Prädikat negierbar.

Artikel werden negiert, indem ihnen ein *nicht* vorangestellt wird. So wird z. B. *alle* zu *nicht alle*. Eine Ausnahme bildet der Artikel *ein*, der unter Negation zu *kein* wird. Wir nennen einen Artikel einen Quantor, wenn er nicht auf eine bestimmte Gruppe von Individuen referenziert, sondern nur eine Anforderung an den Umfang der Gruppe stellt. So ist *diese* kein Quantor, da auf eine bestimmte Gruppe referenziert wird. *Viele* ist dagegen ein Quantor, da er nur etwas über den Umfang der Gruppe sagt:

(7a) ?*Nicht diese* Männer waren dabei.
(7b) *Nicht viele* Männer waren dabei.

Eigenschaften werden negiert, indem ihnen ein *nicht* vorangestellt wird. Dazu ein Beispiel:

(8a) Er hat das Symbol *undefiniert* gelassen.
(8b) Er hat das Symbol *nicht undefiniert* gelassen.

Die folgenden Adverbiale sind negierbar:

1. Adverbiale Präpositionalphrasen, deren Individuum negierbar ist,
2. Adverbien, die im Lexikon als negierbar eingetragen sind.

Adverbiale Präpositionalphrasen sind somit genau dann negierbar, wenn deren Artikel ein Quantor ist. Für Adverbien kann dagegen nur mithilfe des Lexikons entschieden werden, ob sie negierbar sind. Wir werden nun die Adverbien genauer betrachten und versuchen, Regelmäßigkeiten zu finden. Dabei geht es uns vor allem darum, ein Verfahren zu finden, um negierbare Adverbien zu identifizieren.

Negierbare Adverbien Die üblichen Einteilungen der Adverbien sind für die Klassifizierung der Negierbarkeit unbrauchbar. So sind *immer* und *manchmal* beides Adverbien der Frequenz. *Immer* ist jedoch negierbar, *manchmal* hingegen nicht:

(9a) Er kommt *nicht immer* zu spät.
(9b) Er kommt *manchmal* nicht zu spät.

Das *nicht* im Satz (9b) darf nicht wie in (9a) vor dem *manchmal* stehen. Dagegen ist es möglich, in (9a) dieselbe Wortstellung wie in (9b) zu haben:

(10a) Er kommt *immer* nicht zu spät.

Die Sätze (9b) und (10a) haben nicht nur die gleiche Struktur, sie sagen auch beide etwas über die Frequenz aus, mit der der folgende Satz zutrifft:

(10b) Er kommt nicht zu spät.

Den positiven Satz zu diesem Satz kennen wir:

(10c) Er kommt zu spät.

Wir haben somit einen positiven Satz zum Satz (10a) gefunden, indem wir erst das Adverb beseitigt haben und danach die Negation. Dieser Weg ist auch notwendig, denn es ist nicht möglich, auf direktem Wege einen positiven Satz zum Satz (10a) anzugeben. Der einzige Kandidat wäre der folgende Satz:

(10d) Er kommt *immer* zu spät.

Er ist aber bereits das Negat von (9a) und scheidet somit aus. Wir müssen folglich (10c) als positiven Satz wählen, ihn negieren und erst danach das Adverb hinzufügen. Wir sagen deshalb: Das Adverb wirkt von „außen“ auf den Satz.

Man könnte nun vermuten, daß in einem Satz mit *immer* und einer anderen negierbaren Konstituente wahlweise das *immer* oder die andere negierbare Konstituente negiert werden kann. Das ist aber nicht so, wie das folgende Beispiel zeigt:

(11a) *Sie backt *immer* keinen Kuchen.

Will man diesen Satz ausdrücken, so muß er anders formuliert werden:

(11b) Sie backt *nie* einen Kuchen.

Dagegen ist der Satz (11a) grammatisch, wenn *immer* durch *manchmal* ersetzt wird:

(11c) Sie backt *manchmal* keinen Kuchen.

Ein möglicher Grund dafür, daß der Satz (11a) ungrammatisch ist, ist die Existenz des einfacheren Satzes (11b), der dasselbe aussagt. Die Hierarchie auf Basis des Sprachgefühls kann also auch hier zur Erklärung verwendet werden.

Testverfahren Soll ein negativer Satz mit einem Adverb generiert werden, so müssen wir folglich wissen, ob das Adverb negierbar ist oder nicht. Die Frage, die wir stellen, um dies herauszufinden, ist:

(12) *Frage:* Kann das Adverb innerhalb einer Satznegation stehen?

Die Frage können wir auch auf andere Adverbiale anwenden. Sie genügt aber nicht, um zu entscheiden, ob ein Adverbial negierbar ist, wie wir gleich sehen werden. Adverbiale, bei denen die Frage mit ja beantwortet wird, nennen wir **innere** Adverbiale. So ist *immer* ein inneres Adverbial, wie man am Satz (9a) erkennen kann. Andere Adverbiale können hingegen nur außen stehen. So ist z. B. nicht klar, was die beiden folgenden Sätze bedeuten sollen. Wir werden diese Adverbiale deshalb **äußere** Adverbiale nennen:

(13a) ?¬(Er ging *deswegen* nach Hause.)
(13b) ?¬(Er ging nach Hause, *weil es regnete*.)

Die Unterteilung zwischen inneren und äußeren Adverbialen genügt jedoch nicht, um das Verhalten der Adverbien in bezug auf die Satznegation zu beschreiben. So ist z. B. das Adverb *heute* ein inneres Adverbial, es ist aber trotzdem nicht negierbar:

(14) ¬(Sie gehen *heute* ins Kino.) = Sie gehen *heute* nicht ins Kino.

Entscheidend für die Negierbarkeit ist deshalb eine zweite Frage. Wir stellen sie, wenn die Antwort auf die erste Frage positiv ausgefallen ist, d. h. wenn wir wissen, daß das Adverbial ein inneres Adverbial ist:

(15) *Frage:* Wird das Adverbial durch die Satznegation negiert?

Erst wenn auch die Antwort auf diese Frage positiv ausfällt, tragen wir das Adverb als negierbar in das Lexikon ein. Wir gehen nun auf eine dritte Frage ein, mit der die Adverbiale gefunden werden sollen, die nicht als äußere Adverbiale verwendet werden dürfen:

(16) *Frage:* Kann das Adverbial einen negativen Satz ergänzen?

Wir haben bereits am Beispiel des Satzes (11a) gesehen, daß dies nicht immer möglich ist. Bisher haben wir aber zu jedem Adverbial, zu dem es einen negativen Satz gibt, den es nicht ergänzen darf, einen negativen Satz gefunden, den es ergänzen darf. So scheint das temporale *dann*, mit dem ein nachfolgender Vorgang eingeleitet wird, nicht als äußeres Adverbial verwendet werden zu dürfen, denn was soll ein nicht existierender nachfolgender Vorgang sein?

(17a) Der Computer übernimmt *dann* die Formulierung des Textes.

Es ist ein Vorgang, der nahe liegt, sich aber trotzdem nicht anschließt:

(17b) Der Computer übernimmt *dann* die Formulierung nicht.

Die Frage (16) ist deshalb in dieser Form nicht sinnvoll. Wir haben somit geklärt, welche Konstituenten eines Satzes negierbar sind, und wie sie identifiziert werden können. Wir legen nun fest, welche der negierbaren Konstituenten eines Satzes im Falle einer Satznegation tatsächlich negiert wird. Dazu verwenden wir die natürliche Ordnung.

Natürliche Ordnung Die natürliche Ordnung legt fest, welche der negierbaren Konstituenten eines Satzes im Falle einer Satznegation negiert wird: Es wird die nach der Ordnung erste negierbare Konstituente negiert. Im Deutschen lautet die Reihenfolge der Konstituenten:

1. Adverb,
2. Subjekt,
3. adverbiale Präpositionalphrase,
4. indirektes Objekt,
5. direktes Objekt,
6. Eigenschaft,
7. Prädikat.

Jeder Satz enthält ein Prädikat. Ein Prädikat ist immer negierbar. Da das Prädikat in der natürlichen Ordnung vorkommt, ist somit jeder Satz negierbar. Folglich können mit Hilfe des Negationsoperators keine unzulässigen Sätze formuliert werden. Wir werden nun die obige Reihenfolge der Konstituenten anhand einiger Beispiele motivieren. Wir beginnen mit den negierbaren Adverbien. Sie werden vor allen anderen Konstituenten negiert:

(18a) Eine Mutter backt *immer* einen Kuchen.
(18b) Eine Mutter backt *nicht immer* einen Kuchen.

Das Subjekt wird vor den Objekten und den adverbialen Präpositionalphrasen negiert:

(19a) *Eine Studentin* strickt in einer Vorlesung.
(19b) *Keine Studentin* strickt in einer Vorlesung.

Adverbiale Präpositionalphrasen werden vor den Objekten negiert:

(20a) Der Professor gab einem Studenten ein Buch *in einer Vorlesung*.
(20b) Der Professor gab einem Studenten ein Buch *in keiner Vorlesung*.

Dagegen werden Präpositionalobjekte nicht negiert:

(21a) Wir generieren *aus einer formalen Sprache*.
(21b) Wir generieren nicht *aus einer formalen Sprache*.

Das indirekte Objekt wird vor dem direkten negiert:

(22a) Der Tenor sang *einer Studentin* ein Lied.
(22b) Der Tenor sang *keiner Studentin* ein Lied.

Das direkte Objekt wird vor einer Eigenschaft negiert:

(23a) Der Lehrer ließ *eine Frage* unbeantwortet.
(23b) Der Lehrer ließ *keine Frage* unbeantwortet.

Eine Eigenschaft wird vor dem Prädikat negiert:

(24a) Er hat das Symbol *undefiniert* gelassen.
(24b) Er hat das Symbol *nicht undefiniert* gelassen.

Das nach der natürlichen Ordnung kleinste Element ist das Prädikat. Es kann immer negiert werden. Wir vergleichen nun den Kalkül für das Deutsche mit dem Kalkül für das Englische.

4.3.2 Der Kalkül für das Englische

Für das Englische gilt dieselbe Reihenfolge der Konstituenten wie für das Deutsche. Sieht man von einigen syntaktischen Unterschieden ab, so besteht der größte Unterschied zwischen den beiden Sprachen darin, daß die von dem unbestimmten Artikel verschiedenen Quantoren im Englischen in Objektposition nicht negiert werden können. Wir werden nun auf die Unterschiede eingehen.

Negierbare Adverbien existieren im Englischen wie im Deutschen. Die Untersuchung der Adverbien unseres Fragments hat gezeigt, daß sich die negierbaren Adverbien der beiden Sprachen entsprechen. Im Englischen gilt ein Adverbial als negiert, wenn es hinter dem Negationswort *not* steht. Steht es davor, so entzieht es sich der Negation:[1]

(25a) They aren't *always* here.
(25b) They *always* aren't here.

[1] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 7.40.

Auch die Negation des Subjekts unterscheidet sich nicht vom Deutschen. Der unbestimmte Artikel wird negiert, indem er durch den Artikel *no* ersetzt wird; alle anderen Quantoren werden durch Voranstellen eines *not* negiert:[1]

(26a) *No trees* were cut down.
(26b) *Not all trees* were cut down.

Dagegen ist in der Objektposition nur der unbestimmte Artikel negierbar. Er wird entweder wie beim Subjekt durch *no* ersetzt, oder – was gebräuchlicher ist – durch den Artikel *any* ersetzt, wobei zusätzlich noch das Prädikat negiert wird:

(27a) He gave *no students* a book.
(27b) He did *not* give *any student* a book.

Alle anderen Quantoren können nicht negiert werden:

(28) *He gave *not all students* a book.

Eigenschaften sind nicht negierbar. Die Negation wird deshalb an das Prädikat weitergereicht:

(29) The teacher did not leave the remark *unanswered*.

4.3.3 Eine mögliche Erweiterung der Satznegation

Wir haben bereits im letzten Abschnitt gesehen, daß es positive Sätze gibt, die mehrere natürlich erscheinende Negate besitzen. Wir sind nun in der Lage zu präzisieren, wie diese Sätze beschaffen sind: Es sind Sätze, in denen mehrere Konstituenten negierbar sind. Fast immer sind mehrere dieser Konstituenten Individuen, die den unbestimmten Artikel zum Quantor haben.

Es liegt deshalb nahe, einen nicht-negierbaren unbestimmten Artikel einzuführen. Mit ihm kann gezielt verhindert werden, daß eine Konstituente, die mit dem unbestimmten Artikel quantifiziert ist, negiert wird. Somit muß eine andere der negierbaren Konstituenten negiert werden. Dieser Kunstgriff erhöht die Zahl der formalisierbaren negativen Sätze beträchtlich.

Alternativ könnte man eine Markierung verwenden, die anzeigt, welche der negierbaren Konstituenten negiert werden soll. Wir gehen im nächsten Abschnitt auf diesen Ansatz ein und begründen, warum er besser ist als das Einführen eines nicht-negierbaren unbestimmten Artikels.

[1] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 7.37.

4.4 Negation als Verneinung und Markierung

Das Verneinen eines Satzes in Verbindung mit dem Markieren einer Konstituente ist die konsequente Umsetzung unserer semantischen Charakterisierung der Negation, wo zwischen positiver und negativer Information unterschieden wurde:

1. Das Verneinen entspricht der Aussage, daß der Satz nicht zutrifft.
2. Die Markierung benennt die Konstituente, an der das Zutreffen scheitert.

Damit sind sowohl die negative wie auch die positive Information direkt in der formalen Sprache kodiert. Aus Sicht unserer Semantik ist der Ansatz deshalb vollständig. Wir werden ihn jedoch einschränken: Markiert werden dürfen nur negierbare Konstituenten.

Sondernegation Würden wir dagegen das Markieren beliebiger Konstituenten zulassen, so wären Sätze formalisierbar, die eine starke Betonung auf der markierten Konstituente besitzen. Im Deutschen werden diese Sätze als sondernegiert bezeichnet und sind verhältnismäßig selten. In den anderen beiden Sprachen dürfen solche Sätze nur unter ganz besonderen Umständen verwendet werden. Wir werden deshalb auf die Sondernegation verzichten.

Transformationen Wir müssen noch einen weiteren Punkt ansprechen, in dem sich die betrachteten Sprachen unterscheiden: Mit diesem System sind deutsche Sätze formalisierbar, die nicht direkt ins Englische generiert werden können. Das traf z. B. auf den Satz (4a) zu. Wir führen ihn hier noch einmal auf:

(30a) Ich habe *viele* Bücher *nicht* gelesen.

In dem Satz ist das Prädikat markiert. Will man die Markierung im Englischen an dieser Stelle beibehalten, so muß der Satz umformuliert werden, wie es in (4b) geschah:

(30b) There are *many* books I have *not* read.

Alternativ kann man aber auch dem Erhalt der Satzstruktur die höhere Priorität beimessen und auf das Umformulieren des Satzes verzichten. Wir entscheiden uns für diese Lösung. Die englische Entsprechung des obigen Satzes lautet bei uns deshalb:

(30c) I have *not* read *many* books.

Auch ein englischsprachiger Benutzer ist in der Lage, richtig zu markieren: Er soll die Konstituente markieren, an der aus seiner Sicht das Zutreffen des Satzes scheitert. Er trifft seine Entscheidung somit aufgrund der intendierten Bedeutung. Seine Entscheidung ist deshalb unabhängig von den syntaktischen Eigenheiten seiner Sprache.

Vergleich Wir haben zwei Kandidaten für die Formalisierung der Negation, die beide in etwa gleich mächtig sind. Der erste Kandidat ist die Satznegation, erweitert um einen nicht-negierbaren unbestimmten Artikel. Der zweite Kandidat ist die Verneinung des Satzes in Verbindung mit der Markierung einer seiner Konstituenten.

Wir werden uns nun die Satznegation genauer anschauen und zeigen, daß dieser Ansatz einige unschöne Eigenschaften besitzt. Wir werden uns deshalb gegen ihn entscheiden. Doch zunächst zu seinen Vorteilen:

1. Es lassen sich nur die negativen Sätze formulieren, die in allen drei Sprachen direkt ausgedrückt werden können.
2. Es gibt wie in der Logik nur einen Negationsoperator. Er wird auf einfache Sätze angewandt und nicht auf Konstituenten, wodurch die Unterschiede zwischen den natürlichen Sprachen in ihrer Realisierung der Negation weitgehend ausgeklammert werden.

Seine Nachteile wiegen aber schwerer:

1. Um zu wissen, welcher negative Satz zu einem positiven Satz gehört, muß ein Benutzer den Kalkül kennen. Dies trifft vor allem dann zu, wenn er mit dem nicht-negierbaren unbestimmten Artikel arbeiten will. Dies ist jedoch kein gravierender Nachteil, denn er kann anhand des Satzes, der in seine Muttersprache generiert wurde, das Ergebnis kontrollieren.
2. In der formalen Sprache existieren mehrere formale Artikel, die in der natürlichen Sprache mit *ein* ausgedrückt werden können. Die Hinzunahme eines weiteren formalen Artikels zu dieser Liste erhöht die Wahrscheinlichkeit einer Verwechslung und verringert die Transparenz der formalen Sprache. Dies ist ein anwendungsbezogenes Argument. Wichtiger als die einfache Handhabung der formalen Sprache ist ihre Konsistenz, und auch die ist verletzt, wie wir im nächsten Punkt zeigen.
3. Der nicht-negierbare unbestimmte Artikel ist im Gegensatz zu allen anderen Artikeln kein eigenständiger Artikel, sondern eine Variante des unbestimmten Artikels. Die Eigenschaft eines Artikels, in einem Satz negiert zu sein, hat nichts mit der Bedeutung des Artikels zu tun. Folglich ist die Entscheidung, den unbestimmten Artikel in zwei eigenständige Artikel aufzuspalten, technisch motiviert. Man erkennt dies deutlich an den positiven Sätzen, wo es keinen Sinn macht, zwischen negierbaren und nicht-negierbaren unbestimmten Artikeln zu unterscheiden.

Artikel und Markierung in negativen Sätzen sind zwei grundverschiedene Dinge, und wir haben guten Grund, sie nicht miteinander zu verschmelzen. Wir entscheiden uns deshalb für eine Formalisierung der Negation mit Verneinung und Markierung.

Notation Nun gehen wir noch darauf ein, wie wir die Negation durch Verneinung und Markieren in der formalen Sprache notieren. Die Verneinung eines Satzes s läßt sich gut mithilfe des Negationsoperators $\neg s$ der Logik kodieren, denn beide sagen aus, daß ein Sachverhalt nicht zutrifft. Das Markieren einer Konstituente k läßt sich gut durch die Komplementbildung $\bar{k}$ wiedergeben: Sie deutet an, daß der Satz zutreffen würde, falls man die markierte Konstituente durch das richtige Element seiner Komplementmenge ersetzen würde.

Wir werden nur die Komplementbildung verwenden, da der Negationsoperator und die Komplementbildung zusammen die intendierte Bedeutung des Satzes nicht mehr korrekt widerspiegeln. Sei also p ein Prädikat, $t_1, \ldots, t_n$ Terme und $f_1, \ldots, f_m$ freie Terme. Seien außerdem t_i des Satzes (31a) und f_j des Satzes (31b) negierbare Konstituenten. Dann sind die folgenden drei Sätze negierte Sätze mit der Markierung auf der durch $\bar{k}$ gekennzeichneten Konstituente k:

(31a) $p\,t_1 \ldots t_{i-1}\,\bar{t}_i\,t_{i+1} \ldots t_n\,f_1 \ldots f_m$

(31b) $p\,t_1 \ldots t_n\,f_1 \ldots f_{j-1}\,\bar{f}_j\,f_{j+1} \ldots f_m$

(31c) $\bar{p}\,t_1 \ldots t_n\,f_1 \ldots f_m$

5 Die Terme

Was Terme sind, haben wir bereits im Abschnitt 2.2 definiert: Terme sind die sprachlichen Objekte, die die obligatorischen und fakultativen Stellen der Prädikate füllen. Diese Definition grenzt nicht nur ein, was überhaupt als Term in Frage kommt, aus ihr resultiert außerdem eine erste Unterteilung der Terme: Die Prädikate legen nämlich nicht nur die Zahl der Terme fest, die sie akzeptieren, sondern auch deren Typ.

Typen Es bietet sich an, in $\mathcal{L}_I$ die Typen zur Unterteilung der Terme zu verwenden, denn dann läßt sich leicht überprüfen, ob eine Folge von Termen zu einem Prädikat paßt. Wir werden sechs Typen unterscheiden: die Nominalphrase (1a, 2a, 3a), den Infinitivsatz (1b, 2b, 3b), den *daß*-Satz (1c, 2c, 3c), den *ob*-Satz (1d, 2d, 3d), den *w*-Satz (1e, 2e, 3e) und die Zuweisung (1f, 2f, 3f).

(1a) Er verteilte *den Gewinn*.
(1b) Sie beabsichtigt, *auf eine Rückerstattung zu bestehen*.
(1c) Er folgerte, *daß es besser so ist*.
(1d) Ich überlege, *ob das gehen wird*.
(1e) Ich frage mich, *was er macht*.
(1f) Wir nennen *solche Funktionen stetig in x*.

(2a) He distributed *the profits*.
(2b) She intends *to insist on a refund*.
(2c) He concluded *that it is better this way*.
(2d) I am considering *whether that will work*.
(2e) I wonder *what he is doing*.
(2f) We call *such functions continuous in x*.

(3a) Il a réparti *le bénéfice*.
(3b) Elle prévoit *d'insister sur un remboursement*.
(3c) Il a conclu *que c'est mieux comme cela*.
(3d) Je réfléchis *si cela va marcher*.
(3e) Je me demande *ce qu'il fait*.
(3f) On appelle *de telles fonctions continu en x*.

Die Nominalphrase gruppiert sich in der Regel um ein Substantiv oder ein Pronomen und ist der Prototyp eines Terms (1a, 2a, 3a). An seiner Relation zum Prädikat haben wir festgemacht, was einen Term auszeichnet. Wir werden sie im Abschnitt 5.3 eingehend behandeln.

Die folgenden vier Typen sind satzwertige Terme (1b - 1e, 2b - 2e, 3b - 3e). Wir sind bereits im Abschnitt 2.3 auf sie eingegangen, als es darum ging, festzulegen, was wir unter einem zusammengesetzten Satz verstehen. Erst als wir gesehen haben, daß die satzwertigen Terme und die Nominalphrasen in einer nahezu identischen Relation zum Prädikat stehen, haben wir auch sie als Terme akzeptiert. Sie werden im Abschnitt 5.2 genauer behandelt.

Die Zuweisung haben wir bisher noch nicht besprochen. Die Sätze (1f, 2f, 3f) enthalten je ein Beispiel für eine Zuweisung. Wir betrachten exemplarisch den deutschen Satz. Er besteht aus dem direkten Objekt *solche Funktionen*, der Eigenschaft *stetig* und ihrer Ergänzung *in x*. Der Zusammenhang zwischen diesen Bestandteilen ist der folgende: Dem direkten Objekt wird die Eigenschaft zugewiesen, modifiziert um die Ergänzung. Wir werden im Abschnitt 5.1 darauf eingehen, weshalb wir die Zuweisung in genau dieser Form ansetzen.

Abgeleitete Typen Zwei Kategorien von Termen sind nicht unmittelbar in den sechs Typen enthalten: die zusammengesetzten Terme und die Platzhalter. Beide Kategorien fassen syntaktisch verwandte Terme zusammen, die aber verschiedene Typen haben können. Wir werden nun beide Kategorien kurz vorstellen und auf die in ihnen vertretenen Typen eingehen.

Wir definieren einen **einfachen Term** als einen Term, dessen unmittelbare Bestandteile keine Terme sind, und einen **zusammengesetzten Term** als einen Term, der aus einer Konjunktion und einer Folge von einfachen Termen besteht. Der Typ eines zusammengesetzten Terms ist die Vereinigung der Typen der einfachen Terme, aus denen er besteht. Dazu zwei Beispiele:

(4a) *Du und wer sonst noch Zeit hat*, seid natürlich herzlich eingeladen.
(4b) She expects *the weather to change and that it will snow*.

Der erste zusammengesetzte Term besteht aus zwei Nominalphrasen und ist damit auch vom Typ Nominalphrase. Der zweite zusammengesetzte Term besteht dagegen aus zwei Termen unterschiedlichen Typs: einem Infinitivsatz und einem *daß*-Satz. Die Vereinigung dieser beiden Typen ergibt einen neuen Typ, den wir mit „Infinitivsatz + *daß*-Satz“ bezeichnen werden. Mögliche Typen sind damit nicht nur die sechs einfachen Typen, sondern jedes Element aus der Potenzmenge der sechs Typen. Wir werden die formale Sprache jedoch auf genau die zusammengesetzten Terme beschränken, die einen einfachen Typ haben, da Sätze wie (4b) als schlechter Stil zählen. Ein Term ist somit entweder ein einfacher Term oder ein zusammengesetzter Term:

(5) $\boxed{\text{Term}} \rightarrow \boxed{\text{einfacher Term}}$
$\quad\quad\quad\quad \mid \boxed{\text{zusammengesetzter Term}}$

Und ein zusammengesetzter Term besteht aus einer Konjunktion und einer Folge von einfachen Termen, die von ihrem Typ her zur Konjunktion passen:

(6) $\boxed{\text{zus. Term}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{einf. Term}}\right]^{\tau\in\sigma}$

Ein **Platzhalter** ist ein Füllwort. Er hat eine der beiden folgenden Funktionen: Entweder er vertritt einen Term, der nicht erneut genannt werden soll (7a), oder er wird zum Füllen einer obligatorischen Stelle eines Prädikats verwendet, der man keine Bedeutung zumißt (7b).

(7a) Wer sagt *das*?

(7b) *We* will now prove the theorem.

Die zweite Funktion ist mit dem Nichtbesetzen einer fakultativen Stelle vergleichbar: Da eine obligatorische Stelle nicht unbesetzt bleiben darf, wird ein (fast) informationsleeres Wort zum Füllen der Stelle verwendet. Nicht jeder Platzhalter kann beide Funktionen wahrnehmen. Wir legen deshalb für jeden Platzhalter im Lexikon ab, welche Funktionen er wahrnehmen darf.

Zusätzlich legen wir ab, welche Typen von Termen durch welche Platzhalter vertreten werden können. Einige Platzhalter können satzwertige Terme vertreten, wie z. B. die Platzhalter *es/it/ce*, *das/that/ce* und *dies/this/ceci*. Andere können Nominalphrasen vertreten, wie z. B. die Platzhalter *es/it/il*, *man/one/on* und der Platzhalter *wir/we/on*, wie er in mathematischen Texten verwendet wird. Es wäre zwar möglich, die Platzhalter den einzelnen Typen zuzuordnen. Da sie sich aber sehr ähnlich verhalten, werden wir sie zu einer Kategorie zusammenfassen. In der formalen Sprache ist ein Platzhalter nicht mehr als ein Schlüssel.

Zusammenfassung Ein einfacher Term ist damit entweder ein Individuum, ein Vorgang, ein Faktum, eine Entscheidung, eine Ergänzung, eine Zuweisung oder ein Platzhalter:

(8) $\boxed{\text{Einf. Term}}$

$$\rightarrow \boxed{\text{Individuum}} \;\Big|\; \boxed{\text{Vorgang}} \;\Big|\; \boxed{\text{Faktum}} \;\Big|\; \boxed{\text{Entscheidung}}$$

$$\Big|\; \boxed{\text{Ergänzung}} \;\Big|\; \boxed{\text{Zuweisung}} \;\Big|\; \boxed{\text{Platzhalter}}$$

Die Verbindung zwischen den Nominalphrasen und Individuen, Vorgängen und Infinitivsätzen, Fakten und *daß*-Sätzen, Entscheidungen und *ob*-Sätzen und Ergänzungen und *w*-Sätzen werden wir im Verlauf dieses Kapitels herstellen, wobei die neuen Namen vor allem dazu dienen, unsere Bezeichnungen sprachunabhängig zu machen:

5.1 Die Zuweisung

Die Zuweisungen sind den satzwertigen Termen nicht unähnlich: Was für einen Satz das Prädikat ist (9a), ist für eine Zuweisung die Eigenschaft (9b). Beide eröffnen um sich herum Stellen für weitere Bestandteile. Vor allem die Ähnlichkeit der Zuweisungen zu Sätzen, deren Prädikat eine Eigenschaft ist, sticht ins Auge:

(9a) Der Richter meint, daß *die Tat entsetzlich* ist.
(9b) Der Richter nannte *die Tat entsetzlich.*

Im ersten Satz wird die Eigenschaft dem Subjekt des Nebensatzes zugewiesen, im zweiten dagegen dem direkten Objekt. Das Subjekt enthält im zweiten Satz stattdessen den Urheber der Zuweisung. Die beiden Verwendungen einer Eigenschaft werden deshalb auch **subjekt-** bzw. **objektbezogen** genannt.[1] Beiden ist gemeinsam, daß sie auch eine Nominalphrase als Eigenschaft zulassen:[2]

(10a) *His being convicted* is *a success.*
(10b) They considered *his being convicted* as *a success.*

Valenz Wir werden nun anhand einiger Beispiele motivieren, warum wir eine komplexe Kategorie namens Zuweisung einführen, statt ihre Konstituenten als unmittelbare Bestandteile des übergeordneten Satzes zu sehen. Als erstes Beispiel wählen wir das Prädikat *nennen.* Auf den ersten Blick ist es einem dreistelligen Prädikat nicht unähnlich, das neben einem Subjekt und einem direkten Objekt eine Eigenschaft nimmt. So z. B. im Satz (9b). Das folgende Beispiel zeigt jedoch, daß diese Sicht problematisch ist, weil sie die Valenz der Eigenschaft nicht berücksichtigt:[3]

(11a) Er ist *dem Opfer* fremd.
(11b) Der Zeuge nannte ihn *dem Opfer* fremd.

Die Eigenschaft *fremd* kann, wie man am Beispiel des Satzes (11a) sieht, ein Dativobjekt lizenzieren. Diese Fähigkeit behält es auch bei Objektbezug bei (11b). Im Satz (9b) ist dagegen ein Dativobjekt nicht zulässig – er würde dadurch ungrammatisch werden. Eigenschaften tragen somit auch bei Objektbezug eine Valenz.

Dadurch ist jedoch noch nicht geklärt, warum wir das direkte Objekt als Teil der Zuweisung sehen: Man könnte die Zuweisung nämlich auch als eine Konstruktion sehen, die dem **AcI** ähnlich ist. Dort ist das direkte Objekt zwar das semantische Subjekt des Infinitivsatzes, syntaktisch gesehen gehört es aber zum übergeordneten Satz:[4]

(12a) Helen sees *her son* smoking a cigarette.
(12b) Helen sees *her son. He* is smoking a cigarette.
(12c) He made *the punishment* fit the crime.
(12d) *He made *the punishment. It* fitted the crime.

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 445.
[2] Jude (1961), Seiten 210 und 230.
[3] Helbig und Buscha (1996), Seite 556.
[4] Eisenberg (1994), Seite 388 und Aufgabe 126.

Während der Infinitivsatz eines AcIs zu einem selbständigen Satz gemacht werden kann (12a, 12b), ist dies mit einer Zuweisung nicht möglich (12c, 12d). Darüber hinaus spricht auch der Einfluß der Valenz einer Eigenschaft auf den Typ des direkten Objekts dafür, das direkte Objekt als Teil der Zuweisung zu betrachten:

(13a) *Ihn zu töten*, ist entsetzlich.
(13b) Er nannte, *ihn zu töten*, entsetzlich.
(13c) **Ihn zu töten*, ist fremd.
(13d) *Er nannte, *ihn zu töten*, fremd.

Während *entsetzlich* an seiner ersten Stelle einen Infinitivsatz lizenzieren kann (13a, 13b), ist dies *fremd* nicht möglich (13c, 13d). Ein weiterer Aspekt ist die Passivbildung:

(14a) Man betrachtete *ihn* als *den Mörder*.
(14b) *Er* wurde als *der Mörder* betrachtet.

Das direkte Objekt trägt im Aktiv wie im Passiv denselben Kasus wie die Eigenschaft. Auch dies ist ein Beleg dafür, daß sie eng miteinander verbunden sind.

Zusammenfassung Wir definieren deshalb, daß eine **Zuweisung** aus einer Eigenschaft und einer Folge von Ergänzungen besteht, die von ihrem Typ her zur Valenz der Eigenschaft passen muß:

(15) $\boxed{\text{Zuweisung}} \;\rightarrow\; \boxed{\text{Eigenschaft}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]^{\tau \in \sigma}$

Eine Zuweisung ist damit einem einfachen Satz sehr ähnlich. Im Unterschied zu ihm kann die Zuweisung aber nicht durch Modifikatoren ergänzt werden. Die Verwandtschaft zwischen ihnen geht sogar so weit, daß es oftmals notwendig ist, eine Zuweisung in einen *daß*-Satz zu transformieren. So auch in dem folgenden Beispiel:

(16a) Der Staatsanwalt fand *es wichtig für das Verfahren*.
(16b) The public prosecutor judged *it important for the trial*.
(16c) Le procureur de la République a pensé *que c'était important pour le procés*.

Im Französischen muß die Zuweisung in einen *daß*-Satz transformiert werden. Die Terme werden dabei ohne Veränderung übernommen, die Eigenschaft wird zu seinem Prädikat. Der Subjonctif resultiert aus dem Lexikoneintrag des Prädikats *penser*. Dort steht, daß *penser* einen *daß*-Satz zum direkten Objekt nimmt, der im Subjonctif stehen muß.

Auch im Englischen und Deutschen darf oftmals eine Zuweisung durch einen entsprechenden *daß*-Satz ersetzt werden. Ein *daß*-Satz wird jedoch gewöhnlich nur dann verwendet, wenn eine Zuweisung nicht möglich ist. Dieser Fall tritt beispielsweise dann ein, wenn eine Eigenschaft um eine Modalität ergänzt wird:

(17a) Der Staatsanwalt fand, *daß es wichtig sein könnte*.
(17b) The public prosecutor judged *that it might be important*.

Andererseits ist eine Zuweisung oftmals einem adverbialen Adjektiv sehr ähnlich:

(18a) He saw his sister *changed*.
(18b) He found his sister *changed*.

Im ersten Satz ist das Adjektiv *changed* (*verändert*) ein Adverbial und liefert somit zusätzliche Informationen zum Satz. Im zweiten Satz ist das Adjektiv *changed* dagegen Bestandteil einer Zuweisung und damit ein integraler Bestandteil des Satzes. Man erkennt den Unterschied, wenn man versucht, das Adjektiv probeweise aus dem Satz zu streichen.

Nur wenige Prädikate nehmen Zuweisungen. Beispiele für solche Prädikate sind *nennen*, *finden*, *halten…für*, *definieren…als*, *betrachten…als*, *machen* und *lassen*.[1] Auf das Prädikat *lassen* werden wir gleich genauer eingehen, da es sich – wie Eisenberg formuliert – wie ein Chamäleon verhält und sich einer einfachen Einordnung in ein Valenzsystem entzieht.[2]

Lassen Das Prädikat *lassen* hat keine unmittelbare Entsprechung in $\mathcal{L}_I$, da seine Übersetzung ins Englische und Französische von seiner jeweiligen Verwendung abhängt. Stattdessen wird es in $\mathcal{L}_I$ mehrere, von ihrer Bedeutung her verschiedene formale Prädikate geben, die alle mit *lassen* ins Deutsche übersetzt werden. Ihnen allen ist gemeinsam, daß ihre Valenz eine Teilmenge der Valenz des deutschen Prädikats *lassen* ist.

Uns geht es darum, herauszufinden, wie die Valenz dieser Prädikate in unser Valenzsystem integriert werden kann. Wir haben in unserem Fragment drei Valenzmuster gefunden, die wir nun vorstellen werden. Zum einen kann *lassen* wie ein Prädikat verwendet werden, das einen AcI nimmt (19a, 20a).

(19a) Karl läßt Paul *seiner Mutter helfen*.
(19b) Karl läßt *seiner Mutter helfen*.
(19c) Karl läßt Paul.

(20a) Maria läßt, daß Karl heiratet, schlimme Folgen haben.
(20b) *Maria läßt, daß Karl heiratet.

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 447.
[2] Eisenberg (1994), Seite 389.

Im Gegensatz zu den anderen AcI-Prädikaten ist das direkte Objekt von *lassen* fakultativ (19b) und der Infinitivsatz dagegen obligatorisch (20b). Es ist zwar möglich, *lassen* wie ein transitives Prädikat zu verwenden (19c), doch hat es dann – im Gegensatz zu einem AcI-Prädikat – eine andere Bedeutung. Wir werden diese Verwendung des Prädikats deshalb als ein eigenständiges Prädikat ansehen. Beide Valenzmuster lassen sich problemlos in unserem System behandeln.

Die dritte Verwendung von *lassen* nimmt eine Zuweisung als direktes Objekt (21a). Wie das Beispiel (21b) zeigt, ist es jedoch nicht zulässig, eine Nominalphrase als Eigenschaft zu verwenden. Diese Restriktion kann in unserem bisherigen Valenzsystem nicht berücksichtigt werden, da wir die Zuweisungen nicht nach dem Typ ihrer Eigenschaft unterscheiden.

(21a) Der Student ließ das Symbol undefiniert.
(21b) *Der Student ließ das Symbol eine Funktion.

Aus praktischen Gründen werden wir die Unterscheidung auch nicht einführen, denn sie wird nur für die Prädikate *lassen* und *machen* benötigt: Während *lassen* zusammen mit einer Eigenschaft, die Nominalphrase ist, keinen Sinn macht, läßt sich *machen* durch *machen*...*zu* ersetzen, um den Sinn richtig wiederzugeben. Somit ist die Unterscheidung der zwei Typen von Eigenschaften auch nicht zwingend erforderlich. Wir können also mit einer leichten Einschränkung auch diese Verwendung von *lassen* in unserem Valenzsystem behandeln.

5.2 Die satzwertigen Terme

Die satzwertigen Terme sind unterteilt in Infinitivsätze, *daß*-Sätze, *ob*-Sätze und *w*-Sätze. Betrachtet man ihre Funktion, so zerfallen sie in zwei Gruppen, die wir separat behandeln werden:

(22a) Paul promised *to wait for me*.
(22b) Paul promised *that he would wait for me*.

(23a) Paul asked *whether we would come*.
(23b) Paul asked *when we would come*.

Die Infinitiv- und *daß*-Sätze bilden die eine Gruppe. Ihre Funktionen sind sich so ähnlich, daß es vorkommt, daß sie gegeneinander austauschbar sind (22a, 22b): Beide werden dazu verwendet, einen Sachverhalt auszudrücken, wobei ein Infinitivsatz eher für einen Vorgang und ein *daß*-Satz eher für ein Faktum verwendet wird. Die *ob*- und *w*-Sätze bilden die andere Gruppe. Beide haben die Funktion einer indirekten Frage. Der Unterschied zwischen ihnen ist der Fragetyp. Während *ob*-Sätze Entscheidungsfragen sind, sind *w*-Sätze Ergänzungsfragen.

Um in $\mathcal{L}_I$ Bezeichnungen zu verwenden, die unabhängig von der Syntax der deutschen Sprache sind, werden wir nicht von Infinitiv-, *daß*-, *ob*- und *w*-Sätzen sprechen, sondern von **Vorgängen**, **Fakten**, **Entscheidungen** und **Ergänzungen**.

Vorgänge und Fakten Syntaktisch sind die Vorgänge und Fakten verschieden. Während Vorgänge ε-Sätze sind, sind Fakten vollwertige Sätze:

(24) $\boxed{\text{Vorgang}} \rightarrow \boxed{\text{einfacher } \varepsilon\text{-Satz}}$

(25) $\boxed{\text{Faktum}} \rightarrow \boxed{\text{einfacher Satz}}$

Ist das semantische Subjekt des übergeordneten Satzes identisch mit dem des Faktums, so sind sie häufig gegeneinander austauschbar:[1]

(26a) Anton$_i$ versprach seinen Kindern, daß *er*$_i$ die Katze füttert.
(26b) Anton$_i$ versprach seinen Kindern, ε_i die Katze zu füttern.
(26c) Anton versprach seinen Kindern$_j$, daß *sie*$_j$ die Katze füttern.
(26d) *Anton versprach seinen Kindern$_j$, ε_j die Katze zu füttern.

Für uns wird die Transformation genau dann interessant, wenn ein Nebensatz in der einen Sprache als Vorgang und in einer anderen als Faktum formuliert werden muß:

(27a) On sélectionne des lois$_i$ que$_i$ l'on pense ε_i *vrai à cause des concepts évoqués.*
(27b) Wir wählen Gesetze$_i$ aus, von denen$_i$ wir meinen, *daß* ***sie***$_i$ *wegen der beteiligten Konzepte wahr sind.*

Während der kursiv geschriebene Nebensatz im Französischen ein Infinitivsatz sein muß, muß im Deutschen ein *daß*-Satz gewählt werden. Wie soll ein solcher Nebensatz in $\mathcal{L}_I$ formalisiert werden?

Ein Faktum besitzt genau eine Stelle mehr als ein analog gebildeter Vorgang. Wird diese Stelle jedoch von außen regiert, wie es im Beispiel (27b) der Fall ist, kann sie nicht frei belegt werden, und das Faktum gleicht in diesem Fall von der Zahl seiner frei zu besetzenden Stellen einem Vorgang. Der regierende Term muß nicht unbedingt das Subjekt des übergeordneten Satzes sein, wie das Beispiel (27b) zeigt. Wir führen deshalb die folgende Konvention ein: Wird das semantische Subjekt des Nebensatzes von außen regiert, so ist in $\mathcal{L}_I$ ein Vorgang zu wählen.

Entscheidungen und Ergänzungen Entscheidungen und Ergänzungen sind beides indirekte Fragen. Während eine Entscheidung mit *ja* oder *nein* beantwortet werden kann und durch einen vollwertigen Satz realisiert ist (28a), sind Ergänzungen λ-Sätze und fragen nach einem Term (28b).

[1] Roberts (1997), Seiten 130 bis 139.

(28a) Dave wants to know *if* the noise came from the garden.
(28b) Dave wants to know *where* the noise came *from*.
(28c) The noise came *from the garden*.

Der λ-Term repräsentiert im λ-Satz den Term, nach dem gefragt wird. Er wird in den natürlichen Sprachen durch ein Interrogativpronomen realisiert, das möglicherweise um eine Präposition ergänzt ist. Der Satz (28c) ist eine mögliche Antwort auf beide Fragen. Die strukturelle Verwandtschaft zwischen den drei Sätzen ist auffällig: Die Entscheidungsfrage und die Antwort sind von ihrer Struktur her identisch, und die Ergänzungsfrage und die Antwort unterscheiden sich nur dadurch, daß ein λ-Term durch einen Term ersetzt wurde.

Das Interrogativpronomen ist jedoch nicht unabhängig von dem, wonach gefragt wird. Es wird syntaktisch unterschieden, ob nach etwas Belebtem gefragt wird oder nicht:[1]

(29a) Der Lehrer möchte wissen, *wer* das war.
(29b) Der Lehrer möchte wissen, *was* das war.

Im ersten Satz wird nach einer Person und im zweiten nach einer Sache gefragt. Wir werden dies den **Bezug** der Ergänzung nennen.

Eine Entscheidung ist somit ein einfacher Satz:

(30) $\boxed{\text{Entscheidung}} \rightarrow \boxed{\text{einfacher Satz}}$

Und eine Ergänzung besteht aus einem Bezug und einem einfachen λ-Satz. Der Bezug richtet sich entweder auf etwas Belebtes oder etwas Unbelebtes:

(31) $\boxed{\text{Ergänzung}} \rightarrow \boxed{\text{Bezug}} + \boxed{\text{einfacher } \lambda\text{-Satz}}$

(32) $\boxed{\text{Bezug}} \rightarrow \boxed{\text{belebt}} \mid \boxed{\text{unbelebt}}$

5.3 Das Individuum

Wir werden Nominalphrasen **Individuen** nennen, da sie sich auf existierende und fiktive Objekte und Gruppen von Objekten der realen Welt beziehen. Ein Individuum ist entweder ein Klassenterm (33a), ein Namensterm (33b), ein Zeiger (33c) oder ein freier Relativsatz (33d).

(33a) le caniche choqué
(33b) un $f(x,y)$ arbitraire
(33c) celui-là
(33d) ce sur quoi on ne peut pas parler

[1] Eisenberg (1994), Seite 340.

Ein **Klassenterm** besteht aus einem Determinator, einem Substantiv und möglicherweise einigen Attributen. (33a) ist ein Beispiel für einen Klassenterm. Er besteht aus dem Determinator *le*, dem Substantiv *caniche* (*Pudel*) und dem attributiven Adjektiv *choqué* (*geschockt*). Die formale Entsprechung der Substantive werden wir Klassen nennen. Daher auch der Name Klassenterm.

Ein **Namensterm** besteht wie der Klassenterm aus einem Determinator und Attributen. An die Stelle der Klasse tritt jedoch ein Name. Es kann sich dabei um den Eigennamen einer Person, einer Institution oder einen Namen für ein mathematisches Objekt handeln. (33b) ist der Name eines mathematischen Objekts.

Ein **Zeiger** referenziert auf ein bereits eingeführtes Individuum. Die Klasse bzw. der Name des Individuums wird dabei nicht erneut angeführt. In der natürlichen Sprache geschieht dies durch ein Personalpronomen oder ein Determinativpronomen. In (33c) wird beispielsweise ein Determinativpronomen verwendet.

Ein **freier Relativsatz** ist ein Relativsatz in der Funktion eines Individuums. (33d) ist ein Beispiel für einen freien Relativsatz. Seine deutsche Übersetzung lautet: [*das,*] *worüber man nicht sprechen kann*. Während im Französischen der freie Relativsatz durch das Pronomen *ce* (*das*) eingeleitet werden muß, ist es im Deutschen fakultativ.

Wir werden nun detailliert auf die einzelnen Typen von Individuen eingehen. Sie sind:

(34)
$$\begin{array}{lcl} \boxed{\text{Individuum}} & \rightarrow & \boxed{\text{Klassenterm}} \\ & | & \boxed{\text{Namensterm}} \\ & | & \boxed{\text{Zeiger}} \\ & | & \boxed{\text{Freier Relativsatz}} \end{array}$$

5.3.1 Der Klassenterm

Die Klassenterme sind die formale Entsprechung der Nominalphrasen, denen ein Substantiv zugrunde liegt. Sie bestehen aus einer Klasse, einem Determinator und möglicherweise einigen Attributen. Die Attribute unterteilen wir in fakultative und freie Attribute, wobei die Folge von fakultativen Attributen von ihrem Typ her zur Valenz der Klasse passen muß:

(35)
$$\begin{array}{lcl} \boxed{\text{Klassenterm}} & \rightarrow & \boxed{\text{Determinator}} + \boxed{\text{Klasse}}^{\sigma} \\ & & + \left[\boxed{\text{fak. Attribut}}\right]^{\tau \in \sigma} + \boxed{\text{freie Attribute}} \end{array}$$

Die Klassen sind Schlüssel und können mit den Substantiven der natürlichen Sprache verglichen werden. Die Determinatoren und die Attribute werden wir in den Kapiteln 6 und 7 behandeln. Wir werden nun den Zusammenhang zwischen den einzelnen Bestandteilen eines Klassenterms anhand einer naiven Interpretation der Klassen illustrieren.

Interpretation Eine mögliche Interpretation der Klassen ist es, sie als Mengen zu sehen, die reale und fiktive Objekte enthalten. Beispiele für Klassen sind die Menge aller *Pferde* und die Menge aller *Einhörner*. Nicht jede Menge von Objekten ist jedoch als Klasse realisiert.

Für die Attribute ergibt sich unter dieser Annahme die folgende Funktion: Sie sind Operatoren, die eine Klasse nehmen und eine neue Klasse daraus erzeugen. In der Regel ist die neue Klasse eine Teilmenge der alten. So ist z. B. die Menge aller *schwarzen Pferde* eine Teilmenge der Menge aller *Pferde*. Die Menge aller *angeblichen Einhörner* ist dagegen keine Teilmenge der Menge aller *Einhörner*, obwohl unbestritten ein Zusammenhang zwischen den beiden Klassen besteht.

Ein Determinator selektiert eine Teilmenge aus der Potenzmenge einer Klasse. Diese Teilmenge enthält alle Individuen, auf die der Klassenterm zutrifft. Mögliche Kriterien, nach denen die Individuen aus der Potenzmenge selektiert werden, sind ihre Mächtigkeit und der Kontext. Die Menge der zulässigen Individuen ist zwar häufig einelementig, sie muß es aber nicht sein.

Wir werden die Funktionsweise der Determinatoren an zwei Beispielen illustrieren:

(36a) das schwarze Pferd
(36b) viele angebliche Einhörner

Der Determinator *das* des ersten Klassenterms ist der bestimmte Artikel und steht im Singular. Der Singular legt fest, daß nur solche Individuen in Frage kommen, die genau ein Objekt enthalten, und der bestimmte Artikel zeigt an, daß auf den Kontext zurückgegriffen werden muß, um genau das einelementige Individuum aus der Potenzmenge aller schwarzen Pferde auszuwählen, von dem zuletzt die Rede war.

Der Determinator *viele* des zweiten Klassenterms selektiert nur nach der Mächtigkeit der Individuen. Welchen Individuen aus der Potenzmenge der *angeblichen Einhörner* das Prädikat *viele* zusteht, hängt jedoch vom Kontext ab.

Dieser naive Ansatz ist mit etlichen Unzulänglichkeiten behaftet. So wird nicht berücksichtigt, daß zwei verschiedene Klassenterme die gleiche Extension haben können, von ihrer Intension aber verschieden sind. Beispielsweise haben *die Zahl der Planeten* und die Zahl 9 die gleiche Extension, nämlich die Zahl 9. Sie sind aber spätestens dann von ihrer Intension her verschieden, wenn einem Autor die Gleichheit der Individuen nicht bekannt ist. Unsere Interpretation ist deshalb in dieser Form als formale Semantik ungeeignet.[1] Da wir sie aber nur als Heuristik verwenden, können wir alle Einwände jedoch getrost ignorieren.

Notation Die naive Interpretation wird jedoch als Basis für unsere Notation der Klassenterme dienen. Klassen fassen wir dabei als Objekte auf, die nicht weiter unterteilt werden müssen. Attribute sind Operatoren auf den Klassen. Determinatoren nehmen

[1] Link (1976), Seiten 12 und 13.

eine Klasse und bilden sie auf eine Menge von Individuen ab. Sie sind unterteilt in Quantor und Auswahl. Der Quantor gibt die Mächtigkeit der zulässigen Individuen vor, und die Auswahl selektiert aus diesen Individuen nach vorgegebenen Kriterien eine Teilmenge.

So ist beispielsweise der unbestimmte Artikel ε dem Existenzquantor ähnlich: Er sagt nicht mehr, als daß ein zulässiges Individuum existiert. Der bestimmte Artikel τ wählt dagegen genau das Individuum aus, das besonders hervorsticht. Wir werden hier nicht weiter auf die Bedeutung der Determinatoren eingehen, sondern exemplarisch die beiden obigen Individuen (36a) und (36b) formalisieren:

(37a) $\lambda x\,(\tau x\,(x \in \mathfrak{P}_1(\langle schwarz\rangle\,\langle Pferd\rangle\,)))$
(37b) $\lambda x\,(\varepsilon x\,(x \in \mathfrak{P}_{viele}(\langle angeblich\rangle\,\langle Einhorn\rangle\,)))$

Wir werden die Notation abkürzen, indem wir die Determinatoren wie Operatoren schreiben:

(38a) $\tau_1(\langle schwarz\rangle\,\langle Pferd\rangle\,)$
(38b) $\varepsilon_{viele}(\langle angeblich\rangle\,\langle Einhorn\rangle\,)$

5.3.2 Der Namensterm

Die Namensterme sind fast identisch zu den Klassentermen aufgebaut. Sie unterscheiden sich nur dadurch, daß der Namensterm anstelle einer Klasse einen Namen zum Kern hat. Die folgenden drei Beispiele machen den Unterschied zwischen einem Klassenterm und einem Namensterm deutlich:

(39a) the function
(39b) the function $f(x,y)$
(39c) $f(x,y)$

Das erste Individuum ist ein Klassenterm und das dritte ein Namensterm. Das zweite Individuum kann als Zwischenstufe gesehen werden: Es ist ein Klassenterm, der einen Namen zum Attribut hat. Der Übergang vom Klassenterm zum Namensterm ist in den Beispielen am Artikel zu erkennen: Der Name ist im Gegensatz zu den beiden Klassentermen artikellos.

Neben den Namen für mathematische Objekte kommen auch Eigennamen von Personen und Institutionen als Namen in Frage:

(40a) Herr Müller
(40b) Julia
(40c) die NATO

Vergleicht man die Namen für mathematische Objekte, Personen und Institutionen miteinander, so erkennt man Unterschiede im Geschlecht und beim Artikel. So sind beispielsweise Herr Müller männlich, $f(x,y)$ sächlich und Julia und die NATO weiblich. Des weiteren sind Herr Müller, Julia und $f(x,y)$ artikellos, und die NATO steht mit dem bestimmten Artikel.

Geschlecht und Artikel resultieren aus dem, was mit dem Namen bezeichnet wird. Da man einem Namen nicht ansieht, was für ein Individuum er bezeichnet, führen wir ein formales Geschlecht ein, das die Geschlechter Mann, Frau, Institution und Sache kennt.

Ein weiterer Unterschied zwischen den Namen fällt auf: Während Namen für Personen und Institutionen gewöhnlich für ein eindeutig bestimmtes Individuum stehen und deshalb ein Determinator überflüssig ist, können Namen für mathematische Objekte meist mit einem beliebigen Determinator stehen:

(41a) ein beliebiges a_i
(41b) jedes a_i
(41c) dieses a_i

Wir werden im Kapitel 6 einen Determinator einführen, der besagt, daß eine Klasse bzw. ein Name auf nur ein Individuum zutrifft. Dieser Determinator ist bei den Namen für Personen und Institutionen zu verwenden. Auch bei den Namen von mathematischen Objekten gibt es Namen, die nur mit diesem Determinator stehen können, wie z. B. die Namen π und e. Bei der Mehrzahl der Namen für mathematische Objekte ist der Determinator jedoch nicht festgelegt.

Ein Namensterm besteht somit aus einem Determinator, einem Namen und möglicherweise einigen freien Attributen. Fakultative Attribute sind nicht möglich:

(42) $\boxed{\text{Namensterm}} \rightarrow \boxed{\text{Determ.}} + \boxed{\text{Name}} + \boxed{\text{freie Attribute}}$

Ein Name ist eine Zeichenkette, die ein Geschlecht hat. Mögliche Geschlechter sind Mann, Frau, Institution und Sache, wobei das Geschlecht Sache der Standardfall ist:

(43) $\boxed{\text{Name}} \rightarrow \boxed{\text{Zeichenkette}} + \boxed{\text{Geschlecht}}$

(44) $\boxed{\text{Geschlecht}} \rightarrow \boxed{\text{Mann}} \mid \boxed{\text{Frau}} \mid \boxed{\text{Inst.}} \mid \boxed{\boxed{\text{Sache}}}$

5.3.3 Der Zeiger

Zeiger werden dafür verwendet, um auf vorher eingeführte Individuen zu referenzieren. Üblicherweise wird ein Individuum durch Angabe seiner Klasse oder seines Namens eingeführt. Der Zeiger ermöglicht es, auf ein erneutes Anführen der Klasse oder des Namens zu verzichten. Zwei Typen von Zeigern stehen uns zur Verfügung, die Personalpronomina und die Determinativpronomina:

(45) $\boxed{\text{Zeiger}} \rightarrow \boxed{\text{Personalpronomen}} \mid \boxed{\text{Determinativpronomen}}$

Als Beispiel führen wir die französischen Personalpronomina auf:

(46) je, tu, il, elle, nous, vous, ils, elles

Ein Personalpronomen besteht in $\mathcal{L}_I$ aus einer Person und einem Numerus und einer Klasse. Die Person ist eine Zahl von eins bis drei und ergibt sich aus der Äußerungssituation: Die erste Person wird für den Autor verwendet, die zweite für den Leser und die dritte für das Besprochene. Der Numerus ist entweder Singular oder Plural und ist identisch zu dem Numerus des Individuums, auf das referenziert wird. Auch die Klasse entspricht der des Individuums. Sie wird zwar bei der Generierung nicht angegeben, sie wird aber zur Bestimmung des grammatischen Geschlechts des Pronomens in den verschiedenen Sprachen benötigt:

(47) $\boxed{\text{Personalpronomen}} \rightarrow \boxed{\text{Person}} + \boxed{\text{Numerus}} + \boxed{\text{Klasse}}$

(48) $\boxed{\text{Person}} \rightarrow \boxed{1} \mid \boxed{2} \mid \boxed{3}$

(49) $\boxed{\text{Numerus}} \rightarrow \boxed{\text{Singular}} \mid \boxed{\text{Plural}}$

Ein Determinativpronomen ist mit einem Klassenterm vergleichbar, aus dem die Klasse und die Attribute „gestrichen" wurden: Es bleibt lediglich der Determinator stehen. Einige Beispiele für Determinativpronomina sind in (50) aufgeführt.

(50) il, le, lui, y, en, celui-ci, celui-là, le mien, tout, quelques-uns, chacun

Das grammatische Geschlecht der Klasse läßt sich jedoch oftmals noch am Determinator ablesen. Deshalb muß die Klasse in $\mathcal{L}_I$ weiterhin angegeben werden. In $\mathcal{L}_I$ entspricht ein Determinativpronomen somit einem vollständigen Klassenterm:

(51) $\boxed{\text{Determinativpronomen}} \rightarrow \boxed{\text{Klassenterm}}$

5.3.4 Der freie Relativsatz

Ein freier Relativsatz ist mit einem Klassenterm vergleichbar, der nur aus einem Relativsatz besteht. Sowohl der Determinator als auch die Klasse fehlen. Neben dem Relativsatz ist lediglich noch die Information ablesbar, ob es sich um etwas Belebtes handelt. Der freie Relativsatz kann in der natürlichen Sprache zwar durch ein Pronomen eingeleitet werden, er besitzt aber keinen eigenen Informationsgehalt. Ein freier Relativsatz entspricht somit syntaktisch einer Ergänzung:

(52) $\boxed{\text{Freier Relativsatz}} \rightarrow \boxed{\text{Ergänzung}}$

Die Funktionen von freiem Relativsatz und Ergänzung sind jedoch verschieden und damit auch ihre Bedeutung. Die Frage, welcher von beiden vorliegt, läßt sich durch Umschreiben entscheiden:

(53a) Karl besorgt *das*, was Emma haben will.
(53b) Karl fragt, was *es ist, das* Emma haben will.

Kann ein Relativpronomen eingeschoben werden, so handelt es sich um einen freien Relativsatz (53a). Gilt dagegen eine Paraphrase wie in (53b), so handelt es sich um eine Ergänzung.[1]

[1] Eisenberg (1994), Seite 348.

6 Der Determinator

Wir werden Artikel, Pronomina und Quantoren, die zusammen mit einem Substantiv auftreten, **Determinatoren** nennen. Beispiele für Artikel sind *der*, *ein* und *kein*, für Pronomina *dieser*, *jener* und *meiner*, und für Quantoren *wenige*, *zwei* und *alle*.

Die Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch sind sich in ihren Determinatoren sehr ähnlich. Die Parallelen betreffen sowohl deren Einteilung wie auch deren Verwendung. In zwei Bereichen bestehen jedoch erhebliche Differenzen: bei der Verwendung von negierten Determinatoren, wie es z. B. die Determinatoren *kein* und *nicht viele* sind, und beim **generischen Gebrauch** der Artikel. Ein Artikel wird generisch gebraucht, wenn mit ihm nicht ein Individuum aus einer Klasse ausgewählt wird, sondern die Klasse als ganzes angesprochen wird.

6.1 Die Markierung

Die Markierung ist ein wesentlicher Bestandteil des Negationsformalismuses, den wir im Kapitel 4 eingeführt haben: Der Formalismus erlaubt es, einfache Sätze zu negieren. Ein einfacher Satz wird negiert, indem eine seiner Konstituenten markiert wird. Die Markierung zeigt an, daß die Gültigkeit des entsprechenden positiven Satzes an genau dieser Konstituente scheitert. Dadurch reduzieren wir die negativen Sätze auf die positiven Sätze und umgehen so die Differenzen in der Syntax der natürlichen Sprachen, die in bezug auf die Negation bestehen.

Es darf jedoch nicht jede beliebige Konstituente des Satzes markiert werden. Bei den Individuen legt der Determinator fest, ob das Individuum markiert werden darf. Es ist folglich naheliegend, die Markierung als einen Teil der Determinatoren aufzufassen und sie nur bei den Determinatoren zuzulassen, die auch markiert werden dürfen: der unbestimmte Artikel (1a, 1b) und einige der Quantoren (2a, 2b).

(1a) Es war *keine Frau* anwesend.
(1b) Es waren *keine Frauen* anwesend.

(2a) Not many books were missing.
(2b) ?Not thirty-nine books were missing.

6.2 Der generische Gebrauch

Wir werden die generisch verwendeten Artikel als eigenständige Determinatoren auffassen. Der generische Gebrauch zeichnet sich dadurch aus, daß die Klasse als Gattungsbezeichnung verwendet wird, statt ein Individuum aus der Klasse auszuwählen. Dazu ein Beispiel:

(3a) *Ein Hund* ist ein Tier.
(3b) *Hunde* sind Tiere.
(3c) *Der Hund* ist ein Tier.
(3d) *Die Hunde* sind Tiere.

Zwischen den vier Sätzen lassen sich zwar kleinere Bedeutungsunterschiede feststellen, sie sind jedoch vernachlässigbar.[1] In allen vier Sätzen wird etwas über die Gattung *Hund* gesagt: Es wird jedesmal gesagt, daß die Gattung *Hund* eine Untergattung der Gattung *Tier* ist.

Hier fällt bereits auf, daß die Wahl des Artikels nicht so frei ist, wie es zunächst den Anschein hat: In jedem der vier Sätze werden zwei Gattungen zueinander in Relation gebracht, aber nur bei der ersten Gattung, der Gattung *Hund*, ist die Wahl des Artikels frei. Die Gattung *Tier* muß dagegen aufgrund ihrer Funktion im Satz jedesmal mit dem Artikel *ein* stehen.

Zwischen den drei Sprachen bestehen Unterschiede, wann der bestimmte und wann der unbestimmte Artikel als generischer Artikel gebraucht werden. Um diese Unterschiede zu überbrücken, werden wir drei generische Artikel unterscheiden, die wir als nächstes vorstellen.

Typ Der erste generische Artikel zeigt an, daß die Klasse als Typbezeichnung verwendet wird:

(4a) Ein Punkt und ein Radius definieren *einen Kreis*.
(4b) A point and a radius define *a circle*.
(4c) Un point et un rayon définissent *un cercle*.

Wir werden den Artikel deshalb den **Typartikel** nennen. Diese Verwendung liegt auch in den Sätzen (3a) bis (3d) vor, wo die beiden Typen *Hund* und *Tier* zueinander in Relation gebracht werden.

Vertreter Der zweite generische Artikel greift exemplarisch einen typischen Vertreter aus einer Klasse heraus:

(5a) *Der Mathematiker* wandelt Kaffee in Theoreme um.
(5b) *The mathematician* converts coffee to theorems.
(5c) *Le mathématicien* transforme le café en des théorèmes.

[1] Eisenberg (1994), Seite 164.

Der Vertreter wird so präsentiert, als sei er ein real existierendes Individuum. In Wirklichkeit handelt es sich aber nur um eine Idealvorstellung. Wir werden den Artikel deshalb den **Vertreterartikel** nennen.

Abstrakt Der dritte generische Artikel zeigt an, daß eine Klasse nicht zählbar ist. Eine Unterteilung der Klasse in einzelne Individuen ist somit nicht möglich, was sich u. a. in der Artikellosigkeit im Englischen und Deutschen widerspiegelt:

(6a) *Logik* ist die Untersuchung des Denkens.
(6b) *Logic* is the study of reasoning.
(6c) *La logique* est l'étude du raisonnement.

Wir werden den Artikel den **abstrakten Artikel** nennen. Viele Klassen können nur abstrakt verwendet werden, wie z. B. die Klassen *Logik*, *Milch* und *Obst*. Für sie fallen die Bedeutung des abstrakten und des unbestimmten Artikels zusammen. Andere Klassen, wie z. B. die Klasse *Sprache*, können dagegen mit beiden Artikeln stehen und bedeuten jeweils etwas anderes: Wird *Sprache* als ein Kulturgut verstanden, so ist sie nicht zählbar (7a). Wird dagegen mit *Sprache* eine konkrete Sprache bezeichnet, so ist diese sehr wohl zählbar (7b).

(7a) *Language* plays a key role in a child's development.
(7b) It is best to learn *a language* before the age of seven.

Der abstrakte Artikel kann also als Gegenspieler des unbestimmten Artikels gesehen werden: Durch ihn wird unterschieden, ob eine Klasse als zählbar angesehen wird oder nicht.

Zusammenfassung Ein generischer Artikel ist somit entweder der Typartikel, der Vertreterartikel oder der abstrakte Artikel:

(8) $\boxed{\text{Generisch}} \rightarrow \boxed{\text{Typ}} \mid \boxed{\text{Vertreter}} \mid \boxed{\text{Abstrakt}}$

Bevor wir weiter auf die generischen Artikel eingehen, betrachten wir zunächst die anderen Determinatoren. In die dabei gefundene Systematik werden wir die generischen Artikel dann integrieren.

6.3 Die definite Kennzeichnung

Etliche Determinatoren dienen dazu, den Bezug zu einem bereits bekannten Individuum wieder herzustellen. Man spricht dann von einer **definiten Kennzeichnung**. Man vergleiche dazu die folgenden beiden Sätze:

(9a) *L'ensemble* est fini.

(9b) *Un ensemble* est fini.

Der erste Satz kann nur dann geäußert werden, wenn der Autor den Lesern unterstellt, daß sie wissen, worauf er sich mit *l'ensemble* (*die Menge*) bezieht. Ein Autor kann davon ausgehen, daß die Leser das Individuum auswählen werden, welches nach bestimmten Kriterien das naheliegendste ist. Es wird deshalb auch **salient** (englisch für *hervorstehend*) genannt. In mathematischen Texten ist für gewöhnlich das zuletzt genannte Individuum der jeweiligen Klasse und des jeweiligen Numerus salient. In anderen kommunikativen Situationen kann aber genausogut auf gemeinsames Wissen zurückgegriffen werden oder ein Individuum mittels Zeigen ausgewählt werden.

Die Determinatoren lassen sich nach dem Kriterium der definiten Kennzeichnung in zwei Klassen unterteilen. Wir werden zunächst nur einfache Determinatoren betrachten. (10a) bis (10c) sind Beispiele für definite, und (11a) bis (11c) sind Beispiele für nicht-definite.[1]

(10a) der, dieser, jener, solcher, mein, dein, sein, beide

(10b) the, this, that, such, my, your, his, both

(10c) le, ce, un tel, mon, ton, son, les deux

(11a) ein, wenige, einige, viele, alle, eins, zwei, drei

(11b) a, few, some, many, all, one, two, three

(11c) un, peu de, plusieurs, beaucoup de, tout, un, deux, trois

Wir werden die nicht-definiten Determinatoren danach unterteilen, ob sie mit einem beliebigen Numerus stehen können (wie z. B. *ein*) oder ob sie den Numerus der nachfolgenden Klasse regieren (wie z. B. *eins*, *zwei*). Auch bei den einfachen definiten Determinatoren wäre es möglich, eine solche Unterteilung vorzunehmen. Die zweite Kategorie bestünde aber nur aus einem einzigen Determinator, dem Determinator *beide/both/les deux*. Wir zeigen nun, daß er auch als zusammengesetzter Determinator gesehen werden kann und damit nicht mehr für die Unterteilung zur Verfügung steht.

Die französische Entsprechung *les deux* des Determinators *beide/both/les deux* gibt bereits einen Hinweis darauf, aus welchen einfachen Determinatoren er zusammengesetzt werden kann: aus dem bestimmten Artikel *der/the/le* und dem Quantor *zwei/two/deux*. Die Determinatoren *beide* und *both* sind dann lediglich Abkürzungen für die Determinatoren *die zwei* und *the two*. Wir werden später noch zeigen, daß es weitere zusammengesetzte Determinatoren gibt, die ähnlich aufgebaut sind. Wir betrachten deshalb den Determinator *beide/both/les deux* als zusammengesetzt. Das hat den Vorteil, daß alle einfachen definiten Determinatoren mit einem beliebigen Numerus stehen können, wodurch eine Unterteilung überflüssig wird.

[1] Eisenberg (1994), Seite 163.

6.4 Die Quantoren

Wir werden die nicht-definiten Determinatoren **Quantoren** nennen. Die erste Unterteilung der Quantoren erfolgt danach, ob sie mit einem beliebigen Numerus stehen können (12a - 12c) oder ob sie den Numerus regieren. Die zweite Klasse unterteilen wir weiter danach, ob der Determinator eine Zahl ist (13a - 13c) oder eine zahlenmäßig nicht festgelegte Angabe der Mächtigkeit. Die Angabe der Mächtigkeit kann den Umfang abschätzen (14a - 14c) oder in Relation zu einer Gesamtheit stellen (15a - 15c).

(12a) ein, kein
(12b) a, no, (not) any
(12c) un, aucun, (ne…pas) de

(13a) wenige, viele, jeder, alle
(13b) few, many, much, a lot of, each, every, any, all
(13c) peu de, beaucoup de, chaque, tout

(14a) einige, mehrere, manche, etliche
(14b) some, several, a number of, quite a few
(14c) plusieurs, bien des, quelques, un grand nombre de

(15a) eins, zwei, drei, vier, zwölf, zwanzig, hundert, tausend, …
(15b) one, two, three, four, twelve, twenty, a hundred, a thousand, …
(15c) un, deux, trois, quatre, douze, vingt, cent, mille, …

Die erste Kategorie umfaßt lediglich den unbestimmten Artikel *ein/a/un* und seine markierten Gegenstücke *kein/no/aucun* und *(not) any/(ne…pas) de*. Da wir die Markierung getrennt von den Determinatoren betrachten, besteht die Kategorie **Unbestimmt** lediglich aus dem unbestimmten Artikel. Er ist der einzige nicht-definite Determinator, der mit einem beliebigen Numerus stehen kann.

Die anderen nicht-definiten Determinatoren nennen wir **Quantoren**. Sie lassen sich in **Zahlen** und **abschätzenden Quantoren** unterteilen. Die Zahlen geben die Mächtigkeit der zulässigen Individuen in Form eines Zahlenwertes an, und die abschätzenden Quantoren schätzen die Mächtigkeit ab. Die Abschätzung kann sich auf den zahlenmäßigen Umfang beziehen oder relativ zu einer Gesamtheit erfolgen. Wir unterscheiden entsprechend die Kategorien **Absolut** und **Relativ**.

Die Besonderheit der relativen Quantoren ist, daß sie unter Negation markiert werden dürfen. Dies liegt daran, daß sie die Mächtigkeit relativ zu einer Gesamtheit bewerten. Diese Wertung läßt sich negieren. Ein Zahlenwert läßt sich dagegen nicht sinnvoll negieren. Der Quantor *wenige/few/peu de* enthält z. B. die Wertung, daß eigentlich mehr zu erwarten wäre. Der Quantor *einige/some/plusieurs* beinhaltet dagegen keine Wertung. Entsprechend kann er nicht markiert werden:

(16a) *Nicht wenige* Gäste kamen mit dem Auto.
(16b) **Nicht etliche* Gäste kamen mit dem Auto.

6.5 Die zusammengesetzten Determinatoren

Unsere bisherige Untersuchung der Determinatoren hat zur Unterscheidung von generischen Artikeln, einfachen definiten Determinatoren, Quantoren und dem unbestimmten Artikel geführt. Dieses Formeninventar genügt, um zusammen mit dem Numerus und der Markierung fast jeden Determinator der natürlichen Sprachen zu konstruieren. Es wird sich als praktisch erweisen, zwischen quantorbasierten und numerusbasierten Determinatoren zu unterscheiden:

(17) $\boxed{\text{Determinator}} \rightarrow \boxed{\text{Quantorbasiert}}$
$\qquad\qquad\qquad\qquad | \ \boxed{\text{Numerusbasiert}}$

Quantorbasierte Determinatoren Wir werden nun zeigen, wie sich die Quantoren mit den bisher gefundenen Bausteinen verknüpfen lassen. Dazu vier Beispielsätze, die alle den Quantor *viele* enthalten:

(18a) Er trank *viel Wein*.
(18b) Er kann *viele Weine* unterscheiden.
(18c) Er kennt *viele der Weine*.
(18d) *Dieser viele Wein* ist ihm nicht bekommen.

Der Unterschied zwischen den ersten beiden Verwendungen des Quantors ist, daß die Klasse *Wein* im ersten Beispiel als eine Substanz und im zweiten als etwas Zählbares gesehen wird. Gezählt werden kann z. B. nach Gläsern oder nach Sorten. Nach welchem Aspekt gezählt wird, bleibt jedoch offen und muß aus dem Kontext erschlossen werden. In unserem Beispiel wird nach Sorten gezählt:

(19a) Er kann *viele Sorten Wein* unterscheiden.

Im Englischen ist die Pluralbildung von Substanzen nur selten zulässig. So kann z. B. das syntaktische Äquivalent des Satzes (18b) im Englischen nicht geäußert werden. Nur die präzisere Variante, die dem Satz (19a) entspricht, darf verwendet werden:

(19b) He can distinguish *many sorts of wine*.

Wir werden nun am Beispiel der Klasse *Sprache* zeigen, daß der Plural einer Substanz nichts mit der abstrakten Verwendung einer an sich zählbaren Klasse zu tun hat.

Sprache kann, wie wir am Beispiel der Sätze (7a, 7b) gesehen haben, sowohl als etwas Zählbares als auch abstrakt verwendet werden. Zusammen mit einem Quantor ist jedoch nur die zählbare Variante zulässig:

(20a) **Viel Sprache* ist wichtig.
(20b) *Viele Sprachen* sind wichtig.

Wir werden in $\mathcal{L}_I$ deshalb nicht zwischen einer zählbaren und einer nicht zählbaren Variante des Quantors *viele* unterscheiden, sondern den richtigen Quantor anhand des Lexikoneintrags zur Klasse auswählen. Die Pluralverbindung von Substanzen wird dadurch unterbunden. Sie ist jedoch auch nicht notwendig, da eine Umschreibung, wie sie in den Beispielen (19a) und (19b) verwendet wurde, immer möglich ist.

Im dritten und vierten Beispiel ist der Quantor *viele* mit einem definiten Determinator verknüpft. Im dritten Beispiel steht der definite Determinator hinter dem Quantor und im vierten davor. Diese beiden Formen der Verknüpfung sind nicht auf das Deutsche beschränkt:

(21a) He knows *many of the wines*.
(21b) *This much wine* was not good for him.

(22a) Il connaît *plusieurs des vins*.
(22b) *Ce beaucoup de vin* n'était pas bon pour lui.

Die Sätze (21a) und (22a) sind gleichbedeutend mit dem dritten Beispiel. Sowohl der definite Determinator wie auch der Quantor sind frei wählbar. Markiert werden dürfen jedoch auch hier nur die relativen Quantoren.

Die Sätze (21b) und (22b) sind analog gebaut zum vierten Beispiel. Die Determinatoren *this much* und *ce beaucoup de* bedeuten jedoch nicht dasselbe wie der Determinator *dieser viele*. Sie müßten stattdessen mit *so viel* übersetzt werden. Wir legen deshalb fest, daß nur Zahlen hinter einem definiten Determinator stehen dürfen:

(23a) He wants *these two pictures*.
(23b) *He wants *these some pictures*.
(23c) *He wants *these all pictures*.

Steht der definite Determinator vor dem Quantor, so handelt es sich um eine definite Kennzeichnung. Eine definite Kennzeichnung darf in $\mathcal{L}_I$ nicht markiert werden. Somit sind von den quantorbasierten Determinatoren nur die relativen Quantoren markierbar:

(24) $\boxed{\text{Quantorbasiert}} \rightarrow \boxed{\text{numerischer Quantor}}$
$\mid \boxed{\text{absoluter Quantor}}$
$\mid \boxed{\text{Markierung}} + \boxed{\text{relativer Quantor}}$
$\mid \boxed{\text{Definit}} + \boxed{\text{Zahl}}$

Ein Quantor ist entweder nur ein Quantor oder ein Quantor zusammen mit einem definiten Determinator:

(25) $\boxed{\text{num. Quantor}} \rightarrow \boxed{\text{Zahl}} \mid \boxed{\text{Zahl}} + \boxed{\text{Definit}}$

(26) $\boxed{\text{abs. Quantor}} \rightarrow \boxed{\text{Absolut}} \mid \boxed{\text{Absolut}} + \boxed{\text{Definit}}$

(27) $\boxed{\text{rel. Quantor}} \rightarrow \boxed{\text{Relativ}} \mid \boxed{\text{Relativ}} + \boxed{\text{Definit}}$

Die Kategorie Zahl ist eine reelle Zahl und die Kategorien Absolut und Relativ sind Schlüssel:

(28) $\boxed{\text{Zahl}} \rightarrow \boxed{\text{natürliche Zahl}}$

(29) $\boxed{\text{Absolut}} \rightarrow \boxed{\textit{einige}} \mid \boxed{\textit{mehrere}} \mid \boxed{\textit{manche}} \mid \boxed{\textit{etliche}}$

(30) $\boxed{\text{Relativ}} \rightarrow \boxed{\textit{wenige}} \mid \boxed{\textit{viele}} \mid \boxed{\textit{jeder}} \mid \boxed{\textit{alle}}$

Die Verknüpfung einer Zahl mit einer Maßeinheit wie in (31a) werden wir in $\mathcal{L}_I$ mithilfe einer Zuordnung realisieren: Das übergeordnete Individuum enthält die Anzahl und die Maßeinheit, die Zuordnung die Artangabe. Im Englischen und Französischen wird die Verknüpfung einer Zahl mit einer Maßeinheit und einer Artangabe auch genauso formuliert (31b, 31c).

(31a) *drei Bäume* Kirschen
(31b) *three cups* of water
(31c) *deux et demi litre* du vin

Numerusbasierte Determinatoren Numerusbasierte Determinatoren bestehen aus einem Numerus und einem anderen Determinator. Dieser Determinator kann ein einfacher definiter Determinator sein, ein unbestimmter Artikel oder ein generischer Artikel. Von ihnen darf nur der unbestimmte Artikel markiert werden:

(32) $\boxed{\text{Numerusbasiert}}$
$\rightarrow \boxed{\text{Numerus}} + \boxed{\text{Definit}}$
$\mid \boxed{\text{Markierung}} + \boxed{\text{Numerus}} + \boxed{\text{Unbestimmt}}$
$\mid \boxed{\text{Numerus}} + \boxed{\text{Generisch}}$

Ob ein Determinator mit einem beliebigen Numerus stehen darf, hängt aber nicht nur von dem Determinator ab, sondern auch von der gewählten Klasse. So sind *reasoning*, *vin* und *Mathematik* Singularwörter und *mathematics*, *parents* und *Formalien* Pluralwörter. Sie können nicht mit dem jeweils anderen Numerus stehen. Wir haben uns dafür entschieden, diese Klassen in $\mathcal{L}_I$ nicht gesondert zu berücksichtigen, sondern ignorieren stattdessen bei der Generierung den in $\mathcal{L}_I$ angegebenen Numerus und ersetzen ihn durch den im Lexikon eingetragenen Numerus.

Possessivdeterminatoren Ein Possessivdeterminator ordnet das Individuum, das er bezeichnet, einem anderen Individuum zu:

(33a) *your* car
(33b) *our* car
(33c) *his* car

Das „besitzende" Individuum wird nicht explizit angegeben, sondern muß aus der Äußerungssituation anhand angegebener Person, Numerus und grammatischem Geschlecht abgeleitet werden. Der Possessivdeterminator hat damit alle Kennzeichen eines Personalpronomens und ist ansonsten dem bestimmten Artikel sehr ähnlich. Man vergleiche dazu:

(34a) *the car of *yours*
(34b) *the car of *us*
(34c) *the car of *his*

Auf den ersten Blick erscheint dies als eine geeignete Umschreibung der Possessivdeterminatoren für $\mathcal{L}_I$. Die Zahl der Zuordnungen ist in den natürlichen Sprachen jedoch auf eins beschränkt. Würden wir die Possessivdeterminatoren als Zuordnungen umschreiben, würden wir diese Regel verletzen:

(35) unser Verständnis der Axiome

Wir werden die Umschreibung deshalb nicht verwenden, sondern den Possessivdeterminatoren dieselbe Struktur geben wie den Personalpronomina. Ein einfacher definiter Determinator ist somit entweder der bestimmte Artikel , ein Demonstrativdeterminator oder ein Possessivdeterminator:

(36) $\boxed{\text{Definit}} \rightarrow \boxed{\text{Bestimmt}} \mid \boxed{\text{Demonstrativ}} \mid \boxed{\text{Possessiv}}$

(37) $\boxed{\text{Demonstrativ}} \rightarrow \boxed{\textit{dieser}} \mid \boxed{\textit{jener}} \mid \boxed{\textit{(ein) solcher}}$

(38) $\boxed{\text{Possessiv}} \rightarrow \boxed{\text{Personalpronomen}}$

7 Die Attribute

Die primäre Leistung der Attribute besteht darin, das von einer Klasse Bezeichnete näher zu bestimmen. Wir unterscheiden zwei Arten der Bestimmung: Entweder ist ein Attribut **restriktiv**, da es die Extension der Klasse einschränkt (1a), oder es ist **appositiv**, da es nichts an der Extension ändert, sondern nur zusätzliche Informationen beifügt (1b). In beiden Fällen wählt das Attribut aber noch kein Individuum aus der Klasse aus. Diese Aufgabe wird von einem Determinator wahrgenommen.

(1a) a number *of which the first digits are 3.1415*
(1b) π, *of which the first digits are 3.1415*

Wir werden nach strukturellen Aspekten sechs Typen von Attributen unterscheiden, den Namen (2a, 3a, 4a), das Adjektivattribut (2b, 3b, 4b), die Zuordnung (2c, 3c, 4c), das Präpositionalattribut (2d, 3d, 4d), den Relativsatz (2e, 3e, 4e) und das fakultative Attribut (2f, 3f, 4f).

(2a) die Konstante π
(2b) das *dicke grüne* Buch
(2c) das Auto *deiner Tochter*
(2d) die Brücke *über den Kanal*
(2e) ein Vertrag, *der allen nützt*
(2f) die Frage, *wo Karl hingegangen ist*

(3a) the constant π
(3b) the *thick green* book
(3c) *your daughter's* car
(3d) the bridge *over the canal*
(3e) a contract *that will be of use to everyone*
(3f) the question *of where Karl went to*

(4a) le constant π
(4b) le livre *vert épais*
(4c) la voiture *de votre fille*
(4d) le pont *par-dessus le canal*
(4e) un contrat *qui sera utile à chacun*
(4f) la question *où Karl est allé*

Die Übereinstimmung der Attribute in Funktion und Struktur zwischen den Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch ist hoch. Das erlaubt es uns, bei ihrer Konstruktion in $\mathcal{L}_I$ weitgehend auf bereits analysierte Strukturen zurückzugreifen.

Bei der Definition der Klassenterme hatten wir die Unterteilung der Attribute in fakultative und freie Attribute bereits vorweggenommen. Wir nennen ein Attribut **fakultativ**, wenn es nur bei bestimmten Klassen zugelassen ist, und **frei**, wenn es beliebige Klassen ergänzen darf. Die Abhängigkeit zwischen einer Klasse und ihren fakultativen Attributen werden wir in $\mathcal{L}_I$ berücksichtigen, indem wir jeder Klasse eine Valenz zuordnen. Wir werden nun auf die Beschaffenheit dieser Valenz eingehen.

Fakultative Attribute Da fakultative Attribute nur bei bestimmten Klassen zugelassen sind, werden wir zu jeder Klasse im Lexikon eintragen, welche fakultativen Attribute es nehmen kann. Wir werden diesen Eintrag die Valenz der Klassen nennen. Beispielsweise kann die Klasse *chance* (*Chance*) einen Vorgang als fakultatives Attribut nehmen (5a), nicht aber eine Entscheidung (5b). Bei der Klasse *question* (*Frage*) verhält es sich dagegen genau umgekehrt (5c, 5d).

(5a) the chance *to* win in the lottery
(5b) *the chance *of whether* he would win in the lottery
(5c) *the question *to* win in the lottery
(5d) the question *of whether* he would win in the lottery

Die Zahl der fakultativen Attribute, die eine Klasse nehmen kann, muß nicht auf eins beschränkt sein. Die Klasse *Integral* nimmt beispielsweise je nach Zählung zwei bzw. drei fakultative Attribute, da das erste Attribut sowohl als Zuordnung wie auch als fakultatives Attribut interpretiert werden kann:

(6) das Integral von $f(x,y)$ *auf* dem Intervall $[a,b]$ *bezüglich* der Variable x

Sämtliche fakultativen Attribute sind vom Typ Term. Wir definieren deshalb, daß die fakultativen Attribute eine Folge von Termen sind:

(7) $\boxed{\text{fakultative Attribute}} \quad \rightarrow \quad \left[\boxed{\text{Term}} \right]$

Freie Attribute Die übrigen Attribute nennen wir frei, da sie jede beliebige Klasse ergänzen dürfen. Des weiteren dürfen sie auch Namen ergänzen. Sie sind aber nicht ganz so „frei“, wie der Name es suggeriert: Die Zahl der Attribute gleichen Typs, die zu einer Klasse hinzugefügt werden dürfen, ist bei einigen Typen beschränkt. Beispielsweise darf maximal ein Relativsatz verwendet werden.

Hinsichtlich der Kombinierbarkeit der Attribute bestehen dagegen keine Beschränkungen. So können durchaus alle sechs Typen in einem Klassenterm vertreten sein, auch wenn dieser Fall eher selten eintritt. In dem folgenden Beispiel sind alle Attributtypen vertreten bis auf ein Namensattribut:

(8) He was amused about *Mary's first question in the hardware shop on where to find make-up, which she had asked just after they had entered.*

Bestimmte Typen von freien Attributen dürfen nur einmal in einem Klassenterm vorkommen. Üblicherweise wird diese Restriktion für Namen, Zuordnungen und Relativsätze angenommen, wobei in besonderen Fällen ein Klassenterm auch zwei Zuordnungen enthalten kann. Zwei Zuordnungen sind genau dann möglich, wenn eine Zuordnung vorgestellt und die andere nachgestellt werden kann:

(9) *Daniels* Untersuchung *dieses Buches*

Diese Konstruktion ist jedoch zum einen selten und zum anderen im Französischen nicht zulässig, so daß wir die Zahl der Zuordnungen auf eins limitieren. Auch die Zahl der Adjektivattribute werden wir auf eins limitieren. Dies erscheint zunächst unnatürlich. Eisenberg sagt beispielsweise: «Normalerweise können mehrere Adjektive in beliebiger Reihenfolge bei einem Substantiv stehen»[1]. Die Verhältnisse liegen jedoch nicht immer so einfach. Wir haben uns deshalb dafür entschieden, die Verknüpfung von mehreren Adjektiven durch die Struktur der Kategorie Adjektivattribute zu realisieren. Wir lassen somit lediglich die Zahl der Präpositionalattribute frei:

(10) la maison *sur* le marché *avec* le toit rouge

Eine Folge von freien Attributen darf somit einen Namen, Adjektivattribute, eine Zuordnung, beliebig viele Präpositionalattribute und einen Relativsatz enthalten. Wir werden die optionalen Kategorien in der Definition dadurch kennzeichnen, daß wir sie als Folgen notieren, deren Länge auf eins beschränkt ist. Auch die Adjektivattribute sind optional. Wir müssen es jedoch an dieser Stelle nicht als optional auszeichnen, da seine Struktur dies bereits gewährleistet:

(11)
$$\begin{aligned}&\boxed{\text{freie Attribute}}\\ &\qquad\to \boxed{\text{Adjektivattr.}} + \left[\boxed{\text{Namen}}\right]_{\leqslant 1} + \left[\boxed{\text{Zuordnung}}\right]_{\leqslant 1}\\ &\qquad\quad + \left[\boxed{\text{Präpositionalattr.}}\right] + \left[\boxed{\text{Relativsatz}}\right]_{\leqslant 1}\end{aligned}$$

Wir werden nun auf die Struktur der einzelnen Typen von freien Attributen eingehen.

7.1 Die Adjektivattribute

Adjektive werden in den natürlichen Sprachen attributiv, prädikativ und adverbial gebraucht. Wir haben im Abschnitt 3.1 erläutert, warum es für uns Sinn macht, diese drei Verwendungen klar voneinander abzugrenzen und in $\mathcal{L}_I$ jede Verwendung als eine

[1] Eisenberg (1994), Seite 243.

eigenständige Kategorie anzusehen. Ein Adjektiv wird in der natürlichen Sprache in der Regel durch genau ein Wort realisiert. Es entspricht somit in $\mathcal{L}_I$ einem Schlüssel.

Die Zahl der Adjektive, die ein Substantiv ergänzen dürfen, erscheint auf den ersten Blick nicht beschränkt zu sein, auch wenn sie selten zwei übersteigt. Zwei Varianten der Verknüpfung stehen zur Verfügung: Zum einen können die Adjektive mittels einer Konjunktion verknüpft werden (12a - 12c). Zum anderen können sie auch konjunktionslos aneinandergereiht werden (13a - 13c).

(12a) une *grande et belle* rue
(12b) une manière *claire et précise*
(12c) des concepts *non seulement fondamentaux mais aussi dérivés*

(13a) *certaines premières* lois
(13b) d'*autres lois* physiques
(13c) *certains* concepts *fondamentaux*

Wir werden die Zahl der Adjektive in $\mathcal{L}_I$ auf zwei beschränken, da wir bisher kein Beispiel für eine Klasse gefunden haben, die durch mehr als zwei Adjektive ergänzt wird. Die Adjektivattribute sind damit entweder eine Folge von einfachen Adjektivattributen, deren Länge zwei nicht übersteigt, oder ein zusammengesetztes Adjektivattribut:

(14) $$\boxed{\text{Adjektivattr.}} \\ \to \left[\boxed{\text{einf. Adjektivattr.}}\right]_{\leqslant 2} \Big| \ \boxed{\text{zus. Adjektivattr.}}$$

Ein zusammengesetztes Adjektivattribut besteht aus einer Konjunktion und einer Folge von einfachen Adjektivattributen, die von ihrem Typ her zur Konjunktion paßt:

(15) $$\boxed{\text{zus. Adjektivattr.}} \\ \to \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{einf. Adjektivattr.}}\right]^{\tau\in\sigma}$$

In der natürlichen Sprache können Adjektive durch Gradpartikeln (16a, 16b) und Komparation (17a - 17c) modifiziert werden. Die drei Stufen der Komparation sind der Positiv, der Komparativ und der Superlativ.

(16a) the *very* important letter
(16b) a *particularly* good solution

(17a) ein *guter* Schüler, ein *besserer* Schüler, *der beste* Schüler
(17b) a *good* pupil, a *better* pupil, *the best* pupil
(17c) un *bon* élève, un *meilleur* élève, *le meilleur* élève

Wir haben die Gradpartikeln in $\mathcal{L}_I$ bereits durch eine eigenständige Kategorie realisiert, die wir Gradangabe nennen (3.1). Auf die Komparation verzichten wir dagegen. Stattdessen lexikalisieren wir die drei Stufen der Komparation. Dies hat einen praktischen Grund: Die Lexikalisierung erlaubt es, die Entsprechungen zwischen den Sprachen präziser anzugeben, da die Entsprechungen für jede Stufe einzeln angegeben werden können.

Die Lexikalisierung hat vor allem für das Französische Vorteile, da dort bei vielen Adjektiven drei Formen des Komparativs und zwei Formen des Superlativs unterschieden werden. Die drei Formen des Komparativs stehen für Gleichheit, Überlegenheit und Unterlegenheit, und die zwei Formen des Superlativs stehen für das Minimum und das Maximum:

(18a) *aussi* grand *que*
(18b) *plus* grand *que*
(18c) *moins* grand *que*

(19a) *le plus* grand
(19b) *le moins* grand

Ein einfaches Adjektivattribut ist somit entweder ein Attributschlüssel oder eine Gradangabe und ein Attributschlüssel:

(20)
$$\begin{array}{lcl} \boxed{\text{einf. Adjektivattr.}} & \rightarrow & \boxed{\text{Attributschlüssel}} \\ & | & \boxed{\text{Gradangabe}} + \boxed{\text{Attributschlüssel}} \end{array}$$

Bisher sind wir ausschließlich auf Attributschlüssel eingegangen, die einem natürlichsprachigen Adjektiv entsprechen. Es sind aber auch andere Entsprechungen denkbar. Im Abschnitt 8.1 werden wir zeigen, daß es sinnvoll ist, auch ein attributiv verwendetes Adverb durch einen Attributschlüssel zu repräsentieren.

7.2 Die Zuordnung

Die Zuordnungen entsprechen im wesentlichen den deutschen Genitivattributen. In bestimmten Fällen können sie aber auch durch präpositionale Attribute mit *von* realisiert werden (21a). Im Englischen entsprechen sie im wesentlichen den s-Genitiven und den präpositionalen Attributen mit *of* (21b) und im Französischen den präpositionalen Attributen mit *de* (21c).

(21a) *Pascals* Auto, die Dächer *von Häusern*
(21b) *Pascal's* car, the roofs *of houses*
(21c) la voiture *de Pascal*, les toits *des maisons*

Es ist aber nicht so, daß jedes Genitivattribut und jedes präpositionale Attribut mit *von/of/de* eine Zuordnung ist. Zum einen kann eine solche Fügung ein feststehender Ausdruck sein, der somit genau einer Klasse in $\mathcal{L}_I$ entspricht. Im Französischen existieren viele solcher feststehenden Ausdrücke mit *de*. Hier zwei Beispiele:

(22a) pomme *de* terre
(22b) exercice *de* maths

Der erste Ausdruck entspricht der Klasse *Kartoffel*, der zweite der Klasse *Matheaufgabe*. Dieser Grenzbereich stellt jedoch kein gravierendes Problem dar, da ein Computer leicht erkennen kann, ob ein solcher Ausdruck eine Klasse ist oder ob er einer Klasse mit einer Zuordnung entspricht.

Der zweite Grenzbereich ist dagegen problematisch: Es gibt einige Genitivattribute und präpositionale Attribute mit *von*, *of* oder *de*, die sich nicht in allen Sprachen wie Zuordnungen verhalten. Wir werden diese Sonderfälle dadurch abfangen, daß wir sie zu fakultativen Attributen machen. Beispielsweise kann die Klasse *Text* im Deutschen ein Genitivattribut nehmen, das im Englischen und Französischen mit einem präpositionalen Attribut übersetzt werden muß, dessen Präposition verschieden ist von *of* bzw. *de*:

(23a) ein Text *der formalen Sprache*
(23b) a text *in the formal language*
(23c) un texte *dans le langage formel*

Die Klasse *Text* kann aber andererseits auch eine „echte“ Zuordnung nehmen:

(24a) ein Text *des Autors*
(24b) a text *of the author*
(24c) un texte *de l’auteur*

Ob eine Zuordnung oder ein fakultatives Attribut vorliegt, muß anhand der Bedeutung des Attributs entschieden werden. Bei der Klasse *Text* ist die Verwendung des Genitivattributs als fakultatives Attribut beispielsweise daran zu erkennen, daß es durch ein präpositionales Attribut mit *in* ersetzt werden darf:

(25a) ein Text *in der formalen Sprache*
(25b) *ein Text *in dem Autor*

Wir werden in $\mathcal{L}_I$ zwischen einfachen und zusammengesetzten Zuordnungen unterscheiden. Eine einfache Zuordnung ist entweder ein Klassenterm oder ein Namensterm, und eine zusammengesetzte Zuordnung besteht aus einer Konjunktion und einer Folge von einfachen Zuordnungen, die von ihrem Typ her zur Konjunktion paßt:

(26) $\boxed{\text{Zuordnung}} \rightarrow \boxed{\text{einf. Zuordnung}} \mid \boxed{\text{zus. Zuordnung}}$

(27) $\boxed{\text{einf. Zuordnung}} \rightarrow \boxed{\text{Klassenterm}} \mid \boxed{\text{Namensterm}}$

(28) $\boxed{\text{zus. Zuordnung}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{einf. Zuord.}}\right]^{\tau\in\sigma}$

Andere Individuentypen kommen als einfache Zuordnung nicht in Frage, denn ein Zeiger in der Funktion einer Zuordnung ist ein Possessivdeterminator, und ein freier Relativsatz in der Funktion eines Attributs ist nichts anderes als ein gewöhnlicher Relativsatz.

7.3 Das Präpositionalattribut

Ein Präpositionalattribut besteht aus einer Präposition und einem Individuum. Das Präpositionalattribut unterscheidet sich damit nur wenig von den fakultativen Attributen vom Typ Individuum: Auch sie entsprechen in der natürlichen Sprache Präpositionalattributen, nur daß ihre Präposition im Lexikoneintrag des Substantivs kodiert ist.

Eisenberg bestreitet die Existenz fakultativer Präpositionalattribute und verweist darauf, daß zur Unterteilung der Präpositionalattribute ausschließlich semantische Kriterien sprechen, nicht aber syntaktische.[1] Dies mag zwar für das Deutsche richtig sein, im Sprachvergleich zeigt sich jedoch, daß eine solche Unterteilung notwendig ist, um Präpositionalattribute, die lexikalisch eng an ein Substantiv gebunden sind, mit der richtigen Präposition generieren zu können. Andernfalls müßte eine wesentlich feinere Unterteilung der Präpositionen verwendet werden, die sich nicht mit der intendierten Bedeutung der Präpositionen rechtfertigen ließe.

Obwohl die attributiven Präpositionen ausschließlich Individuen regieren, werden wir beliebige Terme zulassen. Um zu verhindern, daß eine Präposition einen Term nehmen kann, der von einem Individuum verschieden ist, geben wir den Präpositionen eine Valenz. Diese Verallgemeinerung geschieht in Analogie zu den adjektivischen Präpositionen, die im Abschnitt 8.2 eingeführt werden. Auch sie werden wir verallgemeinern, um in $\mathcal{L}_I$ nicht zwischen subordinierenden Konjunktionen und adverbialen Präpositionen unterscheiden zu müssen.

Wir werden die attributiven Präpositionen in $\mathcal{L}_I$ nicht mit den adverbialen Präpositionen zu einer Kategorie zusammenfassen, wie es in den Grammatiken der natürlichen Sprache üblich ist. Wir werden dadurch unabhängig von den verschiedenen Verwendungen einer Präposition, was das Aufstellen der Lexika erleichtert.

Ein Präpositionalattribut besteht somit aus einer attributiven Präposition und einem Term, der vom Typ her zur Präposition paßt:

(29) $\boxed{\text{Präpositionalattribut}} \rightarrow \boxed{\text{attr. Präposition}}^{\sigma} + \boxed{\text{Term}}^{\tau\in\sigma}$

[1] Eisenberg (1994), Seite 276.

7.4 Der Relativsatz

Ein Relativsatz ist ein Satz, in dem ein Bestandteil durch ein Relativpronomen ersetzt wurde. Ersetzt werden dürfen Terme (30a), freie Terme (30b) und Zuordnungen (30c, 30d).

(30a) das Fernglas, *das* ich sehe
(30b) das Fernglas, *mit dem* ich dich sehe
(30c) der Mann, *dessen Fernglas* ich sehe
(30d) der Mann, *mit dessen Fernglas* ich dich sehe

λ-Terme Wir haben uns dafür entschieden, Relativsätze als λ-Ausdrücke zu realisieren. Das Relativpronomen entspricht dann der durch die λ-Abstraktion gebundenen Variable. Die Variable kann an einer der drei folgenden Stellen im Satz stehen:[1]

1. Sie ist ein unmittelbarer Bestandteil des Satzes.
2. Sie ist die Zuordnung eines Individuums, das ein unmittelbarer Bestandteil des Satzes ist.
3. Sie ist Bestandteil eines ε-Satzes. In diesem Satz kann sie wiederum an einer dieser drei Stellen stehen.

Wir haben uns dafür entschieden, die dritte Möglichkeit nicht zu berücksichtigen, da sie zum einen selten ist und zum anderen aufwendige Transformationen zur Folge haben würde, falls ein ε-Satz bei der Generierung in ein Faktum transformiert werden müßte.

Die Variable steht somit niemals in dem Wirkungsbereich einer anderen λ-Abstraktion. Wir kommen folglich mit genau einem Variablennamen aus. Wir haben uns für den Namen λ entschieden. Selbst wenn wir die dritte Möglichkeit berücksichtigen würden, nämlich daß das λ in einem ε-Satz stehen kann, so würden wir mit genau einem Variablennamen auskommen, da wir für die Abstraktion im ε-Satz den Variablennamen ε verwenden.

Ein λ-Term in $\mathcal{L}_I$ ist somit entweder ein λ oder ein Individuum mit einem λ als Zuordnung. Da der λ-Term stellvertretend für das übergeordnete Individuum steht, ist er vom Typ Individuum. Wir werden ein Individuum mit einem λ als Zuordnung eine λ-Zuordnung nennen:

(31) $\boxed{\lambda\text{-Term}} \rightarrow \boxed{\lambda} \mid \boxed{\lambda\text{-Zuordnung}}$

Eine λ-Zuordnung kann einfach oder zusammengesetzt sein:

[1] Eisenberg (1994), Seiten 226 bis 228.

(32) $\boxed{\lambda\text{-Zuordnung}} \rightarrow \boxed{\lambda\text{-einf. Zuordnung}} \mid \boxed{\lambda\text{-zus. Zuordnung}}$

Als einfache λ-Zuordnungen kommen nur Klassenterme, Namensterme und Determinativpronomina in Frage, da nur sie in der Lage sind, Zuordnungen zu nehmen. In den natürlichen Sprachen nehmen Determinativpronomina diese Funktion jedoch nicht wahr, vermutlich weil eine solche λ-Zuordnung nur schwer oder gar nicht von einem Possessivpronomen zu unterscheiden wäre:[1]

(33) $\boxed{\lambda\text{-einf. Zuordnung}} \rightarrow \boxed{\lambda\text{-Klassenterm}} \mid \boxed{\lambda\text{-Namensterm}}$

Eine zusammengesetzte λ-Zuordnung besteht aus einer Konjunktion und einer Folge von einfachen λ-Zuordnungen, die von ihrem Typ her zur Konjunktion paßt:

(34) $\boxed{\lambda\text{-zus. Zuord.}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\lambda\text{-einf. Zuord.}}\right]^{\tau\in\sigma}$

λ-Klassenterme und λ-Namensterme unterscheiden sich nur dadurch von gewöhnlichen Klassentermen und Namenstermen, daß ihre Zuordnung durch ein λ besetzt ist:

(35) $\boxed{\lambda\text{-Klassenterm}} \rightarrow \boxed{\text{Determinator}} + \boxed{\text{Klasse}}^{\sigma}$
$+ \left[\boxed{\text{fak. Attribut}}\right]^{\tau\in\sigma} + \boxed{\lambda\text{-Attribute}}$

(36) $\boxed{\lambda\text{-Namensterm}} \rightarrow \boxed{\text{Determ.}} + \boxed{\text{Name}} + \boxed{\lambda\text{-Attribute}}$

Ein λ-Attribut unterscheidet sich somit nur dadurch von einem freien Attribut, daß es ein λ als Zuordnung besitzt:

(37) $\boxed{\lambda\text{-Attribute}} \rightarrow \boxed{\text{Adjektivattr.}} + \left[\boxed{\text{Namen}}\right]_{\leqslant 1} + \boxed{\lambda}$
$+ \left[\boxed{\text{Präpos.attr.}}\right] + \left[\boxed{\text{Relativsatz}}\right]_{\leqslant 1}$

Freie λ-Terme Die freien λ-Terme sind den λ-Termen sehr ähnlich. Der größte Unterschied zwischen ihnen ist die Präposition. So auch in den Beispielen (30a - 30d). Wir definieren deshalb, daß ein freier λ-Term sich aus einer adverbialen Präposition und einem λ-Term zusammensetzt. Die Präposition muß in der Lage sein, ein Individuum zu nehmen, da λ-Terme von diesem Typ sind:

(38) $\boxed{\text{freier }\lambda\text{-Term}} \rightarrow \boxed{\text{adv. Präposition}}^{\sigma} + \boxed{\lambda\text{-Term}}^{\tau\in\sigma}$

[1] Eisenberg (1994), Seiten 201 und 229.

Bestimmung Ein Relativsatz entspricht somit im wesentlichen einem λ-Satz. Für die Generierung benötigen wir zusätzlich die Information, ob der Relativsatz restriktiv oder appositiv ist. Er ist restriktiv, wenn er die Extension der Klasse einschränkt, und appositiv, wenn er nur zusätzliche Informationen liefert. Wir werden dies seine **Bestimmung** nennen. Die Bestimmung entscheidet im Englischen und Französischen darüber, ob der Relativsatz durch Kommata eingeschlossen wird. Sie werden nur dann gesetzt, wenn der Relativsatz appositiv ist.

Ein Relativsatz besteht in $\mathcal{L}_I$ damit aus einem λ-Satz und einer Bestimmung. Ein Relativsatz kann von seiner Bestimmung her entweder restriktiv oder appositiv sein, wobei restriktive Relativsätze der Standardfall sind:

(39) $\boxed{\text{Relativsatz}} \rightarrow \boxed{\text{Bestimmung}} + \boxed{\lambda\text{-Satz}}$

(40) $\boxed{\text{Bestimmung}} \rightarrow \boxed{\boxed{\text{restriktiv}}} \mid \boxed{\text{appositiv}}$

8 Die freien Terme

Was wir unter freien Termen verstehen, haben wir bereits im Abschnitt 2.2 definiert: Freie Terme sind die sprachlichen Objekte, die die freien Stellen der Prädikate füllen. Die Stellen heißen frei, weil sie nicht charakteristisch für das jeweilige Prädikat sind. Sie müssen folglich auch nicht besetzt werden. In der Literatur werden sie Adverbiale genannt, da diese Funktion häufig von Adverbien wahrgenommen wird.

Die folgenden natürlichsprachlichen Objekte können eine adverbiale Funktion haben: Adverbien (1a, 2a, 3a), Adjektive (1b, 2b, 3b), durch eine Präposition eingeleitete Individuen (1c, 2c, 3c), Partizipialsätze (1d, 2d, 3d) und durch eine subordinierende Konjunktion eingeleitete Sätze (1e, 2e, 3e).

(1a) Wir können *deshalb* die Regeln auf die Axiome anwenden.
(1b) Dies ist *häufig* recht schwer.
(1c) Diese Ausdrücke können *in jeder Aussage* ersetzt werden.
(1d) Wir werden unsere Untersuchung beginnen, *geleitet von dieser Idee*.
(1e) Wir werden dies als ein Gesetz akzeptieren, *wenn es bewiesen worden ist*.

(2a) We may *therefore* apply the rules to axioms.
(2b) This is *frequently* quite difficult.
(2c) These expressions can be replaced *in any statement*.
(2d) We will begin our study, *guided by this idea*.
(2e) We will accept this as a law, *when it has been proved*.

(3a) On peut *donc* appliquer les règles aux axiomes.
(3b) Ceci est *fréquemment* assez difficile.
(3c) Ces expressions peuvent être remplacées *dans toute déclaration*.
(3d) On va commencer notre étude, *guidé par cette idée*.
(3e) On va accepter ceci comme une loi *quand cela aura été prouvé*.

Die freien Terme lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: Auf der einen Seite stehen die Adverbien und die Adjektive, die „für sich“ stehen, also keine Ergänzung nehmen. Wir werden sie im Abschnitt 8.1 behandeln. Auf der anderen Seite stehen die Präpositionaladverbiale und die Nebensätze, die sich aus einem Verknüpfungswort (Präposition bzw. Konjunktion) und einem Term zusammensetzen. Wir werden auch die Partizipialsätze zu dieser Gruppe zählen, da sie einem satzwertigen Term entsprechen (ε-Satz). Daß sie in den natürlichen Sprachen nicht durch eine Konjunktion eingeleitet werden, stört nicht weiter: Wir haben in $\mathcal{L}_I$ die Freiheit, eine solche Konjunktion zu definieren. Diese Gruppe freier Terme werden wir im Abschnitt 8.2 behandeln.

Position Dadurch, daß die freien Terme nur eine sehr lose Bindung an das Prädikat besitzen, ist ihre Stellung im Satz freier als die der Terme. Die Zahl der möglichen Positionen eines freien Terms hängt u. a. davon ab, welcher Kategorie er angehört, und ob er satzbezogen ist oder nicht (beispielsweise verbbezogen).[1] Unabhängig davon kann jedoch nahezu jeder freie Term an mindestens zwei Positionen im Satz stehen, wobei eine dieser Positionen direkt am Anfang des Satzes liegt. Wir werden diese Position als **initial** bezeichnen.

Als Beispiel haben wir die freien Terme der Sätze (1a) bis (3e) in die initiale Position gesetzt. Alle Beispielsätze bleiben dabei grammatisch:

(4a) *Deshalb* können wir die Regeln auf die Axiome anwenden.
(4b) *Häufig* ist dies recht schwer.
(4c) *In jeder Aussage* können diese Ausdrücke ersetzt werden.
(4d) *Geleitet von dieser Idee*, werden wir unsere Untersuchung beginnen.
(4e) *Wenn es bewiesen worden ist*, werden wir dies als ein Gesetz akzeptieren.

(5a) *Therefore* we may apply the rules to axioms.
(5b) *Frequently* this is quite difficult.
(5c) *In any statement*, these expressions can be replaced.
(5d) *Guided by this idea*, we will begin our study.
(5e) *When it has been proved*, we will accept this as a law.

(6a) *Donc*, on peut appliquer les règles aux axiomes.
(6b) *Fréquemment*, ceci est assez difficile.
(6c) *Dans toute déclaration*, ces expressions peuvent être remplacées.
(6d) *Guidé par cette idée*, on va commencer notre étude.
(6e) *Quand cela aura été prouvé*, on va accepter ceci comme une loi.

Die initiale Position ist im Vergleich zu den anderen möglichen Positionen markiert. Dies liegt vor allem daran, daß die Informationen in einem Satz – und damit auch dessen Konstituenten – in Thema und Rhema unterteilt sind (3.2). Das Thema steht am Anfang des Satzes und knüpft an den Mitteilungsschwerpunkt des vorausgegangenen Satzes an. Das Rhema ist der Rest des Satzes und enthält dessen Mitteilungsschwerpunkt.

Eine gute Unterteilung der Satzinformation in Thema und Rhema trägt wesentlich zur Kohärenz eines Textes bei. Dafür ist es wichtig, daß auch freie Terme als Thema markiert werden dürfen. Wir werden deshalb solche Markierungen in $\mathcal{L}_I$ zulassen. Ob sie es in den generierten Texten dann auch sind, ist wiederum eine andere Sache und hängt vor allem von der Syntax der jeweiligen Sprache ab.

[1] Eisenberg (1994), Seite 407.

Es kann jedoch selten mehr als ein Adverbial in initialer Position stehen.[1] Wir limitieren die Anzahl der freien Terme, denen eine initiale Position zugewiesen werden kann, deshalb auf eins.

Ein freier Term kann neben der initialen Position in der Regel mindestens eine weitere Position im Satz besetzen. Zwischen den weiteren Positionen bestehen teilweise große Unterschiede in der Betonung:

(7a) *Usually*, I don't have the time.
(7b) I *usually* don't have the time.
(7c) I don't *usually* have the time.
(7d) I don't have the time *usually*.

Eine – und manchmal auch mehrere – der weiteren Positionen sind unmarkiert: Nimmt der freie Term eine dieser Positionen ein, so besitzt er keine besondere Betonung. Wir werden diese Positionen **normal** nennen. Die anderen nicht-initialen Positionen sind hingegen markiert. Während sich der Unterschied zwischen der initialen und der normalen Position mithilfe der Thematisierung präzisieren läßt, ist eine solche Präzisierung bei den markierten nicht-initialen Positionen nicht möglich. Dafür sind die Unterschiede zwischen den Sprachen zu groß. Wir werden deshalb in $\mathcal{L}_I$ nur zwischen der initialen und der normalen Position unterscheiden.

Ein freier Term besteht damit aus einer Position und einem Adverbial. Mögliche Positionen sind die initiale und normale Position. Ist einer der freien Terme ein freier λ-Term, so darf kein Adverbial in initialer Position stehen, und ansonsten maximal eines. Das Adverbial ist entweder ein einfaches Adverbial oder ein Präpositionaladverbial:

(8) $\boxed{\text{freie Terme}} \rightarrow \left[\boxed{\text{initiales Adverbial}}\right]_{\leqslant 1} + \left[\boxed{\text{Adverbial}}\right]$

(9) $\boxed{\text{freie }\lambda\text{-Terme}} \rightarrow \boxed{\text{freier }\lambda\text{-Term}} + \left[\boxed{\text{Adverbial}}\right]$

(10) $\boxed{\text{initiales Adverbial}} \rightarrow \boxed{\text{Adverbial}}$

(11) $\boxed{\text{Adverbial}} \rightarrow \boxed{\text{einfaches Adv.}} \mid \boxed{\text{Präpositionaladv.}}$

8.1 Das einfache Adverbial

Wir werden die adverbial verwendeten Adjektive (12a) und Adverbien (12b) einfache Adverbiale nennen. Beiden ist gemeinsam, daß sie keine Ergänzung benötigen, also „für sich“ stehen.

[1] Eisenberg (1994), Seiten 496 und 497.

(12a) Er läuft *schnell*.
(12b) Er läuft *vorne*.

Das Nebeneinander der Begriffe Adverb und Adverbial ist kein terminologischer Glücksgriff: Etliche Adverbien lassen sich nämlich nicht nur adverbial, sondern auch attributiv (13a) und prädikativ verwenden (13b).

(13a) der Läufer *vorne*
(13b) Er ist *vorne*.

In den Grammatiken der natürlichen Sprache mag es sinnvoll sein, hier von drei Verwendungen *eines* Wortes zu sprechen. In der formalen Sprache wählen wir dagegen einen anderen Weg: Die drei Verwendungen sind über die Funktion klar voneinander abgegrenzt. Wir betrachten deshalb jede der Verwendungen als ein selbständiges Wort. Wir kategorisieren damit streng nach der Funktion.

Auch die Adjektive hatten wir streng nach ihrer Funktion kategorisiert (Abschnitt 3.1). Die Grammatiken der natürlichen Sprache stellen dagegen syntaktische Verwandtschafts- und Ableitungsbeziehungen in den Vordergrund. Der Grund dafür liegt vor allem in den unterschiedlichen Fragestellungen. Für uns sind nämlich Verwandtschafts- und Ableitungsbeziehungen nur bis zu dem Punkt wichtig, wie sie für die Textgenerierung von Bedeutung sind, und auf diese haben sie so gut wie keinen Einfluß.

Dagegen ist es für uns sehr wichtig, daß Wortentsprechungen zwischen den Sprachen präzise angegeben werden können. Die Unterteilung der Wörter nach ihrer Funktion ermöglicht dies, wie das folgende Beispiel zeigt:

(14a) Er läuft *gern*.
(14b) *der Läufer *gern*
(14c) *Er ist *gern*.

Im Gegensatz zum Adverb *vorne* kann *gern* nur adverbial verwendet werden. Diese Asymmetrie ist in $\mathcal{L}_I$ jedoch belanglos, da $\mathcal{L}_I$ das Konzept des Adverbs nicht kennt. Stattdessen hat *vorne* drei formale Entsprechungen, die sich durch ihre Funktion unterscheiden, und *gern* dagegen nur eine.

Gradpartikel Adjektive und Adverbiale können durch Gradpartikeln modifiziert werden. Für die prädikative und attributive Verwendung hatten wir dieses bereits in den Abschnitten 3.1 und 7.1 besprochen. Auch in der adverbialen Verwendung ist die Modifikation durch eine Gradpartikel zulässig:

(15a) Er läuft *ganz* schnell.
(15b) Er läuft *ganz* vorne.

Wir nennen die formale Entsprechung einer Gradpartikel eine Gradangabe. Ein einfaches Adverbial ist somit ein Adverbialschlüssel, der um eine Gradangabe ergänzt sein kann:

(16)
$$\begin{aligned} \boxed{\text{einf. Adverbial}} \;\rightarrow\; & \boxed{\text{Adverbialschlüssel}} \\ \mid\; & \boxed{\text{Gradangabe}} + \boxed{\text{Adverbialschlüssel}} \end{aligned}$$

Die natürlichsprachige Entsprechung eines Adverbialschlüssels kann sowohl ein Adverb als auch ein Adjektiv sein.

8.2 Das Präpositionaladverbial

Die zweite Gruppe von Adverbien werden wir die Präpositionaladverbiale nennen. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß sie aus einem Verknüpfungswort und einem Term bestehen. Das Verknüpfungswort entspricht in der natürlichen Sprache entweder einer Präposition oder einer subordinierenden Konjunktion:

(17a) Helga liest den Spiegel *für* ihre Bildung.
(17b) Helga liest den Spiegel, *um* sich zu bilden.

Wir betrachten sowohl die Präpositionen als auch die subordinierenden Konjunktionen als einstellige Funktionswörter. Es liegt deshalb nahe, sie in $\mathcal{L}_I$ zu einer Kategorie zusammenzufassen. Da mit dem Begriff der Konjunktion üblicherweise Mehrstelligkeit assoziiert wird, werden wir in $\mathcal{L}_I$ einheitlich von adverbialen Präpositionen sprechen.

Als Terme kommen Terme der Typen Individuum, ε-Satz und Satz in Frage. Welche Typen eine adverbiale Präposition nehmen kann, hängt von ihrer Valenz ab. Sie ist immmer einstellig.

Präpositionaladverbiale sind manchmal um eine Gradpartikel ergänzt. Auf Seite 55 hatten wir das Beispiel der Konjunktion *wenn* besprochen, die um die Gradpartikel *nur* ergänzt war. Im Gegensatz zu den Adjektiven und Adverbien, die verhältnismäßig frei um Gradpartikeln ergänzt werden dürfen, existieren bei den Präpositionaladverbialen viele Besonderheiten und Restriktionen. Wir werden deshalb das Kombinieren von Präpositionaladverbialen und Gradpartikeln nicht allgemein zulassen, sondern stattdessen die wichtigsten Kombinationen lexikalisieren.

Ein Präpositionaladverbial besteht somit aus einer adverbialen Präposition und einem Term, der von seiner Valenz her zur Präposition paßt:

(18)
$$\boxed{\text{Präpositionaladverbial}} \;\rightarrow\; \boxed{\text{adv. Präposition}}^{\sigma} + \boxed{\text{Term}}^{\tau \in \sigma}$$

Teil II

Die Generatoren

1 Der Generator für das Deutsche

Unsere Aufgabe ist es nun, zu jedem formalen Text jeweils einen Text in den drei Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch zu finden, der seine intendierte Bedeutung korrekt widergibt. Ein Text entspricht in der formalen Sprache $\mathcal{L}_I$ einer Folge von Sätzen. Wir haben uns dafür entschieden, diese Struktur ohne Veränderung in die drei Sprachen zu übernehmen, denn deren Satzeinteilung ist – wie wir im Kapitel 1.2 über Resultate der Satzalignierung gesehen haben – sehr ähnlich. Wir können uns somit auf die Aufgabe konzentrieren, zu jedem formalen Satz einen entsprechenden natürlichsprachigen Satz zu finden.

In diesem Teil der Arbeit stellen wir einen Algorithmus für den Bau deutscher Sätze vor. Er muß die Elemente und die Struktur eines formalen Satzes auf deutsche Wörter und die Grammatik des deutschen Satzbaus übertragen. Beispielsweise sollte er den formalen Satz (1a) auf den deutschen Satz (1b) abbilden.

(1a) $\langle und\rangle^{\langle S,S\rangle\to S}\,\langle regnen\rangle^{S}\,(\langle na\ss\rangle^{I\to S}\,(\langle die\rangle^{K\to I}\langle Stra\ss e\rangle^{K}\,))$
(1b) Es regnet, und die Straße ist naß.

Zwei Teilaufgaben sind erkennbar: Zum einen müssen die formalen Wörter in deutsche Wörter übersetzt werden, und zum anderen muß die Struktur des formalen Satzes auf die Struktur eines deutschen Satzes transformiert werden.

Unser Ziel ist es, die Satzstruktur unabhängig von den verwendeten Wörtern zu behandeln. Wir erreichen dies, indem wir mit **Satzschablonen** arbeiten. Eine solche Schablone wird aus einem formalen Satz berechnet und repräsentiert die Struktur des entsprechenden deutschen Satzes. Wir werden die Schablone dadurch vereinfachen, daß wir die Bereiche des Satzbaus aus der Schablone ausklammern, deren Strukturen unabhängig von der Struktur des Satzes berechnet werden können. Dies trifft beispielsweise auf die Struktur der meisten Terme und freien Terme zu. In die Schablone werden dann nachträglich die Wörter und Wortgruppen eingesetzt, die unabhängig von der Schablone berechnet werden konnten.

1.1 Unser Vorgehen

Unser Vorgehen in diesem Kapitel ist wie folgt: Wir betrachten im Abschnitt 1.2 zunächst nur einfache Sätze. Es wird sich schnell zeigen, daß wir drei Typen von einfachen Sätzen unterscheiden müssen. Sie lassen sich jedoch alle drei auf ein einziges Grundmuster reduzieren. Das Grundmuster ist nicht mehr als eine Folge von Feldern, die für bestimmte Bestandteile des Satzes vorgesehen sind. Wie die Felder im einzelnen besetzt werden, wird zunächst nicht genauer spezifiziert. Der Satztyp wird im

Grundmuster berücksichtigt, indem abhängig vom Satztyp bestimmte Felder nicht besetzt werden.

Das Grundmuster wird uns als Prototyp für die Satzschablone dienen. In den nächsten Kapiteln gehen wir dann auf die innere Struktur der einzelnen Felder ein. In Kapitel 2 befassen wir uns mit der deutschen Entsprechung des formalen Prädikats, dem Verbalkomplex. Er verteilt sich auf genau zwei der Felder. In Kapitel 3 betrachten wir anschließend die Felder, die an den Verbalkomplex angrenzen. Sie werden durch die Terme und freien Terme besetzt. Die wichtigste Aufgabe wird dabei die Bestimmung ihrer Reihenfolge sein. In Kapitel 4 gehen wird dann auf die Berechnung des Satztyps ein. Unser Ziel in den jeweiligen Kapiteln ist es, einen Algorithmus zur Generierung der im Kapitel besprochenen Teile des Satzes aufzustellen.

Im letzten Kapitel, dem Kapitel 5, gehen wir auf die Generierung der Satzglieder ein. Die deutsche Entsprechung eines formalen Satzgliedes ist entweder ein Satz, eine Präpositional- oder Nominalphrase, ein Pronomen oder ein unflektiertes Satzglied. Wie Sätze generiert werden, haben wir bereits in den vorausgegangenen Kapiteln behandelt. Ein unflektiertes Satzglied, wie es z. B. ein Adverb oder ein adverbiales Adjektiv ist, kann durch einfaches Nachschlagen im Lexikon generiert werden. Die Nominalphrasen unterscheiden sich nur unwesentlich von den Präpositionalphrasen, und auch die Pronomina lassen sich unter die Präpositionalphrasen subsumieren, denn sie sind den Artikeln so ähnlich, daß sie mit demselben Algorithmus generiert werden können. Der Schwerpunkt des Kapitels wird deshalb auf der Generierung von Präpositionalphrasen liegen.

1.2 Die Satzklammer

Betrachtet man die möglichen Wortstellungen in einem Satz, so sind bereits für einfach strukturierte Sätze drei prinzipiell verschiedene Wortstellungen zu erkennen. Wir illustrieren sie an dem folgenden, recht banalen Dialog:

(2a) *Peter liebt Maria.*
(2b) Wie bitte? *Liebt Peter Maria*?
(2c) Ich sagte doch, daß *Peter Maria liebt.*

Symbolisiert man das Subjekt durch S, das Objekt durch O und das finite Verb durch V, so lauten die drei Wortstellungen SVO, VSO und SOV. In der deutschen Grammatik heißen die drei Grundstellungen **Kernsatz**, **Stirnsatz** und **Spannsatz** und werden unter dem Begriff **Satztypen** zusammengefaßt. Der Satztyp eines Satzes ist nicht frei wählbar, sondern ergibt sich aus seiner Funktion und seinem Kontext. Wir werden im Kapitel 4 zeigen, wie er berechnet werden kann.

Als nächstes verfeinern wir die Schablonen für die drei Grundstellungen. Als Beispiel verwenden wir erneut die Sätze (2a) bis (2c), die wir diesmal in die Vergangenheit setzen und passivieren. Sie erhalten dadurch einen dreiteiligen Verbalkomplex, der aus der finiten Verbform *ist* und den infiniten Verbformen *geliebt worden* besteht:

(3a) Maria *ist* von Peter *geliebt worden*.

(3b) *Ist* Maria von Peter *geliebt worden*?

(3c) (daß) Maria von Peter *geliebt worden ist*.

Symbolisiert man die finite Verbform durch F und den infiniten Rest des Verbalkomplexes durch I, so lauten die verfeinerten Schablonen *SFOI*, *FSOI* und *SOIF*. Die durch F und I gebildete Umfassung des Satzes wird auch seine **Satzklammer** genannt. Da im Spannsatz der gesamte Verbalkomplex am Satzende steht, definieren wir, daß die öffnende Klammer dort direkt hinter der einleitenden Konstituente steht. Sie ist damit keiner Konstituente des Satzes unmittelbar zugeordnet.

In der deutschen Grammatik werden die Felder F und I **Finitum** und **Infinitum** genannt. Ausgehend von Finitum und Infinitum wird der Satz in **Vorfeld**, **Mittelfeld** und **Nachfeld** aufgeteilt, die wir mit V, M und N abkürzen. Das Mittelfeld bilden die Wörter, die zwischen den beiden Klammern stehen, und das Vor- und Nachfeld bilden die Wörter, die vor bzw. hinter den beiden Klammern stehen. Zusätzlich zu den oben aufgeführten Feldern werden wir ein weiteres Feld K für eine koordinierende **Konjunktion** vorsehen, das sich am Anfang des Satzes befindet.

Die Felder sind Bereiche im Satz, die verhältnismäßig unabhängig voneinander behandelt werden können. Auf ihre innere Struktur werden wir in den folgenden Kapiteln eingehen. Zusammen ergeben die Felder Konjunktion, Vorfeld, Finitum, Mittelfeld, Infinitum und Nachfeld das folgende Grundmuster für einen deutschen Satz:

(4) $K\,V\,F\,M\,I\,N$

Dazu ein Beispiel, in dem alle Felder besetzt sind:

(5) $\underbrace{\text{Denn}}_{K}\ \underbrace{\text{Mathematik}}_{V}\ \underbrace{\text{wird}}_{F}\ \underbrace{\text{als das}}_{M}\ \underbrace{\text{definiert}}_{I}\text{, }\underbrace{\text{was in Mathematikbüchern steht}}_{N}.$

Einen Kernsatz der Form *SFOI* erhalten wir aus der Schablone, indem wir das Vorfeld mit dem Subjekt besetzen und die Objekte ins Mittelfeld stellen. Die Felder K und N bleiben dabei leer. Einen Stirnsatz der Form *FSOI* erhalten wir, indem wir zusätzlich zu den Feldern K und N das Vorfeld leer lassen. Das Subjekt steht dann im Mittelfeld. In einem Spannsatz der Form *SOIF* bildet der Verbalkomplex eine geschlossene Einheit am Ende des Satzes; der gesamte Verbalkomplex befindet sich somit im Feld I. Der Spannsatz ist somit durch ein leeres Feld F gekennzeichnet.

Diese Charakterisierung der Satztypen ist allgemein gültig: Im Kernsatz müssen die Felder V und F besetzt sein, im Stirnsatz muß hingegen das Feld V leer bleiben, und im Spannsatz muß das Feld F leer bleiben. Mit dem Grundmuster lassen sich somit alle drei Satztypen beschreiben. Wir werden es deshalb als Ausgangspunkt für die zu erstellende Schablone wählen.

Die Bezeichnungen F und I – die Abkürzungen für Finitum und Infinitum – werden wir der Einfachheit halber beibehalten, auch wenn sie in Spannsätzen nicht zutreffen. Die korrekte Bezeichnung der Felder müßte lauten: separierter Stamm des Finitums und restlicher Verbalkomplex. Dazu ein Beispiel: Im Satz (6) ist *sieht* der separierte Stamm des Finitums und *aus* sein Präfix, der den restlichen Verbalkomplex darstellt.

(6) Irene *sieht* heute gut *aus*.

Als nächstes untersuchen wir den Verbalkomplex, der in der Schablone die Felder F und I belegt (Kapitel 2). Danach gehen wir auf die innere Struktur der Felder V, M und N ein, die die Terme und die freien Terme enthalten (Kapitel 3). Die Besetzung des Feldes K besprechen wir anschließend im Zusammenhang mit den Satztypen (Kapitel 4).

2 Der Verbalkomplex

In diesem Kapitel befassen wir uns mit der Generierung des Verbalkomplexes. Er läßt sich grob als die Gesamtheit der im Satz vorkommenden Verbformen charakterisieren und besetzt die Felder F und I unserer Satzschablone. So besteht beispielsweise der Verbalkomplex des folgenden Satzes aus vier Verbformen. Das Feld F ist durch die finite Verbform *kann* besetzt, und das Feld I enthält die übrigen Verbformen:

(1) Er *kann* von der Nachricht *überrascht worden sein*.

Es stellen sich drei Fragen, auf die wir eine Antwort finden müssen, um den Verbalkomplex generieren zu können:

1. Aus welchen Verbformen besteht der Verbalkomplex?
2. In welcher Reihenfolge stehen die Verbformen?
3. Wie werden die Verbformen in Finitum und Infinitum unterteilt?

Wir werden zeigen, daß sich sämtliche Verbformen aus den Bestandteilen des formalen Prädikats berechnen lassen. Zwischen den Bestandteilen des formalen Prädikats und den Verbformen besteht annähernd eine 1:1-Beziehung. Die Reihenfolge der Verbformen werden wir mithilfe einer Ordnungsrelation erhalten, die wir auf den Bestandteilen des formalen Prädikats definieren. Diese Relation erlaubt es, die tatsächliche Reihenfolge der Verbformen im Satz leicht zu ermitteln.

Welche Verbform gegebenenfalls im Finitum steht, läßt sich auch leicht angeben. Es ist der Stamm der nach der Ordnungsrelation „größten“ Verbform. Er wird jedoch nur dann in das Finitum vorgezogen, wenn der Satztyp die Besetzung des Finitums zuläßt.

2.1 Eine Ordnung auf den Verbformen

Zunächst werden wir die eben angesprochene Ordnungsrelation motivieren. Dafür betrachten wir einige typische Verbalkomplexe. Deren Verbformen bringen wir in Relation zu den Bestandteilen des formalen Prädikats und leiten daraus eine Ordnung auf den Bestandteilen ab. Anschließend untersuchen wir, inwieweit sich diese Ordnung auf die Reihenfolge der Verbformen im deutschen Satz übertragen läßt.

Es wird sich zeigen, daß es in unserem Fragment nur einen Fall gibt, in dem die Ordnung nicht direkt auf die Reihenfolge der Verbformen übertragen werden kann. Die Ordnung ist damit als Grundlage für die Berechnung der Reihenfolge der Verbformen geeignet. Anschließend gehen wir auf einige besondere Prädikate ein. Es sind die Prädikate, deren deutsche Entsprechung entweder einen abtrennbaren Präfix besitzt, einen

AcI oder eine Zuweisung nimmt oder ein prädikatives Adjektiv ist. Im darauffolgenden Abschnitt geben wir dann einen Algorithmus zur Berechnung des Verbalkomplexes an.

Betrachtet man den Satz (1), der unter (2) wiederholt ist, so stellt man fest, daß das Verb *überraschen* eine zentrale Rolle einnimmt: Alle übrigen Verbformen geben nur Auskunft über die Umstände des Überraschens; sie spezifizieren es näher. Auf der anderen Seite steht das finite Verb *kann*. In einer gewissen Weise ist es die letzte Verbform des Verbalkomplexes, denn es läßt sich aus dem Verbalkomplex herauslösen. Wir legen deshalb fest, daß *überraschen* die erste und *kann* die letzte Verbform des Verbalkomplexes ist, und numerieren die übrigen Verbformen in der Reihenfolge ihres Auftretens:

(2) Er *kann (4)* von der Nachricht *überrascht (1) worden (2) sein (3).*

Der Spannsatz liefert ein weiteres Argument dafür, daß die finite Verbform *kann* die letzte Verbform ist. In ihm wird das *kann* nicht vom übrigen Verbalkomplex separiert und steht dort tatsächlich an letzter Stelle:

(3) … weil er von der Nachricht *überrascht (1) worden (2) sein (3) kann (4).*

Ideal wäre nun eine Ordnung auf den Verbformen, aus der sich ihre Reihenfolge im Satz unmittelbar ableiten läßt. Für die Verbformen der Sätze (2) und (3) würde sich unter dieser Prämisse die folgende Ordnung ergeben:

(4) *überrascht* $<$ *worden* $<$ *sein* $<$ *kann*

Allgemein müßte für n Verbformen mit der Ordnungsrelation (5a) die Reihenfolge (5b) im Satz gelten.

(5a) Verbform 1 $<$ … $<$ Verbform n
(5b) Verbform 1 - … - Verbform n

Die Ordnungsrelation $<$ auf den Verbformen wird in der deutschen Grammatik ihre **syntaktische Abhängigkeit** genannt. Wir werden diesen Namen übernehmen. Bevor wir jedoch genauer auf den Zusammenhang zwischen der Ordnung der Verbformen und ihrer Reihenfolge im Satz eingehen, ermitteln wir zuerst, welche Verbformen üblicherweise in einem Satz vorkommen. Wir schränken uns zunächst auf die Sätze ein, denen ein Vollverb zugrunde liegt. Sätze, die von einer Eigenschaft aus aufgebaut sind, werden wir erst später hinzunehmen. Genauso verzichten wir zunächst darauf, Verbformen mit einer besonderen Ergänzung wie einem AcI oder einer Zuweisung zu betrachten. Als Beispiel wählen wir den folgenden Satz:

(6) Er *wird (4)* morgen *überrascht (1) werden (2) müssen (3).*

Die zu erwartende Ordnung der Verbformen ist somit:

(7) *überrascht* $<$ *werden* $<$ *müssen* $<$ *wird*

Betrachtet man die separierte Verbform *wird* als die letzte Verbform, so ist die syntaktische Abhängigkeit der Verbformen identisch zu ihrer Reihenfolge im Satz.

Wir betrachten die Verbformen nun unter dem Aspekt ihrer grammatischen Funktion. Die zentrale Verbform ist das Vollverb *überraschen*. Daran schließt sich das Hilfsverb *werden* an, das das Passiv anzeigt. Es folgt das Modalverb *müssen*. An letzter Position steht noch einmal das Hilfsverb *werden*. Es zeigt diesmal das Tempus Futur I an. Aus Sicht der grammatischen Funktion ergibt sich somit die folgende Ordnung auf den Verbformen:

(8) Vollverb $<$ Hilfsverb für das Genus verbi $<$ Modalverb $<$ Hilfsverb für das Tempus

Die Verbformen entsprechen den folgenden Bestandteilen des formalen Prädikats: Prädikatschlüssel, Genus verbi, Modalität und Tempus. Jede Verbform besitzt also eine unmittelbare Entsprechung in $\mathcal{L}_I$. Es liegt deshalb nahe, die folgende Ordnung auf den Bestandteilen des formalen Prädikats zu definieren:

(9) *Regel:* Prädikatschlüssel $<$ Genus verbi $<$ Modalität $<$ Tempus

Aus dieser Ordnung läßt sich die Reihenfolge der Verbformen im Satz (6) unmittelbar ableiten.

Es ist nun an der Zeit, alle für unser Fragment relevanten Kombinationen von Genus verbi, Modalität und Tempus in Relation zu ihrer deutschen Entsprechung zu setzen. Es geht uns dabei vor allem darum, festzustellen, inwieweit die einzelnen Reihenfolgen der Verbformen konform sind mit den Reihenfolgen, die nach der Regel (9) zu erwarten wären.

Validierung Wir gehen nun systematisch auf alle in unserem Fragment möglichen Kombinationen von Genus verbi, Modalität und Tempus ein und betrachten die daraus resultierende Reihenfolge der Verbformen im deutschen Satz. Die von uns gewählten Beispiele sind alle vom Satztyp Spannsatz, was auf den ersten Blick wie eine Einschränkung erscheinen mag. Ist uns jedoch die Besetzung des Feldes I in einem Spannsatz bekannt (die Besetzung des Feldes F ist uns auch bekannt, da es per Definition leer ist), erhalten wir die Besetzung von F und I für die beiden anderen Satztypen, indem wir den Stamm der finiten Verbform von I nach F bewegen.

Wir bauen die Beispiele schrittweise auf, indem wir zuerst nur eine Komponente des formalen Prädikats variieren und schrittweise immer genau eine weitere Komponente variieren. Den Prädikatschlüssel lassen wir in den Beispielen unverändert, da er lediglich Auswirkungen auf die Wahl des Vollverbs hat.

Wir werden die Bestandteile des formalen Prädikats in genau der Reihenfolge variieren, in der sie voneinander abhängen. Wir beginnen also mit dem Genus verbi. Anschließend fügen wir eine Modalität hinzu. Da es uns auch hier nicht um die konkrete Ausprägung der Modalität geht, werden wir in den Beispielen nur eine einzige Modalität betrachten. Zuletzt werden wir das Tempus variieren.

Wenn die Ordnung tatsächlich unmittelbar mit der Reihenfolge zusammenhängt, dann stehen die jeweiligen Verbformen auch in genau dieser Reihenfolge im Satz. Soviel vorweggenommen: In fast allen Fällen wird sich diese Vermutung als richtig erweisen; lediglich im Zusammenhang mit dem Perfekt wird uns eine Ausnahme begegnen.

Genus verbi Das Genus verbi ist entweder Aktiv oder Passiv. Das Aktiv ist im Deutschen der unmarkierte Fall: Es wird nicht besonders gekennzeichnet. Das Passiv wird hingegen durch eine Verbform von *werden* angezeigt, wobei das vorhergehende Verb im Partizip Perfekt steht:

(10a) … weil er den Berg *sieht (1)*.
(10b) … weil der Berg von ihm *gesehen (1) wird (2)*.

Modalität An das Genus verbi schließt sich die Modalität an. Die Modalität ist in den meisten Fällen leer oder besteht aus genau einem Modalschlüssel. Sie kann aber auch aus mehreren Modalschlüsseln zusammengesetzt sein. Jeder Modalschlüssel definiert genau ein Modalverb. Das einem Modalverb vorhergehende Verb steht im Infinitiv. Als Beispiel wählen wir eine aus zwei Modalschlüsseln bestehende Modalität:

(11a) … weil er den Berg *sehen (1) können (2) muß (3)*.
(11b) … weil der Berg von ihm *gesehen (1) werden (2) können (3) muß (4)*.

Tempus Den Abschluß bilden dann die das Tempus anzeigenden Verben. Die Relation zwischen den formalen Tempora und deutschen Tempora haben wir im Abschnitt 3.4 angegeben. Die deutsche Entsprechung eines formalen Tempus ist entweder Präsens, Perfekt oder Futur I. Wie wir an den obigen Beispielen sehen können, ist das Präsens der unmarkierte Fall; es wird nicht besonders gekennzeichnet.

Das Perfekt ist dagegen durch eine Form von *sein* oder *haben* markiert. Welches der beiden Hilfsverben zu wählen ist, hängt von dem vorhergehenden Verb ab. Wir werden deshalb zu jedem Verb im Lexikon eintragen, ob es das Perfekt mit *sein* oder mit *haben* bildet. Das dem Hilfsverb vorhergehende Verb steht im Partizip Perfekt, wobei die Modalverben eine Ausnahme bilden: Zum einen stehen sie nicht im Partizip Perfekt, sondern im Infinitiv (der sogenannte **Ersatzinfinitiv**), und zum anderen steht das *haben* am Anfang des Verbalkomplexes:

(12a) … weil er den Berg *gesehen (1) hat (2)*.
(12b) … weil der Berg von ihm *gesehen (1) worden (2) ist (3)*.

(12c) … weil er den Berg ***hat (4)*** *sehen (1) können (2) müssen (3).*

(12d) … weil der Berg von ihm ***hat (5)*** *gesehen (1) werden (2) können (3) müssen (4).*

Das Futur I wird durch das Hilfsverb *werden* angezeigt, wobei das vorhergehende Verb den Infinitiv erhält:

(13a) … weil er den Berg *sehen (1) wird (2).*

(13b) … weil der Berg von ihm *gesehen (1) werden (2) wird (3).*

(13c) … weil er den Berg *sehen (1) können (2) müssen (3) wird (4).*

(13d) … weil der Berg von ihm *gesehen (1) werden (2) können (3) müssen (4) wird (5).*

Die Beispiele zeigen deutlich, daß die nach der syntaktischen Abhängigkeit letzte Verbform die finite Verbform stellt. Die Reihenfolge der Verbformen im Satz stimmt dagegen nicht immer mit ihrer Abhängigkeit überein: Beim Perfekt ist unter bestimmten Umständen eine Ausnahme möglich. Wir gehen nun auf alle im Deutschen möglichen Ausnahmen ein, da auch eine weitere Ausnahme für uns relevant ist.

Ausnahmen Die im Deutschen möglichen Ausnahmen von der zu erwartenden Reihenfolge sind in Drosdowski (1995) detailliert aufgeführt.[1] Es sind genau zwei Ausnahmen möglich. Sie treten in bestimmten Konfigurationen mit drei oder mehr Verbformen auf. Sie sind unter 1. und 2. aufgeführt.

In den beiden Konfigurationen ist eine weitere Besonderheit möglich: Der hintere Teil des Verbalkomplexes (das Feld *I* also) kann durch eine eng zum Vollverb gehörende Konstituente gespalten werden. Darauf gehen wir unter 3. ein.

1. Diese Ausnahme ist uns bereits im Zusammenhang mit dem Perfekt und einer Modalität begegnet: Wird das Tempus mit *haben* gebildet und hängt von dem *haben* eine Verbform ab, die den Ersatzinfinitiv nimmt (ein Modalverb also), so ändert sich die Abfolge zu:

   (14) Verbform n - Verbform 1 - … - Verbform $(n-1)$

   Beispiel:

   (15) … weil sie die Angaben *hätte (3) überprüfen (1) sollen (2).*

2. Wird das Tempus mit *werden* und *haben* (Futur II) gebildet und hängt davon ein Modalverb ab, so ändert sich die Abfolge zu:

   (16) Verbform n - Verbform $(n-1)$ - Verbform 1 - … - Verbform $(n-2)$

   Beispiel:

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1353.

(17) … da er wegen der Verpflichtung nicht *wird (4) haben (3) kommen (1) können (2).*

Dieser Fall kommt in unserem Fragment nicht vor, da er das Tempus Futur II voraussetzt.

3. Eine Konstituente, die eng an das Vollverb des Verbalkomplexes gebunden ist, muß zwischen einem vorgezogenen *haben* und den übrigen Verbformen stehen:

(18) Er *wird (4)* ihn im Garten *haben (3)* **Zeitung** *lesen (1) lassen (2).*

Diese Wortstellung findet man aber nur bei wenigen Substantiv-Verb-Kombinationen. So darf beispielsweise im obigen Satz das Substantiv *Zeitung* weder durch die Nominalphrase *eine Zeitung* noch durch das Substantiv *Illustrierte* ersetzt werden:

(19a) *Er *wird (4)* ihn *haben (3)* **Illustrierte** *lesen (1) lassen (2).*
(19b) *Er *wird (4)* ihn *haben (3)* **eine Zeitung** *lesen (1) lassen (2).*

Die richtige Wortstellung lautet:

(20a) Er *wird (4)* ihn (eine) Illustrierte *haben (3) lesen (1) lassen (2).*
(20b) Er *wird (4)* ihn eine Zeitung *haben (3) lesen (1) lassen (2).*

Es ist sinnvoll, die Verb-Substantiv-Kombinationen, bei denen diese besondere Wortstellung geboten ist, als lexikalisiert anzusehen. Wir werden deshalb für jede Kombination ein eigenständiges formales Prädikat ansetzen. Beispielsweise werden *lesen* und *Zeitung lesen* verschiedene, voneinander unabhängige, formale Entsprechungen besitzen.

Die deutsche Entsprechung des formalen Prädikats ‹*Zeitung lesen*› ist somit ein zusammengesetztes Vollverb, das aus dem Zusatz *Zeitung* und dem Vollverb *lesen* besteht. Auf die zusammengesetzten Verben werden wir im Zusammenhang mit den abtrennbaren Präfixen eingehen. Wir haben damit die Aufgabe der Generierung von Substantiv-Verb-Kombinationen auf die Aufgabe der Generierung von zusammengesetzten Verben reduziert.

Wir haben uns bisher auf Spannsätze konzentriert, also auf Sätze, in denen das Feld F leer ist. In den anderen beiden Satztypen ist das Feld F hingegen besetzt. In Verbindung mit dem Vorziehen der finiten Verbform tritt eine Besonderheit auf: Bestimmte Verben besitzen einen abtrennbaren Präfix, der beim Vorziehen der Verbform im Feld I zurückbleibt. Auf diese Verben werden wir nun eingehen.

Verben mit abtrennbarem Präfix Einige Verben besitzen einen Präfix, der beim Vorziehen der Verbform in das Feld F vom Stamm getrennt wird und im Feld I zurückbleibt. Ein Beispiel für ein solches Verb ist das Verb *zuwerfen*, das aus dem Stamm *werfen* und dem Präfix *zu* besteht:[1]

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 781.

(21) Er *warf (2)* den Ball seinem Freund *zu (1)*.

Nicht nur Präfixe bleiben im Feld *I* zurück, wenn die finite Verbform in das Feld *F* vorgezogen wird. Auch getrennt vom Verb stehende Zusätze bleiben zurück, wie z. B. der Zusatz *Zeitung* des zusammengesetzten Verbs *Zeitung lesen* oder der Zusatz *herunter* des zusammengesetzten Verbs *herunter werfen*:

(22a) Er *liest (2)* im Garten *Zeitung (1)*.
(22b) Er *warf (2)* den Ball seinem Freund *herunter (1)*.

Dabei ist eine Abgrenzung zwischen Präfixen und Zusätzen aus grammatischer Sicht nicht immer eindeutig, auch wenn die orthographischen Normen meist eindeutig entweder Zusammenschreibung (Auffassung als Präfix) oder getrennte Schreibung (Auffassung als Zusatz) vorschreiben. Man vergleiche dazu:[1]

(23a) Sie *hat (2)* den Fußboden *saubergemacht (1)*.
(23b) Sie *hat (3)* den Fußboden *schmutzig (1) gemacht (2)*.

Aus syntaktischer Sicht zerfallen die Vollverben somit in vier Klassen:

1. untrennbare Vollverben,
2. Vollverben, die einen abtrennbaren Präfix besitzen,
3. zusammengesetzte Vollverben, die aus einem Zusatz und einem untrennbaren Vollverb bestehen, und
4. zusammengesetzte Vollverben, die einen Zusatz und einen abtrennbaren Präfix besitzen.

Wir werden nun auf zwei besondere Gruppen von Verben eingehen, die einen Nebensatz nehmen, der im Deutschen syntaktisch eng mit dem übergeordneten Satz verwoben ist. Es sind die Verben, die einen AcI oder eine Zuweisung nehmen.

AcI-Verben Der **AcI** (Accusativus cum Infinitivo) ist eine Konstruktion, bei der sich zwei Prädikate einen Term teilen. Das erste Prädikat nimmt sowohl ein direktes Objekt als auch einen Infinitivsatz. Wir werden es das **AcI-Prädikat** nennen. Das zweite Prädikat ist das Prädikat des Infinitivsatzes. Sein semantisches Subjekt ist das direkte Objekt des AcI-Prädikats.

Das deutsche Verb *lassen* ist ein Beispiel für ein AcI-Verb. Im folgenden Beispiel teilt es sich mit dem Verb *singen* die Nominalphrase *die Schüler*:

(24) Die Lehrerin ließ *die Schüler* singen.

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1201.

Nun wäre es naheliegend, den Infinitivsatz bei der Generierung wie einen gewöhnlichen Infinitivsatz zu behandeln. Er wäre dann separat zu generieren und en bloc in die Satzschablone einzusetzen. Das ist jedoch bei AcI-Infinitivsätzen nicht möglich, wie wir am folgenden Beispiel zeigen werden:

(25) … weil die Lehrerin die Schüler *das Lied* **hat** *wiederholen* lassen.

Der Infinitivsatz *das Lied wiederholen* darf nicht separat generiert werden, denn er kann nicht als Ganzes in den übergeordneten Satz eingesetzt werden. Das Hilfverb *hat* des übergeordneten Satzes verhindert dies: Es steht mitten im Infinitivsatz.

Eine andere Sicht ist dagegen zielführend: Wir betrachten die beiden Sätze als einen Satz. Das Prädikat dieses neuen Satzes ist das AcI-Prädikat und seine Terme sind die Terme, die vorher auf die beiden Sätze verteilt waren. Das Prädikat des Infinitivsatzes wird lediglich einmal bei der Generierung des Verbalkomplexes benötigt: Sein Infinitiv stellt die erste Verbform des Verbalkomplexes und verhält sich wie ein Verbzusatz zu der deutschen Entsprechung des AcI-Prädikats.

Außerdem müssen die Valenzen der beiden Prädikate in naheliegender Weise verschmolzen werden. Der Satz, der aus dieser Transformation resultiert, kann dann wie ein gewöhnlicher Satz behandelt werden. Damit haben wir die Aufgabe der Generierung von AcI-Sätzen auf die Aufgabe der Generierung gewöhnlicher Sätze reduziert.

Als nächstes gehen wir auf die Verben ein, die eine Zuweisung als Ergänzung nehmen. Auch bei ihnen besteht eine enge syntaktische Verbindung zwischen den beiden Sätzen. Der Kunstgriff, der bei ihnen nötig ist, fällt jedoch einfacher aus.

Prädikate mit Zuweisung Auch Zuweisungen sind eng mit dem übergeordneten Satz verwoben. Die Zuordnung des folgenden Satzes besteht aus dem direkten Objekt *das Bild*, dem Kern der Zuordnung *wichtig* und dem Präpositionalobjekt *für die Ausstellung*:

(26) Er hat gestern *das Bild* wütend als *wichtig für die Ausstellung* bezeichnet.

Es besteht jedoch ein wichtiger Unterschied zu den AcI-Infinitivsätzen. Bei der Zuordnung genügt es, sie in zwei Teile aufzuspalten, und zwar in ein direktes Objekt und eine Phrase, die aus der restlichen Zuordnung besteht. Das direkte Objekt verhält sich im übergeordneten Satz von seiner Stellung her – wie zu erwarten – wie ein direktes Objekt, und die restliche Zuordnung Phrase verhält sich wie ein Präpositionalobjekt:

(27) Er hat gestern *das Bild* wütend *in die Ausstellung* getragen.

Die restliche Zuordnung ist einfach strukturiert. Sie besteht aus dem prädikativen Adjektiv, gefolgt von ihren Ergänzungen mit Ausnahme des direkten Objekts. Ihre Reihenfolge entspricht genau der Reihenfolge, die die Valenz des Adjektivs vorschreibt. Entsprechend einfach ist die restliche Zuordnung auch zu generieren. Damit haben wir auch die Aufgabe der Generierung von Sätzen mit einer Zuweisung auf die Aufgabe der Generierung gewöhnlicher Sätze reduziert.

Zuletzt gehen wir noch auf die Generierung von Prädikaten ein, deren deutsche Entsprechung ein prädikatives Adjektiv ist.

Prädikative Adjektive Die prädikativen Adjektive können eine ähnliche Funktion im Satz wahrnehmen wie die Vollverben. Dies gilt mit Einschränkung auch für Nominalphrasen. In dieser Funktion sind sie immer durch ein Kopulaverb ergänzt. Meist wird das Kopulaverb *sein* verwendet, doch auch *bleiben* und *werden* sind möglich:

(28a) Er *ist (2)* mit dem Ergebnis *zufrieden (1)*.
(28b) Das Buch *wird (3)* auch in Zukunft *ein wichtiges Medium (1) bleiben (2)*.

Die formale Entsprechung der prädikativen Adjektive und Nominalphrasen in der Funktion eines Prädikats sind die Eigenschaften; die formale Entsprechung der Kopulaverben sind die Kopula.

Die Wortstellung in Sätzen, denen ein prädikatives Adjektiv oder eine Nominalphrase zugrunde liegt, unterscheidet sich kaum von der Wortstellung in einem Satz, dem ein Vollverb zugrunde liegt. Der wichtigste Unterschied aus Sicht der formalen Sprache ist, daß Eigenschaften im Gegensatz zu Prädikatschlüsseln nicht passivfähig sind. Für uns ist dagegen vor allem die Struktur des Verbalkomplexes von Interesse. Wir werden deshalb wie bei den Vollverben systematisch die möglichen Kombinationen von Tempus und Modalität betrachten. Als Beispiel wird uns der folgende Satz dienen:

(29) … weil das Auto *schnell (1) ist (2)*.

Zunächst setzen wir diesen Satz in die deutschen Tempora Perfekt und Futur I. Das Perfekt wird mit *sein* gebildet. Die Verbform, die dem *sein* vorausgeht, steht im Partizip Perfekt. Das Futur I wird mit *werden* gebildet. Hier steht die vorausgehende Verbform im Infinitiv:

(30a) … weil das Auto *schnell (1) gewesen (2) ist (3)*.
(30b) … weil das Auto *schnell (1) sein (2) wird (3)*.

Wir fügen nun eine Modalität hinzu:

(31a) … weil das Auto *schnell (1) sein (2) muß (3)*.
(31b) … weil das Auto *schnell (1) gewesen (2) sein (3) muß (4)*.
(31c) … weil das Auto *schnell (1) sein (2) müssen (3) wird (4)*.

Es fällt auf, daß im Perfekt das Hilfsverb für das Tempus vor dem Modalverb steht und im Futur I dahinter. In beiden Fällen ist jeweils die letzte Verbform flektiert. Die syntaktische Abhängigkeit zwischen Modalität und Tempus muß folglich bei den beiden

Tempora vertauscht sein. Wir werden die Reihenfolge beim Perfekt als die Ausnahme ansehen, da wir dann von einer nahezu identischen syntaktischen Abhängigkeit ausgehen können wie bei den Vollverben:

(32) präd. Adjektiv $<$ Kopulaverb $<$ Modalverb $<$ Hilfsverb für das Tempus

Wir betrachten nun, was passiert, wenn wir anstelle eines prädikativen Adjektivs eine Nominalphrase verwenden. Das Beispiel (29) ist so gewählt, daß die Ergänzungen auch eine Nominalphrase zulassen. Ersetzt man in den Beispielen (29) bis (31c) das prädikative Adjektiv *schnell* durch die Nominalphrase *ein Rennwagen*, so bleiben die Sätze grammatisch und geben Tempus und Modalität weiterhin korrekt wider.

Es ist somit für die Generierung belanglos, ob die Eigenschaft im Deutschen einer Nominalphrase oder einem prädikativen Adjektiv entspricht. Wir haben damit die folgende syntaktische Abhängigkeit der Bestandteile des formalen Prädikats, wobei im Perfekt die Abhängigkeiten von Modalität und Tempus vertauscht sind:

(33) Eigenschaft $<$ Kopula $<$ Modalität $<$ Tempus

Damit sind die Grundlagen für das Aufstellen des Algorithmus gelegt.

2.2 Ein Algorithmus

Wir geben nun einen Algorithmus zur Generierung von Verbalkomplexen deutscher Sätze an. Der Verbalkomplex verteilt sich auf zwei Felder im Satz, die Felder F und I. Entsprechend muß der Algorithmus den Inhalt der beiden Felder erzeugen. Des weiteren geben wir zwei Transformationen an, die einfache Sätze mit einem AcI oder einer Zuordnung in eine Form bringen, in der sie vom Generator wie gewöhnliche Sätze behandelt werden können. Die erste Transformation beseitigt einen AcI, die zweite eine Zuordnung.

Die Transformation eines Satzes mit AcI hat Auswirkungen auf die Form des Prädikats: Das neue Prädikat ist ein Tupel, bestehend aus dem AcI-Prädikat und dem Prädikat des AcI-Infinitivsatzes. Wir werden es ein zusammengesetztes Prädikat nennen. Bei der Generierung muß dies gesondert behandelt werden.

Wir werden zuerst auf die beiden Transformationen eingehen. Anschließend definieren wir die Schnittstelle für den eigentlichen Algorithmus. Es folgt eine Skizze von dem, was er leisten muß. Erst danach geben wir das Programm an.

Transformation: AcI Wir beschreiben nun, wie ein formaler Satz zu transformieren ist, dessen deutsche Entsprechung einen AcI enthält. Sei s ein solcher formaler Satz mit:

(34) $s = p\, t_1 \ldots t_n\, f_1 \ldots f_m$

Und sei der Term t_n der Infinitivsatz des AcIs mit:

(35) $t_n = p'\, t_{n+1} \ldots t_{n'}\, f_{m+1} \ldots f_{m'}$

Das Ergebnis der Transformation ist der Satz s' mit:

(36) $s' = (p, p')\, t_1 \ldots t_{n-1}\, t_{n+1} \ldots t_{n'}\, f_1 \ldots f_{m'}$

Das zusammengesetzte Prädikat (p, p') muß bei der Generierung anders behandelt werden als ein einfaches Prädikat. Der Unterschied ist jedoch nicht groß: Es läßt sich fast so generieren, als bestünde es nur aus dem einfachen Prädikat p. Das Prädikat p' des Infinitivsatzes stellt dagegen lediglich den Kern des Verbalkomplexes. Der Kern von p wird dadurch zur ersten Ergänzung des Verbalkomplexes.

Wir müssen folglich nur bei der Generierung des Kerns zwischen einfachen und zusammengesetzten Prädikaten unterscheiden. Auch die Valenz von (p, p') ist leicht zu berechnen: Sie ergibt sich durch Konkatenation der Valenzen von p und p'.

Transformation: Zuweisung Wir beschreiben nun, wie ein formaler Satz zu transformieren ist, dessen deutsche Entsprechung eine Zuweisung enthält. Sei s ein solcher formaler Satz mit:

(37) $s = p\, t_1 \ldots t_n\, f_1 \ldots f_m$

Und sei der Term t_n die Zuweisung mit:

(38) $t_n = z\, t_{n+1}\, t_{n+2} \ldots t_{n'}$

Im Deutschen stellt der Term t_{n+1} der Zuordnung das direkte Objekt des übergeordneten Satzes. Der Satz s wird deshalb in den Satz s' transformiert, der entsprechend dieser Vorgabe strukturiert ist:

(39) $s' = p\, t_1 \ldots t_{n-1}\, t_{n+1} (z\, t_{n+2} \ldots t_{n'})\, f_1 \ldots f_{m'}$

Durch diese Transformation ändern sich lediglich die Valenzen von p und z. Dies kann z. B. durch entsprechende Einträge im deutschen Lexikon berücksichtigt werden. Ansonsten läßt sich der Satz s' wie ein gewöhnlicher einfacher Satz generieren.

Schnittstelle Wir definieren nun die Schnittstelle des Algorithmus. Er benötigt als Informationen:

1. ein formales Prädikat; es ist entweder ein einfaches Prädikat P oder ein zusammengesetztes Prädikat (P, P');
2. eine Information f, die angibt, wie die letzte Verbform zu flektieren ist; f enthält entweder
   (a) den Numerus und die Person des Subjekts,
   (b) die Information ‹*Infinitiv*›,
   (c) die Information ‹*Infinitiv mit* zu› oder
   (d) die Information ‹*Partizip Perfekt*›;

   und
3. eine Information b, die angibt, ob das Feld F besetzt werden soll.

Skizze Wir skizzieren nun, was der Algorithmus leisten muß:

1. Zuerst muß die Liste der Verbformen aufgestellt werden. Diese Aufgabe gliedert sich in zwei Teile:
   (a) Als erstes müssen die Schlüssel der benötigten Verbformen und prädikativen Adjektive bestimmt werden.
   (b) Als zweites muß ermittelt werden, wie die Verben zu flektieren sind. Die Flektion kann mithilfe der syntaktischen Abhängigkeit berechnet werden: Das jeweils nachfolgende Verb bestimmt, wie sein Vorgänger zu flektieren ist. Das letzte Verb erhält seine Flektion durch den Aufrufparameter f des Algorithmus.
2. Als nächstes werden die Verbformen auf drei Teillisten F, I_1 und I_2 verteilt. Die Liste F wird nur besetzt, wenn der Aufrufparameter b es zuläßt. Die Liste F enthält dann den Stamm der letzten Verbform. Sie entspricht somit der Realisierung des Feldes F der Satzschablone.

   Die Liste I_1 ist dafür vorgesehen, eine vorgezogene Form des Verbs *haben* aufzunehmen, und die Liste I_2 enthält alle anderen Verbformen des Verbalkomplexes. Sie ergeben zusammen die Realisierung des Feldes I.
3. Zum Abschluß werden die Verbformen flektiert und die beiden Listen F und $I = I_1 \mathbin{+\!\!+} I_2$ als Wert zurückgeliefert.

Programm Der Algorithmus lautet wie folgt:

1. Zunächst wird die Liste L der Verbformen erstellt. Dafür müssen zunächst die folgenden beiden Listen erzeugt werden:

(a) die Liste V der Schlüssel, und

(b) die Liste F der zugehörigen Flektionen.

Diese beiden Listen werden parallel aufgebaut, wobei die Liste der Schlüssel der Liste der Flektionen immer um ein Element voraus ist. Dies liegt daran, daß die nachfolgende Verbform die Flektion ihres Vorgängers bestimmt.

Der Aufbau wird nach folgenden Schritten vollzogen:

(a) **Kern** Ist das Prädikat zusammengesetzt, so selektieren wir das untergeordnete Prädikat P'. Sei K der Kern des Prädikats. Wir unterscheiden danach, ob K im Deutschen einem Vollverb oder einem prädikativen Adjektiv entspricht:

   i. präd. Adjektiv: Sei a das durch K definierte prädikative Adjektiv und k der Schlüssel des Kopulaverbs. Dann gilt: $V_k = [a,k]$, $F_k = [\mathtt{0}]$

   ii. Verb: Seien p der Schlüssel des durch K definierten Vollverbs und z sein Zusatz, dann gilt: $V_k = [z,p]$, $F_k = [\mathtt{0}]$.

(b) **Übergeordnetes Prädikat** Ist das Prädikat zusammengesetzt, so werden an dieser Stelle der Schlüssel p_z des übergeordneten Prädikats und sein Zusatz z_z in die Liste der Schlüssel eingefügt. In die Liste der Flektionen wird der Infinitiv eingefügt. Ist das Prädikat dagegen einfach, so bleiben die Listen unverändert:

   i. zusammenges. Prädikat: $V_z = [z_z, p_z]$, $F_z = [\mathtt{0}, \langle \mathit{Infinitiv} \rangle]$,

   ii. sonst: $V_z = []$, $F_z = []$.

(c) **Genus verbi** Steht das Prädikat P im Passiv, so wird es durch eine Form von *sein* angezeigt. Die vorhergehende Verbform steht im Partizip Perfekt:

   i. Passiv: $V_g = [\langle \mathit{sein} \rangle]$, $F_g = [\langle \mathit{Partizip\ Perfekt} \rangle]$,

   ii. sonst: $V_g = []$, $F_g = []$.

(d) **Vorgezogenes Tempus** Entspricht der Kern des Prädikats P im Deutschen einem prädikativen Adjektiv, und entspricht sein Tempus dem deutschen Perfekt, so wird das Hilfsverb, das das Tempus anzeigt, vorgezogen:

   i. präd. Adjektiv, Perfekt: $V_v = [\langle \mathit{sein} \rangle]$, $F_v = [\langle \mathit{Partizip\ Perfekt} \rangle]$,

   ii. sonst: $V_v = []$, $F_v = []$.

(e) **Modalität** Die Modalität von P entspricht einer Liste von Modalverben. Sei M die Liste ihrer Schlüssel. Dann gilt $V_m = M$ und $F_m = \mathit{repeat}\ |M|\ \langle \mathit{Infinitiv} \rangle$.

(f) **Tempus** Sofern das Tempus nicht Perfekt ist und die Verbform, die das Tempus anzeigt, nicht vorgezogen wurde, wird sie an dieser Stelle in die Liste eingefügt.

   i. Perfekt, $V_v = []$: Sei $l_t = \mathit{last}\ (V_k \mathbin{+\!\!+} V_z \mathbin{+\!\!+} V_g \mathbin{+\!\!+} V_m)$ das vorhergehende Verb. Sein Lexikoneintrag entscheidet darüber, ob das Perfekt mit *sein* oder mit *haben* gebildet wird:

A. *perfekt* $l_t = $ ‹*sein*›: $V_t = [$‹*sein*›$]$,
B. *perfekt* $l_t = $ ‹*haben*›: $V_t = [$‹*haben*›$]$.

Seine Flektion richtet sich danach, ob es ein Modalverb ist oder nicht. Ist es ein Modalverb, so steht es im Infinitiv, ansonsten im Partizip Perfekt:

A. $V_m = [\,]$: $F_t = [$‹*Partizip Perfekt*›$]$,
B. sonst: $F_t = [$‹*Infinitiv*›$]$.

ii. Futur I: $V_t = [$‹*werden*›$]$, $F_t = [$‹*Infinitiv*›$]$,
iii. sonst: $V_t = [\,]$, $F_t = [\,]$.

(g) **Flektion** Nun wird nur noch die Flektion der letzten Verbform in die Liste der Flektionen eingefügt: $V_f = [\,]$, $F_f = [f]$.

Wir fügen nun die einzelnen Teillisten zu einer Liste zusammen:

(a) $V = V_k +\!\!+ V_z +\!\!+ V_g +\!\!+ V_v +\!\!+ V_m +\!\!+ V_t +\!\!+ V_f$, und
(b) $F = F_k +\!\!+ F_z +\!\!+ F_g +\!\!+ F_v +\!\!+ F_m +\!\!+ F_t +\!\!+ F_f$.

Sei L die Liste, die sich ergibt, indem beide Listen elementweise zu der Liste der Tupel zusammengefügt werden, also $L = \mathit{zip}\ V\ F$. Dies ist zulässig, da die Listen V und F dieselbe Länge haben.

2. Als nächstes erzeugen wir aus der Liste L die drei Teillisten L_1, L_2 und L_3, die die Vorgänger der Listen F, I_1 und I_2 sind. Dies geschieht, indem wir L an zwei Stellen unterteilen und die Reihenfolge der Elemente der hinteren Liste umkehren.

(a) Als erstes erstellen wir die Liste L_1. Sie ist für einen in das Feld F vorgezogenen Stamm der finiten Verbform vorgesehen. Dies geschieht nur dann, wenn der Aufrufparameter b dies verlangt. Ist b gesetzt, so unterteilen wir die letzte Verbform l der Liste L in Stamm und Präfix. l ist definiert als $(l, f_l) = \mathit{last}\, L$. Sei s_l sein Stamm und p_l sein Präfix. Dann gilt:

i. $b = $ ‹*True*›, $p_l = \emptyset$: $L_1 = (l, f_l)$, $L' = \mathit{init}\, L$,
ii. $b = $ ‹*True*›: $L_1 = (s_l, f_l)$, $L' = [(p_l, \emptyset)] +\!\!+ \mathit{init}\, L$,
iii. sonst: $L_1 = [\,]$, $L' = L$.

(b) Wir erzeugen nun die Liste L_2. Sie ist für eine im Feld I vorgezogene Verbform von *haben* vorgesehen. Sei i die Position der ersten in L' vorkommenden Verbform von *haben*. Enthält L' keine Form von *haben*, so setzen wir $i = 0$.

Die Verbform von *haben* wird nur dann vorgezogen, wenn ihr ein Modalverb vorausgeht. Ein Modalverb ist daran zu erkennen, daß es als Flektionsinformation den Infinitiv (Ersatzinfinitiv) hat. Sei $(v, f_v) = \mathit{select}\ (i+1) L'$ der Eintrag der vorhergehenden Verbform. Existiert keine vorhergehende Verbform, so definieren wir $f_v = \emptyset$.

i. $f_v = $ ‹*Infinitiv*›: $L_2 = \mathit{take}\ i\ L'$, $L_3 = \mathit{reverse}\ (\mathit{drop}\ i\ L')$,

ii. sonst: $L_2 = [\,]$, $L_3 = \mathit{reverse}\ L'$.

3. Die drei generierten Listen müssen nun in drei Folgen von Verbformen umgesetzt werden. Bisher enthalten sie Tupel. Ein Tupel besteht entweder aus einem Verbschlüssel und einer Flektionsinformation, oder es besteht aus einer Wortliste und dem Platzhalter $\emptyset$. Besteht es aus einem Schlüssel und einer Flektionsinformation, so erhält man die richtige Verbform durch Nachschlagen im Lexikon. Enthält es bereits eine Wortliste, so ist nichts zu tun. Sei *verbform* eine Funktion, die ein Tupel in eine Verbform umsetzt. Dann werden die Listen L_i in Wortlisten L'_i umgesetzt durch $L'_i = \mathit{concat}\ (\mathit{map\ verbform}\ L_i)$ für $i \in \{1,2,3\}$.
4. Die Wortlisten werden anschließend als Ergebnis zurückgeliefert: $(F,I) = (L'_1, L'_2 +\!\!+ L'_3)$.

3 Vor-, Mittel- und Nachfeld

Wir gehen nun darauf ein, wie Vor-, Mittel- und Nachfeld besetzt werden. In unserer Schablone haben wir sie mit V, M und N bezeichnet. Die Terme und freien Terme des Satzes befinden sich im Deutschen in genau diesen drei Feldern. Mit Ausnahme des Vorfeldes werden diese Felder sogar ausschließlich durch Terme und freie Terme besetzt.

3.1 Das Vorfeld

Wir gehen zuerst auf die Besetzung des Vorfeldes ein. Wir beginnen, indem wir seine Besetzung in einem prototypischen Satz betrachten. Der prototypische Satz ist ein Kernsatz, in dem das Vorfeld durch das Subjekt des Satzes besetzt ist. Der Satz (1) ist ein Beispiel für einen solchen Satz.

(1) *Karl* kauft ein Feuerzeug.

In $\mathcal{L}_I$ ist vorgesehen, daß ein freier Term als Thema des Satzes markiert wird. Das Thema eines Satzes steht für gewöhnlich an seinem Anfang, also im Vorfeld. Die deutsche Entsprechung der freien Terme sind die Adverbiale. Sofern ein als Thema markiertes Adverbial im Vorfeld stehen darf (dies ist im Lexikon eingetragen), steht es auch im Vorfeld. Das Subjekt wird dann in das Mittelfeld verdrängt und nimmt dort die erste Position ein (2).

(2) *Heute* kauft Karl ein Feuerzeug.

In einem Stirnsatz bleibt das Vorfeld dagegen leer. Somit müssen sowohl das Subjekt als auch die markierten freien Terme im Mittelfeld stehen. Der Nebensatz im Satz (3) ist ein Beispiel für einen Stirnsatz. Ob dieser Satztyp vorliegt, ergibt sich aus dem Kontext.

(3) Kauft Karl heute ein Feuerzeug, kommt er später.

In einem Spannsatz wird das Vorfeld dagegen entweder durch eine subordinierende Konjunktion besetzt (4) oder durch einen Relativausdruck (5). Ob ein Spannsatz vorliegt, und welcher Typ von Spannsatz vorliegt, ergibt sich aus dem Kontext.

(4) Ich glaube, *daß* Karl heute ein Feuerzeug kauft.

(5) Karl, *dessen Feuerzeug* neu ist

Eine subordinierende Konjunktion verhält sich aus Sicht der Wortstellung im einfachen Satz wie ein Adverbial in initialer Position. Wir können es folglich auch genauso behandeln. Ein Relativausdruck entspricht in $\mathcal{L}_I$ einem λ-Term oder einem freien λ-Term und steht immer im Vorfeld.

Damit sind alle Terme und freien Terme genannt, die in unserem Fragment im Vorfeld stehen können. Wir haben außerdem aufgezeigt, unter welchen Bedingungen welcher der möglichen Kandidaten im Vorfeld steht. Die folgende Tabelle faßt diese Zusammenhänge zusammen:

(6)

Kennzeichen	**Besetzung des Vorfeldes**
Stirnsatz	unbesetzt
Spannsatz vom Typ λ-Satz	λ-Term
Spannsatz vom Typ Konjunktionalsatz	Konjunktion
Kernsatz mit einem initialen Adverbial	initiales Adverbial
übrige Kernsätze	Subjekt

Ein Term oder freier Term, der im Vorfeld steht, steht für die Besetzung des Mittel- und des Nachfeldes nicht mehr zur Verfügung. Wir zeigen nun auf, wie sich die übrigen Terme und freien Terme üblicherweise auf diese beiden Felder verteilen. Dies geschieht, indem wir angeben, welche Terme und freien Terme normalerweise im Nachfeld stehen. Alle anderen Terme und freien Terme stehen dementsprechend normalerweise im Mittelfeld.

3.2 Das Nachfeld

Das Nachfeld wird fast ausschließlich durch nachgestellte satzwertige Attribute (7a), satzwertige Terme (7b, 7c) und satzwertige freie Terme besetzt (7d).

(7a) Er hat den Knochen gefunden, *den wir gestern vor ihm versteckt haben*.

(7b) Er hat versucht, *den Fehler im Programm zu finden*.

(7c) Er hat daran gezweifelt, *daß der Beschluß richtig ist*.

(7d) Er wird es schon herausfinden, *wenn er nur lange genug sucht*.

Im Mittelfeld stehen sie dagegen meist nur dann, wenn ein Nachstellen nicht zulässig ist. Zieht man beispielsweise in den obigen Sätzen den nachgestellten Nebensatz ins Mittelfeld vor, so klingt jeder der Sätze umständlich, wenn nicht sogar ungrammatisch:

(8a) Er hat den Knochen, *den wir gestern vor ihm versteckt haben*, gefunden.

(8b) Er hat *den Fehler im Programm zu finden* versucht.

(8c) Er hat daran, *daß der Beschluß richtig ist*, gezweifelt.

(8d) Er wird es schon, *wenn er nur lange genug sucht*, herausfinden.

Wir werden sie deshalb, wann immer es zulässig ist, ins Nachfeld stellen. Es sind jedoch Konstellationen möglich, in denen ein nachgestelltes Satzglied das Nachstellen eines anderen behindert. So ist es z. B. nicht üblich, mehr als eine satzwertige Ergänzung ins Nachfeld zu stellen:

(9a) Ich habe daran, *daß* es jetzt funktioniert, gesehen, *daß* er recht hatte.
(9b) Ich habe, *daß* er recht hatte, daran gesehen, *daß* es jetzt funktioniert.
(9c) ?Ich habe daran gesehen, *daß* es jetzt funktioniert, *daß* er recht hatte.

Wir werden später auf diese Konstellationen zurückkommen. Im Gegensatz dazu teilen sich Ergänzungen und Adverbiale das Nachfeld problemlos, wobei die Ergänzungen fast immer vor den Adverbialen stehen. Dazu ein Beispiel, das einen *daß*-Satz und einen *weil*-Satz enthält. Stehen beide Sätze im Nachfeld, so steht der *daß*-Satz üblicherweise vor dem *weil*-Satz:

(10a) Ich habe gewußt, *daß* er kommt, *weil* er es mir gesagt hat.
(10b) ?Ich habe gewußt, *weil* er es mir gesagt hat, *daß* er kommt.

Jeder der beiden Nebensätze kann des weiteren das Vorfeld besetzen, jedoch nicht beide gleichzeitig. Die Akzeptanz der Sätze wird dadurch nicht beeinträchtigt – ganz im Gegensatz zu einem Vorziehen ins Mittelfeld:

(11a) *Weil* er es mir gesagt hat, habe ich gewußt, *daß* er kommt.
(11b) *Daß* er kommt, habe ich gewußt, *weil* er es mir gesagt hat.

Die Wortstellung des Satzes (11b) ist in unserem Fragment nicht vorgesehen, denn sein Vorfeld ist mit einem *daß*-Satz besetzt, der die Funktion eines direkten Objekts hat. Wir werden diese Wortstellung vermeiden, da sie im Deutschen als markiert gilt und in den anderen beiden Sprachen nicht zulässig ist.

Adverbialsätze Die übliche Position eines Adverbialsatzes ist somit entweder das Vorfeld oder die letzte Position des Nachfeldes. Enthält ein Satz mehrere nachgestellte Adverbialsätze, so werden wir ihre Reihenfolge im formalen Satz im deutschen Satz übernehmen. Derartige Sätze sind jedoch eher selten.

Ergänzungen Wir werden die Ergänzungen vor die Adverbialsätze stellen. Wir untersuchen nun, welche Wortstellungen üblich sind, wenn ein Satz mehrere satzwertige Ergänzungen aufweist. Normalerweise steht nie mehr als eine Ergänzung im Nachfeld. Die folgenden Sätze werden uns als Beispiel dienen:

(12a) *Daß* es nun funktioniert, belegt, *daß* er recht hatte.
(12b) *Daß* er recht hatte, kann daran gesehen werden, *daß* es funktioniert.
(12c) Ich habe daran, *daß* es jetzt funktioniert, gesehen, *daß* er recht hatte.

Die Sätze enthalten alle je zwei *daß*-Sätze. Im ersten Satz sind sie Subjekt und direktes Objekt, im zweiten Subjekt und Präpositionalobjekt und im dritten direktes Objekt und Präpositionalobjekt. Wir stellen nun beide *daß*-Sätze ins Nachfeld:

(13a) **Es* belegt, *daß* es nun funktioniert, *daß* er recht hatte.

(13b) **Es* kann daran gesehen werden, *daß* er recht hatte, *daß* es funktioniert.

(13c) ?Ich habe daran gesehen, *daß* es jetzt funktioniert, *daß* er recht hatte.

Die resultierenden Sätze sind entweder umständlich, wenn nicht sogar ungrammatisch. Wir werden deshalb nie mehr als eine Ergänzung ins Nachfeld stellen. Kommen mehrere Ergänzungen in Frage, so selektieren wir sie nach der folgenden Reihenfolge: Subjekt, direktes Objekt, indirektes Objekt, Präpositionalobjekt. Diese Reihenfolge ist identisch mit der Reihenfolge, die bei anderen Ergänzungen im Mittelfeld üblich ist. Das dürfte kein Zufall sein, denn so bleibt die natürliche Reihenfolge der satzwertigen Ergänzungen erhalten.

AcI-Infinitivsätze Der AcI-Infinitivsatz wird bei uns anders behandelt als andere Infinitivsätze (Kapitel 2). Er wird mit dem übergeordneten Satz verschmolzen, so daß er aus Sicht des Generators keine satzwertige Ergänzung darstellt. Er steht somit auch nicht für die Besetzung des Nachfeldes zur Verfügung. Eine weiter vorne stehende Ergänzung kann somit unbehindert ins Nachfeld rücken. Die folgenden Beispielsätze zeigen, daß dies im Deutschen tatsächlich der Fall ist:

(14a) *Daß/Ob/Warum* 2 eine Primzahl ist, wird von ihm *zu* zeigen sein.

(14b) *Es* wird von ihm *zu* zeigen sein, *daß/ob/warum* 2 eine Primzahl ist.

(14c) Von ihm wird *zu* zeigen sein, *daß/ob/warum* 2 eine Primzahl ist.

Die Sätze enthalten neben dem AcI-Infinitivsatz einen *daß*-Satz, der ihr Subjekt ist. Der *daß*-Satz darf sowohl im Vorfeld stehen (14a) als auch im Nachfeld (14b, 14c). Steht der *daß*-Satz im Nachfeld, so wird das Vorfeld häufig durch den Platzhalter *es* besetzt (14b). Der Platzhalter kann jedoch oftmals auch entfallen (14c).

Nachgestellte Attribute Unter bestimmten Umständen darf ein attributiver Nebensatz des Mittelfeldes ins Nachfeld gestellt werden. So gehört z. B. im folgenden Satz der nachgestellte Relativsatz zum direkten Objekt *den Zeugen*:

(15) Er hatte das *den Zeugen* gebeten, *den er befragte*.

Ein attributiver Nebensatz kann jedoch nur dann nachgestellt werden, wenn keine satzwertige Ergänzung im Nachfeld steht:

(16a) *Er hatte *den Zeugen* gebeten, *den er befragte*, damit aufzuhören.
(16b) *Er hatte *den Zeugen* gebeten, *den er befragte*, *daß* er damit aufhört.

Wir werden außerdem verlangen, daß der attributive Nebensatz zum letzten Satzglied des Mittelfeldes gehört. Dies ist zwar nicht zwingend erforderlich, doch zum einen ist diese Wortstellung selten und zum anderen entstehen leicht Ambiguitäten:

(17) ?Sie hat *jemandem* den Kaktus geschenkt, *den sie heiß und innig liebt*.

Steht ein Adverbial im Nachfeld, so ist ein Nachstellen möglich:

(18) Er hatte das *den Zeugen* gebeten, *den er befragte*, weil es ihn nervös machte.

Diese Wortstellung legt jedoch nahe, daß der adverbiale Nebensatz sich auf den attributiven Nebensatz bezieht, was nicht der intendierten Bedeutung entspricht. Wir werden einen attributiven Nebensatz deshalb nur dann nachstellen, wenn das Nachfeld ansonsten unbesetzt ist, und er dem letzten Satzglied des Mittelfeldes zugeordnet ist.

Besteht die Möglichkeit, daß ein attributiver Nebensatz nachgestellt wird, so kann dies Auswirkungen auf die Reihenfolge der Satzglieder im Mittelfeld haben: Ein Satzglied, das üblicherweise nicht an letzter Position im Mittelfeld steht, kann an die letzte Position rücken, damit sein attributiver Nebensatz nachgestellt wird. Bei der Generierung des Mittelfeldes muß somit bereits bekannt sein, ob die Möglichkeit zum Nachstellen besteht.

Die Möglichkeit des Nachstellens hat auch Auswirkungen auf die Art, wie Satzglieder generiert werden. Um die Reihenfolge der Satzglieder im Mittelfeld berechnen zu können, müssen wir die Länge von deren attributiven Nebensätzen kennen. Es ist folglich sinnvoll, einen attributiven Nebensatz zunächst getrennt vom restlichen Satzglied zu generieren.

Da ein attributiver Nebensatz – sofern er nicht nachgestellt wird – immer die letzte Position im zugehörigen Satzglied einnimmt, können wir problemlos alle Satzglieder zweiteilig generieren: Der erste Teil enthält das, was beim Nachstellen im Mittelfeld zurückbleibt, und der zweite den attributiven Nebensatz. Aus einem solchen zweiteiligen Satzglied erhalten wir das entsprechende einteilige, indem wir die beiden Teile einfach hintereinander setzen.

Zusammenfassung Unsere Schablone für das Nachfeld wird aus drei Teilen bestehen. Der erste Teil ist für einen nachgestellten attributiven Nebensatz vorgesehen, der zweite für eine satzwertige Ergänzung und der dritte für die satzwertigen Adverbiale. Wir werden die einzelnen Felder N_1, N_2 und N_3 nennen. Ihre Besetzung erfolgt wie folgt.

Das Feld N_3 kann beliebig viele satzwertige Adverbiale aufnehmen. Ihre Reihenfolge ist identisch mit der Reihenfolge ihrer formalen Entsprechungen im formalen Satz.

Das Feld N_2 wird dagegen mit maximal einem Satzglied besetzt. Es ist für eine satzwertige Ergänzung vorgesehen. Steht keine satzwertige Ergänzung zur Verfügung, so bleibt es leer. Stehen mehrere satzwertige Ergänzungen zur Auswahl, so entscheidet ihre grammatische Funktion darüber, welche von ihnen gewählt wird. Es wird die satzwertige Ergänzung sein, deren Funktion in der folgenden Aufzählung zuletzt genannt wird:

1. Subjekt,
2. indirektes Objekt,
3. direktes Objekt,
4. Präpositionalobjekte.

Haben zwei satzwertige Ergänzungen dieselbe Funktion, so entscheidet deren Reihenfolge im formalen Satz: Es wird die hintere gewählt.

Das Feld N_1 wird nur dann besetzt, wenn die Felder N_2 und N_3 leer bleiben. Es ist für einen nachgestellten attributiven Nebensatz vorgesehen. Seine Besetzung kann erst dann berechnet werden, wenn bekannt ist, welches das letzte Satzglied des Mittelfeldes ist.

3.3 Das Mittelfeld

Wir gehen nun auf das Mittelfeld ein. Es enthält all jene Terme und freien Terme, die nicht im Vor- oder Nachfeld stehen. Damit ist bereits eindeutig festgelegt, welche Terme und freien Terme das Mittelfeld besetzen. Unsere Aufgabe ist es nun, sie in eine Reihenfolge zu bringen, die grammatisch ist und außerdem keines der Satzglieder besonders betont. Eine Reihenfolge, die diese Kriterien erfüllt, werden wir unmarkiert nennen.

Wir vereinfachen die Aufgabe, indem wir die Terme und die freien Terme in zwei Gruppen unterteilen, deren Stellungsverhalten wir zunächst separat untersuchen. Die erste Gruppe umfaßt die Terme und Präpositionaladverbiale. Deren deutschen Entsprechungen sind vornehmlich Nominal- und Präpositionalphrasen, also Satzglieder, die einen Kasus tragen. Die zweite Gruppe umfaßt die einfachen Adverbiale. Deren deutschen Entsprechungen sind vornehmlich die Adverbien, also unflektierte Satzglieder, die oftmals aus einem einzigen Wort bestehen und selten die Länge zwei überschreiten. Wir beginnen mit der ersten Gruppe.

Terme und Präpositionaladverbiale Mehrere Faktoren haben Einfluß auf die Reihenfolge der Terme und Präpositionaladverbiale im Mittelfeld. Sie sind:

1. **Syntaktische Funktion** Es besteht z. B. die Tendenz Subjekt vor Objekt:

   (19a) daß der Vogel den Wurm sieht
   (19b) daß den Wurm der Vogel sieht

2. **Form** Es besteht z. B. die Tendenz Pronomen vor Nominalphrase:

   (20a) daß du es dem Staat gibst
   (20b) daß du dem Staat es gibst

3. **Definitheit** Es besteht die Tendenz definites vor nicht definitem Satzglied:

   (21a) daß er den Wurm einem Vogel gibt
   (21b) daß er einem Vogel den Wurm gibt

4. **Belebtheit** Es besteht die Tendenz Belebtes vor Unbelebtem:

   (22a) daß den Trainer das Angebot interessiert
   (22b) daß das Angebot den Trainer interessiert

5. **Bedeutung** Es besteht z. B. die Tendenz Start vor Ziel:

   (23a) daß wir von Köln nach München fahren
   (23b) daß wir nach München von Köln fahren

Weitere Kriterien sind bei Eisenberg (1994) aufgeführt.[1] Sie sind für uns jedoch nicht relevant, denn sie geben alle Tendenzen für die Reihenfolge der Satzglieder an für den Fall, daß eines von ihnen einen Akzent trägt. Wir wollen im Mittelfeld aber gerade solche Akzente vermeiden.

Wir werden nun versuchen, die Kriterien zueinander in Relation zu setzen. Unser Ziel ist es, für jede Folge von Satzgliedern eine unmarkierte Reihenfolge angeben zu können.

Syntaktische Funktion Wir beginnen mit dem Kriterium der syntaktischen Funktion (Kriterium 1). Unser Ziel ist es, herauszufinden, welche Reihenfolge die Satzglieder üblicherweise haben, wenn ihre syntaktische Funktion den Ausschlag gibt. Wir werden also versuchen, die anderen Kriterien so weit wie möglich auszublenden.

Die Kriterien Form und Definitheit (Kriterien 2 und 3) blenden wir aus, indem wir in den Beispielsätzen ausschließlich definite attributlose Nominalphrasen verwenden. Das Kriterium Belebtheit (Kriterium 4) ist dagegen schwerer auszublenden, da Subjekte und indirekte Objekte meist für Belebtes vorgesehen sind und Präpositionaladverbiale dagegen für Unbelebtes. Wir werden diese Schwierigkeit umgehen, indem wir mit einem Beispielsatz beginnen, der ausschließlich unbelebte Satzglieder enthält.

[1] Eisenberg (1994), Seiten 417 und 418.

In darauffolgenden Beispielsätzen tauschen wir die unbelebten Satzglieder in Subjekt- und Objektfunktion dann schrittweise gegen belebte aus, ohne daß dies die Reihenfolge der Satzglieder beeinflussen wird. Damit ist auch dieses Kriterium ausgeblendet.

Das Kriterium Bedeutung (Kriterium 5) können wir dagegen nicht ausblenden: Folgen mehrere Präpositionaladverbiale aufeinander, so tendieren sie dazu, in einer bestimmten Reihenfolge zu stehen. Die Reihenfolge hängt vor allem von ihrer Bedeutung ab. Die syntaktische Funktion hat dagegen keinen Einfluß, denn sie ist für alle gleich. Die Bedeutung kann somit quasi als ein Ersatz für die fehlende Differenzierung durch die syntaktische Funktion gesehen werden.

Als Grundlage für unsere Argumentation dienen uns die Sätze (24a) bis (24h). Die Reihenfolge ihrer Satzglieder ist so gewählt, daß wir sie als normal empfinden. Anschließend fassen wir die Reihenfolge der Satzglieder in den einzelnen Sätzen nach den Kriterien syntaktische Funktion und Bedeutung zu einer Reihenfolge zusammen. Die so entstandene Reihung der Satzglieder kann als ein erster Entwurf für eine Schablone des Mittelfeldes verstanden werden.

(24a) Es passierte, als das Auto auf der Kreuzung mit dem Bus zusammenstieß.

(24b) Es passierte, als das Auto vor dem Rathaus den Polder umfuhr.

(24c) Es passierte, als der Junge trotz des Verbots an der Straße dem Hund den Knochen zuwarf.

(24d) Es passierte, als die Agentur um zehn Uhr dem Kunden das Paket mit der Post ins Büro schickte.

(24e) Es passierte, als der Arzt am Abend mit dem Füller in der Bahn dem Freund auf den Brief antwortete.

(24f) Es passierte, als die Krise den Pastor Bescheidenheit lehrte.

(24g) Es passierte, als der Nachbar in Bonn an der Uni Rektor wurde.

(24h) Es passierte, als die Familie auf dem Friedhof der Verstorbenen gedachte.

Bevor wir die Reihenfolge der Satzglieder in Beispielsätzen zusammenfassen, gehen wir noch auf zwei Besonderheiten ein. Der Satz (24f) enthält zwei Akkusativobjekte. Eisenberg (1994) über sie: «Der erste kommt einem indirekten Objekt näher als der zweite, der jedenfalls ein direktes Objekt ist.»[1] Wir werden den ersten Akkusativ deshalb stellungsmäßig wie ein indirektes Objekt behandeln, den zweiten wie ein direktes.

Der Satz (24g) enthält eine Gleichsetzung und der Satz (24h) ein Genitivobjekt. Drosdowski (1995) sagt über sie, daß sie ein grundsätzlich gleichartiges Stellungsverhalten zeigen wie die Präpositionalobjekte.[2] Wir werden sie deshalb mit ihnen zu einer Gruppe zusammenfassen. Mit diesen Bemerkungen lassen sich die Reihenfolgen der Satzglieder in den Beispielsätzen wie folgt zusammenfassen:

[1] Eisenberg (1994), Seite 77.

[2] Drosdowski (1995), Abschnitt 1359.

(25) Es passierte, als …

	Subjekt	Zeit	Art	Ort	ind. Objekt	dir. Objekt	Andere Ergänzungen	Verbalkomplex	
1.	das Auto			auf der Kreuzung			mit dem Bus	zusammenstieß.	1.
2.	das Auto			vor dem Rathaus		den Polder		umfuhr.	2.
3.	der Junge		trotz des Verbots	an der Straße	dem Hund	den Knochen		zuwarf.	3.
4.	die Agentur	um zehn Uhr			dem Kunden	das Paket	mit der Post ins Büro	schickte.	4.
5.	der Arzt	am Abend	mit dem Füller	in der Bahn	dem Freund		auf den Brief	antwortete.	5.
6.	die Krise				den Pastor	Bescheidenheit		lehrte.	6.
7.	der Nachbar			in Bonn an der Uni			Rektor	wurde.	7.
8.	die Familie			auf dem Friedhof			der Verstorbenen	gedachte.	8.

Fassen wir die Spalten als Felder auf, so erhalten wir eine erste Schablone für das Mittelfeld. Wir werden diese Abfolge der Satzglieder die **normale** Abfolge nennen:

(26) Subj - Zeit - Art - Ort - Ind - Dir - Präp

Die Abkürzungen stehen für: *Subj* Subjekt, *Zeit* Präpositionaladverbiale der Zeit, *Art* Präpositionaladverbiale der Art, *Ort* Präpositionaladverbiale des Ortes, *Ind* indirektes Objekt, *Dir* direktes Objekt und *Präp* Präpositionalobjekte. Im Feld *Präp* werden außerdem auch Gleichsetzungen und Genitivobjekte stehen, denn deren Stellungsverhalten ist dem der Präpositionalobjekte ähnlich.

Sollten mehrere Präpositionaladverbiale in einem Feld stehen, so werden wir ihre Reihenfolge im formalen Satz übernehmen. Die Reihenfolge der Satzglieder *Präp* ist dagegen durch den Lexikoneintrag des Prädikats festgelegt: Sie stehen in genau der Reihenfolge im Feld, die die Valenz des Prädikats vorgibt.

Definitheit und Belebtheit Als nächstes gehen wir auf die Kriterien Definitheit und Belebtheit ein. Es wird sich zeigen, daß wir sie nur dann berücksichtigen müssen, wenn es um die Besetzung der letzten Position des Mittelfeldes geht.[1]

Diese Position ist für das Satzglied vorgesehen, dessen attributiver Nebensatz sich im Nachfeld befindet. Dieses Satzglied muß nicht unbedingt das letzte Satzglied der in (26) festgelegten Abfolge sein; auch ein weiter vorne stehendes Satzglied kann auf

[1] Engel (1996), Abschnitt S194.

diese Position verschoben werden, damit sein attributiver Nebensatz ins Nachfeld gestellt werden kann. Ob eine solche Verschiebung zulässig ist, hängt jedoch maßgeblich von den eben genannten Kriterien Definitheit und Belebtheit ab.

Als erstes gehen wir auf die Definitheit ein. Die Satzglieder lassen sich anhand ihrer Determinatoren in zwei Gruppen einteilen, den definiten und den nicht definiten. Der Prototyp eines definiten Determinators ist der bestimmte Artikel. Definit sind des weiteren die Demonstrativ- und die Possessivpronomina. Wir werden jeden Determinator, der mit einem von ihnen beginnt, als definit ansehen. Der Prototyp eines nicht definiten Determinators ist der unbestimmte Artikel. Er zählt zu den Quantoren. Auch sie sind nicht definit. Wir werden deshalb jeden Determinator, der mit einem Quantor beginnt, als nicht definit ansehen. Des weiteren werden wir die generischen Determinatoren den nicht definiten zurechnen, denn sie bezeichnen kein konkretes Objekt, sondern eine Gattung.

Es gilt nun, herauszufinden, welchen Einfluß die Definitheit auf die Reihenfolge der Satzglieder hat. Dazu vergleichen wir vier Sätze, die sich nur durch die Definitheit von zwei ihrer Satzglieder unterscheiden. Die Satzglieder sind das indirekte und das direkte Objekt. Da es uns um mögliche Ausnahmen zu der unter (26) angegebenen normalen Abfolge geht, sind die beiden Satzglieder außerdem aus Sicht der normalen Abfolge in ihrer Reihenfolge vertauscht:

(27a) Emma hat *das* Messer *einem* Studenten geliehen.
(27b) Emma hat *das* Messer *dem* Studenten geliehen.
(27c) Emma hat *ein* Messer *einem* Studenten geliehen.
(27d) Emma hat *ein* Messer *dem* Studenten geliehen.

Während die ersten beiden Sätze mit den Abfolgen ⟨definit, nicht definit⟩ und ⟨definit, definit⟩ verhältnismäßig unbetont sind, tragen die letzten beiden Sätze einen starken Akzent auf dem direkten Objekt.[1] Wir werden die Vertauschung von indirektem und direktem Objekt deshalb nur dann zulassen, wenn das direkte Objekt definit ist. Die normale Abfolge ist jedoch in allen Fällen vorzuziehen:

(28) Emma hat *dem/einem* Studenten *das/ein* Messer geliehen.

Als nächstes betrachten wir die Vertauschung von direktem Objekt und Präpositionalobjekt. Anders als bei der obigen Vertauschung tragen hier alle Varianten einen starken Akzent auf dem letzten Satzglied:[2]

(29) Inge zog aus *der/einer* Luke *den/einen* Stiefel.

Für die Vertauschung von direktem Objekt und Präpositionalobjekt ist ein anderer Aspekt der Satzglieder von sehr viel größerer Bedeutung: die Belebtheit. Die Ver-

[1] Eisenberg (1994), Seiten 420 bis 423.
[2] Eisenberg (1994), Seiten 475 und 526.

tauschung findet gewöhnlich nur dann statt, wenn das Präpositionalobjekt belebt ist und das direkte Objekt unbelebt. Dazu ein Beispiel:

(30a) Die Behörde verteilt an *Wohnungssuchende* einen *Hauszettel*.
(30b) Die Firma schickt zum *Kunden* einen *Lieferanten*.
(30c) Peter hängt an den *Baum* viele *Laternen*.
(30d) Lisa überrascht mit dem *Geschenk* ihren *Vater*.

Wir werden die Vertauschung von direktem Objekt und Präpositionalobjekt deshalb nur dann zulassen, wenn das Präpositionalobjekt belebt ist und das direkte Objekt unbelebt.[1] Doch auch die Definitheit hat Einfluß auf die Vertauschbarkeit:

(31a) Der Bettler bekam von *dem* Touristen *einen* 100-Mark-Schein.
(31b) Der Bettler bekam von *dem* Touristen *den* 100-Mark-Schein.
(31c) Der Bettler bekam von *einem* Touristen *einen* 100-Mark-Schein.
(31d) Der Bettler bekam von *einem* Touristen *den* 100-Mark-Schein.

Während die ersten drei Sätze verhältnismäßig unbetont sind, trägt der letzte Satz einen starken Akzent auf dem direkten Objekt. Wir werden die Vertauschung von direktem Objekt und Präpositionalobjekt aufgrund der Belebtheit deshalb nur dann zulassen, wenn dadurch die Abfolge der Definitheit nicht zu ⟨nicht definit, definit⟩ wird. Die normale Abfolge ist jedoch von ihrer Akzeptanz her in keinem Fall schlechter als die modifizierte:

(32) Der Bettler bekam von dem/einem *Touristen* den/einen *100-Mark-Schein*.

Da die Berücksichtigung der Kriterien Definitheit und Belebtheit in keinem der Beispiele zu einer wesentlichen Verbesserung der Akzeptanz geführt hat, werden wir sie nur dann berücksichtigen, wenn wir die normale Abfolge der Satzglieder aus anderen Gründen modifizieren. Dieser Fall tritt bei uns nur dann ein, wenn ein Satzglied an die letzte Position des Mittelfeldes verschoben wird, damit sein attributiver Nebensatz nachgestellt werden kann:

(33a) Er hat die Blumen *der Frau* geschenkt, *mit der er ausgegangen ist*.
(33b) Sie gaben an Wohnungssuchende *Formulare* aus, *die auszufüllen waren*.

Um das Nachstellen in unserer vorläufigen Schablone berücksichtigen zu können, erweitern wir sie um ein Feld *Letzt*, das sich hinter allen anderen Feldern befindet. Wir werden das Feld mit genau dem Satzglied besetzen, das von hinten gesehen als erstes die Kriterien für eine Verschiebung erfüllt.

(34) Subj - Zeit - Art - Ort - Ind - Dir - Präp - Letzt

[1] Eisenberg (1994), Seiten 475, 476 und 526.

Pronomina Als letztes gehen wir auf einen Aspekt des Kriteriums Form ein (Kriterium 2), die Position der Pronomina im Mittelfeld. Wir können uns dabei auf die Position des direkten und indirekten Objektpronomens beschränken, denn alle anderen Pronomina nehmen dieselbe Position ein wie die entsprechenden Nominalphrasen. Die beiden Objektpronomina stehen dagegen immer vor den anderen Objekten:

(35a) Ute gibt ihrer Freundin das Geschenk.
(35b) Ute gibt *es* ihrer Freundin.
(35c) Ute gibt *ihr* das Geschenk.
(35d) Ute gibt *es ihr*.

Ist das Subjekt ein Pronomen und steht es im Mittelfeld, so müssen sie dahinter stehen (36a). Ansonsten können sie sowohl davor (36b) als auch dahinter stehen (36c). Wir werden uns bei der Generierung immer für die Position dahinter entscheiden.

(36a) Alle freuten sich, als *er ihn ihr* übergeben konnte.
(36b) Alle freuten sich, als *ihn ihr* der Polizist übergeben konnte.
(36c) Alle freuten sich, als der Polizist *ihn ihr* übergeben konnte.

Die Objektpronomina nehmen aber nicht nur eine besondere Position im Mittelfeld ein, sie haben außerdem Auswirkungen auf die Position der Präpositionaladverbiale: Diese stehen dann nicht mehr zwischen den Feldern für das Subjekt und das indirekte Objekt, sondern nunmehr zwischen den Feldern für das direkte Objekt und die Präpositionalobjekte:

(37a) Ute gibt ihr das Geschenk *nach dem Essen*.
(37b) Die Behörde gab sie *im Rathaus* an Wohnungssuchende ab.

Präpositionen in anderen Funktionen werden dagegen nicht vorgezogen:

(38) Ute überzeugte Karl *davon*.

Wir werden für die Objektpronomina zwei Felder zu unserer Schablone hinzufügen, die sich zwischen dem Feld für das Subjekt und das indirekte Objekt befinden. Ist eines dieser beiden Felder besetzt, so weichen die Präpositionaladverbiale auf die Felder zwischen dem direkten Objekt und dem Präpositionalobjekt aus:

(39) $\text{Subj-}\left\{\begin{array}{c}\text{dir-ind}\\ \text{Zeit-Art-Ort}\end{array}\right\}\text{-Ind-Dir-}\left\{\begin{array}{c}\text{Zeit-Art-Ort}\\ \end{array}\right\}\text{-Präp-Letzt}$

Einfache Adverbiale Wir gehen nun auf das Stellungsverhalten der einfachen Adverbiale im Mittelfeld ein. Ihre deutschen Entsprechungen sind vornehmlich Adverbien und adverbiale Adjektive, doch auch feststehende Phrasen sind möglich. Drosdowski (1995) unterteilt sie in fünf Gruppen, die jeweils ein anderes Feld im Mittelfeld besetzen.[1] Wir werden diese Unterteilung übernehmen.

Wir werden zunächst die einzelnen Gruppen vorstellen. Im Anschluß daran präsentieren wir ihr Stellungsverhalten. Drosdowski (1995) charakterisiert die Gruppen vornehmlich semantisch. Wir werden diese Kriterien als Heuristik übernehmen. Realisieren werden wir die Gruppen jedoch, indem wir zu jedem Adverbial seine Gruppenzugehörigkeit im Lexikon vermerken.

1. **Temporal-, Kausal- und Lokalangaben** Die ersten drei Gruppen stellen die Adverbien der Zeit, der Art und des Ortes. Drosdowski (1995) zählt außerdem die Präpositionaladverbiale zu diesen drei Gruppen. Wir werden sie dagegen separat behandeln. Beispiele für Satzglieder dieser Gruppen sind:

   (40) damals, heute, gestern; damit, dafür; dort, da, hier

2. **Existimatoria** Die vierte Gruppe stellt Angaben, die die Einstellung des Sprechers zum besprochenen Sachverhalt vermitteln. Sie werden als Existimatoria bezeichnet.

   (41) hoffentlich, natürlich, sicherlich, vermutlich, vielleicht, wahrscheinlich, zweifellos, für gewöhnlich

3. **Frequenzangaben** Die fünfte Gruppe stellt Angaben, die den Sachverhalt zusätzlich bewerten oder eine Frequenz ausdrücken.

   (42) bald, endlich, plötzlich; immer wieder, manchmal

4. **Negationspartikeln** Die sechste Gruppe umfaßt im wesentlichen die Negationspartikeln. Die Negationspartikel *nicht* hat zwar keine formale Entsprechung in $\mathcal{L}_I$, sie kann aber im Laufe der Generierung durch Transformation eines negativen Satzes eingeführt werden.

   (43) nicht, kaum, niemals, keineswegs

5. **Adjektive** Die siebte Gruppe stellt die adverbialen Adjektive.

   (44) schnell, gern, sorgfältig, gelb, frisch

Wir betrachten nun ihr Stellungsverhalten. Sie nehmen regulär die folgende Abfolge ein:

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1361.

(45) Er rief an, weil er ...

	Zeit, Art, Ort	Existimatoria	Frequenz	Negation	Adjektive	
1.	morgen	wahrscheinlich			ungern	kommt.
2.	trotzdem	vermutlich	häufig			verliert.
3.	deswegen	zweifellos		nicht	gut	läuft.
4.	dort	sicherlich		nicht	schnell	aufsteigt.

Teilen sie sich das Mittelfeld mit anderen Satzgliedern, so stehen die Gruppen Zeit, Art, Ort, Existimatoria und Frequenz gewöhnlich zwischen dem Subjekt und dem indirekten Objekt. Die Gruppen Negation und Adjektive stehen dagegen gewöhnlich zwischen dem direkten Objekt und den Präpositionalobjekten:

(46a) ... weil Inge *heute endlich* der Bücherei das Buch zurückgegeben hat.
(46b) ... weil Peter gestern das Buch *nicht schnell* vom Geschäft abgeholt hat.

Enthält der Satz ein Objektpronomen, so stehen sie jedoch alle zwischen dem direkten Objekt und den Präpositionalobjekten:

(47a) ... weil Inge es der Bücherei *heute endlich* zurückgegeben hat.
(47b) ... weil Peter es *gestern nicht schnell* vom Geschäft abgeholt hat.

Wir werden die Gruppen nun in unsere bisherige Schablone des Mittelfeldes (39) integrieren. Die neue Schablone lautet:

(48) $\text{Subj-}\left\{\begin{matrix}\text{dir-ind}\\ \text{Adv1}\end{matrix}\right\}\text{-Ind-Dir-}\left\{\begin{matrix}\text{Adv1}\\ \end{matrix}\right\}\text{-Adv2-Präp-Letzt}$

Die einzelnen Abkürzungen stehen für die Felder: *Subj* Subjekt, *dir* direktes Objektpronomen, *ind* indirektes Objektpronomen, *Adv1* erster Teil der Adverbiale, *Ind* indirektes Objekt, *Dir* direktes Objekt, *Adv2* zweiter Teil der Adverbiale, *Präp* Präpositionalobjekte und *Letzt* nachgestelltes Objekt.

Das Feld *Adv1* ist weiter unterteilt in die Felder: *zeit* Adverbien der Zeit, *Zeit* Präpositionaladverbiale der Zeit, *art* Adverbien der Art, *Art* Präpositionaladverbiale der Art, *ort* Adverbien des Ortes, *Ort* Präpositionaladverbiale des Ortes, *exist* Existimatoria und *freq* Frequenzangaben:

(49) Adv1 = zeit-Zeit-art-Art-ort-Ort-exist-freq

Das Feld *Adv2* ist weiter unterteilt in die Felder: Negationspartikeln *neg*, adverbiale Adjektive *adj*:

(50) Adv2 = neg-adj

Die unter (48) angegebene Schablone ist für unsere Zwecke ausreichend. Wir werden sie deshalb nicht weiter verfeinern, sondern die bisherigen Ergebnisse jetzt zu einem Algorithmus zur Generierung des Mittelfeldes zusammenfassen.

3.4 Ein Algorithmus

Der folgende Algorithmus verteilt die Terme $t = [t_1, \ldots, t_n]$ und freien Terme $f = [f_1, \ldots, f_m]$ eines einfachen Satzes auf das Vor-, Mittel- und Nachfeld. Des weiteren legt er deren Abfolge in den einzelnen Feldern fest. Um die Felder korrekt besetzen zu können, benötigt er an zusätzlichen Informationen die Valenz des Prädikats $v = [v_1, \ldots, v_n]$ und die Information b, ob das Vorfeld besetzt werden darf. Weitere Informationen sind nicht erforderlich. Die Aufrufparameter des Algorithmus sind damit t, f, v und b. Wir geben nun den Algorithmus an. Als Ergebnis liefert er die Belegung der Felder V, M und N.

Als erstes fügen wir die Terme und die Valenzinformationen zu einer Liste $e = \mathit{zip}\ t\ v$ zusammen. Die einzelnen Elemente dieser Liste sind somit Tupel $e_i = (t_i, v_i)$.

1. **Vorfeld** In Abhängigkeit von der Information b wird das Vorfeld wie unten angegeben besetzt. Wir benötigen dafür eine Funktion *lambda*, die wahr ist, wenn ihr Argument ein λ-Term oder ein freier λ-Term ist. Die Term-Valenz-Tupel und die freien Terme, die nicht im Vorfeld stehen, werden wir zu den Listen $e' = [e'_1, \ldots, e'_{n'}]$ und $f' = [f'_1, \ldots, f'_{m'}]$ zusammenfassen:

   (a) $b = \langle \mathit{True} \rangle$: $V = [\,]$, $e' = e$, $f' = f$,

   (b) $\mathit{lambda}\ e_i$: $V = [e_i]$, $e' = [e_1, \ldots, e_{i-1}, e_{i+1}, \ldots, e_n]$, $f' = f$,

   (c) $\mathit{lambda}\ f_j$: $V = [f_j]$, $e' = e$, $f' = [f_1, \ldots, f_{j-1}, f_{j+1}, \ldots, f_m]$,

   (d) $\mathit{any\ initial}\ f$: $V = \mathit{filter\ initial}\ f$, $e' = e$, $f' = \mathit{filter}\ (\neg \mathit{initial})\ f$,

   (e) sonst: $V = [e_1]$, $e' = [e_2, \ldots, e_n]$, $f' = f$.

   Unsere Behandlung der Spannsätze vom Typ Konjunktionalsatz bedarf einer Bemerkung: Sie zeichnen sich dadurch aus, daß sie im Deutschen durch eine subordinierende Konjunktion eingeleitet werden.

   Wir setzen an dieser Stelle voraus, daß die subordinierende Konjunktion im formalen Satz durch einen freien Term realisiert ist, der als einziger als initial markiert ist. Diese Konfiguration muß vorher durch eine entsprechende Transformation des Satzes erzeugt werden. Wir werden sie unmittelbar nach der Berechnung des Satztyps durchführen. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, daß wir Spannsätze vom Typ Konjunktionalsatz oben nicht gesondert berücksichtigen müssen.

2. **Nachfeld, Teile 2 und 3** Wir unterteilen das Nachfeld in drei Teile. Der erste Teil ist für ein nachgestelltes Attribut vorgesehen, der zweite für eine satzwertige Ergänzung und der dritte für die satzwertigen Adverbiale. Wir werden an dieser

Stelle lediglich die Besetzung der Teile zwei und drei angeben. Die Besetzung des ersten Teils können wir dagegen erst dann berechnen, wenn bekannt ist, welcher Term die letzte Position im Mittelfeld einnimmt.

Das Feld N_2 wird mit dem letzten satzwertigen Term-Valenz-Tupel besetzt, sofern ein solches Tupel existiert. Im Feld N_3 stehen alle satzwertigen freien Terme. Die Term-Valenz-Tupel und freien Terme, die nicht in diesen beiden Feldern vorkommen, fassen wir zu den Listen $e'' = [e''_1, \ldots, e''_{n''}]$ und $f'' = [f''_1, \ldots, f''_{m''}]$ zusammen. Ob ein Term oder ein freier Term satzwertig ist, kann anhand seiner Struktur entschieden werden. Wir setzen eine Funktion *sentence* voraus, die entsprechendes leistet.

Es gilt: $N_3 = \mathit{filter\ sentence}\ f'$, $f'' = \mathit{filter}\ (\neg \mathit{sentence})\ f'$, und

(a) $\mathit{filter\ sentence}\ e' = \emptyset$: $N_2 = [\,]$, $e'' = e'$,

(b) sonst: $N_2 = [e'_i]$, $e'' = [e'_1, \ldots, e'_{i-1}, e'_{i+1}, \ldots, e'_{n'}]$,
mit $e'_i = \mathit{last}\ (\mathit{filter\ sentence}\ e')$.

3. **Mittelfeld, normale Abfolge** Wir werden nun die normale Abfolge der Terme und freien Terme im Mittelfeld mithilfe der Schablone (48) berechnen. Die Terme und freien Terme, die plaziert werden müssen, sind genau die Elemente der Listen e'' und f''. Jedes Element dieser beiden Listen läßt sich anhand vorgegebener Kriterien eindeutig einem Feld der Schablone zuordnen.

   Die Kriterien sind bei einem Element der Liste e'' seine syntaktische Funktion und seine Form. Sei $e''_i = (t''_i, v''_i)$ ein solches Element. Seine syntaktische Funktion kann unmittelbar aus seiner Valenzinformation v''_i abgeleitet werden. Wir gehen davon aus, daß uns eine Funktion *function* zur Verfügung steht, die entsprechendes leistet. Der relevante Formaspekt ist, ob e''_i einem Pronomen entspricht. Dies kann anhand der Struktur von t''_i entschieden werden. Die Funktion *pronoun* soll entsprechendes leisten.

   Bei einem Element der Liste f'' entscheidet sein Lexikoneintrag und seine Form über das Feld, in dem es steht. Sein Lexikoneintrag weist es als ein Mitglied einer bestimmten Gruppe von Adverbialen aus, die nur in bestimmten Feldern stehen können. Welches dieser Felder es belegt, entscheidet seine Form. Der relevante Formaspekt ist, ob es einem Adverb oder einem Präpositionaladverbial entspricht. Dies kann anhand seiner Struktur entschieden werden. Die Funktion *adverb* soll entsprechendes leisten.

   Mithilfe dieser Funktionen kann die normale Abfolge der Terme und freien Terme im Mittelfeld leicht berechnet werden. Zuerst legen wir die Belegung der einzelnen Felder fest:

   (a) $M_{Subj} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{Subject} \rangle)\ e$,

   (b) $M_{dir} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{direkt\ Objekt} \rangle \wedge \mathit{pronoun}\ e)\ e$,

   (c) $M_{ind} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{indirekt\ Objekt} \rangle \wedge \mathit{pronoun}\ e)\ e$,

   (d) $M_{Ind} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{indirekt\ Objekt} \rangle \wedge \neg \mathit{pronoun}\ e)\ e$,

   (e) $M_{Dir} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{direkt\ Objekt} \rangle \wedge \neg \mathit{pronoun}\ e)\ e$,

(f) $M_{Präp} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle\mathit{Präpositionalobjekt}\rangle)\ e$,

(g) $M_{zeit} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Zeit}\rangle \wedge \mathit{adverb}\ f)\ f$,

(h) $M_{Zeit} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Zeit}\rangle \wedge \neg\mathit{adverb}\ f)\ f$,

(i) $M_{art} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Art}\rangle \wedge \mathit{adverb}\ f)\ f$,

(j) $M_{Art} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Art}\rangle \wedge \neg\mathit{adverb}\ f)\ f$,

(k) $M_{ort} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Ort}\rangle \wedge \mathit{adverb}\ f)\ f$,

(l) $M_{Ort} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Ort}\rangle \wedge \neg\mathit{adverb}\ f)\ f$,

(m) $M_{exist} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Existimatoria}\rangle)\ f$,

(n) $M_{freq} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Frequenz}\rangle)\ f$,

(o) $M_{neg} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{Negationspartikel}\rangle)\ f$,

(p) $M_{adj} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{group}\ f = \langle\mathit{adverbiale\ Adjektive}\rangle)\ f$.

Wir fassen nun einige der Felder wie folgt zusammen:

(a) $M_{Pron} = M_{dir} \mathbin{++} M_{ind}$,

(b) $M_{Obj} = M_{dir} \mathbin{++} M_{ind} \mathbin{++} M_{Ind} \mathbin{++} M_{Dir}$,

(c) $M_{Adv1} = M_{zeit} \mathbin{++} M_{Zeit} M_{art} \mathbin{++} M_{Art} \mathbin{++} M_{ort} \mathbin{++} M_{Ort} \mathbin{++} M_{exist} \mathbin{++} M_{freq}$,

(d) $M_{Adv2} = M_{neg} \mathbin{++} M_{adj}$.

In Abhängigkeit davon, ob der Satz ein Objektpronomen besitzt, fassen wir die Adverbiale wie folgt zusammen:

(a) $M_{Pron} = \emptyset$: $M_{Adv1'} = M_{Adv1}$, $M_{Adv2'} = M_{Adv2}$,

(b) sonst: $M_{Adv1'} = \emptyset$, $M_{Adv2'} = M_{Adv1} \mathbin{++} M_{Adv2}$.

Die normale Abfolge im Mittelfeld ist dann:

$$M_{Norm} = M_{Subj} \mathbin{++} M_{Adv1'} \mathbin{++} M_{Obj} \mathbin{++} M_{Adv2'} \mathbin{++} M_{Präp}.$$

4. **Nachgestelltes Satzglied** Besitzt eines der Satzglieder des Mittelfeldes einen attributiven Nebensatz, so besteht die Möglichkeit, daß dieses Satzglied die letzte Position im Mittelfeld einnimmt und sein attributiver Nebensatz ins Nachfeld rückt. Die anspruchsvollste Aufgabe ist dabei, ein Satzglied zu ermitteln, daß dafür in Frage kommt. Dies soll die Funktion *select* leisten.

   Wir werden bei der Definition von *select* auf einige Hilfsfunktionen zurückgreifen, die wir jetzt kurz skizzieren werden. Die erste Hilfsfunktion heißt *attsen*. Sie ermittelt, ob ein Satzglied einen attributiven Nebensatz besitzt. Dies kann anhand seiner Struktur entschieden werden. Die zweite Hilfsfunktion heißt *living*. Sie ermittelt, ob ein Satzglied belebt ist. Zu jeder Klasse ist im Lexikon eingetragen, ob sie etwas Belebtes bezeichnet. Die Funktion muß somit als erstes die zugrunde liegende Klasse ermitteln und dann nachschlagen, ob diese belebt ist. Die dritte Hilfsfunktion heißt *definit*. Sie ermittelt, ob ein Satzglied definit ist. Sie kann dies anhand seines Determinators entscheiden. Die letzten beiden benötigten Hilfsfunktionen lauten *function* und *adverb*. Sie sind bereits unter 3. vorgestellt worden.

Die Funktion *select* wird das Mittelfeld M_{Norm} von hinten nach einem Satzglied durchsuchen, das nachgestellt werden kann. Seine Aufrufparameter sind die noch zu durchsuchende Liste x, die bereits durchsuchte Liste t, eine Information b, ob alle bisherigen Satzglieder belebt waren, und eine Information d, ob alle bisherigen Satzglieder definit waren. Als Ergebnis y liefert sie entweder das erste nachstellbare Satzglied und das restliche Mittelfeld oder ansonsten eine leere Liste.

Der erste Aufruf von *select* erfolgt mit den Parametern ‹*True*›, ‹*True*›, $\emptyset$, M_{Norm} und M_{Norm}, denn es wurde bisher noch kein Satzglied untersucht, und somit waren alle bisherigen Satzglieder belebt und definit. Die Funktion $y = select\ b\ d\ t\ x$ kann dann wie folgt definiert werden:

Ist $x = \emptyset$, so ist auch $y = \emptyset$, da kein weiteres Satzglied mehr vorhanden ist, das in Frage kommen könnte. Ist dagegen $x = i +\!\!+ [l]$, so unterscheiden wir zunächst nach der syntaktischen Funktion von l:

(a) *function l* = ‹*Präpositionalobjekt*›: Besitzt l einen attributiven Nebensatz, so untersuchen wir, ob l weitere Kriterien erfüllt, die es erlauben, l nachzustellen. Ansonsten fahren wir mit dem nächsten Satzglied fort.

   i. *attsen l*: l kann nachgestellt werden, wenn es eine der folgenden Bedingungen erfüllt: Entweder es ist das letzte Satzglied, oder alle bisherigen Satzglieder waren definit, oder alle bisherigen Satzglieder waren belebt und entweder waren alle bisherigen Satzglieder definit oder l ist nicht definit. Ansonsten fahren wir mit dem nächsten Satzglied fort.

      A. $x = \emptyset \vee d \vee (b \wedge \neg living\ l \wedge (d \vee \neg definit\ l))$: $y = (l, i +\!\!+ t)$,

      B. sonst: $y = select\ (b \wedge living\ l)\ (d \wedge definit\ l)\ ([l] +\!\!+ t)\ i$,

   ii. sonst: $y = select\ (b \wedge living\ l)\ (d \wedge definit\ l)\ ([l] +\!\!+ t)\ i$,

(b) *function l* = ‹*Adverbial*› $\wedge$ *adverb l*: Finden wir ein Adverb, so müssen wir die Suche erfolglos abbrechen. Somit gilt: $y = \emptyset$,

(c) *function l* = ‹*Adverbial*›: In diesem Fall ist l ein Präpositionaladverbial. Besitzt l einen attributiven Nebensatz und enthält der untersuchte Satz keine Präpositionalobjekte, so untersuchen wir, ob l nachgestellt werden darf. Ansonsten fahren wir mit dem nächsten Satzglied fort.

   i. $M_{Präp} = \emptyset \wedge attsen\ l$: l kann nachgestellt werden, wenn es das letzte Satzglied ist, oder wenn alle bisherigen Satzglieder definit waren, oder wenn alle bisherigen Satzglieder belebt waren und entweder alle bisherigen Satzglieder definit waren oder l nicht definit ist. Ansonsten fahren wir mit dem nächsten Satzglied fort.

      A. $x = \emptyset \vee d \vee (b \wedge \neg living\ l \wedge (d \vee \neg definit\ l))$: $y = (l, i +\!\!+ t)$,

      B. sonst: $y = select\ (b \wedge living\ l)\ (d \wedge definit\ l)\ ([l] +\!\!+ t)\ i$,

   ii. sonst: $y = select\ (b \wedge living\ l)\ (d \wedge definit\ l)\ ([l] +\!\!+ t)\ i$,

(d) *function* $l =$ *‹direkt Objekt›*: Besitzt l einen attributiven Nebensatz und gehen ihm keine Adverbiale voraus, so untersuchen wir, ob l nachgestellt werden darf. Ansonsten fahren wir mit dem nächsten Satzglied fort.

   i. $M_{Adv2'} = \emptyset \wedge attsen\ l$: l kann nachgestellt werden, wenn es das letzte Satzglied ist, oder wenn alle bisherigen Satzglieder belebt waren und entweder alle bisherigen Satzglieder definit waren oder l nicht definit ist. Ansonsten fahren wir mit dem nächsten Satzglied fort.

      A. $x = \emptyset \vee (b \wedge \neg living\ l \wedge (d \vee \neg definit\ l))$: $y = (l, i +\!\!+ t)$,

      B. sonst: $y = select\ (b \wedge living\ l)\ (d \wedge definit\ l)\ ([l] +\!\!+ t)\ i$,

   ii. sonst: $y = select\ (b \wedge living\ l)\ (d \wedge definit\ l)\ ([l] +\!\!+ t)\ i$,

(e) *function* $l =$ *‹indirekt Objekt›*: Besitzt l einen attributiven Nebensatz und gehen ihm keine Adverbiale voraus, so untersuchen wir, ob l nachgestellt werden darf. Ansonsten fahren wir mit dem nächsten Satzglied fort.

   i. $M_{Adv2'} = \emptyset \wedge attsen\ l$: l kann nachgestellt werden, wenn es das letzte Satzglied ist, oder wenn das direkte Objekt definit war und keine Präpositionalobjekte vorhanden sind, oder wenn alle bisherigen Satzglieder belebt waren und entweder alle bisherigen Satzglieder definit waren oder l nicht definit ist. Ansonsten fahren wir mit dem nächsten Satzglied fort.

      A. $x = \emptyset \vee (M_{Präp} = \emptyset \wedge d) \vee (b \wedge \neg living\ l \wedge (d \vee \neg definit\ l))$: $y = (l, i +\!\!+ t)$,

      B. sonst: $y = select\ (b \wedge living\ l)\ (d \wedge definit\ l)\ ([l] +\!\!+ t)\ i$,

   ii. sonst: $y = select\ (b \wedge living\ l)\ (d \wedge definit\ l)\ ([l] +\!\!+ t)\ i$,

(f) *function* $l =$ *‹Subjekt›*: Besitzt l einen attributiven Nebensatz und gehen ihm keine Adverbiale voraus, so untersuchen wir, ob l nachgestellt werden darf. Ansonsten brechen wir die Suche ab.

   i. $M_{Adv2'} +\!\!+ M_{Adv2'} = \emptyset \wedge attsen\ l$: l kann nachgestellt werden, wenn es das letzte Satzglied ist, oder wenn alle bisherigen Satzglieder belebt waren und entweder alle bisherigen Satzglieder definit waren oder l nicht definit ist. Ansonsten brechen wir die Suche ab.

      A. $x = \emptyset \vee (b \wedge \neg living\ l \wedge (d \vee \neg definit\ l))$: $y = (l, i +\!\!+ t)$,

      B. sonst: $y = \emptyset$,

   ii. sonst: $y = \emptyset$.

Mithilfe des Ergebnisses der Suche y können wir nun die Belegung der Felder M und N_1 angeben. Wir werden ein gefundenes Satzglied nur dann nachstellen, wenn das Feld N ansonsten leer ist:

(a) $N_2 +\!\!+ N_3 = \emptyset \wedge y = (n, M'_{Norm})$: $M = M'_{Norm} +\!\!+ [n_1]$, $N_1 = [n_2]$, mit n_1 gleich n ohne dem nachgestellten Nebensatz, und n_2 der Nebensatz,

(b) sonst: $M = M_{Norm}$, $N_1 = \emptyset$.

5. Sei $N = N_1 +\!\!+ N_2 +\!\!+ N_3$. Dann hat der Algorithmus (V, M, N) zum Ergebnis.

4 Satztyp und Konjunktionen

In diesem Kapitel untersuchen wir, wie der Satztyp eines einfachen Satzes berechnet werden kann. Wir benötigen den Satztyp, weil er festlegt, ob die Felder V und F unserer Satzschablone besetzt werden. Die Satzschablone ist hier noch einmal aufgeführt:

(1) $K\,V\,\begin{array}{c}\lceil\qquad\rceil\\ F\,M\,I\\ \lfloor\qquad\rfloor\end{array}N$

Der Satztyp beeinflußt aber nicht nur die Belegung von V und F. Die Belegung von V hat wiederum Auswirkungen auf die Belegungen von M und N, und die Belegung von F hat wiederum Auswirkungen auf die Belegung von I. Der Satztyp wirkt sich somit auf die Belegung aller Felder bis auf K aus. Der Satztyp muß damit bekannt sein, bevor die Belegungen dieser Felder berechnet werden können. Das Ziel dieses Kapitels ist es, einen Algorithmus dafür aufzustellen.

Anschließend gehen wir auf die Belegung von K ein. Auch hier geht es darum, einen Algorithmus aufzustellen. Das Feld ist für koordinierende Konjunktionen vorgesehen. Die formale Entsprechung einer koordinierenden Konjunktion kann sowohl koordinierend als auch subordinierend sein. Der Grund hierfür ist, daß wir uns in $\mathcal{L}_I$ für eine etwas andere Grenzziehung zwischen den beiden Kategorien von Konjunktionen entschieden haben. Der Algorithmus muß dies natürlich berücksichtigen.

Subordinierende Konjunktionen verhalten sich dagegen wie initiale Adverbiale. Es bietet sich an, sie bei der Generierung auch genau so zu behandeln. Dafür ist jedoch eine Transformation nötig: Die formale Entsprechung der subordinierenden Konjunktion muß in ein initiales Adverbial umgewandelt werden. Auf diese Transformation werden wir am Schluß dieses Kapitels eingehen.

4.1 Der Satztyp

Unser Vorgehen in diesem Abschnitt ist wie folgt: Zunächst skizzieren wir, welche Satztypen möglich sind. Anschließend betrachten wir die Faktoren, die den Satztyp beeinflussen. Sie sind: seine Satzart (z. B. Aussage, Frage, Aufforderung, Wunsch, Ausruf), seine syntaktische Funktion (Eigenständig, Attribut, Ergänzung, Adverbial) und seine Struktur (Satz, λ-Satz, ε-Satz). Anschließend zeigen wir, wie aus diesen drei Informationen der Satztyp berechnet werden kann.

Die drei Satztypen sind Kernsatz (2a), Stirnsatz (2b) und Spannsatz (2c, 2d). Die Felder F und I sind in den Beispielsätzen durch Kursivdruck und Klammern hervorgehoben.

(2a) Peter *hat* seinem Vater im Garten *geholfen*.

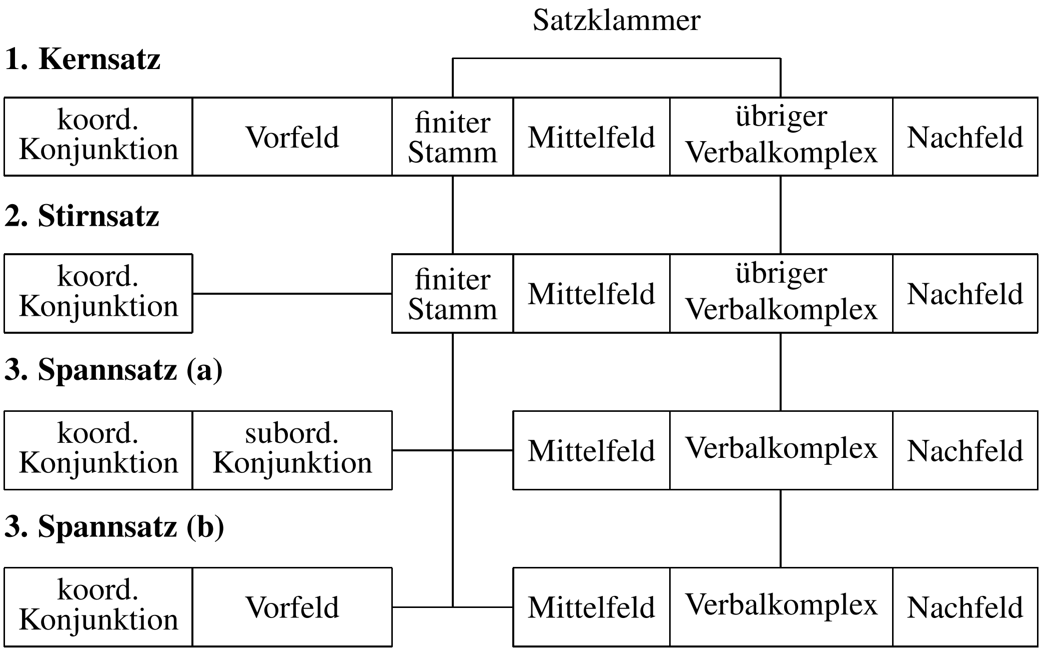
(2b) *Hat* Peter seinem Vater im Garten *geholfen*?

(2c) …, daß Peter seinem Vater im Garten *geholfen hat*.

(2d) …, der seinem Vater im Garten *geholfen hat*.

Drosdowski (1995) nimmt die Klammerbildung durch die Felder *F* und *I* als Ausgangspunkt für seine Beschreibung der verschiedenen Satztypen. Im Gegensatz zu uns setzt er vier Satzschablonen an. Sie sind unter (3) aufgeführt.[1]

(3) **Schablonen für den Bau deutscher Sätze**



Wir dagegen haben diese vier Schablonen zu einer zusammengefaßt. Der Preis dafür ist, daß unsere Schablone vom Satztyp abhängt: Je nach Satztyp müssen bestimmte Felder leer bleiben. Die Tabelle (4) faßt den Zusammenhang zwischen dem Satztyp und den leeren Feldern zusammen. Die Satztypen sind entsprechend der Numerierung in (3) mit Typ 1 bis Typ 3 abgekürzt. Wir haben noch einen vierten Satztyp vorgesehen, für Infinitiv- und Partizipialsätze:

1 Drosdowski (1995), Abschnitt 1356.

(4)

Satztyp	leere Felder
1	$\emptyset$
2	$\{V\}$
3	$\{F\}$
4	$\{V,F\}$

In Infinitiv- und Partizipialsätzen ist offensichtlich das Feld F leer, denn der gesamte Verbalkomplex befindet sich im Feld I. Der Satz (5a) legt nahe, daß auch das Feld V unbesetzt ist: In ihm ist das Feld V durch das vorgezogene Adverbial *heute* besetzt. Diese Abfolge der Satzglieder erscheint ungewöhnlich. Normalerweise wird jedoch eine Abfolge bevorzugt, die der normalen Abfolge im Mittelfeld entspricht (5b). Wir werden deshalb in Infinitiv- und Partizipialsätzen beide Felder unbesetzt lassen.

(5a) ?Ulla glaubt, *heute sich mit Karl verabredet zu haben*.

(5b) Ulla glaubt, *sich heute mit Karl verabredet zu haben*.

Wir untersuchen nun, wie der Satztyp berechnet werden kann. Wir schränken uns dabei zunächst auf eigenständige Sätze ein. Ein **eigenständiger Satz** ist in der geschriebenen Sprache definiert als die durch Interpunktion und Großschreibung markierte Einheit.[1] Sein Satztyp ist durch seine Satzart und seine Struktur festgelegt. Erst wenn wir wissen, wie der Satztyp eines eigenständigen Satzes berechnet werden kann, gehen wir auf Sätze in anderen syntaktischen Funktionen ein.

Satzart Die **Satzart** charakterisiert die Grundprägung eines Satzes; möglich sind die Grundprägungen Aussage, Frage, Aufforderung, Wunsch und Ausruf.[2] Die Sätze unseres Fragments sind fast alle von der Satzart Aussage (6a). Nur wenige sind von der Satzart Frage (6b, 6c). Die anderen Satzarten kommen so gut wie nicht vor. Wir werden deshalb ausschließlich Aussagen und Fragen berücksichtigen.

(6a) Ihr *werdet* morgen *kommen*.

(6b) *Werdet* ihr morgen *kommen*?

(6c) Wann *werdet* ihr morgen *kommen*?

Aussagesätze sind immer vom Typ 1. Fragesätze können dagegen sowohl vom Typ 1 sein als auch vom Typ 2. Fragen vom Typ 1 werden Entscheidungsfragen genannt, und Fragen vom Typ 2 heißen Ergänzungsfragen. Welcher der beiden Fragetypen vorliegt, kann anhand der Satzstruktur entschieden werden: Ist die Frage ein vollwertiger Satz, so ist sie eine Entscheidungsfrage und damit vom Typ 2. Ist sie ein λ-Satz, so ist sie eine Ergänzungsfrage und damit vom Typ 1.

Betrachtet man den Satztyp aus der Perspektive der Satzstruktur, so ist ein λ-Satz immer vom Typ 1, denn er kann nur eine Ergänzungsfrage sein. Ein vollwertiger Satz

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1023, Fußnote 1.

[2] Drosdowski (1995), Abschnitt 1030.

ist dagegen je nach Satzart entweder vom Typ 1 (Aussage) oder vom Typ 2 (Entscheidungsfrage). Die folgende Tabelle faßt den Zusammenhang zwischen Struktur, Satzart und Satztyp zusammen:

(7)

Struktur	Satzart	Satztyp
Satz	Aussage	1
Satz	Frage	2
λ-Satz	Frage	1

Ein eigenständiger Satz ist in $\mathcal{L}_I$ entweder einfach oder zusammengesetzt. Nur die deutschen Entsprechungen einfacher Sätze haben einen Satztyp. Die obige Tabelle gilt damit zunächst einmal nur für die deutschen Entsprechungen von einfachen Sätzen. Ein zusammengesetzter Satz besteht dagegen aus mehreren einfachen Sätzen, die mittels formaler Konjunktionen zu einem Satz verknüpft sind. Die deutschen Entsprechungen dieser formalen Konjunktionen sind ausschließlich koordinierend. Sie wirken sich somit auf den Satztyp nicht aus. Die obige Tabelle gilt somit auch für die Teilsätze eines zusammengesetzten Satzes.

Welche Struktur ein Satz hat, kann unmittelbar an der Struktur des entsprechenden formalen Satzes abgelesen werden, und seine Satzart ist über die Interpunktion festgelegt: Ist das verwendete Satzzeichen ein Fragezeichen, so liegt eine Frage vor; jedes andere Satzzeichen deutet auf eine Aussage hin. Damit ist gezeigt, wie der Satztyp eines eigenständigen Satzes berechnet werden kann.

Syntaktische Funktion Mögliche syntaktische Funktionen eines Satzes sind Eigenständig, Attribut, Ergänzung und Adverbial. Wir haben bereits besprochen, wie der Satztyp eines eigenständigen Satzes berechnet wird. Wir gehen nun auf Sätze mit einer anderen syntaktischen Funktion ein.

Wir beginnen mit den satzwertigen Attributen. Ein satzwertiges Attribut ist entweder ein Relativsatz (8a) oder ein Konjunktionalsatz (8b, 8c). Relativsätze sind vom Satztyp 3 und Konjunktionalsätze sind entweder vom Satztyp 3 oder 4. Welchen Satztyp ein Konjunktionalsatz hat, kann anhand seiner Struktur ermittelt werden. Ist er ein vollwertiger Satz, so hat er den Satztyp 3, und ist er ein ε-Satz, so hat er den Satztyp 4.

(8a) das Buch, *aus dessen Vorwort ich das Zitat entnommen habe*

(8b) der Vorschlag, *die Bohrinsel zu versenken*

(8c) der Moment, *wenn Helga reinkommt*

Eine satzwertige Ergänzung ist entweder ein *zu*-Infinitivsatz (9a), ein *daß*-Satz (9b), ein *ob*-Satz (9c), ein *w*-Satz (9d) oder ein freier Relativsatz (9e). Infinitivsätze sind vom Satztyp 4 und alle anderen vom Satztyp 3. Der Satztyp einer Ergänzung ergibt sich somit aus seiner Struktur.

(9a) Karl weiß, *sich zu benehmen.*
(9b) Karl weiß, *daß man es ohne Krawatte zu nichts bringt.*
(9c) Karl weiß, *ob das so geht.*
(9d) Karl weiß, *wie ein Schornstein gemauert wird.*
(9e) Karl weiß, *was er einkaufen soll.*

Ein satzwertiges Adverbial ist ein Konjunktionalsatz. Abhängig von der Konjunktion ist er entweder Satztyp 1 (10a), Satztyp 3 (10b) oder Satztyp 4 (10c). Der Satztyp 4 deutet auf einen ε-Satz hin. Ob dagegen ein vollwertiger Satz vom Satztyp 1 oder 3 ist, kann nur anhand der verwendeten Konjunktion entschieden werden.

(10a) Karl kommt, *denn Paul erwartet ihn.*
(10b) Karl kommt, *weil Paul ihn erwartet.*
(10c) Karl lebt, *um zu arbeiten.*

Sätze, die eine der syntaktischen Funktionen Attribut, Ergänzung oder Adverbial haben, nennen wir Nebensätze. Differenziert man die Nebensätze nach ihrer Struktur, so erhält man den folgenden Zusammenhang zwischen Struktur und Satztyp:

(11)

Struktur	Satztyp
Satz	*sentyp k*
λ-Satz	3
ε-Satz	4

Die Funktion *sentyp* hat eine Konjunktion als Argument und liefert als Ergebnis einen Satztyp. Er ist Teil des Lexikoneintrags der Konjunktion.

Auch hier gilt, daß ein Nebensatz entweder einfach oder zusammengesetzt sein kann. Die obige Tabelle gilt zunächst nur für einfache Nebensätze. Ein zusammengesetzter Satz besteht jedoch aus mehreren einfachen Sätzen, die über koordinierende Konjunktionen zu einem Satz verknüpft sind. Da eine koordinierende Konjunktion den Satztyp nicht beeinflußt, gilt die obige Tabelle folglich auch für alle einfachen Sätze eines zusammengesetzten Satzes. Wir geben nun einen Algorithmus an, der zu einem einfachen Satz seinen Satztyp berechnet.

Ein Algorithmus Der folgende Algorithmus berechnet zu einem vorgegebenen einfachen Satz s seinen Satztyp t. An Informationen benötigt er neben dem einfachen Satz s seine Satzart a, seine syntaktische Funktion f und die Liste S. S ist für eine möglicherweise vorhandene subordinierende Konjunktion vorgesehen.

Die Satzart ist entweder Aussage oder Frage. Welche Satzart vorliegt, kann anhand der Interpunktion entschieden werden: Ist das verwendete Satzzeichen ein Fragezeichen, so liegt eine Frage vor. In allen anderen Fällen ist der Satz eine Aussage. Die Satzart ist für alle Teilsätze gleich. Für einen Nebensatz ist sie jedoch unerheblich. Die syntaktische Funktion ist dagegen variabel. Sie hängt von der jeweiligen Stelle ab, an der der Satz eingebunden ist. Diese Stelle enthält auch die Informationen über eine gegebenenfalls vorhandene subordinierende Konjunktion.

Der Algorithmus lautet dann wie folgt:

1. f = ‹*Eigenständig*›: Liegt ein eigenständiger Satz vor, so betrachten wir zunächst seine Struktur. Die Funktion *lambda* ist genau dann wahr, wenn ihr Argument ein λ-Satz ist. Entsprechend ist die Funktion *epsilon* genau dann wahr, wenn ihr Argument ein ε-Satz ist.

   (a) *lambda s*: $t = 1$,

   (b) sonst: Liegt ein vollwertiger Satz vor, so entscheidet seine Satzart über seinen Satztyp.

      i. a = ‹*Aussage*›: $t = 1$,

      ii. sonst: $t = 2$,

2. sonst: Liegt ein Nebensatz vor, so untersuchen wir seine Struktur.

   (a) *lambda s*: $t = 3$,

   (b) *epsilon s*: $t = 4$,

   (c) $S = []$: $t = 1$.

   (d) sonst: $t = 3$.

4.2 Koordinierende Konjunktionen

In diesem Abschnitt befassen wir uns mit den koordinierenden Konjunktionen. Uns geht es dabei vor allem um ihr Stellungsverhalten im deutschen Satz. Es wird sich zeigen, daß sie leicht zu positionieren sind. Wir müssen jedoch berücksichtigen, daß sich die deutsche und die formale Sprache in ihrer Grenzziehung zwischen den koordinierenden und den subordinierenden Konjunktionen unterscheiden: Einige im Deutschen als koordinierend eingestufte Konjunktionen gelten in $\mathcal{L}_I$ als subordinierend. Dies gilt z. B. für die Konjunktion *denn*.

Wenn wir eine subordinierende Konjunktion ins Deutsche generieren, so müssen wir deshalb danach unterscheiden, ob ihre deutsche Entsprechung koordinierend oder subordinierend ist. Die deutsche Entsprechung einer koordinierenden Konjunktion ist dagegen immer koordinierend. Wir werden die Behandlung der unterschiedlichen Grenzziehung deshalb zunächst zurückstellen und erst im Zusammenhang mit den subordinierenden Konjunktionen behandeln.

Im Deutschen wird zwischen ein- und zweiteiligen koordinierenden Konjunktionen unterschieden:

(12a) und, oder, aber

(12b) sowohl ... als auch, entweder ... oder, zwar ... aber, weder ... noch, nicht ... sondern

Eine einteilige koordinierende Konjunktion steht immer im Feld K. Gleiches gilt für den zweiten Teil einer zweiteiligen koordinierenden Konjunktion. Ihr erster Teil kann dagegen sowohl im Feld K, V als auch M stehen. So darf das *entweder* im folgenden Beispiel in allen drei Feldern stehen, wobei die Position im Feld K die übliche ist:

(13a) *Entweder* sie macht die Tür auf, *oder* sie macht sie zu.

(13b) *Entweder* macht sie die Tür auf, *oder* sie macht sie zu.

(13c) Sie macht die Tür *entweder* auf, *oder* sie macht sie zu.

Steht der erste Teil im Mittelfeld, so steht er zwischen den Existimatoria und den Frequenzangaben:

(14) Sie macht die Tür sicherlich *entweder* bald auf, *oder* sie sagt uns Bescheid.

Der erste Teil darf jedoch nur dann im Feld K stehen, wenn das Feld K unbesetzt ist (15a) und der Satz ein eigenständiger Satz ist (15b, 15c, 15d). Ansonsten steht er im Feld V oder M:

(15a) Inge und Ute sind in die Stadt gefahren, *und entweder* kaufen sie ein, *oder* sie sind im Kino.

(15b) Inge und Ute, die *entweder* einkaufen *oder* im Kino sind

(15c) Ihre Mutter glaubt, daß sie *entweder* einkaufen *oder* ins Kino gehen.

(15d) Sie haben keine Zeit, weil sie *entweder* einkaufen *oder* ins Kino gehen.

Kann der erste Teil nicht im Feld K stehen, so verhält er sich wie ein initiales Adverbial: Er steht genau dann im Feld V, wenn es nicht anderweitig belegt ist, z. B. durch eine subordinierende Konjunktion oder einen λ-Term. Ist der Satz, in dem der erste Teil stehen soll, ein zusammengesetzter Satz, so steht er im ersten Teilsatz:

(16) Ich glaube, daß sie *entweder* einkaufen sind *und* sie anschließend ein Eis essen, *oder* daß sie im Kino sind.

Wir werden den ersten Teil einer zweiteiligen Konjunktion deshalb nur dann ins Feld K stellen, wenn es unbesetzt ist, und der Satz ein eigenständiger Satz ist. Ansonsten werden wir den ersten Teil wie ein initiales Adverbial behandeln, das im ersten Teilsatz steht. Das Lexikon muß dafür einen entsprechenden Eintrag bereitstellen.

4.3 Subordinierende Konjunktionen

In diesem Abschnitt gehen wir auf die Generierung subordinierender Konjunktionen ein. Ihre deutsche Entsprechung kann sowohl subordinierend als auch koordinierend sein. Entsprechend müssen sie anders behandelt werden. Wie koordinierende Konjunktionen zu behandeln sind, haben wir bereits im vorausgegangenen Abschnitt besprochen: Sie stehen im Feld K. Subordinierende Konjunktionen werden wir dagegen mittels einer Transformation in die untergeordneten einfachen Sätze integrieren.

Eine subordinierende Konjunktion kann in $\mathcal{L}_I$ beliebige Sätze einleiten. Leitet sie einen zusammengesetzten Satz ein, so steht ihre deutsche Entsprechung in allen Teilsätzen, sofern diese auch subordinierend ist. Ist sie dagegen koordinierend, so steht sie nur im ersten Teilsatz:

(17a) Wer glaubt schon, *daß* die Erde eine Scheibe ist, und sie auf dem Rücken einer Schildkröte ruht, oder *daß* die Sonne um die Erde kreist?

(17b) Er irrte, *denn* die Erde ist eine Kugel, und sie kreist um die Sonne.

Das Beispiel (17a) zeigt noch etwas: Subordinierende Konjunktionen werden nur auf der ersten Ebene auf alle Teilsätze verteilt. Danach stehen sie – genau wie eine koordinierende Konjunktion – immer im ersten Teilsatz.

Subordinierende Konjunktionen verhalten sich wie initiale Adverbiale. Wir werden sie deshalb bei der Generierung entsprechend behandeln. Damit sie wie Adverbiale behandelt werden können, muß unser Lexikon entsprechende Einträge bereitstellen.

4.4 Ein Algorithmus

Wir werden nun einen Algorithmus zur Generierung von Sätzen angeben. Diese können einfach oder zusammengesetzt sein. Wie zusammengesetzte Sätze generiert werden, haben wir oben besprochen, und wie einfache Sätze generiert werden, haben wir in den vorausgegangenen Kapiteln behandelt. Als Ergebnis liefert der Algorithmus eine Satzschablone. Offen bleibt somit, wie Terme und freie Terme generiert werden. Wir werden dies zu einem späteren Zeitpunkt nachholen.

Der Algorithmus erhält an Informationen einen Satz s, der einfach oder zusammengesetzt sein kann, seine Satzart a, seine syntaktische Funktion f und drei Listen K, S und A. Die Liste K ist für eine eventuell vorhandene koordinierende Konjunktion vorgesehen, die Liste S für eine eventuell vorhandene subordinierende Konjunktion und die Liste A für initiale Adverbiale. Sie sind als Zwischenspeicher gedacht. Wir werden außerdem eine Variable b verwenden, die angibt, ob eine eventuell vorhandene subordinierende Konjunktion bereits zu der Liste der initialen Adverbiale hinzugefügt wurde. b wird mit dem Wert ‹*False*› initialisiert.

Der Algorithmus $P = pattern\ \ s\ a\ f\ K\ S\ A\ b$ ist dann wie folgt definiert:

1. *simple s*: Ist s ein einfacher Satz, so gehen wir wie folgt vor:

   (a) Enthält der Satz einen AcI oder eine Zuordnung, so führen wir die entsprechenden Transformationen aus. Das Ergebnis sei der Satz s'.

   (b) Wir fügen nun eine eventuell vorhandene subordinierende Konjunktion zu der Liste der initialen Adverbiale hinzu, sofern dieses noch nicht geschehen ist:

      i. b: $A' = A$,
      ii. sonst: $A' = S$.

   (c) Als nächstes integrieren wir die Elemente der Liste A' in den Satz s'. Sie werden von hinten beginnend schrittweise als initiale Adverbiale in den Satz integriert. Alle anderen als initial markierten Adverbiale des Satzes verlieren dabei ihre Markierung.

   Wir definieren dafür eine Funktion *integrate*, die entsprechendes leistet. Sie wird mit den Parametern A' und s' aufgerufen und liefert den Satz s'' als Ergebnis zurück. Sie benötigt folgende Hilfsfunktionen: Eine Funktion *topic*, die einen freien Term nimmt und ihn als initial markiert, und eine Funktion *focus*, die einen freien Term nimmt und eine initiale Markierung beseitigt.

   Die Funktion *integrate Le* ist dann wie folgt definiert:

      i. $L = \emptyset$: $s'' = e$,
      ii. $L = L' +\!\!+ [l]$: Sei $e = p\ t\ f$ und $e' = p\ t\ ([\mathit{topic}\ k] +\!\!+ (\mathit{map\ focus}\ f))$. Dann gilt: $s'' = \mathit{integrate}\ L'e'$.

   (d) Nun wird der Satztyp t berechnet. Sämtliche benötigte Parameter sind bereits explizit vorhanden.

   (e) Wir berechnen nun die Schablonen der einzelnen Felder. Sei $s'' = p\ t\ f$.

      i. F, I: Der Algorithmus zur Berechnung dieser Felder benötigt das Prädikat p, die Information b, ob F leer bleibt, und eine Flektionsinformation x. b kann unmittelbar aus dem Satztyp abgeleitet werden, und x ergibt sich wie folgt:

         A. $\mathit{epsilon}\ s'' \wedge f =$ ‹*Ergänzung*›: $x =$ ‹*Infinitiv mit* zu›,
         B. $\mathit{epsilon}\ s''$: $x = \mathit{inflection}\ k$,
         C. sonst: $x = \mathit{numpers}\ t_1$.

      Die Funktion *inflection* schlägt unter dem Lexikoneintrag der Konjunktion nach, ob es sich um einen *zu*-Infinitivsatz oder einen Partizipialsatz handelt, und die Funktion *numpers* ermittelt die Person und den Numerus eines Terms.

      ii. V, M, N: Der Algorithmus zur Berechnung dieser Felder benötigt die Terme t, die freien Terme f, die Valenz v des Prädikats p und eine Information b, ob V leer bleibt. v kann im Lexikon unter dem Eintrag zu p nachgeschlagen werden, und b kann unmittelbar aus dem Satztyp abgeleitet werden.

(f) Die einzelnen Schablonen werden nun zu einer Schablone P mit $P = K \mathbin{+\!\!+} V \mathbin{+\!\!+} F \mathbin{+\!\!+} M \mathbin{+\!\!+} I \mathbin{+\!\!+} N$ zusammengesetzt, die als Ergebnis zurückgeliefert wird.

2. sonst: Seien k die koordinierende Konjunktion und $s = [s_1, \ldots, s_n]$ die verknüpften Teilsätze. Zunächst fügen wir eine eventuell vorhandene subordinierende Konjunktion zu der Liste der initialen Adverbiale hinzu, sofern dieses noch nicht geschehen ist:

   (a) b: $b' = b, A_i = [\,]$, mit $1 \leqslant i \leqslant n$,

   (b) sonst: $b' = \langle \mathit{True} \rangle, A_i = S$, mit $1 \leqslant i \leqslant n$.

   Die formale Konjunktion k kann anhand seines Lexikoneintrags in n einzelne Konjunktionen $[K_1, \ldots, K_n]$ zerlegt werden. K_1' und A_1' seien modifizierte Listen für den ersten Teilsatz. Sie ergeben sich wie folgt:

   (a) $K = \emptyset \wedge f = \mathit{Eigenständig} : K_1' = K_1, A_1' = A \mathbin{+\!\!+} A_1$,

   (b) sonst: $K_1' = K, A_1' = A \mathbin{+\!\!+} A_1 \mathbin{+\!\!+} K_1$.

   Wir erzeugen nun für $2 \leqslant i \leqslant n$ aus den einzelnen Teilsätzen s_i Schablonen Z_i, indem wir diesen Algorithmus auf die einzelnen Teilsätze anwenden. Ihre Aufrufparameter sind bis auf K, A und b, die durch K_i, A_i und b' ersetzt werden, identisch zu den hier verwendeten Parametern. Z_1 wird ähnlich erzeugt. Anstelle der Parameter K, A und b verwenden wir jedoch K_1', A_1' und b'. Zusammen ergibt das $Z_1 = \mathit{pattern}\ \ s\ a\ f\ K_1'\ S\ A_1'\ b'$ und $Z_i = \mathit{pattern}\ \ s\ a\ f\ K_i\ S\ A_i\ b'$ für $2 \leqslant i \leqslant n$.

   Anschließend setzen wir die einzelnen Schablonen zu einer Schablone $P = Z_1 \mathbin{+\!\!+} \cdots \mathbin{+\!\!+} Z_n$ zusammen, die als Ergebnis zurückgeliefert wird.

5 Die Satzglieder

In den vorangegangenen Kapiteln haben wir gezeigt, wie aus einem formalen Satz eine Satzschablone für einen deutschen Satz erzeugt werden kann. Die Schablone besteht aus einzelnen Feldern, die entweder mit einem Tupel bestehend aus einem Term und einer Valenzinformation besetzt sind oder mit einem freien Term. Wir zeigen nun, wie sie in deutsche Satzglieder umgesetzt werden können.

Die deutschen Entsprechungen der Terme sind die Ergänzungen. Sie lassen sich in zwei Gruppen einteilen: Die erste Gruppe bilden die Sätze (1a). Sie lassen sich mit dem im letzten Abschnitt aufgestellten Algorithmus zur Generierung von Sätzen erzeugen. Die zweite Gruppe bilden die Präpositionalphrasen (1b), Nominalphrasen (1c) und Pronomina (1d). Für die Elemente dieser Gruppe benötigen wir dagegen noch Algorithmen.

(1a) Ich frage mich, *ob er das macht*.
(1b) Wir halten das *für eine gute Idee*.
(1c) *Der Fisch* stinkt.
(1d) *Das* finden sie hier.

Die deutsche Entsprechung der freien Terme sind die Adverbiale. Sie lassen sich in drei Gruppen einteilen: Die erste Gruppe bilden die Sätze (2a). Auch sie können mit dem bereits definierten Algorithmus generiert werden. Die zweite Gruppe bilden die Präpositionalphrasen (2b) und Pronomina (2c). Sie unterscheiden sich lediglich durch die Herkunft ihrer Präposition von den entsprechenden Satzgliedern in ergänzender Funktion: Ist das Satzglied adverbial, so wird die Präposition im Lexikon nachgeschlagen, und ist es ergänzend, so ist die Präposition Teil der Valenzinformation. Wir können deshalb in beiden Fällen auf dieselben Algorithmen zurückgreifen. Die dritte Gruppe bilden die unflektierten Ausdrücke (2d). Ihre formale Entsprechung ist ein Schlüssel. Zu jedem Schlüssel existiert im Lexikon genau ein Eintrag, der unverändert übernommen werden kann. Ihre Generierung besteht somit aus nicht mehr als einem Nachschlagen im Lexikon und bedarf deshalb keiner weiteren Behandlung.

(2a) Ich ging früh, *da er noch eine Verabredung hatte*.
(2b) Er schrieb das Lied *für sie*.
(2c) Wir besuchen sie *in einer Woche*.
(2d) Die Untersuchung hat *bis jetzt* keine neuen Ergebnisse gebracht.

Damit bleiben lediglich die Präpositionalphrasen, Nominalphrasen und Pronomina übrig, für die wir noch Algorithmen angeben müssen. Zwischen ihnen bestehen etliche Gemeinsamkeiten, die wir nutzen werden. Wir beginnen mit den Präpositionalphrasen. Anschließend gehen wir auf die Nominalphrasen ein und danach auf die Pronomina.

5.1 Die Präpositionalphrase

Eine Präpositionalphrase besteht aus einer Präposition und einer Nominalphrase. Die Präposition steht entweder vor oder hinter der Nominalphrase. Sie steht niemals in der Nominalphrase. Die Position vor der Nominalphrase heißt **präfix** und die hinter der Nominalphrase **postfix**. Dazu zwei Beispiele:

(3a) Ihr Haus steht *gegenüber* dem Kino.
(3b) Ihr Haus steht dem Kino *gegenüber*.

(4a) Die Straße läuft *entlang* des Flusses.
(4b) Die Straße läuft den Fluß *entlang*.

Im Beispiel (3a, 3b) steht die Präposition *gegenüber* einmal präfix und einmal postfix. Auch die Präposition *entlang* kann präfix und postfix stehen (4a, 4b). Im Unterschied zur Präposition *gegenüber*, die in beiden Fällen den Dativ regiert, regiert sie in Abhängigkeit von ihrer Position einmal den Akkusativ und das andere Mal den Genitiv. Da die beiden Sätze jeweils nahezu gleichbedeutend sind, betrachten wir die Position dieser beiden Präpositionen als frei wählbar.[1] Wir gehen davon aus, daß die Wahl bereits beim Aufstellen des Lexikons getroffen wurde.

(5a) Er fiel *in* den Fluß.
(5b) Er fiel *in* dem Fluß.

Im Beispiel (5a, 5b) steht die Präposition *in* in beiden Fällen präfix, regiert aber einmal den Akkusativ und einmal den Dativ. Zwischen den beiden Verwendungen der Präposition *in* besteht ein klarer Bedeutungsunterschied. Es handelt sich somit aus Sicht der formalen Sprache um zwei verschiedene Präpositionen. Damit ist auch hier die Position und der Kasus aus Sicht des Generators eindeutig festgelegt.

Wir gehen nun auf den Aspekt der Generierung ein: Die formale Entsprechung einer Präpositionalphrase ist entweder ein Tupel bestehend aus einem Term und einer Valenzinformation oder ein freier Term. Ist die formale Entsprechung ein Tupel, so enthält die Valenzinformation die Präposition, ihre Position und den regierten Kasus. Ist die formale Entsprechung ein freier Term, so besteht er aus einem Term und einer formalen Präposition. Im Lexikoneintrag zu der formalen Präposition stehen seine deutsche Entsprechung, dessen Position und der regierte Kasus.

Aus diesen Informationen generieren wir eine Präpositionalphrase wie folgt: Zunächst erzeugen wir aus der Kasusinformation und dem Term eine Nominalphrase. Anschließend setzen wir die Präposition entsprechend der Positionsangabe entweder vor oder hinter die Nominalphrase. Wir müssen damit nur noch zeigen, wie aus einer Kasusinformation und einem Term eine Nominalphrase erzeugt werden kann. Dies geschieht im nächsten Abschnitt.

[1] Eisenberg Eisenberg (1994), Seite 261.

5.2 Die Nominalphrase

Wir zeigen nun, wie aus einem Term und einer Kasusinformation eine Nominalphrase generiert werden kann. Dafür betrachten wir zunächst die Struktur einer Nominalphrase: Sie besteht mindestens aus einem Nomen (6a). Wir werden neben dem Nomen auch einen Determinator als obligatorisch ansehen (6b). Dieser kann aber – wie es z. B. im Satz (6a) der Fall ist – phonetisch leer sein.

(6a) Sie trägt *Bücher*.
(6b) Sie trägt *ein Buch*.

Neben dem Determinator und dem Nomen sind noch folgende weitere Bestandteile möglich: mehrere Adjektive, ein Name, eine oder zwei Zuordnungen, mehrere Präpositionalphrasen, ein Relativsatz und ein Konjunktionalsatz. Dazu einige Beispiele:

(7a) $\underbrace{\text{das}}_{\text{Det.}}\ \underbrace{\text{neue}}_{\text{Adj.}}\ \underbrace{\text{Buch}}_{\text{Nomen}}\ \underbrace{\text{„Es“}}_{\text{Name}}\ \underbrace{\text{dieses Autors}}_{\text{Zuordnung}}\ \underbrace{\text{über einen Mord}}_{\text{Präpositionalattr.}},\ \underbrace{\text{das uns erstaunte}}_{\text{Relativsatz}}$

(7b) $\underbrace{\text{das}}_{\text{Det.}}\ \underbrace{\text{Versprechen}}_{\text{Nomen}},\ \underbrace{\text{das Jutta dir gegeben hat}}_{\text{Relativsatz}},\ \underbrace{\text{daß Andreas hilft}}_{\text{Konjunktionalsatz}}$

(7c) $\underbrace{\text{Alexanders}}_{\text{Zuordnung}}\ \underbrace{\text{teurer}}_{\text{Adj.}}\ \underbrace{\text{zweibändiger}}_{\text{Adj.}}\ \underbrace{\text{Atlas}}_{\text{Nomen}}\ \underbrace{\text{dieses Autors}}_{\text{Zuordnung}}$

(7d) $\underbrace{\text{das}}_{\text{Det.}}\ \underbrace{\text{Festhalten}}_{\text{Nomen}}\ \underbrace{\text{an diese Bindung}}_{\text{Präpositionalattr.}}\ \underbrace{\text{für ein ganzes Leben}}_{\text{Präpositionalattr.}}$

Die Zahl der Attribute und ihre Kombinierbarkeit sind im Prinzip nicht beschränkt, wobei bestimmte Kombinationen wie z. B. zwei satzwertige Attribute in einer Nominalphrase selten sind (7b).[1] Eine Ausnahme bildet die zweite Zuordnung: Sie ist nur dann zulässig, wenn die erste Zuordnung vor dem Nomen steht (7c).[2] Da die Zahl der Zuordnungen in $\mathcal{L}_I$ auf eins beschränkt ist, müssen wir uns jedoch um diese Restriktion keine Gedanken machen.

Die Abfolge der Bestandteile läßt nur wenige Variationen zu. Variationen sind lediglich bei der Abfolge der Adjektive, der Präpositionalphrasen und der satzwertigen Attribute möglich. Wir setzen deshalb zunächst die folgende Schablone an:

(8) Det - Adj - Nomen - Name - Zuord - Präp - Satz

Das Feld *Det* ist für einen Determinator oder eine initiale Zuordnung vorgesehen, das Feld *Adj* für Adjektive, das Feld *Nomen* für ein Nomen, das Feld *Name* für einen Namen, das Feld *Zuord* für eine Zuordnung, das Feld *Präp* für Präpositionalattribute und das Feld *Satz* für satzwertige Attribute. Wir gehen nun auf die Struktur und die Belegung der einzelnen Felder ein.

1 Eisenberg Eisenberg (1994), Seite 436.
2 Eisenberg Eisenberg (1994), Seiten 246 und 250.

Determinator Das Feld *Det* ist entweder durch einen Determinator oder eine initiale Zuordnung besetzt. Ein Determinator wird erzeugt, indem seine Form im Lexikon nachgeschlagen wird. Welche Form zu wählen ist, hängt von den Parametern Numerus, Genus des Nomens und Kasus der Nominalphrase ab. Bestimmte Determinatoren beeinflussen den Kasus der restlichen Nominalphrase derart, daß alle nachfolgenden Satzglieder im Genitiv stehen:

(9) *viele der* neuen Autos

Das Feld kann aber auch durch eine initiale Zuordnung besetzt sein. Dann enthält es keinen Determinator. Eine Zuordnung steht meist genau dann initial, wenn sie ein Eigenname ist und der formale Determinator bestimmt ist:

(10a) *Peters* neues Auto
(10b) das neue Auto *von Peter*

(11a) das neue Auto *der Firma*
(11b) **der Firma* neues Auto

Eine Zuordnung ist wiederum eine Nominalphrase und wird folglich mit dem Algorithmus generiert, den wir gerade angeben.

Adjektive Das Feld *Adj* wird durch Adjektive besetzt. Ihre Abfolge ist jedoch nicht frei. Das folgende Beispiel zeigt dies deutlich:

(12a) das *neue technische* Konzept
(12b) ?das *technische neue* Konzept

Zwischen den beiden Nominalphrasen besteht ein deutlicher Unterschied in ihrer Akzeptanz. Der Grund hierfür ist, daß die beiden Adjektive *neu* und *technisch* zwei verschiedenen Gruppen angehören, die gewöhnlich eine bestimmte Position im Feld *Adj* einnehmen. Drosdowski (1995) unterscheidet vier Positionen im Feld *Adj*, die jeweils von Adjektiven der entsprechenden Gruppe besetzt werden.[1] Wir werden diese Einteilung übernehmen und ein Adjektiv in genau das Feld stellen, das für seine Gruppe vorgesehen ist. Welcher Gruppe ein Adjektiv angehört, schreiben wir ins Lexikon. Unsere Schablone für das Feld *Adj* lautet damit:

(13) Adj = Adj1 - Adj2 - Adj3 - Adj4

Wir geben eine semantische Charakterisierung der einzelnen Gruppen von Adjektiven an. Diese Charakterisierungen sind lediglich als Heuristik gedacht. Letztendlich entscheidet der Lexikoneintrag, welcher Gruppe ein Adjektiv angehört.

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 1367.

1. **Quantitative Adjektive** Die erste Gruppe bilden die quantitativen Adjektive. Etliche dieser Adjektive sind bei uns Determinatoren oder Teil eines Determinators und damit aus Sicht des Generators keine Adjektive. Die Liste unten enthält nur solche Adjektive, die einem formalen Adjektiv entsprechen und deshalb vom Generator auch wie ein Adjektiv behandelt werden müssen.

   (14) verschieden, andere, sonstige, weitere, erste, zweite, dritte

2. **Referentielle Adjektive** Die zweite Gruppe bilden die referentiellen Adjektive. Sie geben eine zeitliche oder räumliche Lage an.

   (15) damalig, heutig, dortig, vordere, äußere, linke, obengenannt

3. **Qualitative Adjektive** Die dritte Gruppe bilden die qualitativen Adjektive. Sie sind entweder wertend oder bezeichnen eine Farbe oder eine Qualität im weitesten Sinne.

   (16) groß, schön, mangelhaft, gut, fleißig, verloren, blau, rot, grün

4. **Einordnende Adjektive** Die vierte Gruppe bilden die einordnenden Adjektive. Mit ihnen wird die stoffliche Beschaffenheit, die Herkunft oder der Bereich bezeichnet.

   (17) metallisch, technisch, französisch, wissenschaftlich, steuerlich

Adjektive werden wie die Determinatoren nach dem Numerus des Determinators, dem Genus des Nomens und dem Kasus der Nominalphrase flektiert. Hinzu kommt, daß ein Adjektiv entweder stark, gemischt oder schwach dekliniert ist. Welche der drei Deklinationsformen zu wählen ist, entscheidet der Determinator: Jeder Determinator regiert eine spezielle Form der Adjektivdeklination.[1] Welche es ist, legen wir beim Lexikoneintrag des Determinators ab. Entsprechend dieser drei Informationen wird die richtige Form eines Adjektivs im Lexikon nachgeschlagen.

Nomen Das Nomen ist nach dem Numerus des Determinators und dem Kasus der Nominalphrase flektiert. Die entsprechende Form wird im Lexikon nachgeschlagen. Mehr ist nicht zu beachten.

Name Ein Name ist ein optionaler Zusatz zum Nomen. Er ist unflektiert und steht meist direkt hinter dem Nomen. Er kann aber auch hinter einer möglicherweise vorhandenen Zuordnung stehen, doch sind dann Ambiguitäten möglich:

(18a) die Valenz *v* des Prädikats

(18b) die Valenz des Prädikats *v*

[1] Drosdowski (1995), Abschnitt 477.

In dem zweiten Beispiel ist nicht klar, ob *v* der Name der Valenz oder des Prädikats ist. Wir werden den Namen deshalb immer direkt hinter das Nomen stellen.

Zuordnung Eine Zuordnung ist ein optionaler Zusatz. Sie steht unter bestimmten Bedingungen in der Position des Determinators. Die Kriterien dafür haben wir bereits angegeben. Normalerweise steht sie jedoch hinter dem Nomen.

Eine Zuordnung ist vom Typ Nominalphrase und wird entsprechend mit dem Algorithmus generiert, den wir hier angeben. Als Kasus kommen der Genitiv als auch der Dativ zusammen mit der Präposition *von* in Frage. Normalerweise steht sie im Genitiv (19a, 19b).

(19a) die Gemahlinnen *der Könige*
(19b) die Gemahlinnen *von den Königen*

Ist der Determinator der Zuordnung jedoch der unbestimmte Artikel Plural und enthält sie keine Adjektive, so muß der Dativ mit *von* verwendet werden (20a, 20b).

(20a) *die Gemahlinnen *Könige*
(20b) die Gemahlinnen *von Königen*

Enthält die Zuordnung dagegen ein Adjektiv, so ist der Genitiv wiederum die bessere Wahl (21a, 21b).

(21a) die Gemahlinnen *deutscher Könige*
(21b) die Gemahlinnen *von deutschen Königen*

Präpositionalphrasen Die Präpositionalphrasen stehen hinter den Zuordnungen. Ihre Reihenfolge ist zwar frei, doch steht eine valenzgebundene Präpositionalphrase fast immer vor einer freien Präpositionalphrase. So sieht beispielsweise die Valenz des Nomens *Frage* eine Präpositionalphrase mit der Präposition *an* vor. Die Abfolge der Präpositionalphrasen in (22a) ist deshalb im Vergleich zur Abfolge in (22b) unmarkiert.

(22a) die Frage *an* Paul *aus* bester Absicht
(22b) die Frage *aus* bester Absicht *an* Paul

Wir werden deshalb valenzgebundene Präpositionalphrasen vor freie Präpositionalphrasen stellen. Enthält eine Nominalphrase mehrere valenzgebundene Präpositionalphrasen, so stellen wir sie in genau die Reihenfolge, die die Valenz des Nomens vorgibt. Bei den freien Präpositionalphrasen werden wir dagegen ihre Reihenfolge in der formalen Entsprechung des Satzgliedes übernehmen. Unsere Schablone für die Präpositionalphrasen lautet damit:

(23) Präp = Oblig - Frei

Wir gehen davon aus, daß die valenzgebundenen Präpositionalphrasen obligatorisch sind. Dies hat zur Folge, daß wir zwischen einem Nomen *Frage* und einem Nomen *Frage an* unterscheiden müssen. Diese Festlegung hat den Vorteil, daß sich der noch anzugebende Algorithmus leichter formulieren lassen wird.

Sätze Als satzwertige Attribute kommen ein Konditionalsatz und ein Relativsatz in Frage. Sie treten selten zusammen auf. Sollten sie dennoch zusammen auftreten, so ist ihre Abfolge im Prinzip frei (24a, 24b).[1] Wir haben die Konditionalsätze in den Beispielen durch Kursivdruck hervorgehoben.

(24a) das Versprechen, das Jutta dir gegeben hat, *daß Andreas hilft*
(24b) das Versprechen, *daß Andreas hilft*, das Jutta dir gegeben hat

Steht der Relativsatz hinter dem Konditionalsatz, so sind jedoch Ambiguitäten möglich: Der Relativsatz könnte sich unter bestimmten Umständen auch auf das letzte Satzglied des Konditionalsatzes beziehen. So kann der Relativsatz im Beispiel (25b) sowohl auf das Satzglied *das Versprechen* als auch auf das Satzglied *das Medikament* bezogen werden. Der Satz (25a) ist dagegen eindeutig.

(25a) das Versprechen, das Jutta dir gegeben hat, *daß das Medikament hilft*
(25b) das Versprechen, *daß das Medikament hilft*, das Jutta dir gegeben hat

Wir entscheiden uns deshalb für die Abfolge Relativsatz vor Konditionalsatz. Unsere Schablone für das Feld *Satz* lautet somit:

(26) Satz = Rel - Kond

Beide Typen von Sätzen lassen sich mit dem Algorithmus des letzten Kapitels generieren. Wir haben damit alle Felder der Schablone für die Nominalphrase besprochen. Wir gehen als nächstes auf das Pronomen ein.

5.3 Das Pronomen

Wir werden drei Typen von Pronomina unterscheiden: die Personalpronomina (27a), die Determinativpronomina (27b) und die Relativpronomina (27c). In diesem Abschnitt zeigen wir, wie sich alle drei Typen von Pronomina auf eine Präpositional- bzw. Nominalphrase reduzieren lassen, und geben Transformationen dafür an.

[1] Eisenberg Eisenberg (1994), Seite 436.

(27a) Maria schickt das größere Paket *an ihn*.
(27b) Maria schickt *das größere* an Peter.
(27c) Maria schickt das Paket, *das* größer ist, an ihn.

Personalpronomina Die Personalpronomina sind am einfachsten strukturiert, denn sie bestehen lediglich aus einem einzigen Wort, das um eine Präposition ergänzt sein kann. Dieses Wort ist nach Person, Numerus, Genus und Kasus flektiert. Das Genus wird aus einem Nomen abgeleitet, das in der formalen Entsprechung des Personalpronomens enthalten ist.

Strukturell unterscheidet sich ein Personalpronomen von einer attributlosen Präpositional- bzw. Nominalphrase in zwei Punkten: Zum einen ist sie zusätzlich nach einer Person flektiert, und zum anderen wird ihr Nomen nicht realisiert, sondern dient nur dazu, das Genus festzulegen. Wir reduzieren ein Personalpronomen deshalb wie folgt auf eine Präpositional- bzw. Nominalphrase: Zum einen setzen wir drei neue Determinatoren an, und zwar für jede Person einen. Zum zweiten geben wir dem Algorithmus zur Generierung von Präpositionalphrasen einen zusätzlichen Parameter mit, der besagt, daß das Nomen nicht realisiert werden soll.

Determinativpronomina Die Determinativpronomina sind den Präpositional- bzw. Nominalphrasen sehr ähnlich. Wie sie enthalten sie obligatorisch einen Determinator und können Attribute nehmen. Im Unterschied zu ihnen enthalten sie aber kein Nomen. Auch in einem zweiten Punkt unterscheiden sie sich: Die Determinatoren werden oftmals etwas anders flektiert:

(28a) Sie teilte es mit *den Armen*.
(28b) Sie teilte es mit *denen*.

Wir werden deshalb für jeden Determinator zwei eigenständige Einträge im Lexikon vorsehen: Einen für die Verwendung als Artikel, und einen für die Verwendung als Pronomen. Die Verwendung als Artikel betrachten wir dabei als den Standardfall.

Ein Determinativpronomen läßt sich dann wie folgt auf eine Präpositionalphrase reduzieren: Zum einen markieren wir seinen formalen Determinator als pronominal verwendet, und zum anderen teilen wir dem Algorithmus zur Generierung von Präpositionalphrasen durch einen Parameter mit, daß das Nomen nicht realisiert werden soll.

Relativpronomina Die formale Entsprechung der Relativpronomina sind die λ-Terme und freien λ-Terme. Ihre deutsche Realisierung hängt von ihrer syntaktischen Funktion ab: Sind sie Satzglied, so werden sie durch ein Wort realisiert, das dem bestimmten Artikel sehr ähnlich ist und um eine Präposition ergänzt sein kann (29a). Sind sie Attribut, so haben sie die Funktion eines Artikels (29b).[1]

[1] Eisenberg Eisenberg (1994), Seite 227.

(29a) Personen, *denen* die Brieftasche fehlt

(29b) ein Vertrag, *dessen Vorteile* unbestreitbar sind

Wir untersuchen zunächst die Relativpronomina in Satzgliedfunktion. Ihre Flektion hängt von dem Genus des übergeordneten Nomens, dem Numerus des übergeordneten Determinators und dem Kasus, der sich aus ihrer Satzgliedfunktion ergibt, ab. Das übergeordnete Nomen und der Numerus lassen sich aus dem Kontext berechnen. Damit können wir die Relativpronomina in Satzgliedfunktion genauso behandeln wie die Personalpronomina: Wir setzen einen neuen Determinator an, erzeugen aus dem Numerus, dem neuen Determinator und dem Nomen eine Präpositional- bzw. Nominalphrase und geben dem Algorithmus zur Generierung von Präpositionalphrasen einen Parameter mit, der besagt, daß das Nomen nicht realisiert werden soll.

Das Relativpronomen in Attributfunktion verhält sich wie der Determinator des Satzglieds, in dem es steht. Im Unterschied zu einem gewöhnlichen Determinator hängt seine Form jedoch vom Genus des übergeordneten Nomens ab. Wir führen deshalb für jedes Genus einen neuen Determinator ein. Dies hat den Vorteil, daß wir das Satzglied dann wie ein gewöhnliches Satzglied behandeln dürfen.

5.4 Ein Algorithmus

Wir geben nun einen Algorithmus an, mit dem Präpositionalphrasen, Nominalphrasen und Pronomina generiert werden können. Wir werden das zu generierende Satzglied mit S bezeichnen. Als Parameter erhält der Algorithmus einen Klassenterm, eine Kasusinformation $i = (p, P, c)$ bestehend aus einem Kasus c, einer Präposition P und deren Position p, eine Information a, ob nur ein bestimmter Teil des Satzglieds generiert werden soll, und eine Information b, ob es sich bei dem Satzglied um ein Pronomen handelt.

Wir führen nun Bezeichnungen für die Bestandteile des Klassenterms ein. Seine obligatorischen Bestandteile sind ein Determinator $d = (d_n, d_s)$, wobei d_n sein Numerus und d_s sein Schlüssel sind, eine Klasse k und eine Liste $t = [t_1, \dots, t_n]$ von obligatorischen Attributen, die zur Valenz $v = [v_1, \dots, v_n]$ der Klasse passen. An optionalen Bestandteilen sind möglich: Adjektive, ein Name, eine Zuordnung, Präpositionalattribute und ein Relativsatz. Wir fassen sie zu einer Liste $f = [f_1, \dots, f_m]$ zusammen. Der Algorithmus lautet dann wie folgt:

1. Wir verwenden die Schablone (8). Als erstes generieren wir den Inhalt der einzelnen Felder. Dafür benötigen wir folgende zusätzliche Informationen, die wir aus den übergebenen Parametern berechnen können: Das Genus g des Nomens, den Kasus c' der Adjektive und des Nomens und die Adjektivdeklination d'. g schlagen wir im Lexikon nach, c' berechnen wir aus dem Determinator und dem Kasus c und d' leiten wir aus dem Determinator d und der Besetzung des Feldes S_{Det} für den Determinator ab.

(a) **Präfix** In diesem Feld steht eine präfixe Präposition. Es gilt:

i. $p = \langle präfix \rangle$: $S_{Prä} = P$,
ii. sonst: $S_{Prä} = [\,]$.

(b) **Determinator** Sei z eine möglicherweise in f enthaltene Zuordnung. Enthält f keine Zuordnung, so sei $z = \emptyset$.

Wir benötigen folgende Hilfsfunktionen: Die Funktion *name*, die eine Nominalphrase nimmt und genau dann wahr ist, wenn dieser Nominalphrase ein Eigenname zugrunde liegt, die Funktion *genitive*, die einen Determinator nimmt und wahr ist, wenn der Determinator den Genitiv verlangt, und die Funktion *declination*, die einen Determinator nimmt und die zugehörige Adjektivdeklination liefert. Wir untersuchen zunächst, ob eine möglicherweise vorhandene Zuordnung die Rolle des Determinators übernimmt.

i. $z \neq \emptyset$, $name\ z$, $d_s = \langle Bestimmt \rangle$: Sei Z der deutsche Genitiv der Zuordnung z. Dann gilt: $S_{Det} = Z$, $d' = \langle stark \rangle$, $c' = \langle Genitiv \rangle$,
ii. sonst: Sei D die deutsche Entsprechung des Determinators d. Ihre Flektion hängt von dem Genus g und dem Kasus c ab. Dann gilt: $S_{Det} = D$, $d' = declination\ d$ und
   A. $genitiv\ d$: $c' = \langle Genitiv \rangle$,
   B. sonst: $c' = c$.

(c) **Adjektive** Seien a die Adjektive der Liste f. Sie können anhand ihres Lexikoneintrags den vier Listen $a_1, \dots, a_4$ zugeordnet werden, die jeweils nur Adjektive einer Gruppe enthalten. Seien $A_1, \dots, A_4$ die deutschen Entsprechungen dieser Adjektive. Ihre Flektion hängt von dem Numerus d_n, dem Genus g, dem Kasus c' und der Deklinationsform d' ab. Dann gilt: $S_{Adj} = A_1 +\!\!+ \cdots +\!\!+ A_4$.

(d) **Nomen** Das Nomen wird genau dann realisiert, wenn es sich bei dem Satzglied um eine Präpositional- oder Nominalphrase handelt. Sei N die deutsche Entsprechung der Klasse k. Ihre Flektion hängt von dem Numerus d_n und dem Kasus c' ab. Dann gilt:

i. b: $S_{Nomen} = [\,]$,
ii. sonst: $S_{Nomen} = N$.

(e) **Name** Sei n ein möglicherweise in f vorhandener Name. Dann gilt:

i. $n = \emptyset$: $S_{Name} = [\,]$,
ii. sonst: $S_{Name} = [n]$.

(f) **Zuordnung** Seien z eine möglicherweise in f vorhandene Zuordnung und *adjective* eine Funktion, die eine Nominalphrase nimmt und wahr ist, wenn diese Adjektive enthält. Dann gilt:

i. $z = \emptyset$: $S_{Zuord} = [\,]$,
ii. $name\ z \wedge d_s = \langle Bestimmt \rangle$: $S_{Zuord} = [\,]$,

iii. $d_n = \langle Plural \rangle$, $d_s = \langle Unbestimmt \rangle$, $\neg(adjective\ z)$: Sei Z der Dativ der Zuordnung z mit der präfixen Präposition *von*. Dann gilt: $S_{Zuord} = Z$,

iv. sonst: Sei Z der Genitiv der Zuordnung z. Dann gilt: $S_{Zuord} = Z$.

(g) **Präpositionalphrasen** Wir unterscheiden zunächst nach obligatorischen und freien Präpositionalphrasen.

i. Die obligatorischen Präpositionalphrasen stehen in der Liste t. Ihre Valenzinformationen sind in der Liste v enthalten. Die deutschen Entsprechungen T_i der einzelnen Tupel (t_i, v_i) mit $1 \leqslant i \leqslant n$ lassen sich mithilfe des hier angegebenen Algorithmus erzeugen und wie folgt zu einer Liste zusammenfassen:

A. $n \neq 0$, $sentence\ t_n$: $T = T_1 +\!\!+ \cdots +\!\!+ T_{n-1}$, $k = t_n$,

B. sonst: $T = T_1 +\!\!+ \cdots +\!\!+ T_n$, $k = \emptyset$.

ii. Sei $f' = [f'_1, \ldots, f'_{m'}]$ die Teilliste der Liste f, die die formalen Präpositionaladverbiale enthält. Die deutschen Entsprechungen F'_i der einzelnen Elemente f'_i mit $1 \leqslant i \leqslant m'$ lassen sich mithilfe des hier angegebenen Algorithmus erzeugen und wie folgt zu einer Liste zusammenfassen: $F' = F'_1 +\!\!+ \cdots +\!\!+ F'_{m'}$.

Es gilt: $S_{Präp} = T +\!\!+ F'$.

(h) **Sätze** Seien r ein möglicherweise vorhandener Relativsatz und k ein möglicherweise vorhandener obligatorischer Konjunktionalsatz, und seien R und K deren deutsche Entsprechungen, die mit dem im letzten Abschnitt angegebenen Algorithmus generiert werden können. Dann gilt: $S_{Satz} = R +\!\!+ K$.

(i) **Postfix** In diesem Feld steht eine postfixe Präposition. Es gilt:

i. $p = \langle postfix \rangle$: $S_{Post} = P$,

ii. sonst: $S_{Post} = []$.

2. Wir fassen zunächst die einzelnen Felder des Satzgliedes zu seinem Kern und seinem satzwertigen Rest zusammen:

(a) $S_{Kern} = S_{Prä} +\!\!+ S_{Det} +\!\!+ S_{Adj} +\!\!+ S_{Nomen} +\!\!+ S_{Name} +\!\!+ S_{Zuord} +\!\!+ S_{Präp}$,

(b) $S_{Rest} = S_{Satz} +\!\!+ S_{Post}$.

Das Satzglied wir dann wie folgt aus diesen beiden Bestandteilen zusammengesetzt:

(a) $a = \langle Kern \rangle$, $S_{Post} = []$: $S = S_{Kern}$,

(b) $a = \langle Satz \rangle$, $S_{Post} = []$: $S = S_{Rest}$,

(c) sonst: $S = S_{Kern} +\!\!+ S_{Rest}$.

6 Der Generator für das Englische

Wir gehen nun auf die Generierung englischer Sätze ein. Wir werden dabei ähnlich wie bei der Generierung deutscher Sätze vorgehen: Zunächst erzeugen wir eine Satzschablone, in die wir nachträglich Wörter und Wortgruppen einsetzen. Wir werden dabei parallel zum Deutschen vorgehen. Das hat den Vorteil, daß wir Gemeinsamkeiten zwischen den beiden Sprachen nutzen können, indem wir die Gemeinsamkeiten mit denselben Algorithmen behandeln – Algorithmen, die wir bereits in den Kapiteln zum deutschen Generator aufgestellt haben. Wir können uns somit auf die Unterschiede zwischen den beiden Sprachen konzentrieren, denn nur dort, wo sie sich unterscheiden, benötigen wir bei diesem Ansatz auch verschiedene Algorithmen.

Die wichtigsten Unterschiede zwischen den beiden Sprachen liegen im Verbalkomplex und in der Abfolge der Satzglieder, die im Vergleich zur Abfolge im Deutschen verhältnismäßig starr ist. Die Nominalphrase und die übrigen Bestandteile des Satzes sind dagegen ihren deutschen Entsprechungen von ihrer Struktur her sehr ähnlich.

Wir werden in diesem Kapitel wie folgt vorgehen: Zunächst untersuchen wir die Position der Satzglieder im Satz (Abschnitt 6.1). Unser Ziel ist dabei, einen Algorithmus aufzustellen, der zu einem vorgegebenen formalen Satz eine Schablone für einen englischen Satz erzeugt, der ihm entspricht. Danach geben wir die Struktur und die Generierung des Verbalkomplexes ein (Abschnitt 6.2). Zuletzt betrachten wir die übrigen Bestandteile des Satzes, bei denen strukturelle Unterschiede zu ihren deutschen Gegenstücken bestehen (Abschnitt 6.3).

6.1 Die Satzschablone

Der englische Satzbau läßt im Vergleich zum deutschen wesentlich weniger Variation zu. Unser Ziel ist es, aus den zulässigen Abfolgen eine solche auszusuchen, die unmarkiert ist. Dazu betrachten wir zunächst einfach strukturierte Sätze und leiten aus ihnen eine „normale“ Abfolge der Satzglieder ab. Anschließend untersuchen wir, unter welchen Umständen es sinnvoll ist, von dieser Abfolge abzuweichen.

Wir werden mit den Ergänzungen beginnen. Zunächst legen wir ihre normale Abfolge fest und untersuchen dann, wann wir davon abweichen sollten. Das Ergebnis wird ein erster Entwurf einer Satzschablone sein. Anschließend integrieren wir die Adverbiale in diese Schablone und erhalten so eine endgültige Schablone.

6.1.1 Die Abfolge der Ergänzungen

Wir werden nun die normale Abfolge der Ergänzungen festlegen. Als Ausgangspunkt dient uns eine von Greenbaum (1996) angegebene Aufstellung der Grundabfolgen. Sie lautet:[1]

(1a) Subject + Verb
(1b) Subject + Verb + Direkt or Indirekt Object
(1c) Subject + Verb + Indirekt Object + Direkt Object
(1d) Subject + Verb + Subject Predicative
(1e) Subject + Verb + Direkt Object + Object Predicative

Dazu je ein Beispiel:

(2a) My glasses (S) have disappeared (V).
(2b) Our country (S) is absorbing (V) many refugees (O_D).
(2c) I (S) am sending (V) you (O) an official letter of complaint (O).
(2d) The president (S) was (V) Bill Clinton (P).
(2e) I (S) have made (V) my position (O) clear (P).

Wir bringen nun die Bestandteile dieser Abfolgen in Relation zu den Bestandteilen von $\mathcal{L}_I$. Die folgende Tabelle faßt die Entsprechungen zusammen:

(3)

Satzglied	**formale Entsprechung**
Verb + Subject Predicative	Prädikat mit einer Eigenschaft als Kern
Verb	Prädikat mit einem Schlüssel als Kern
Object Predicative	Zuordnung
Subject, Object	Term

Gehen wir davon aus, daß nicht jede Position einer Abfolge besetzt werden muß, so können wir die Abfolgen (1a - 1e) wie folgt zu einer Schablone zusammenfassen:

(4) Subj - Präd - Ind - Dir - Zuord

Die Abkürzungen stehen für: *Subj* Subjekt, *Präd* Prädikat, *Ind* indirektes Objekt, *Dir* direktes Objekt und *Zuord* Zuordnung. Noch enthält die Schablone keine Felder für die Präpositionalobjekte und die satzwertigen Ergänzungen. Unser nächstes Ziel ist es deshalb, die Schablone entsprechend zu erweitern. Doch zuerst einige Beispielsätze, die Präpositionalobjekte und satzwertige Ergänzungen enthalten:

[1] Greenbaum (1996), Abschnitt 3.20.

(5a) A physicist may derive physical laws *from other physical laws*.
(5b) *That it is running now* shows that he was right.
(5c) His mother forbad him *to come to our party*.
(5d) He said of the players *that they had played badly*.

Präpositionalobjekte nehmen normalerweise eine Position direkt hinter dem direkten und indirekten Objekt ein (5a). Dies ist auch die Position, die eine Zuordnung einnimmt. Da beide nicht gleichzeitig in einem Satz vorkommen können, fassen wir sie zu einem Feld *Präp* zusammen.

Die Position einer satzwertigen Ergänzung hängt von ihrer syntaktischen Funktion ab: Hat sie Subjektfunktion, so muß sie fast immer in der Position des Subjekts stehen (5b), und hat sie Objektfunktion, so nimmt sie normalerweise die Position hinter den anderen Objekten ein (5c, 5d). Wir werden dieses Feld *SenObj* für *sentence objects* nennen.

In unserem Fragment gelte die folgende Beschränkung: Ein Satz darf zwar sowohl eine satzwertige Ergänzung in Subjektfunktion als auch eine in Objektfunktion enthalten; er darf aber maximal eine satzwertige Ergänzung in Objektfunktion enthalten. Wir werden uns deshalb auch keine Gedanken über die Abfolge der Ergänzungen in einem Satz mit mehr als zwei satzwertigen Ergänzungen in Objektfunktion machen. Die erweiterte Schablone lautet damit:

(6) Subj - Präd - Ind - Dir - Präp - SenObj

Variationen Wir gehen nun auf mögliche Variationen der normalen Abfolge ein. Wir beginnen mit der Abfolge von direktem und indirektem Objekt: Meist wird das indirekte Objekt vor das direkte gestellt (7a). Es ist aber genauso möglich, das indirekte Objekt zusammen mit der Präposition *to* dahinter zu stellen (7b).

(7a) He gave *Peter* the book.
(7b) He gave the book *to Peter*.

Die zweite Abfolge wird vorgezogen, wenn das direkte Objekt ein Pronomen ist (8a, 8b).

(8a) *He gave *Peter* it.
(8b) He gave it *to Peter*.

Das ist auch dann der Fall, wenn beide Objekte Pronomina sind (9a, 9b).

(9a) ?He gave *him* it.
(9b) He gave it *to him*.

Ist dagegen nur das indirekte Objekt ein Pronomen, so wird gewöhnlich die normale Abfolge beibehalten (10a, 10b).

(10a) He gave *him* the book.
(10b) (?)He gave the book *to him*.

Wir modifizieren die Schablone nun so, daß sie beide Varianten zuläßt. Die Position des indirekten Objekts hinter dem direkten realisieren wir, indem wir ein zweites Feld für das indirekte Objekt vorsehen, das sich direkt hinter dem Feld für das direkte Objekt befindet:

(11) Subj - Präd - Ind1 - Dir - Ind2 - Präp - SenObj

Wir werden dieses Feld nur dann verwenden, wenn das direkte Objekt ein Pronomen ist oder wenn das indirekte Objekt ein satzwertiges Attribut besitzt.

Auch ein Präpositionalobjekt ist nicht auf eine bestimmte Position festgelegt. Normalerweise nimmt es eine ganz bestimmte Position im Satz ein. Enthält ein Objekt jedoch ein satzwertiges Attribut, so kann es an die letzte Position im Satz rücken, sofern die Objekte, die normalerweise hinter ihm stehen würden, keine satzwertigen Attribute enthalten.

Sofern dies nur eine Umsortierung der Präpositionalobjekte bedeutet, ist die Änderung der Abfolge unproblematisch. Bedeutet sie jedoch, daß ein direktes oder indirektes Objekt hinter einem Präpositionalobjekt steht, so bedeutet sie immer eine stilistische Einbuße. Diese ist nur dann gerechtfertigt, wenn dadurch ein extrem langer Nebensatz nachgestellt werden kann. Dies ist z. B. im Satz (12b) der Fall. Dort ist die Vertauschung angemessen, da sonst das Präpositionalobjekt *as axioms* sehr weit vom Prädikat entfernt stehen würde. Doch auch die normale Abfolge ist akzeptabel (12b). Wir werden deshalb bei dem noch anzugebenden Algorithmus auf derartige Vertauschungen verzichten.

(12a) We therefore attempt to select as axioms *certain laws which we feel are evident from the nature of the concepts involved.*
(12b) We therefore attempt to select *certain laws which we feel are evident from the nature of the concepts involved*, as axioms.

Damit haben wir alle für uns relevanten Variationen der normalen Abfolge der Ergänzungen besprochen. Als nächstes gehen wir auf die Position der Adverbiale ein und integrieren sie in unsere vorläufige Schablone.

6.1.2 Die Position der Adverbiale

Ein Adverbial kann im Englischen oftmals mehrere Positionen im Satz einnehmen. Ist eine dieser Positionen die initiale Position, so entspricht sie fast immer einer Thematisierung des Adverbials. Auch in $\mathcal{L}_I$ ist es möglich, ein Adverbial als Thema des Satzes zu markieren. Wir werden im Lexikon deshalb zwei Positionen für ein Adverbial unterscheiden: Die eine für den Fall, daß es als Thema des Satzes markiert ist, und die andere für den Fall, daß es unmarkiert ist.

Als nächstes identifizieren wir die Positionen, die Adverbiale im Satz einnehmen können. Eine Aufstellung von Quirk und Greenbaum (1973) für Adverbien wird uns als Ausgangspunkt dienen. Sie unterscheiden die folgenden fünf Positionen im Satz:[1]

Initial Die Position vor dem Subjekt.

Medial1 (a) Die Position direkt vor dem ersten Hilfsverb oder einem Kopulaverb *be*.
(b) Die Position zwischen den ersten beiden Hilfsverben oder dem ersten Hilfsverb und einem Kopulaverb *be*.

Medial2 Die Position vor dem Vollverb bzw. hinter einem Kopulaverb *be*.

Final Jede Position hinter dem direkten und indirekten Objekt.

Dazu je ein Beispiel:

(13a) *Fortunately*, the house didn't go on fire.
(13b) We *normally* do not go to bed before midnight.
(13c) The solution must *therefore* be found by other means.
(13d) He was *completely* lost.
(13e) I paid for the book *immediately*.

Die Position *Initial* wird selten durch mehr als ein Adverbial besetzt.[2] Die formale Sprache trägt dieser Tatsache Rechnung, indem in ihr nicht mehr als ein Adverbial als initial markiert werden darf. Damit ist diese Restriktion bereits berücksichtigt.

Die Position *Medial1(b)* kann nur dann eingenommen werden, wenn der Satz entweder zwei Hilfsverben oder ein Hilfsverb und das Kopulaverb *be* enthält. Erfüllt der Satz diese Bedingung nicht, so sind die Positionen *Medial1(a)* und *Medial1(b)* identisch.

Nach Quirk & Greenbaum umfaßt die Position *Final* jede Position hinter dem direkten und indirekten Objekt. Wir werden dagegen nur drei Positionen unterscheiden: die Felder *Final1*, *Final2* und *Final3*. Das Feld *Final1* befindet sich unmittelbar hinter den Feldern für das direkte Objekt (14a), das Feld *Final2* befindet sich unmittelbar hinter dem Feld für die Präpositionalobjekte (14b), und das Feld *Final3* befindet sich unmittelbar hinter dem Feld für die satzwertigen Objekte (14c). Das Feld *Final3* ist somit das letzte Feld der Satzschablone. Finale Adverbien besetzen meist das Feld *Final1*, Präpositionaladverbiale meist das Feld *Final2* und satzwertige Adverbiale meist das Feld *Final3*.

(14a) It can be translated *unambiguously* into the formal version.
(14b) He applied for the job *on Tuesday*.
(14c) He decided that he would leave, *if he was asked to*.

[1] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 8.3.
[2] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 8.46.

Stehen mehrere Adverbiale in einem der finalen Felder, so stehen sie gewöhnlich in der Reihenfolge:[1]

(15) Art - Ort - Zeit

Wir werden deshalb die ersten beiden finalen Felder entsprechend in drei weitere Felder unterteilen. Das letzte finale Feld enthält im Gegensatz zu den ersten beiden selten mehr als ein Adverbial. Stehen dennoch mehr als ein Adverbial in diesem Feld, so kann ihre Abfolge wesentlich für die Bedeutung des Satzes sein. Wir werden deshalb in diesem Feld die Reihenfolge der Adverbiale im formalen Satz übernehmen. Die um die Adverbiale erweiterte Satzschablone lautet dann:

(16) Init - Subj - Präd - Ind1 - Dir - Fin1 - Ind2 - Präp - Fin2 - SenObj - Fin3

Das Feld *Präd* ist weiter unterteilt in:

(17) Präd = Med1a - Präd1a - Med1b - Präd1b - Med2 - Präd2

Und die Felder *Final1* und *Final2* sind weiter unterteilt in:

(18a) Fin1 = Art1 - Ort1 - Zeit1
(18b) Fin2 = Art2 - Ort2 - Zeit2

Die Position eines Adverbials kann im Lexikon nachgeschlagen werden. Somit liegt für alle Satzglieder fest, welche Position sie im Satz einnehmen. Damit haben wir alle Informationen, die wir benötigen, um einen Algorithmus zur Generierung von Satzschablonen aufzustellen. Ein solcher Algorithmus ist im nächsten Abschnitt aufgeführt.

6.1.3 Ein Algorithmus

Der folgende Algorithmus verteilt die Terme $t = [t_1, \ldots, t_n]$ und freien Terme $f = [f_1, \ldots, f_m]$ eines einfachen Satzes auf verschiedene Felder. Anschließend setzt er diese Felder zusammen mit den Feldern, die den Verbalkomplex enthalten, zu einem Satz zusammen. Für die Generierung benötigt er des weiteren die folgenden Informationen: Zum einen die Valenz des Prädikats $v = [v_1, \ldots, v_n]$, die für die Positionierung und Generierung der Terme benötigt wird, und zum anderen die Belegung der Felder des Verbalkomplexes *Präd1(a)*, *Präd1(b)* und *Präd2*. Als Ergebnis liefert er einen einfachen Satz *S* zurück.

Der Algorithmus ist wie folgt definiert: Als erstes werden die Terme und die Valenzinformationen zu einer Liste $e = zip\ t\ v$ zusammengefügt. Die einzelnen Elemente dieser Liste sind somit Tupel $e_i = (t_i, v_i)$. Als nächstes werden die Inhalte der einzelnen Felder berechnet. Dafür werden die folgenden Hilfsfunktionen benötigt:

[1] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 8.46.

1. Die Funktion *pronoun*, die ermittelt, ob ein Tupel $e_i = (t_i, v_i)$ ein Pronomen ist. Dies kann anhand der Struktur des Terms t_i entschieden werden.
2. Die Funktion *sentence*, die ermittelt, ob ein Tupel $e_i = (t_i, v_i)$ ein Satz ist. Dies kann anhand der Struktur des Terms t_i entschieden werden.
3. Die Funktion *function*, die aus der Valenzinformation v_i eines Tupels $e_i = (t_i, v_i)$ die syntaktische Funktion des Terms t_i extrahiert.
4. Die Funktion *position*, die zu einem freien Term f_i die Position des entsprechenden englischen Adverbials ermittelt. Sie hängt davon ab, ob f_i als Thema des Satzes markiert ist, und kann im Lexikon nachgeschlagen werden.

Mithilfe dieser Funktionen können wir die Belegungen der einzelnen Felder berechnen:

1. $S_{Subj} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{Subject} \rangle)\ e,$
2. $S_{Dir} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{direkt\ Objekt} \rangle \wedge \mathit{sentence}\ e)\ e,$
3. $S_{Ind} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{indirekt\ Objekt} \rangle \wedge \mathit{sentence}\ e)\ e,$
4. $S_{Zuord} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{Zuordnung} \rangle)\ e,$
5. $S_{Präp} = \mathit{filter}\ (\lambda e.\mathit{function}\ e = \langle \mathit{Präpositionalobjekt} \rangle)\ e,$
6. $S_{Init} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Inititial} \rangle)\ f,$
7. $S_{Med1a} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Medial1a} \rangle)\ f,$
8. $S_{Med1b} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Medial1b} \rangle)\ f,$
9. $S_{Med2} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Medial2} \rangle)\ f,$
10. $S_{Art1} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Art1} \rangle)\ f,$
11. $S_{Ort1} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Ort1} \rangle)\ f,$
12. $S_{Zeit1} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Zeit1} \rangle)\ f,$
13. $S_{Art2} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Art2} \rangle)\ f,$
14. $S_{Ort2} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Ort2} \rangle)\ f,$
15. $S_{Zeit2} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Zeit2} \rangle)\ f,$
16. $S_{Fin3} = \mathit{filter}\ (\lambda f.\mathit{position}\ f = \langle \mathit{Final3} \rangle)\ f.$

Wir fassen die Felder nun wie folgt zusammen:

1. $S_{Präd} = S_{Med1a} +\!\!+ S_{Präd1a} +\!\!+ S_{Med1b} +\!\!+ S_{Präd1b} +\!\!+ S_{Med2} +\!\!+ S_{Präd2},$
2. $S_{Fin1} = S_{Art1} +\!\!+ S_{Ort1} +\!\!+ S_{Zeit1},$
3. $S_{Fin2} = S_{Art2} +\!\!+ S_{Ort2} +\!\!+ S_{Zeit2}.$

Wir führen nun eine Umsortierung der Präpositionalobjekte durch. Ziel der Umsortierung ist es, ein Präpositionalobjekt, das ein satzwertiges Attribut besitzt, an die letzte Position ihres Feldes zu rücken. Stehen mehrere Präpositionalobjekte zur Auswahl, so wählen wir das nach der normalen Abfolge hinterste von ihnen. Ob ein Präpositionalobjekt ein satzwertiges Attribut besitzt, kann anhand seiner Struktur entschieden werden. Sei *senatt* eine Funktion, die entsprechendes leistet. Mit ihr kann eine Funktion *sort* definiert werden, welche die gewünschte Umsortierung vornimmt. Wir definieren:

1. $S_{Fin2} = [\,]$: $S_{Präp'} = sort\ S_{Präp}$,
2. sonst: $S_{Präp'} = S_{Präp}$.

Wir fassen nun den hinteren Teil des Satzes zusammen:

$$S_N = S_{Zuord} +\!\!+ S_{Präp'} +\!\!+ S_{Fin2} +\!\!+ S_{SenObj} +\!\!+ S_{Fin3}.$$

Als nächstes berechnen wir die Position des indirekten Objekts. Dafür berechnen wir zunächst, ob das direkte Objekt ein Pronomen ist, und ob das direkte und indirekte Objekt satzwertige Attribute besitzen:

1. $pronoun_{Dir} = \neg(filter\ (\lambda e.function\ e = \langle direkt\ Objekt\rangle \wedge pronoun\ e)\ e = [\,])$,
2. $short_{Dir} = filter\ (\lambda e.function\ e = \langle direkt\ Objekt\rangle \wedge senatt\ e)\ e = [\,]$,
3. $long_{Ind} = \neg(filter\ (\lambda e.function\ e = \langle indirekt\ Objekt\rangle \wedge senatt\ e)\ e = [\,])$.

Die Position des indirekten Objekts ergibt sich dann wie folgt:

1. *pronoun*: $S_{Ind1} = [\,]$, $S_{Ind2} = addPrep\ \langle to\rangle\ S_{Ind}$,
2. $short_{Dir}$, $long_{Ind}$, $S_N = [\,]$: $S_{Ind1} = [\,]$, $S_{Ind2} = addPrep\ \langle to\rangle\ S_{Ind}$,
3. sonst: $S_{Ind1} = S_{Ind}$, $S_{Ind2} = [\,]$.

Der mittlere Teil des Satzes lautet damit:

$$S_M = S_{Ind1} +\!\!+ S_{Dir} +\!\!+ S_{Fin1} +\!\!+ S_{Ind2}.$$

Wir setzen nun die einzelnen Felder zu einem einfachen Satz zusammen:

$$S = S_{Init} +\!\!+ S_{Subj} +\!\!+ S_{Präd} +\!\!+ S_M +\!\!+ S_N.$$

6.2 Der Verbalkomplex

In diesem Abschnitt befassen wir uns mit der Struktur des englischen Verbalkomplexes. Als Ausgangspunkt wählen wir formale Prädikate, die nur aus einem Kern bestehen. Anschließend erweitern wir sie schrittweise um jeweils einen Modifikator und untersuchen, welche Auswirkung dies auf ihre englischen Entsprechungen hat. Unser Ziel ist es dabei, die Grundlagen für einen Algorithmus zu legen, der aus einem formalen Prädikat einen englischen Verbalkomplex erzeugt und seine Bestandteile auf die drei Felder der Satzschablone *Präd1(a)*, *Präd1(b)* und *Präd2* verteilt.

Kern Der Kern eines Prädikats ist entweder ein Schlüssel oder eine Eigenschaft. Die englische Entsprechung eines Schlüssels ist ein Vollverb (19a), und die englische Entsprechung einer Eigenschaft ist das Kopulaverb *be* zusammen mit einem prädikativen Adjektiv (19b) oder einer Nominalphrase (19c).

(19a) I *play (1)* hockey.
(19b) He *is (1) deaf (2)*.
(19c) They *are (1) our friends (2)*.

Modifikatoren Beide können durch Modifikatoren ergänzt werden. Die verschiedenen Klassen von Modifikatoren sind: das Kopula (20a), der Aspekt (20b), das Genus verbi (20c), die Modalität (20d), das Tempus (20e) und die Negation (20f).

(20a) John *became (1) a doctor (2)*.
(20b) We *are (1) leaving (2)* tonight.
(20c) They *were (1) surprised (2)* by the police.
(20d) She *might (1) need to (2) drive (3)*.
(20e) The plane *has (1) arrived (2)*.
(20f) I *do (1) not (2) know (3)*.

Es fällt auf, daß sämtliche Modifikatoren vor dem Kern stehen und sie jeweils die finite Verbform stellen. Der Kern steht dagegen entweder im Infinitiv, im *ing*-Partizip oder im *ed*-Partizip.

Die Modifikatoren können beliebig kombiniert werden. Gewöhnlich werden aber selten mehr als drei Modifikatoren verwendet – ungrammatisch ist ein solcher Satz aber nicht:

(21) It *should (1) not (2) have to (3) have (4) been (5) being (6) cleaned (7)*.

Der obige Satz enthält aus jeder Klasse einen Modifikator. Die Modalverben *should* und *have to* realisieren Modalitäten, das Negationswort *not* eine Negation, das Hilfsverb *have* das Perfekt, das erste Hilfsverb *be* das Passiv und das zweite Hilfsverb *be* einen offenen Aspekt. Betrachtet man die Modalitäten aus dem Blickwinkel der Abfolge der Verbformen, so erhalten wir:

(22) Modalität + Negation $<$ Tempus $<$ Aspekt $<$ Genus verbi $<$ Kopula $<$ Kern

Diese Abfolge wird auch ihre syntaktische Abhängigkeit genannt. Allgemein gilt im Englischen die folgende syntaktische Abhängigkeit der Modifikatoren:[1]

(23) Modalität $<$ Tempus $<$ Aspekt $<$ Genus verbi $<$ Kopula $<$ Kern

[1] Greenbaum (1996), Abschnitt 5.17.

Die Negation nimmt eine Sonderrolle ein und kann nicht in die obige Ordnung integriert werden. Damit können wir die Position des Negationswortes *not* nicht aus der syntaktischen Abhängigkeit ableiten. Wir werden später zeigen, wie sie berechnet werden kann.

Zu jeder Klasse von Modifikatoren existiert ein Standardfall. Wir setzen den Standardfall damit gleich, daß kein Modifikator vorhanden ist. Die Standardfälle sind das Kopulaverb *be*, der abgeschlossene Aspekt, das Genus verbi Aktiv, eine leere Folge von Modalitäten, das Tempus Präsens und keine Negation. Bis auf das Kopulaverb *be* ist keiner der Standardfälle im Englischen syntaktisch realisiert. Wir sprechen deshalb auch von dem unmarkierten Fall. So sind beispielsweise die obigen Sätze (19a), (19b) und (19c) unmarkiert. Zu jeder Klasse von Modifikatoren existiert natürlich auch mindestens ein markierter Fall, auf die wir nun eingehen werden.

Kopula Wir beginnen mit dem Modifikator Kopula. Er ist in $\mathcal{L}_I$ nur bei Eigenschaften zulässig. Wir unterscheiden die Kopula *sein*, *werden* und *bleiben*. Ihre englischen Entsprechungen sind die Kopulaverben *be* (24a), *become* (24b) und *remain* (24c).[1]

(24a) The disastrous consequences *are* obvious.
(24b) The disastrous consequences *became* obvious.
(24c) The disastrous consequences *remain* obvious.

Die Flektion der Eigenschaft richtet sich nach ihrem Typ: Ist sie ein prädikatives Adjektiv, so ist sie unflektiert, und ist sie eine Nominalphrase, so steht sie im Nominativ.

Genus verbi Das Genus verbi ist entweder Aktiv oder Passiv. Es ist nur bei Schlüsseln zulässig. Das Aktiv ist unmarkiert (25a). Das Passiv wird durch das Hilfsverb *be* angezeigt. Außerdem steht die vorhergehende Verbform im *ed*-Partizip (25b).

(25a) This machine *produces (1)* screws.
(25b) Screws *are (1) produced (2)* by this machine.

Aspekt Ein Satz beschreibt oftmals eine Handlung. Eine Handlung ist auf den durch das Tempus angegebenen Zeitpunkt bezogen entweder abgeschlossen (26a, 26b) oder noch offen (27a, 27b). Die abgeschlossene Handlung ist der unmarkierte Fall. Eine offene Handlung wird dagegen durch das Hilfsverb *be* angezeigt. Außerdem steht die vorhergehende Verbform im *ing*-Partizip.

(26a) I *read (1)* the newspaper.
(26b) He *is (1) nosy (2).*

[1] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 12.8.

(27a) I *am (1) reading (2)* the newspaper.

(27b) He *is (1) being (2) nosy (3).*

Tempus Die englischen Entsprechungen der formalen Zeiten sind das Präsens (28a), das Perfekt (28b) und das Futur (28c). Das Präsens ist unmarkiert. Das Perfekt wird durch das Hilfsverb *have* angezeigt. Die vorhergehende Verbform steht im *ed*-Partizip. Das Futur wird durch das Modalverb *will* angezeigt, wobei die vorhergehende Verbform – wie bei anderen Modalverben auch – im Infinitiv steht.

(28a) But time *is (1) going (2)* slowly.

(28b) I *have (1)* just *been (2) working (3)* on this problem.

(28c) The meal *will (1) be (2)* freshly *prepared (3).*

Die Tatsache, daß *will* ein Modalverb ist, hat Auswirkungen auf die Form des Verbalkomplexes: Das Modalverb *will* gehört zu einer Gruppe von Modalverben, die nicht zusammen im Verbalkomplex vorkommen dürfen. Es darf beispielsweise nicht zusammen mit den Modalverben *can* (29a) und *could* (29b) stehen. Im Futur wird stattdessen das Modalverb *be able to* verwendet (29c).[1]

(29a) I *can (1) see (2)* him.

(29b) I *could (1) have (2) seen (3)* him.

(29c) I *will (1) be able to (2) see (3)* him.

Wir werden deshalb einen Verbalkomplex mit dem Tempus Futur nicht direkt generieren, sondern in einen Verbalkomplex mit dem Tempus Präsens und dem Modalverb *will* transformieren.

Modalität Die Modalität ist eine Folge von Modalschlüsseln. Sie wird im Englischen durch eine Folge von Modalverben realisiert. Die Modalverben sind in zwei Gruppen unterteilt, auf die wir separat eingehen werden.

Wir beginnen mit den Modalverben der ersten Gruppe. Sie dürfen nur finit verwendet werden und können folglich nicht zusammen im Verbalkomplex auftreten.[2] Oftmals werden die Modalverben der ersten Gruppe zu Paaren gruppiert, die aus einer Gegenwartsform und Vergangenheitsform bestehen. Wir werden uns dieser Sicht nicht anschließen und die beiden Formen wie separate Modalverben behandeln:[3]

---

[1] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 3.54.

[2] Greenbaum (1996), Abschnitte 4.29 und 5.24.

[3] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 3.54.

(30)

Present	**Past**
can	could
may	might
shall	should
will	would
must	(had to)

Die zweite Gruppe von Modalverben unterliegt dagegen keinen derartigen Restriktionen: Sie dürfen sowohl nicht-finit verwendet werden als auch in Kombination mit anderen Modalverben. Hier einige Beispiele:[1]

(31) have to, be able to, appear to, want to, wish to, be going to, had better

Die erste Gruppe von Modalverben steht immer vor der zweiten. Beiden ist gemeinsam, daß sie den Infinitiv nehmen:

(32a) I *am going to (1) have to (2) get round (2)* to it.

(32b) She *will (1) have to (2) visit (3)* her aunt.

Das Futur wird mit dem Modalverb *will* der ersten Gruppe gebildet. Somit sind im Futur keine Modalverben der ersten Gruppe zulässig. Sie werden stattdessen mit Modalverben der zweiten Gruppe paraphrasiert. Wir werden *can* und *may* mit *be able to* umschreiben und *shall* und *must* mit *have to*.

Negation Eine Negation wird im Englischen durch das Negationswort *not* realisiert. Es muß hinter einem Operator stehen. Operatoren sind die Hilfsverben *be*, *have* und *do* (33a), das Kopulaverb *be* (33b) und die Modalverben der ersten Gruppe (33c). Enthält der Verbalkomplex keinen Operator, so wird der Operator *do* eingefügt (33d).[2]

(33a) They *have (1) not (2) been (3) found (4)* yet.

(33b) Such communication *was (1) not (2) part (3)* of the proceedings.

(33c) He *would (1) not (2) stay (2)* long.

(33d) He certainly *did (1) not (2) go (2)* to the première.

Verteilung Die einzelnen Verbformen werden wie folgt auf die drei Felder *Präd1(a)*, *Präd1(b)* und *Präd2* des Verbalkomplexes verteilt: Das Feld *Präd2* enthält den Kern. Das Feld *Präd1(a)* wird durch den ersten Modifikator besetzt, sofern der Verbalkomplex nur einen Modifikator besitzt, und dieser der ersten Gruppe angehört. Alle anderen Verbformen stehen im Feld *Präd1(b)*.

Damit liegen uns alle Informationen vor, die wir benötigen, um einen Algorithmus aufzustellen, der den Verbalkomplex generiert. Er ist im nächsten Abschnitt aufgeführt.

[1] Greenbaum (1996), Abschnitt 5.33.

[2] Greenbaum (1996), Abschnitte 3.11 und 5.18.

6.2.1 Ein Algorithmus

Der folgende Algorithmus generiert aus einem formalen Prädikat einen englischen Verbalkomplex und verteilt ihn auf die drei Felder des Satzes *Präd1(a)*, *Präd1(b)* und *Präd2*. An Informationen erhält er das formale Prädikat p und eine Information f, die angibt, wie die finite Verbform zu flektieren ist. Die Information f enthält entweder

1. den Numerus und die Person des Subjekts,
2. die Information ‹*Infinitiv*›,
3. die Information ‹*ing-Partizip*› oder
4. die Information ‹*ed-Partizip*›.

Der Algorithmus lautet wie folgt:

1. In diesem Schritt erstellen wir zunächst die Liste L der benötigten Verbformen. Wir werden sie aus zwei Listen zusammensetzen: Einer Liste V der Schlüssel und einer Liste F der zugehörigen Flektionsinformationen.

   Wir bauen die Listen parallel auf, wobei die Liste der Schlüssel der Liste der Flektionsinformationen immer um ein Element voraus ist. Dies liegt daran, daß die nachfolgende Verbform die Flektion ihres Vorgängers bestimmt. Erst am Schluß fügen wir die Information f in die Liste der Flektionen F ein, so daß dann beide Listen die gleiche Länge haben.

   Der Aufbau wird nach folgenden Schritten vollzogen:

   (a) **Kern** Sei k der Kern des Prädikats. Seine englische Entsprechung kann ein Vollverb oder ein prädikatives Adjektiv sein. Dann gilt:

   $V_k = [k], F_k = [\,].$

   (b) **Kopula** Ist die englische Entsprechung des Kerns ein prädikatives Adjektiv, so enthält der Verbalkomplex ein Kopulaverb. Sei c der Schlüssel des Kopulaverbs. Dann gilt:

      i. Kern ist prädikatives Adjektiv: $V_c = [c], F_c = [\emptyset]$,
      ii. sonst: $V_c = [\,], F_c = [\,]$.

   (c) **Genus verbi** Steht das Prädikat p im Passiv, so wird es durch eine Form von *be* angezeigt. Die vorhergehende Verbform steht im *ed*-Partizip:

      i. Passiv: $V_g = [\langle be\rangle], F_g = [\langle ed\text{-}Partizip\rangle]$,
      ii. sonst: $V_g = [\,], F_g = [\,]$.

   (d) **Aspekt** Ist die Handlung, die das Prädikat beschreibt, offen, so wird dies durch eine Form von *be* angezeigt. Die vorhergehende Verbform steht dann im *ing*-Partizip:

      i. Passiv: $V_a = [\langle be\rangle], F_a = [\langle ed\text{-}Partizip\rangle]$,
      ii. sonst: $V_a = [\,], F_a = [\,]$.

(e) **Tempus** Sei t der Tempus und m die Modalität. Das Perfekt wird durch das Hilfverb *have* angezeigt und das Futur durch das Modalverb *will*:

i. Perfekt: $V_t = [\langle haben \rangle]$, $F_t = [\langle ed\text{-}Partizip \rangle]$, $m' = m$,

ii. Futur: $V_t = []$, $F_t = []$, $m' = [\langle will \rangle] +\!\!+ m$,

iii. sonst: $V_t = []$, $F_t = []$, $m' = m$.

(f) **Modalität** Die Modalverben zerfallen in zwei Gruppen. Aus der ersten Gruppe darf maximal ein Modalverb im Verbalkomplex vertreten sein. Die Gruppenzugehörigkeit eines Modalverbs kann im Lexikon nachgeschlagen werden. Enthalte m_1 den Schlüssel des ersten Modalverbs von m', das der ersten Gruppe angehört, und enthalte m_2 alle übrigen Schlüssel.

Nun ist es möglich, daß die Liste m_2 Schlüssel enthält, die für Modalverben der ersten Gruppe stehen. Diese Schlüssel müssen in Schlüssel für Modalverben der zweiten Gruppe umgesetzt werden. Dies kann durch Nachschlagen in einer Tabelle geschehen. Sei m_2' die korrigierte Liste von Schlüsseln. Es gilt:

i. $m_1 = \emptyset$: $V_{m1} = []$, $F_{m1} = []$,

ii. sonst: $V_{m1} = [m_1]$, $F_{m1} = [\langle Infinitiv \rangle]$,

und

$$V_{m2} = m_2', F_{m2} = repeat\ |m_2'|\ \langle Infinitiv \rangle.$$

(g) **Flektion** Nun wird nur noch die Flektion der letzten Verbform in die Liste der Flektionen eingefügt: $V_f = []$, $F_f = [f]$.

Wir fügen nun die einzelnen Teillisten zu einer Liste zusammen:

(a) $V = V_f +\!\!+ V_{m1} +\!\!+ V_{m2} +\!\!+ V_t +\!\!+ V_a +\!\!+ V_g +\!\!+ V_c +\!\!+ V_k$, und

(b) $F = F_f +\!\!+ F_{m1} +\!\!+ F_{m2} +\!\!+ F_t +\!\!+ F_a +\!\!+ F_g +\!\!+ F_c +\!\!+ F_k$.

Sei L die Liste, die sich ergibt, indem beide Listen elementweise zu einer Liste zusammengefügt werden, und woraus dann die entsprechende englische Verbform generiert wird.

2. Wir erzeugen nun aus der Liste L die Belegung der Felder *Präd1(a)*, *Präd1(b)* und *Präd2*. Dafür unterteilen wir die Liste L zunächst in drei Teillisten L_0, L_1 und L_2.

Die Liste L_2 enthalte den Kern des Verbalkomplexes, also $L_2 = [last\ L]$. Sei R der Rest, also $R = init\ L$. Die Liste L_0 enthalte die letzte Verbform von R, sofern sie ein Operator ist:

(a) $V_{m1} = []$, $V_{m2} \neq []$: $R_0 = []$, $R_1 = R$,

(b) $R = []$: $R_0 = []$, $R_1 = R$,

(c) sonst: $R_0 = head\ R$, $R_1 = tail\ R$.

Wir integrieren als nächstes eine möglicherweise vorhandene Negation n in den Verbalkomplex:

(a) n, $R_0 = []$: $L_0 = [\langle do \rangle, \langle not \rangle]$, $L_1 = R_1$,

(b) n: $L_0 = [R_0, \langle not \rangle]$, $L_1 = R_1$,

(c) sonst: $L_0 = R_0$, $L_1 = R_1$.

3. Aus den Wortlisten kann nun das Ergebnis berechnet werden:

(a) $V_{m2} = []$, $L_1 \neq []$: $(P_{1a}, P_{1b}, P_2) = (L_0, L_1, L_2)$,

(b) sonst: $(P_{1a}, P_{1b}, P_2) = ([], L_0 +\!\!+ L_1, L_2)$.

6.3 Die übrigen Bestandteile des Satzes

Die meisten der übrigen Bestandteile eines formalen Satzes lassen sich mit denselben Algorithmen generieren wie im Deutschen. Für unser Fragment sind nur drei Unterschiede relevant. Wir werden in diesem Abschnitt auf sie eingehen. Sie sind die Realisierung und die Position einer Zuordnung (6.3.1), einer Konjunktion (6.3.2) und einer Negation (6.3.3). Alle anderen Unterschiede können dagegen in dem von uns gewählten Fragment vernachlässigt werden, so daß wir auf ihre Behandlung verzichten.

6.3.1 Die Zuordnung

Die Nominalphrase ist im Englischen nahezu identisch aufgebaut wie im Deutschen. Nur bei der Plazierung und der Flektion einer möglicherweise vorhandenen Zuordnung bestehen Unterschiede. Auf diese Unterschiede gehen wir nun ein.

(34a) *the firm's* car

(34b) the car *of the firm*

Wie im Deutschen kann die englische Entsprechung einer Zuordnung entweder die Rolle eines Artikels übernehmen und vor dem Nomen stehen (34a) oder einem Präpositionalattribut ähnlich hinter dem Nomen stehen (34b). Die Bedingungen, die zu der einen oder der anderen Position führen, unterscheiden sich jedoch vom Deutschen. Dort steht eine Zuordnung gewöhnlich nur dann initial, wenn die Nominalphrase eine definite Kennzeichnung und die Zuordnung ein Eigenname ist. Im Englischen steht sie dagegen normalerweise genau dann vor dem Nomen, wenn die Nominalphrase eine definite Kennzeichnung ist und die Zuordnung belebt und außerdem nicht zu komplex ist.[1]

Auch in der Flektion einer initialen Zuordnung unterscheiden sich die beiden Sprachen. Während im Deutschen die gesamte Zuordnung im Kasus Genitiv steht (35a),

[1] Quirk und Greenbaum (1973), Abschnitt 4.71.

wird im Englischen eine Zuordnung durch eine Markierung mit *'s* am Ende der Zuordnung ausgezeichnet (35b).

(35a) *des neu gewählten Königs* Frau
(35b) *the newly elected king's* wife

Damit müssen in den beiden Sprachen verschiedene Algorithmen zur Plazierung einer Zuordnung verwendet werden, und der Unterschied in der Flektion muß in dem Algorithmus zur Generierung einer Nominalphrase berücksichtigt werden. Ansonsten kann aber derselbe Algorithmus zur Generierung einer Nominalphrase wie im Deutschen verwendet werden.

6.3.2 Die Konjunktion

Wie die koordinierenden Konjunktionen im Deutschen belegen alle Konjunktionen im Englischen ein eigenes Feld am Anfang des Satzes. Die Struktur des übrigen Satzes bleibt davon unberührt:

(36) He will accept this as a law of mathematics, *only when* it has been proved.

Konjunktion und Satz lassen sich damit im Englischen getrennt voneinander generieren und nachträglich zusammensetzen.

6.3.3 Die Negation

Eine Negation besteht in der formalen Sprache aus zwei Informationen: Die eine Information ist, daß der positive Satz nicht zutrifft, und die zweite ist, daß eine Konstituente als Ursache markiert ist. Während sich im Deutschen eine Markierung auch syntaktisch dort realieren läßt, wo sie semantisch hingehört, ist dies im Englischen nicht immer möglich.

Eine markierte Konstituente kann im Englischen nur dann die Markierung tragen, wenn sie entweder Subjekt ist oder im entsprechenden positiven Satz mit dem unbestimmten Artikel auftreten würde. Ist sie dagegen ein Objekt und würde sie im positiven Satz nicht mit dem unbestimmten Artikel stehen, so trägt stattdessen das Prädikat die Markierung. Dazu zwei Beispiele:

(37a) He found *a* mistake.
(37b) He did *not* find *any* mistake.

(38a) *Not many* guests can be seen by Peter.
(38b) Peter can *not* see *many* guests.

Im ersten Beispiel wird zwar das direkte Objekt negiert, doch steht es im positiven Satz mit dem unbestimmten Artikel (37a). Die Markierung kann deshalb durch den Artikel *any* angezeigt werden (37b). Im zweiten Beispiel ist der Determinator dagegen der Quantor *many*. Er kann nur in Subjektposition die Negation tragen (38a). In Objektposition muß die Markierung dagegen beim Prädikat stehen (38b).

Den Unterschied zwischen der Realisierung der Negation im Deutschen und im Englischen werden wir durch eine vorhergehende Transformation der Sätze im Englischen beseitigen. Nach dieser Transformation enthält ein negierter Satz die Markierung genau dort, wo sie im Englischen auch realisiert werden kann. Wir können so alle anderen Algorithmen unverändert lassen.

7 Der Generator für das Französische

Wir gehen nun auf die Generierung französischer Sätze ein. Dieses Kapitel ist mit Absicht kurz gehalten, da wir zum einen viele Algorithmen aus den vorangegangenen Kapiteln übernehmen können, und zum anderen der Autor nur geringe Kenntnisse der französischen Sprache besitzt. Der hier vorgestellte Generator ist deshalb nicht ganz so ausgefeilt wie die beiden vorangegangenen.

Der französische Satzbau gestaltet sich wie der englische recht einfach. Die Abfolge von direktem Objekt und Präpositionalobjekten ist zwar geringfügig freier als im Englischen,[1] doch ansonsten können wir mit einer nahezu identischen Satzschablone arbeiten.

Eine Ausnahme bilden pronominalisierte Objekte und Adverbien. Sie sind oftmals Teil des Verbalkomplexes und stehen damit nicht an der Stelle im Satz, die für Konstituenten in entsprechender Funktion sonst üblich ist. Unter welchen Bedingungen sie im Verbalkomplex stehen und welche Position sie dort einnehmen, werden wir im Abschnitt 7.1 behandeln. In dem Zusammenhang gehen wir außerdem auf die Position ein, die die beiden Negationspartikeln *ne* und *pas* und Adverbien im Verbalkomplex einnehmen.

Eine weitere Besonderheit betrifft die attributiven Adjektive. Im Deutschen und im Englischen stehen sie immer vor dem dazugehörigen Nomen. Im Französischen steht die Mehrzahl von ihnen dagegen hinter dem dazugehörigen Nomen. Einige wenige stehen jedoch davor. Die Adjektive verteilen sich somit im Französischen auf zwei Felder der Nominalphrase, statt – wie in den anderen beiden Sprachen – in einem Feld der Nominalphrase gebündelt zu sein. Daraus ergeben sich einige Besonderheiten, auf die wir im Abschnitt 7.2 eingehen werden.

7.1 Der Verbalkomplex

In diesem Abschnitt befassen wir uns mit der Generierung französischer Verbalkomplexe. Ihre Verbformen lassen sich nahezu analog zu den Verbformen eines englischen Verbalkomplexes generieren. Wir verzichten deshalb darauf, einen Algorithmus für ihre Generierung aufzustellen, da nur geringfügige Modifikationen am englischen Algorithmus notwendig sind, um mit ihm auch französische Verbformen generieren zu können.

[1] Grevisse und Goosse (1993), Seite 457.

Der Verbalkomplex umfaßt im Französischen aber wesentlich mehr als nur die Verbformen. Für unser Fragment sind drei Gruppen von weiteren Bestandteilen relevant: die Pronomina, die Negationspartikeln und die Adverbien in Zwischenstellung. Auf ihre Position im Verbalkomplex werden wir in den folgenden drei Abschnitten eingehen. Diese Betrachtungen münden in eine Schablone für den französischen Verbalkomplex, die im darauffolgenden Abschnitt aufgestellt wird.

7.1.1 Die Stellung der Pronomina

Pronomina können im Französischen zwei verschiedene Formen annehmen. Sie werden die **gebundene Form** (1a) und die **freie Form** genannt (1b).

(1a) je, tu, il, elle, nous, vous, ils, elles, me, te, le, la, les, lui, leur, se, y, en
(1b) moi, toi, lui, elle, nous, vous, eux, elles

Der Unterschied zwischen den beiden Formen besteht in ihrer Verwendung: Die gebundene Form wird in enger Kontextnachbarschaft eines Verbs gebraucht (2a). Die freie Form kennt dagegen eine solche Beschränkung nicht (3a). Sie wird in der Regel genau dann verwendet, wenn die entsprechende gebundene Form nicht verwendet werden darf oder das Pronomen hervorgehoben werden soll.[1]

(2a) *Je* pense, donc *je* suis – *tu* connais cette phrase?
(2b) *Ich* denke, also bin *ich* – kennst *du* diesen Satz?

(3a) Qui a dit cela, *toi*? Non, pas *moi*, c'est Descartes.
(3b) Wer hat das gesagt, *du*? Nein, *ich* nicht, das war Descartes.

Um die strukturellen Unterschiede zwischen dem Französischen und dem Deutschen deutlicher zu machen, haben wir zu den obigen Beispielsätzen die entsprechenden deutschen Sätze hinzugefügt. Wir werden dies auch bei den folgenden Beispielen beibehalten.

Wir betrachten nun, wie zu einem vorgegebenen Pronomen berechnet werden kann, welche der beiden Formen zu wählen ist. Danach gehen wir darauf ein, welche Abfolge die Pronomina einnehmen, wenn mehrere in einem Feld des Satzes zusammentreffen. Dieser Fall tritt genau dann ein, wenn mehrere gebundene Pronomina Teil des Verbalkomplexes sind. Sie stehen dann nämlich gemeinsam in einem Feld.

Koordinierte und attributierte Pronomina Zunächst einmal kommt die gebundene Form nur für einfache Pronomina in Frage. Ist das Pronomen dagegen Teil eines zusammengesetzten Ausdrucks (4a) oder attributiert (5a, 6a), so muß in jedem Fall die freie Form gewählt werden.

[1] Weinrich (1982), Abschnitt 3.1.3.

(4a) *Mon frère et moi* sont informaciens.
(4b) *Mein Bruder und ich* sind Informatiker.

(5a) *Lui aussi* n'est pas allé à l'ecole.
(5b) *Auch er* ist nicht in die Schule gegangen.

(6a) On *ne* regardait *que lui*.
(6b) Man schaute *nur ihn* an.

Pronomina in Subjekt- und Objektfunktion Hat ein einfaches Pronomen die Funktion eines Subjekts oder eines direkten Objekts, so nimmt es die gebundene Form an. Der Name „gebundene Form“ resultiert aus dem Stellungsverhalten der gebundenen Formen: Sie stehen nämlich grundsätzlich entweder direkt vor dem Verbalkomplex oder sind gar Teil des Verbalkomplexes. Die Position vor dem Verbalkomplex ist für Pronomina in Subjektfunktion reserviert (7a). Sie ist identisch mit der für Subjekte üblichen Position. Alle anderen gebundenen Pronomina sind dagegen Teil des Verbalkomplexes. So auch die einfachen Pronomina in der Funktion eines direkten Objekts (8a).

(7a) *Je* ne danse pas.
(7b) *Ich* tanze nicht.

(8a) Tu ne me *la* donnes pas.
(8b) Du hast *sie* mir nicht gegeben.

Reflexivpronomina Reflexivpronomina besitzen nur eine gebundene Form und sind damit immer Teil des Verbalkomplexes (9a, 10a).[1]

(9a) Je *me* les lave.
(9b) Ich wasche sie *mir*.

(10a) Il *s*'en souvient, mais elle ne *s*'en souvient pas.
(10b) Er erinnert *sich* daran, aber sie erinnert *sich* nicht daran.

Pronominalisierte Präpositionalphrasen Satzglieder in einer von Subjekt und direktem Objekt verschiedenen Funktion stehen immer mit einer für diese Funktion charakteristischen Präposition. Ist diese Präposition weder *de* noch *à*, so muß die freie Form gewählt werden (11a).

(11a) Il parle *avec elle*.
(11b) Er spricht *mit ihr*.

[1] Weinrich (1982), Abschnitt 3.4.7.

Ist die Präposition dagegen *de* oder *à*, so hängt die Form eines einfachen Pronomens von mehreren Parametern ab. Sie sind:

1. die Belebtheit des Individuums, auf das das Pronomen referenziert,
2. das Prädikat,
3. das Vorhandensein eines Reflexivpronomens und
4. die Person des direkten Objekts, falls es ein gebundenes Pronomen ist.

Auf diese Parameter gehen wir nun einzeln ein.

Belebtheit Die Form eines Pronomens, das mit der Präposition *de* oder *à* steht, wird maßgeblich davon beeinflußt, ob es auf eine Person oder eine Sache referenziert. Referenziert das Pronomen auf eine Sache, so wird eine spezielle gebundene Form verwendet: Bei der Präposition *de* ist es das Pronomen *en* (12a, 13a) und bei der Präposition *à* das Pronomen *y* (14a, 15a). Referenziert das Pronomen dagegen auf eine Person, so müssen weitere Parameter betrachtet werden, um seine Form zu ermitteln.[1]

(12a) Je suis content *de la journée*.
(12b) Ich bin *mit dem Tag* zufrieden.

(13a) J'*en* suis content.
(13b) Ich bin *damit* zufrieden.

(14a) Je m'attaque *à lui*.
(14b) Ich nähere mich *ihm (Person)*.

(15a) Je m'*y* attaque.
(15b) Ich nähere mich *ihm (Sache)*.

Prädikat Einige Prädikate erzwingen, daß die freie Form verwendet wird, falls das Pronomen auf eine Person referenziert. Die Prädikate *penser*, *renoncer*, *songer*, *tenir* und *s'attacher* zählen zu dieser Gruppe. Man vergleiche dazu:[2]

(16a) Je la *lui* donne.
(16b) Ich gebe sie *ihm/ihr*.

(17a) Je songe *à toi*.
(17b) Ich denke *an dich*.

---
1 Weinrich (1982), Abschnitte 7.3.2.5 und 8.3.2.1.7.
2 Horstmann (1998), Seite 26.

Reflexivität und Objektpronomina Sowohl ein Reflexivpronomen als auch ein direktes Objektpronomen mit einer von der 3. Person verschiedenen Person erzwingen bei personenbezogenen Pronomina die freie Form (18a). Andernfalls wird die gebundene Form gewählt (19a).

(18a) Marc te présent *à elle*.
(18b) Marc stellt dich *ihr* vor.

(19a) Marc le *lui* présent.
(19b) Marc stellt ihn *ihr* vor.

Abfolge Nimmt ein Pronomen die freie Form an, so steht es an der Stelle im Satz, an der auch eine Nominalphrase in entsprechender Funktion stehen würde. Seine Position ist damit bereits durch die Satzschablone festgelegt. Dies gilt auch für gebundene Pronomina in Subjektfunktion. Nimmt ein Pronomen dagegen die gebundene Form an und hat es keine Subjektfunktion, so steht es im Verbalkomplex. Treffen mehrere gebundene Formen im Verbalkomplex aufeinander, so nehmen sie die unter (20) festgelegte Abfolge ein.[1]

(20)	me te se nous vous	le la les	lui leur	y	en

Pronomina, die in dem Diagramm untereinander stehen, dürfen nicht zusammen im Verbalkomplex stehen. Wir müssen diese Restriktion aber nicht gesondert berücksichtigen, da die oben aufgeführten Regeln eine derartige Konstellation nicht zulassen.

Position Wir betrachten nun, welche Position die gebundenen Pronomina im Verbalkomplex einnehmen. Dafür unterscheiden wir zunächst danach, ob der Verbalkomplex eine oder mehrere Verbformen enthält. Enthält der Verbalkomplex nur eine Verbform, so stehen die Pronomina direkt vor dieser Verbform (21a, 22a).

(21a) Je *vous la* prête, si vous voulez.
(21b) Ich gebe *sie Ihnen*, wenn Sie wollen.

(22a) C'est pourquoi elle ne *le lui* dit pas.
(22b) Deshalb hat sie *es ihm* nicht gesagt.

[1] Weinrich (1982), Abschnitt 3.1.3.

Enthält der Verbalkomplex dagegen mehrere Verbformen, so entscheidet die Form der letzten Verbform über die Position der Pronomina. Ist sie ein Partizip, so stehen die Pronomina direkt vor der finiten Verbform (23a, 24a) und ist sie ein Infinitiv, so stehen sie direkt vor der letzten Verbform (25a, 26a).

(23a) Elle *y* est déjà allée.
(23b) Sie ist schon *dort* hingegangen.

(24a) Claire ne *le leur* a pas encore dit.
(24b) Claire hat *es ihnen* noch nicht gesagt.

(25a) Tout le monde a pu *y* aller.
(25b) Alle haben *dort* hingehen können.

(26a) Je vais *le lui* expliquer.
(26b) Ich werde *es ihm/ihr* erklären.

7.1.2 Die Negation

Im Französischen wird das Prädikat negiert, indem die finite Verbform durch die beiden Negationspartikeln *ne* und *pas* „eingerahmt" wird: Die Negationspartikel *ne* nimmt dabei die vorderste Position im Verbalkomplex ein (27a).

(27a) Nous *ne* nous voyons *pas*.
(27b) Wir sehen uns *nicht*.

Auch die Plazierung der Negationspartikel *pas* gestaltet sich unwesentlich schwieriger. Ist eine finite Verbform vorhanden, so steht sie hinter dieser, wobei einige Adverbien die Eigenschaft haben, dazwischen zu stehen (28a).[1]

(28a) Je *ne* peux *pas* vous garantir le délai de livraison.
(28b) Ich kann Ihnen die Lieferzeit *nicht* garantieren.

Ist keine finite Verbform vorhanden, so steht die Negationspartikel *pas* dagegen direkt hinter der Negationspartikel *ne* (29a).

(29a) Je suis triste de *ne pas* avoir danser.
(29b) Ich bin traurig, *nicht* getanzt zu haben.

Steht die Negationspartikel *pas* an letzter Stelle des Verbalkomplexes, so können bestimmte Adverbien zwischen ihr und der finiten Verbform stehen (30a).

[1] Weinrich (1982), Abschnitt 9.2.2.2.

(30a) Je *ne* te le donnerai sûrement *pas*.

(30b) Ich werde es dir sicher *nicht* geben.

7.1.3 Die Zwischenstellung

Einige kürzere Adverbien tendieren dazu, eine Position einzunehmen, die sich im Verbalkomplex befindet. Diese Position wird **Zwischenstellung** genannt.[1] Sie befindet sich direkt hinter der finiten Verbform, sofern das Prädikat nicht negiert ist (31a).

(31a) Il a *déja* été vu.

(31b) Er ist *schon* gesehen worden.

Ist das Prädikat negiert, so entscheidet der Lexikoneintrag eines Adverbs in Zwischenstellung, ob es vor oder hinter der Negationspartikel *pas* steht. Adverbien, die die Negation nuancieren wie *donc*, *peut-être* und *sûrement*, stehen gewöhnlich davor (32a). Einige wenige wie z. B. *encore* stehen dagegen wie alle übrigen Adverbien dahinter (33a).[2]

(32a) Regarde-le qui ne travaille *toujours* pas.

(32b) Schau dir den an, der arbeitet immer noch nicht.

(33a) Elle n'est pas *encore* allée chez lui.

(33b) Sie ist *noch* nicht zu ihm/ihr gegangen.

Enthält der Verbalkomplex keine finite Verbform, so nehmen die Adverbien in Zwischenstellung die Position direkt hinter der letzten Verbform ein.

7.1.4 Eine Schablone

Wir fassen nun die bisherigen Ergebnisse zu einer Schablone für den Verbalkomplex zusammen. Wir gehen dabei davon aus, daß die benötigten Verbformen bereits durch einen geeigneten Algorithmus generiert und in die richtige Abfolge gebracht wurden. Einen Algorithmus, der entsprechendes leistet, geben wir nicht an, da er sich nur geringfügig von dem Algorithmus zur Generierung der englischen Verbformen unterscheiden würde.

Wir beginnen damit, die gebundenen Pronomina in die richtige Reihenfolge zu bringen. Dies kann beispielsweise anhand der unter (20) festgelegten Abfolge der Pronomina geschehen. Damit stehen die Verbformen und die gebundenen Pronomina bereits in der richtigen Reihenfolge.

[1] Weinrich (1982), Abschnitt 7.2.1.1.

[2] Weinrich (1982), Abschnitt 9.2.2.2.3.

Wir geben nun eine Schablone an, die die einzelnen Bestandteile des Verbalkomplexes in die richtige Abfolge bringt. Die Bestandteile sind die Verbformen, die gebundenen Pronomina, die Adverbien in Zwischenstellung und die Negationspartikeln. Dafür benötigen wir die folgenden Informationen:

1. Die Information, ob die erste Verbform finit ist.
2. Die Information, ob die letzte Verbform im Infinitiv steht.

Eine zulässige Abfolge lautet dann:

(34) $\mathrm{Ne} - \mathrm{Pro}_1 - \mathrm{V}_{\mathrm{finite}} - \mathrm{Adv}_1 - \mathrm{Pas} - \mathrm{Adv}_2 - \mathrm{V}_{\mathrm{other}} - \mathrm{Pro}_2 - \mathrm{V}_{\mathrm{last}} - \mathrm{Adv}_3$

Die Inhalte der einzelnen Felder sind: *Ne* die Negationspartikel *ne*, *Pro* die gebundenen Pronomina, V_{finite} die finite Verbform, *Adv* die Adverbien in Zwischenposition, *Pas* die Negationspartikel *pas*, V_{other} die Verbformen ohne die finite Verbform und die letzte Verbform und V_{last} die letzte Verbform, sofern diese nicht finit ist.

Das Feld *Pro* ist unterteilt in die Felder Pro_1 und Pro_2. Steht die letzte Verbform im Infinitiv, so stehen die gebundenen Pronomina im Feld Pro_2. Ansonsten stehen sie im Feld Pro_1.

Das Feld *Adv* ist unterteilt in die Felder Adv_1, Adv_2 und Adv_3. Ist eine finite Verbform vorhanden, so stehen die Adverbien in den Feldern Adv_1 und Adv_2. Das Feld Adv_1 enthält dabei die Adverbien, die vor der Negationspartikel *pas* stehen, und das Feld Adv_2 enthält die Adverbien, die dahinter stehen. Ist dagegen keine finite Verbform vorhanden, so stehen alle Adverbien im Feld Adv_3.

7.2 Die Stellung der attributiven Adjektive

Attributive Adjektive können im Französischen einem Nomen **vorgestellt** sein (35a) oder **nachgestellt** (36a). Etliche Adjektive sind auf eine der beiden Stellungen festgelegt. Für andere kommen dagegen beide Stellungen in Frage; die Stellung hat dann jedoch Auswirkungen auf ihre Bedeutung. So bedeutet *pauvre*, wenn es vorgestellt ist, *arm/bedauernswert*. Nachgestellt bedeutet es dagegen *arm/mittellos*.[1]

(35a) le *pauvre* enfant
(35b) das *bedauernswerte* Kind

(36a) l'enfant *pauvre*
(36b) das *mittellose* Kind

[1] Weinrich (1982), Abschnitt 6.1.

Ist ein Nomen durch mehrere Adjektive attributiert, so behalten die einzelnen Adjektive ihr Stellungsverhalten bei. Für ein Nomen, das durch zwei Adjektive attributiert ist, ergeben sich drei mögliche Konstellationen (37a, 38a, 39a).[1]

(37a) ces *chères vieilles* gens
(37b) diese *lieben alten* Leute

(38a) la *nouvelle* grève *générale*
(38b) der *neue General*streik

(39a) la société *industrielle moderne*
(39b) die *moderne Industrie*gesellschaft

Koordination ist sowohl bei vorgestellten (40a) als auch bei nachgestellten Adjektiven möglich (42a). Ist eines der koordinierten Adjektive üblicherweise vorgestellt und das andere nachgestellt, so werden sie gemeinsam nachgestellt (41a).[2]

(40a) une *grande et noble* tradition
(40b) eine *große und edle* Tradition

(41a) une rue *petite et calme*
(41b) eine *kleine und ruhige* Straße

(42a) une réaction *pessimiste, mais calme*
(42b) eine *pessimistische, aber ruhige* Reaktion

Stehen mehrere Adjektive in einem Feld, so gilt für sie eine ähnliche Abfolge wie im Deutschen: die Adjektive, die semantisch näher zum Nomen gehören, stehen in der Regel auch syntaktisch näher am Nomen. Die beiden Felder für die Adjektive müssen deshalb wie im Deutschen weiter unterteilt werden in Felder für die einzelnen Gruppen von Adjektiven.

[1] Weinrich (1982), Abschnitt 6.5.
[2] Klein und Kleineidam (1989), Abschnitt 45.

Ausblick

In der Natur der Sache liegt, daß es viele Erweiterungs- und Verbesserungsmöglichkeiten dieser Arbeit gibt. Wir greifen an dieser Stelle die Aspekte heraus, die uns besonders interessant erscheinen.

Wir haben unsere formale Sprache in vielen Punkten auf das beschränkt, was notwendig ist, um mathematische Texte formulieren zu können. So legen wir beispielsweise ein verhältnismäßig einfaches Zeitsystem zugrunde und lassen nur Sätze vom Typ Aussagesatz zu. Für mathematische Texte sind dies nur minimale Einschränkungen; in Texten anderer Bereiche können sie sich hingegen merkbar auswirken.

Auch die Generatoren beschränken sich in vielen Punkten auf das Nötigste: Unser Ziel war es, grammatische Texte zu erzeugen, die einen vorgegebenen formalen Text korrekt wiedergeben. Wohlklang spielte eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Entsprechend sind etliche Verbesserungen möglich. Eine solche Verbesserung wäre z. B. , bestimmte Relativsätze automatisch in komplexe adjektivische Attribute umzuwandeln. Eine weitere Verbesserung wäre es, die Bezüge von Pronomina auf Eindeutigkeit zu kontrollieren: Ein Pronomen besitzt oftmals in einer Sprache aufgrund seines grammatischen Geschlechts einen eindeutigen Bezug, wohingegen in einer anderen Sprache mehrere Bezüge in Frage kommen. Die Generatoren sollten mehrfache Bezüge erkennen und die jeweiligen Pronomen durch eindeutige Ausdrücke ersetzen.

Eine interessante Erweiterung wäre es, die Menge der bisher betrachteten Sprachen Deutsch, Englisch und Französisch um weitere Sprachen zu ergänzen. Die bisher betrachteten Sprachen sind eng verwandt. Vor allem weiter entfernt liegende Sprachen sind von Interesse, weil sich daran zeigt, wie universell unsere formale Sprache ist.

Bevor unser System kommerziell eingesetzt werden kann, sind drei Erweiterungen nötig. Erstens werden für jede der betrachteten Sprachen angepaßte Versionen der formalen Sprache benötigt, die es dem Benutzer gestattet, mit einem disambiguierten Fragment seiner Muttersprache zu arbeiten, das eindeutig in die formale Version übersetzt werden kann. Wir stellen bisher nur für das Englische eine solche angepaßte formale Sprache zur Verfügung.

Zweitens werden umfassendere Wörterbücher benötigt: Unsere bisherigen Wörterbücher umfassen pro Sprache ca. 1000 Einträge. Dies ist bei weitem zu wenig. Notwendig sind Lexika des zehnfachen Umfangs oder mehr.

Drittens ist eine Benutzerschnittstelle erforderlich, die den heutigen Ansprüchen gerecht wird. Unsere jetzige Schnittstelle erzeugt beispielsweise Fehlermeldungen, die so knapp sind, daß sie oftmals nur mit einer guten Kenntnis unseres Systems verstanden werden können. In etlichen Bereichen ist sie aber schon jetzt recht komfortabel: So ist es z. B. möglich, Texte graphisch einzugeben und zu verarbeiten.

Alle aufgeführten Erweiterungs- und Verbesserungsmöglichkeiten, einschließlich der bereits implementierten, hätten jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit gesprengt. Doch auch mit unserem minimalistischen Ansatz lassen sich recht ansehnliche Ergebnisse produzieren, wie die Zusammenfassung am Anfang dieser Arbeit und der im Anhang B aufgeführte Text zeigen.

Anhang

A Die Grammatik von $\mathcal{L}_I$

Die folgenden Produktionsregeln beschreiben die Grammatik der formalen Sprache $\mathcal{L}_I$. Die einzelnen Regeln sind im ersten Teil dieser Arbeit genauer erläutert. Wir haben sie nach Themengebieten zusammengefaßt, um die Übersicht zu erhöhen. Die hier gewählte Einteilung entspricht nicht in allen Punkten der Unterteilung des ersten Teils dieser Arbeit.

Die überwiegende Anzahl der Produktionsregeln ist kontextfrei notiert. Einige enthalten jedoch eine Typisierung und sind damit kontextsensitiv. Sie ließen sich zwar durch kontextfreie Regelsätze ersetzen, doch würde dies die Grammatik unnötig verkomplizieren, weshalb wir uns für eine Darstellung mit Typisierung entschieden haben.

Text, Satz

$$
\begin{array}{rcl}
\boxed{\text{Text}} & \rightarrow & \left[\boxed{\text{Textbaustein}}\right] \\
\boxed{\text{Textbaustein}} & \rightarrow & \boxed{\text{Satz}} + \boxed{\text{Satzzeichen}} \\
 & | & \boxed{\text{Individuum}} \\
 & | & \boxed{\text{Neuer Absatz}} \\
\boxed{\text{Satz}} & \rightarrow & \boxed{\text{Formel}} \;|\; \boxed{\text{einf. Satz}} \;|\; \boxed{\text{zus. Satz}} \\
\boxed{\text{Formel}} & \rightarrow & \boxed{\text{Folge math. Symbole}} + \boxed{\text{freie Terme}} \\
\boxed{\text{einf. Satz}} & \rightarrow & \boxed{\text{Prädikat}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]^{\tau\in\sigma} + \boxed{\text{freie Terme}} \\
\boxed{\text{zus. Satz}} & \rightarrow & \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Satz}}\right]^{\tau\in\sigma}
\end{array}
$$

Tempus

$$
\begin{array}{rcl}
\boxed{\text{Tempus}} & \rightarrow & \boxed{\text{Aspekt}} + \boxed{\text{Zeit}} \\
\boxed{\text{Aspekt}} & \rightarrow & \boxed{\boxed{\text{Abgeschlossen}}} \;|\; \boxed{\text{Offen}} \\
\boxed{\text{Zeit}} & \rightarrow & \boxed{\boxed{\text{Absolute Zeit}}} \;|\; \boxed{\text{Relative Zeit}} \\
\boxed{\text{Absolute Zeit}} & \rightarrow & \boxed{\text{Vergangenheit}} \;|\; \boxed{\boxed{\text{Gegenwart}}} \;|\; \boxed{\text{Zukunft}} \\
\boxed{\text{Relative Zeit}} & \rightarrow & \boxed{\text{Davor}} \;|\; \boxed{\text{Dahinter}}
\end{array}
$$

Prädikat

Prädikat → Kern + Modifikatoren

Kern → Prädikatschlüssel + Genus verbi
| Eigenschaft + Kopula

Genus verbi → Aktiv | Passiv

Kopula → *sein* | *bleiben* | *werden*

Modifikatoren → Modalität + Tempus + Markierung

Markierung → markiert | unmarkiert

Modalität → [Modalschlüssel]

Individuum

Individuum → Klassenterm | Namensterm
| Zeiger | freier Relativsatz

Klassenterm → Determinator + Klasse$^{\sigma}$
+ $[$ fak. Attribut $]^{\tau\in\sigma}$ + freie Attribute

Namensterm → Determinator + Name + freie Attribute

Name → Zeichenkette + Geschlecht

Geschlecht → Mann | Frau | Institution | Sache

Zeiger → Personalpronomen | Determinativpronomen

Personalpr. → Person + Numerus + Klasse

Person → 1 | 2 | 3

Numerus → Singular | Plural

Determinativpr. → Klassenterm

fr. Relativsatz → Ergänzung

Term

$$\boxed{\text{Term}} \rightarrow \boxed{\text{einf. Term}} \;\Big|\; \boxed{\text{zus. Term}}$$

$$\begin{aligned}\boxed{\text{einf. Term}} \rightarrow\; & \boxed{\text{Individuum}} \;\Big|\; \boxed{\text{Vorgang}} \;\Big|\; \boxed{\text{Faktum}} \\ & \Big|\; \boxed{\text{Entscheidung}} \;\Big|\; \boxed{\text{Ergänzung}} \\ & \Big|\; \boxed{\text{Zuweisung}} \;\Big|\; \boxed{\text{Platzhalter}}\end{aligned}$$

$$\boxed{\text{zus. Term}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \Big[\boxed{\text{einf. Term}}\Big]^{\tau\in\sigma}$$

$$\boxed{\text{Vorgang}} \rightarrow \boxed{\text{einfacher } \varepsilon\text{-Satz}}$$

$$\boxed{\text{Faktum}} \rightarrow \boxed{\text{einfacher Satz}}$$

$$\boxed{\text{Entscheidung}} \rightarrow \boxed{\text{einfacher Satz}}$$

$$\boxed{\text{Ergänzung}} \rightarrow \boxed{\text{Bezug}} + \boxed{\text{einfacher } \lambda\text{-Satz}}$$

$$\boxed{\text{Bezug}} \rightarrow \boxed{\text{belebt}} \;\Big|\; \boxed{\text{unbelebt}}$$

$$\boxed{\text{Zuweisung}} \rightarrow \boxed{\text{Eigenschaft}}^{\sigma} + \Big[\boxed{\text{Term}}\Big]^{\tau\in\sigma}$$

Freier Term

$$\boxed{\text{freie Terme}} \rightarrow \Big[\boxed{\text{initiales Adverbial}}\Big]_{\leqslant 1} + \Big[\boxed{\text{Adverbial}}\Big]$$

$$\boxed{\text{init. Adverbial}} \rightarrow \boxed{\text{Adverbial}}$$

$$\boxed{\text{Adverbial}} \rightarrow \boxed{\text{einfaches Adv.}} \;\Big|\; \boxed{\text{Präpositionaladverbial}}$$

$$\boxed{\text{einf. Adverbial}} \rightarrow \Big[\boxed{\text{Gradangabe}}\Big]_{\leqslant 1} + \boxed{\text{Adverbialschlüssel}}$$

$$\boxed{\text{Präp.adv.}} \rightarrow \boxed{\text{adv. Präposition}}^{\sigma} + \boxed{\text{Term}}^{\tau\in\sigma}$$

Eigenschaft

$$\boxed{\text{Eigenschaft}} \rightarrow \boxed{\text{Zustand}} \;\Big|\; \boxed{\text{Individuum}}$$

$$\boxed{\text{Zustand}} \rightarrow \boxed{\text{einf. Zustand}} \;\Big|\; \boxed{\text{zus. Zustand}}$$

$$\boxed{\text{einf. Zustand}} \rightarrow \Big[\boxed{\text{Gradangabe}}\Big]_{\leqslant 1} + \boxed{\text{Zustandschlüssel}}$$

$$\boxed{\text{zus. Zustand}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \Big[\boxed{\text{einf. Zustand}}\Big]^{\tau\in\sigma}$$

ε-Satz

$$\boxed{\text{ε-Satz}} \rightarrow \boxed{\text{einf. ε-Satz}} \mid \boxed{\text{zus. ε-Satz}}$$

$$\boxed{\text{einf. ε-Satz}} \rightarrow \boxed{\text{Prädikat}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]^{\tau\in\sigma_\varepsilon} + \boxed{\text{freie Terme}}$$

$$\boxed{\text{zus. ε-Satz}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{ε-Satz}}\right]^{\tau\in\sigma}$$

λ-Satz

$$\boxed{\lambda\text{-Satz}} \rightarrow \boxed{\text{einf. }\lambda\text{-Satz}} \mid \boxed{\text{zus. }\lambda\text{-Satz}}$$

$$\boxed{\text{einf. }\lambda\text{-Satz}} \rightarrow \boxed{\text{Prädikat}}^{\sigma} + \boxed{\lambda\text{-Terme}}^{\tau\in\sigma} + \boxed{\text{freie Terme}}$$

$$\mid \boxed{\text{Prädikat}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]^{\tau\in\sigma} + \boxed{\text{freie }\lambda\text{-Terme}}$$

$$\boxed{\text{zus. }\lambda\text{-Satz}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\lambda\text{-Satz}}\right]^{\tau\in\sigma}$$

$$\boxed{\lambda\text{-Terme}} \rightarrow \left[\boxed{\text{Term}}\right] + \boxed{\lambda\text{-Term}} + \left[\boxed{\text{Term}}\right]$$

$$\boxed{\lambda\text{-Term}} \rightarrow \boxed{\lambda} \mid \boxed{\lambda\text{-Zuordnung}}$$

$$\boxed{\lambda\text{-Zuordnung}} \rightarrow \boxed{\lambda\text{-einf. Zuordnung}} \mid \boxed{\lambda\text{-zus. Zuordnung}}$$

$$\boxed{\lambda\text{-einf. Zuord.}} \rightarrow \boxed{\lambda\text{-Klassenterm}} \mid \boxed{\lambda\text{-Namensterm}}$$

$$\boxed{\lambda\text{-zus. Zuord.}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\lambda\text{-einf. Zuord.}}\right]^{\tau\in\sigma}$$

$$\boxed{\lambda\text{-Klassenterm}} \rightarrow \boxed{\text{Determinator}} + \boxed{\text{Klasse}}^{\sigma}$$

$$+ \left[\boxed{\text{fak. Attribut}}\right]^{\tau\in\sigma} + \boxed{\lambda\text{-Attribute}}$$

$$\boxed{\lambda\text{-Namensterm}} \rightarrow \boxed{\text{Determinator}} + \boxed{\text{Name}} + \boxed{\lambda\text{-Attribute}}$$

$$\boxed{\lambda\text{-Attribute}} \rightarrow \boxed{\text{Adjektivattr.}} + \left[\boxed{\text{Namen}}\right]_{\leqslant 1} + \boxed{\lambda}$$

$$+ \left[\boxed{\text{Präpositionalattr.}}\right] + \left[\boxed{\text{Relativsatz}}\right]_{\leqslant 1}$$

$$\boxed{\text{freie }\lambda\text{-Terme}} \rightarrow \boxed{\text{freier }\lambda\text{-Term}} + \left[\boxed{\text{Adverbial}}\right]$$

$$\boxed{\text{freier }\lambda\text{-Term}} \rightarrow \boxed{\text{adv. Präposition}}^{\sigma} + \boxed{\lambda\text{-Term}}^{\tau\in\sigma}$$

Determinator

Determinator → Quantorbasiert | Numerusbasiert

Quantorbasiert → numerischer Quantor
| absoluter Quantor
| Markierung + relativer Quantor
| Definit + Zahl

num. Quantor → Zahl | Zahl + Definit

abs. Quantor → Absolut | Absolut + Definit

rel. Quantor → Relativ | Relativ + Definit

Zahl → Natürliche Zahl

Absolut → *einige* | *mehrere* | *manche* | *etliche*

Relativ → *wenige* | *viele* | *jeder* | *alle*

Numerusbasiert → Numerus + Definit
| Markierung + Numerus + Unbestimmt
| Numerus + Generisch

Definit → Bestimmt | Demonstrativ | Possessiv

Demonstrativ → *dieser* | *jener* | *(ein) solcher*

Possessiv → Personalpronomen

Generisch → Typ | Vertreter | Abstrakt

Attribut

$$\boxed{\text{fak. Attribute}} \rightarrow \left[\boxed{\text{Term}}\right]$$

$$\boxed{\text{freie Attribute}} \rightarrow \boxed{\text{Adj.attr.}} + \left[\boxed{\text{Namen}}\right]_{\leqslant 1} + \left[\boxed{\text{Zuord.}}\right]_{\leqslant 1}$$
$$+ \left[\boxed{\text{Präpositionalattr.}}\right] + \left[\boxed{\text{Relativsatz}}\right]_{\leqslant 1}$$

$$\boxed{\text{Adjektivattr.}} \rightarrow \left[\boxed{\text{einf. Adjektivattr.}}\right]_{\leqslant 2} \Big| \boxed{\text{zus. Adjektivattr.}}$$

$$\boxed{\text{einf. Adj.attr.}} \rightarrow \left[\boxed{\text{Gradangabe}}\right]_{\leqslant 1} + \boxed{\text{Attributschlüssel}}$$

$$\boxed{\text{zus. Adj.vattr.}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{einf. Adjektivattr.}}\right]^{\tau \in \sigma}$$

$$\boxed{\text{Zuordnung}} \rightarrow \boxed{\text{einf. Zuordnung}} \Big| \boxed{\text{zus. Zuordnung}}$$

$$\boxed{\text{einf. Zuord.}} \rightarrow \boxed{\text{Klassenterm}} \Big| \boxed{\text{Namensterm}}$$

$$\boxed{\text{zus. Zuord.}} \rightarrow \boxed{\text{Konjunktion}}^{\sigma} + \left[\boxed{\text{einf. Zuord.}}\right]^{\tau \in \sigma}$$

$$\boxed{\text{Präp.attr.}} \rightarrow \boxed{\text{attr. Präposition}}^{\sigma} + \boxed{\text{Term}}^{\tau \in \sigma}$$

$$\boxed{\text{Relativsatz}} \rightarrow \boxed{\text{Bestimmung}} + \boxed{\lambda\text{-Satz}}$$

$$\boxed{\text{Bestimmung}} \rightarrow \boxed{\boxed{\text{restriktiv}}} \Big| \boxed{\text{appositiv}}$$

B Ein Beispiel eines generierten Textes

Die folgenden Texte sind ein Beispiel für die Mächtigkeit unserer Generatoren. Als Vorlage dienten das erste Kapitel des Buches *Mathematical Logic* von Shoenfield.[1] Die hier aufgeführten Texte entsprechen den ersten zwei Seiten des Kapitels. Der erste der folgenden fünf Abschnitte enthält den Originaltext. Der zweite Abschnitt enthält eine formale Repräsentation dieses Textes. Die nachfolgenden drei Abschnitte enthalten die generierten Versionen in den Sprachen Englisch, Französisch und Deutsch. Sie sind alle aus automatisch aus dem formalen Text erzeugt worden.

Der formale Text ist nicht in der eigentlichen formalen Sprache $\mathcal{L}_I$ geschrieben, sondern in einer Programmiersprache, die sich eindeutig nach $\mathcal{L}_I$ übersetzen läßt. Der Vorteil der Programmiersprache ist, daß ihre Wörter und ihre Struktur der englischen Sprache sehr ähnlich sind. Sie ist jedoch um zusätzliche Elemente wie Indizes, Klammern und Markierungen erweitert und besitzt eine eingeschränkte Syntax, damit in ihr geschriebene „Programme“ eindeutig nach $\mathcal{L}_I$ übersetzt werden können.

B.1 The Nature of Mathematical Logic

Axiom Systems

Logic is the study of reasoning; and mathematical logic is the study of the type of reasoning done by mathematicians. To discover the proper approach to mathematical logic, we must therefore examine the methods of the mathematician.

The conspicuous feature of mathematics, as opposed to other sciences, is the use of proofs instead of observations. A physicist may prove physical laws from other physical laws; but he usually regards agreement with observation as the ultimate test of a physical law. A mathematician may, on occasions, use observation; for example, he may measure the angles of many triangles and conclude that the sum of the angles is always 180°. However, he will accept this as a law of mathematics only when it has been proved.

Nevertheless, it is clearly impossible to prove all mathematical laws. The first laws which one accepts cannot be proved, since there are no earlier laws from which they can be proved. Hence we have certain first laws, called axioms, which we accept without proof; the remaining laws, called theorems, are proved from the axioms.

[1] Shoenfield (1973), Seiten 1 und 2.

For what reason do we accept the axioms? We might try to use observation here; but this is not very practical and is hardly in the spirit of mathematics. We therefore attempt to select as axioms certain laws which we feel are evident from the nature of the concepts involved.

We thus have a reduction of a large number of laws to a small number of axioms. A rather similar reduction takes place with mathematical concepts. We find that we can define certain concepts in terms of other concepts. But again, the first concepts which we use cannot be defined, since there are no earlier concepts in terms of which they can be defined. We therefore have certain concepts, called basic concepts, which are left undefined; the remaining concepts, called derived concepts, are defined in terms of these. We have a criterion for basic concepts similar to that for axioms: they should be so simple and clear that we can understand them without a precise definition.

In any statement, we can replace the derived concepts by the basic concepts in terms of which they are defined. In particular, we may do this for axioms. Hence we may suppose that all the concepts which appear in the axioms are basic concepts.

We may now describe what a mathematician does as follows. He presents us with certain basic concepts and certain axioms about these concepts. He then explains these concepts to us until we understand them sufficiently well to see that the axioms are true. He then proceeds to define derived concepts and to prove theorems about both basic and derived concepts. The entire edifice which he constructs, consisting of basic concepts, derived concepts, axioms, and theorems, is called an axiom system. It may be an axiom system for all of mathematics or for a part of mathematics, such as plane geometry or the theory of real numbers.

We have so far supposed that we have definite concepts in mind. Even so, it may be possible to discover other concepts which make the axioms true. In this case, all the theorems proved will also be true for these new concepts. This has led mathematicians to frame axiom systems in which the axioms are true for a large number of concepts. A typical example is the set of axioms for a group. We call such axiom systems modern axiom systems, as opposed to the classical axiom systems discussed above. Of course, the difference is not really in the axiom system, but in the intentions of the framer of the system.

Guided by this discussion, we shall begin the study of mathematical logic by studying axiom systems. This will eventually lead us to a variety of problems, some of them only faintly related to axiom systems.

Formal Systems

An axiom (or theorem) may be viewed in two ways. It may be viewed as a sentence, i.e., as the object which appears on paper when we write down the axiom, or as the meaning of a sentence, i.e., the fact which is expressed by the axioms. At first sight, the latter appears much more important. The obvious purpose of the sentence is to convey the meaning of the sentence in a clear and precise manner. This is a useful purpose, but it does not seem to have much to do with the foundations of mathematics.

Nevertheless, there are two good reasons for studying axioms and theorems as sentences. The first is that if we choose the language for expressing the axioms suitably, then the structure of the sentence will reflect to some extent the meaning of the axioms. Thus we can study the concepts of the axiom system by studying the structure of the sentences expressing axioms. This is particularly valuable for modern axiom systems, since for them our initial understanding of the basic concepts may be very weak.

The second reason is that the concepts of mathematics are usually very abstract and therefore difficult to understand. A sentence, on the other hand, is a concrete object; so by studying axioms as sentences, we approach the abstract through the concrete.

One point is apparent: there is no value in, studying concrete (rather than abstract) objects unless we approach them in a concrete or constructive manner. For example, when we wish to prove that a concrete object with a certain property exists, we should actually construct such an object, not merely show that the nonexistence of such an object would lead to a contradiction.

B.2 % The Nature of abs Mathematical Logic %

%% Axiom Systems %%

(Abs logic is {the study of abs reasoning}) and (abs mathematical logic is {the study of {the type$_2$ of typ reasoning which λt(t B used by gen mathematicians)}}). To ε(discover {the proper approach$_1$ to abs mathematical logic}), we{} must therefore examine {the methods of gen mathematician}.

{The characteristic feature of abs mathematics} /(compared to typ other sciences) is {the use of {proofs instead of observations}}. A physicist may derive physical laws from other physical laws but$_1$ (he{physicist} usually considers {abs agreement with abs observation} as {the crucial test of a physical law}). A mathematician may on occasions use abs observation. (For example, he{mathematician} may measure {the angles of many triangles}) and ($^{\#}$he{mathematician} $^{\#}$may conclude$_1$ that ({the sum of the angles} is always 180 degrees)). However, he{mathematician} W accept this{} as {a law of abs mathematics} only when (it{} W H B proved$_2$).

Nevertheless, it is clearly ‹impossible› to ε(prove$_2$ all mathematical laws). The first laws which λt(one{} accepts t) cannot B proved$_2$ since (there are$_1$ zero earlier laws from which λt(they{laws} can B proved$_2$ t)). Hence we{} have certain first laws (which $\lambda' t$(t B called typ axioms) and which $\lambda' t$(we{} accept t without abs proof)). The remaining laws which $\lambda' t$(t B called typ theorems) B proved$_2$ from the axioms.

{Thing} for what λt(we{} accept the axioms for {the reason$_1$ of t})? We{} might try to ε(use abs observation) here but$_1$ ((this{} is not ‹very practical›) and (it{} is hardly in$_1$ {abs spirit of abs mathematics})). We{} therefore attempt to ε(select certain laws of which λt(we{} think$_1$ t to ε(be ‹evident› from {the nature of the concepts which λt(t are ‹involved›)})) as axioms).

We{} thus$_1$ have {a reduction of {a large number of laws} to {a small number of axioms}}. A rather similar reduction takes place with typ mathematical concepts. We{} find$_1$ that (we{} can define certain concepts in terms of other $^\#$concepts). But again, the first concepts which λt(we{} use t) cannot B defined since (there are$_1$ zero earlier concepts in terms of which λt(they{concepts} can B defined t)). We{} therefore have certain concepts (which $\lambda' t$(t B called typ basic concepts) and which $\lambda' t$(t B left ‹undefined›)). The remaining concepts which $\lambda' t$(t B called typ derived concepts) B defined in terms of these{concepts}. We{} have {a criterion for typ basic concepts} which λt(t is ‹similar› to {that{criterion} for typ axioms}): They{concepts} should be ‹so› [‹simple› and ‹clear›] that (we{} can understand them{concepts} without a precise definition).

In$_1$ any statement, we{} can replace the derived concepts by the basic concepts in terms of which λt(they{concepts} are ‹defined› t). In particular, we{} may apply$_1$ this{} to abs axioms. Hence we{} may suppose that (all concepts which λt(t appear$_1$ in the axioms) are basic concepts).

We{} may now describe $^\#$?{thing} what λt(gen mathematician does$_1$ t as follows): He{mathematician} presents us{readers} [certain basic concepts and {certain axioms about these concepts}]. He{mathematician} then explains these concepts to us{readers} until (we{readers} understand them{concepts} ‹sufficiently$_1$ well› to ε(see$_1$ that (the axioms are ‹true$_1$›))). He{mathematician} then proceeds to ε((define derived concepts) and (prove$_2$ {theorems about [both basic and derived] concepts})). The entire edifice (which λt(he{mathematician} constructs t) and which λt(t consists of [basic concepts, derived concepts, axioms and theorems])) B called typ axiom system. It{axiom system} may be {an axiom system for [abs whole mathematics or {a part of abs mathematics such as [abs plane geometry or {the theory of abs real numbers}]}]}.

We{} H so far supposed that (we{} H W have in mind definite$_1$ concepts). Even so, it may be ‹possible› to ε(discover other concepts which λt(t make true the axioms)). In$_1$ this case, all the theorems which λt(t H B proved$_2$) W also be ‹true$_1$› for these new concepts. This{} H led$_1$ mathematicians to ε(frame axiom systems in$_1$ which λt(the axioms are ‹true$_1$› t for {a large number of concepts})). A typical example is {the set of {typ axioms for a group}}. We{} call such$_2$ axiom systems typ modern axiom systems as opposed to the classical axiom systems which λt(t H B discussed above). Of course, the difference$_2$ does not really lie in the axiom system but$_2$ ($^\#$it{difference$_2$} $^\#$lies in {the intentions of {the framer of the system}}).

/(Guided by this discussion), we{} W begin {the study of abs mathematical logic} by ε(studying axiom systems). This{} W eventually lead$_1$ us{readers} to {a variety of problems$_1$ which $\lambda' t$({some $^\#$problems$_1$ of t} are ‹only faintly related› to abs axiom systems)}.

%% Formal Systems %%

[An axiom or a theorem] may B viewed in two ways. (It{axiom} may B viewed as [a sentence$_1$, i.e., the object which λt(t appears on paper when (we{} write down the axiom))]) or ($^{\#}$it{axiom} $^{\#}$(may B viewed) as [{the meaning of a sentence$_1$}, i.e., the fact which λt(t B expressed by the axiom)]). At first sight, $^{-}$the latter appears$_2$ ‹much more important›. {The obvious purpose of the sentence$_1$} is to ε(convey {the meaning of the sentence$_1$} in a [clear and precise] manner). This{} is a useful purpose but$_1$ (it{purpose} does not seem to ε(have much to do with {the foundations of abs mathematics})).

Nevertheless, there are$_1$ two good reasons$_1$ for ε(studying [axioms and theorems] as sentences$_1$). The first $^{\#}$reason$_1$ is that (if (we{} choose the language for ε(expressing the axioms) suitably) then ({the structure of the sentence$_1$} W to some extent reflect {the meaning of the axiom})). Thus$_1$ we{} can study {the concepts of the axiom system} by ε(studying {the structure of the sentences$_1$ which λt(t express the axioms)}). This{} is ‹particularly valuable› for modern axiom systems since (for them{axiom systems} {the initial understanding of us{readers} of the basic concepts} may be ‹very weak›).

The second reason$_1$ is that (({the concepts of abs mathematics} are usually ‹very abstract›) and (therefore, $^{\#}$they{concepts} $^{\#}$are ‹difficult› to ε(understand))). A sentence$_1$ on the other hand is a concrete object so (by ε(studying typ axioms as typ sentences$_1$), we{} approach abs abstract $^{\#}$?{} through abs concrete $^{\#}$?{}).

One point is ‹apparent›: There is$_2$ no value in ε(studying typ [concrete rather than abstract] objects) unless (we{} approach them{objects} in a [concrete or constructive] manner). When (for example, we{} wish to prove$_2$ that ({a concrete object with$_1$ a certain property} exists)) ((we{} should actually construct such an$_1$ object) and ($^{\#}$we{} $^{\#}$should not merely show that ({the nonexistence of such an$_1$ object} leads$_2$ to a contradiction))).

B.3 The Nature of Mathematical Logic

Axiom Systems

Logic is the study of reasoning, and mathematical logic is the study of the type of reasoning used by the mathematicians. To discover the proper approach to mathematical logic, we must therefore examine the methods of the mathematician.

The characteristic feature of mathematics, compared to other sciences, is the use of proofs instead of observations. A physicist may derive physical laws from other physical laws, but he usually considers agreement with observation as the crucial test of a physical law. A mathematician may, on occasions, use observation. For example, he may measure the angles of many triangles and conclude that the sum of the angles is always 180 degrees. However, he will accept this as a law of mathematics, only when it has been proved.

Nevertheless, it is clearly impossible to prove all mathematical laws. The first laws which one accepts cannot be proved, since there are no earlier laws from which they can be proved. Hence we have certain first laws, called axioms, which we accept without proof. The remaining laws, called theorems, are proved from the axioms.

For which reason do we accept the axioms? We might try to use observation here, but this is not very practical, and it is hardly in the spirit of mathematics. We therefore attempt to select as axioms certain laws of which we think that they are evident from the nature of the concepts involved.

We thus have a reduction of a large number of laws to a small number of axioms. A rather similar reduction takes place with mathematical concepts. We find that we can define certain concepts in terms of others. But again, the first concepts which we use cannot be defined, since there are no earlier concepts in terms of which they can be defined. We therefore have certain concepts, called basic concepts, which are left undefined. The remaining concepts, called derived concepts, are defined in terms of these. We have a criterion for basic concepts which is similar to that for axioms: They should be so simple and clear that we can understand them without a precise definition.

In any statement we can replace the derived concepts by the basic concepts in terms of which they are defined. In particular, we may apply this to axioms. Hence we may suppose that all concepts which appear in the axioms are basic concepts.

We may now describe what the mathematician does as follows: He presents us certain basic concepts and certain axioms about these concepts. He then explains these concepts to us until we understand them sufficiently well to see that the axioms are true. He then proceeds to define derived concepts and to prove theorems about both basic and derived concepts. The entire edifice which he constructs and which consists of basic concepts, derived concepts, axioms and theorems is called an axiom system. It may be an axiom system for the whole of mathematics or for a part of mathematics such as plane geometry or the theory of real numbers.

We have so far supposed that we have definite concepts in mind. Even so, it may be possible to discover other concepts which make the axioms true. In this case all the theorems proved will also be true for these new concepts. This has led mathematicians to frame axiom systems in which the axioms are true for a large number of concepts. A typical example is the set of axioms for a group. We call such axiom systems modern axiom systems, as opposed to the classical axiom systems discussed above. Of course, the difference does not really lie in the axiom system, but in the intentions of the framer of the system.

Guided by this discussion, we will begin the study of mathematical logic by studying axiom systems. This will eventually lead us to a variety of problems, of which some are only faintly related to axiom systems.

Formal Systems

An axiom or a theorem may be viewed in two ways. It may be viewed as a sentence, i.e., as the object which appears on paper when we write down the axiom, or as the meaning of a sentence, i.e., as the fact expressed by the axiom. At first sight, the latter appears much more important. The obvious purpose of the sentence is to convey the meaning of the sentence in a clear and precise manner. This is a useful purpose, but it does not seem to have much to do with the foundations of mathematics.

Nevertheless, there are two good reasons for studying axioms and theorems as sentences. The first is that if we choose the language for expressing the axioms suitably, then the structure of the sentence will to some extent reflect the meaning of the axiom. Thus we can study the concepts of the axiom system by studying the structure of the sentences which express the axioms. This is particularly valuable for modern axiom systems, since for them our initial understanding of the basic concepts may be very weak.

The second reason is that the concepts of mathematics are usually very abstract and therefore difficult to understand. A sentence, on the other hand, is a concrete object, so by studying axioms as sentences, we approach the abstract through the concrete.

One point is apparent: There is no value in studying concrete rather than abstract objects unless we approach them in a concrete or constructive manner. When, for example, we wish to prove that a concrete object with a certain property exists, we should actually construct such an object and not merely show that the nonexistence of such an object leads to a contradiction.

B.4 La nature de la logique mathématique

Des systèmes axiomatiques

La logique est l'étude du raisonnement, et la logique mathématique est l'étude du type de raisonnement utilisé par les mathématiciens. Pour découvrir l'approche adéquate à la logique mathématique on doit donc examiner les méthodes du mathématicien.

Le trait caractéristique des mathématiques, comparé aux autres sciences, est l'utilisation de preuves au lieu d'observations. Un physicien peut dériver des lois physiques d'autres lois physiques, mais en général, il considère la conformité avec l'observation comme le test crucial d'une loi physique. Un mathématicien peut de temps en temps utiliser l'observation. Par exemple, il peut mesurer les angles de beaucoup de triangles et en conclure que la somme des angles est toujours 180 degrés. Pourtant, il va accepter ceci comme une loi des mathématiques, seulement quand cela aura été prouvé.

Néanmoins, il est évidemment impossible de prouver toutes les lois mathématiques. Les premières lois que l'on accepte ne peuvent pas être prouvées, étant donné qu'il n'y a pas de lois précédentes à partir desquelles elles peuvent être prouvées. C'est pourquoi, on a certaines premières lois, appelées axiomes, que l'on accepte sans preuve. Les autres lois, appelées théorèmes, sont prouvées à partir des axiomes.

Pour quelle raison accepte on les axiomes ? On pourrait essayer d'utiliser l'observation dans ce cas, mais ceci n'est pas très pratique, et cela est à peine dans l'esprit des mathématiques. On essaie donc de sélectionner certaines lois que l'on pense évident à cause de la nature des concepts évoqués comme des axiomes.

Par conséquent, on a une réduction d'un grand nombre de lois à un petit nombre d'axiomes. Une réduction relative similaire existe pour les concepts mathématiques. On constate que l'on peut définir certains concepts sur la base d'autres. Mais de nouveau, les premiers concepts que l'on utilise ne peuvent pas être définis, étant donné qu'il n'y a pas de concepts précédents sur la base desquels ils peuvent être définis. On a donc certains concepts, appelés concepts fondamentaux, qui sont laissés indéfinis. Les autres concepts, appelés concepts dérivés, sont définis sur la base de ceux-ci. On a un critère pour les concepts fondamentaux qui est similaire à celui pour les axiomes : ils devraient être simples et clairs pour que l'on puisse les comprendre sans une définition précise.

Dans toute déclaration, on peut remplacer les concepts dérivés par les concepts fondamentaux sur la base desquels ils sont définis. En particulier, on peut appliquer ceci aux axiomes. C'est pourquoi, on peut supposer que tous les concepts qui se trouvent dans les axiomes sont des concepts fondamentaux.

On peut ensuite décrire ce que le mathématicien fait comme suit : il nous présente certains concepts fondamentaux et certains axiomes sur ces concepts. Puis, il nous explique ces concepts, jusqu'à ce que nous les comprenions assez bien pour concevoir que les axiomes sont vrais. Puis, il continue à définir des concepts dérivés et à prouver des théorèmes sur des concepts non seulement fondamentaux mais aussi dérivés. Tout cet échafaudage de choses qu'il construit et qui se compose de concepts fondamentaux, de concepts dérivés, d'axiomes et de théorèmes est appelé système axiomatique. Il peut être un système axiomatique pour les mathématiques entières ou pour une partie des mathématiques comme la géométrie du plan ou la théorie des nombres réels.

On a jusqu'ici supposé que l'on ne s'a préoccupé que des concepts définis. Malgré tout, il peut être possible de découvrir d'autres concepts qui verifient les axiomes. Dans ce cas, tous les théorèmes prouvés vont aussi être vrais pour ces concepts nouveaux. Ceci a conduit des mathématiciens à concevoir des systèmes axiomatiques dans lesquels les axiomes sont vrais pour un grand nombre de concepts. Un exemple typique est l'ensemble des axiomes pour un groupe. On appelle de tels systèmes axiomatiques systèmes axiomatiques modernes contrairement aux systèmes axiomatiques classiques traités plus haut. Naturellement, la différence ne se situe pas réellement dans le système axiomatique, mais dans les intentions du révélateur du système.

Guidé par cette discussion, on va commencer l'étude de la logique mathématique en étudiant des systèmes axiomatiques. Ceci va nous enfin conduire à une diversité de problèmes, dont quelques ne sont pas en relation directe avec les systèmes axiomatiques.

Des systèmes formels

Un axiome ou un théorème peut être considéré de deux manières. Il peut être considéré comme une proposition, c'est à dire, comme l'objet manuscrit quand on écrit l'axiome, ou comme le sens d'une proposition, c'est à dire, comme le fait exprimé par l'axiome. À première vue, le dernier se trouve beaucoup plus important. L'objectif immédiat de la proposition est de fournir le sens de la proposition d'une manière claire et précise. Ceci est un objectif sensé, mais il ne semble pas avoir beaucoup de points communs avec les bases des mathématiques.

Néanmoins, il y a deux bonnes raisons pour étudier des axiomes et des théorèmes comme des propositions. La première est que si on choisit convenablement le langage pour exprimer les axiomes, alors la structure de la proposition va refléter à un certain degré le sens de l'axiome. Par conséquent, on peut étudier les concepts du système axiomatique en étudiant la structure des propositions qui expriment les axiomes. Ceci est exceptionellement de valeur pour des systèmes axiomatiques modernes, étant donné que pour eux notre compréhension au début des concepts fondamentaux peut être très faible.

La deuxième raison est qu'en général, les concepts des mathématiques sont très abstraits et donc difficiles à comprendre. Une proposition est, sous un autre angle, un objet concret, donc en étudiant des axiomes comme des propositions on s'attaque à l'abstrait par le concret.

Un point est évident : il n'y a aucune valeur à étudier des objets concrets contrairement aux abstraits, sauf si on s'y attaque d'une manière concrète ou constructive. Quand par exemple, on veut prouver qu'un objet concret avec une certaine propriété existe, on devrait construire un tel objet et ne pas seulement montrer que l'existence d'un tel objet conduit à une contradiction.

B.5 Die Natur der mathematischen Logik

Axiomensysteme

Logik ist die Untersuchung des Denkens, und mathematische Logik ist die Untersuchung der Art des Denkens, das von den Mathematikern verwendet wird. Um den richtigen Zugang zur mathematischen Logik zu entdecken, müssen wir deshalb die Methoden des Mathematikers prüfen.

Das charakteristische Merkmal der Mathematik, verglichen mit den anderen Wissenschaften, ist die Verwendung von Beweisen anstelle von Beobachtungen. Ein Physiker kann physikalische Gesetze aus anderen physikalischen Gesetzen ableiten, aber er betrachtet normalerweise die Übereinstimmung mit der Beobachtung als den entscheidenden Test eines physikalischen Gesetzes. Ein Mathematiker kann gelegentlich die Beobachtung verwenden. Zum Beispiel kann er die Winkel vieler Dreiecke messen und folgern, daß die Summe der Winkel immer 180 Grad ist. Jedoch wird er dies nur dann als ein Gesetz der Mathematik akzeptieren, wenn es bewiesen worden ist.

Dennoch ist es offensichtlich unmöglich, alle mathematischen Gesetze zu beweisen. Die ersten Gesetze, die man akzeptiert, können nicht bewiesen werden, da es keine vorhergehenden Gesetze gibt, aus denen sie bewiesen werden können. Folglich haben wir bestimmte erste Gesetze, die Axiome genannt werden, und die wir ohne Beweis akzeptieren. Die übrigen Gesetze, die Theoreme genannt werden, werden aus den Axiomen bewiesen.

Aus welchem Grund akzeptieren wir die Axiome? Wir könnten hier versuchen, die Beobachtung zu verwenden, aber dies ist nicht sehr praktisch, und es ist kaum im Geist der Mathematik. Wir versuchen deshalb, als Axiome bestimmte Gesetze auszuwählen, von denen wir meinen, daß sie wegen der Natur der Konzepte, die beteiligt sind, offensichtlich sind.

Wir haben daher eine Reduktion einer großen Zahl von Gesetzen auf eine kleine Zahl von Axiomen. Eine relativ ähnliche Reduktion findet bei den mathematischen Konzepten statt. Wir stellen fest, daß wir bestimmte Konzepte auf Basis von anderen definieren können. Aber wieder können die ersten Konzepte, die wir verwenden, nicht definiert werden, da es keine vorhergehenden Konzepte gibt, auf deren Basis sie definiert werden können. Wir haben deshalb bestimmte Konzepte, die fundamentale Konzepte genannt werden, und die undefiniert gelassen werden. Die übrigen Konzepte, die abgeleitete Konzepte genannt werden, werden auf Basis von diesen definiert. Wir haben ein Kriterium für die fundamentalen Konzepte, das jenem für die Axiome ähnlich ist: Sie sollten so einfach und klar sein, daß wir sie ohne eine präzise Definition verstehen können.

In jeder Aussage können wir die abgeleiteten Konzepte durch die fundamentalen Konzepte ersetzen, auf deren Basis sie definiert sind. Insbesondere können wir dies auf die Axiome anwenden. Folglich können wir annehmen, daß alle Konzepte, die in den Axiomen vorkommen, fundamentale Konzepte sind.

Wir können jetzt beschreiben, was der Mathematiker wie folgt macht: Er stellt uns bestimmte fundamentale Konzepte und bestimmte Axiome über diese Konzepte vor. Er erklärt uns dann diese Konzepte, bis wir sie gut genug verstehen, um zu sehen, daß die Axiome wahr sind. Er geht dann dazu über, abgeleitete Konzepte zu definieren, und Theoreme sowohl über fundamentale als auch über abgeleitete Konzepte zu beweisen. Das gesamte Gebäude, das er konstruiert, und das aus fundamentalen Konzepten, abgeleiteten Konzepten, Axiomen und Theoremen besteht, wird ein Axiomensystem genannt. Es kann ein Axiomensystem für die ganze Mathematik oder für einen Teil der Mathematik wie die Geometrie der Ebene oder die Theorie der reellen Zahlen sein.

Wir haben bisher angenommen, daß wir bestimmte Konzepte im Kopf haben. Trotzdem kann es möglich sein, andere Konzepte zu entdecken, die die Axiome wahr machen. In diesem Fall werden all die Theoreme, die bewiesen worden sind, auch für diese neuen Konzepte wahr sein. Dies hat Mathematiker dazu geführt, Axiomensysteme zu entwerfen, in denen die Axiome für eine große Zahl von Konzepten wahr sind. Ein typisches Beispiel ist die Menge der Axiome für eine Gruppe. Wir nennen solche Axiomensysteme moderne Axiomensysteme, im Gegensatz zu den klassischen Axiomensystemen, die oben diskutiert worden sind. Natürlich liegt der Unterschied in Wirklichkeit nicht im Axiomensystem, sondern in den Intentionen des Entwicklers des Systems.

Geleitet von dieser Diskussion, werden wir die Untersuchung der mathematischen Logik beginnen, indem wir Axiomensysteme untersuchen. Dies wird uns schließlich zu einer Vielfalt von Problemen führen, von denen einige nur entfernt mit den Axiomensystemen verwandt sind.

Formale Systeme

Ein Axiom oder ein Theorem kann auf zwei Weisen betrachtet werden. Es kann als ein Satz betrachtet werden, d.h. als das Objekt, das auf dem Papier erscheint, wenn wir das Axiom niederschreiben, oder als die Bedeutung eines Satzes, d.h. als die Tatsache, die von dem Axiom ausgedrückt wird. Auf den ersten Blick erscheint das letztere sehr viel wichtiger. Der offensichtliche Zweck des Satzes ist es, die Bedeutung des Satzes in einer klaren und präzisen Art zu vermitteln. Dies ist ein sinnvoller Zweck, aber er scheint nicht viel mit den Grundlagen der Mathematik zu tun zu haben.

Dennoch gibt es zwei gute Gründe, um Axiome und Theoreme als Sätze zu untersuchen. Der erste ist, daß wenn wir die Sprache geeignet aussuchen, um die Axiome auszudrücken, die Struktur des Satzes die Bedeutung des Axioms dann zu einem gewissen Grad reflektieren wird. Daher können wir die Konzepte des Axiomensystems untersuchen, indem wir die Struktur der Sätze untersuchen, die die Axiome ausdrücken. Dies ist für moderne Axiomensysteme besonders wertvoll, da unser ursprüngliches Verständnis der fundamentalen Konzepte für sie sehr gering sein kann.

Der zweite Grund ist, daß die Konzepte der Mathematik normalerweise sehr abstrakt sind und deshalb schwer zu verstehen sind. Ein Satz dagegen ist ein konkretes Objekt, so daß wir uns dem Abstrakten durch das Konkrete nähern, indem wir Axiome als Sätze untersuchen.

Ein Punkt ist offensichtlich: Es hat keinen Wert, konkrete anstelle von abstrakten Objekten zu untersuchen, es sei denn wir nähern uns ihnen in einer konkreten oder konstruktiven Art. Wenn wir zum Beispiel beweisen wollen, daß ein konkretes Objekt mit einer bestimmten Eigenschaft existiert, sollten wir solch ein Objekt konstruieren und nicht bloß zeigen, daß das Nichtvorhandensein solch eines Objekts zu einem Widerspruch führt.

Literaturverzeichnis

BARWISE, JON und R. COOPER (1981). *Generalized Quantifiers and Natural Language*. In: *Linguistics and Philosophy*, Band 4, Seiten 159 – 219. Reidel.

BATEMAN, JOHN A. (1995). *Basic Technology for Multilingual Theory and Practice: the KPML development environment*. In: *Workshop on Multilingual Natural Language Generation (IJCAI '95)*. Verfügbar unter http://www.stir.ac.uk/english/communication/Computational-tools/papers/kpml-short-description.ps.gz.

BATEMAN, JOHN A. (1997). *Some apparently disjoint aims and requirements for grammar development environments: the case of natural language generation*. In: *Workshop on Computational Environments for Grammar Development and Linguistic Engineering (ACL-EACL '97)*, Madrid. Verfügbar unter http://xxx.lanl.gov/ps/cmp-lg/9711005.

BATEMAN, JOHN A. und S. SHAROFF (1998). *Multilingual Grammars and Multilingual Lexicons for Multilingual Text Generation*. In: *Workshop on Multilinguality in the Lexicon (ECAI '98)*, Brighton. Verfügbar unter http://www.stir.ac.uk/english/communication/Computational-tools/papers/bateman-sharoff.ps.gz.

BLANK, INGEBORG (1997). *Computerlinguistische Analyse mehrsprachiger Fachtexte*. Doktorarbeit, Centrum für Informations- und Sprachverarbeitung, Universität München.

DROSDOWSKI, GÜNTHER, Herausgeber (1995). *Grammatik der deutschen Gegenwartsprache*, Band 4 der Reihe *Duden*. Dudenverlag, Mannheim, 5. Auflage

EISENBERG, PETER (1994). *Grundriß der deutschen Grammatik*. Metzler, Stuttgart, 3. Auflage

ELHADAD, MICHAEL und J. ROBIN (1999). *SURGE: A Comprehensive Plug-in Syntactic Realization Component for Text Generation*. Ben Gurion University. Verfügbar unter ftp://ftp.cs.bgu.ac.il/pub/people/elhadad/surge2.ps.gz.

ENGEL, ULRICH (1996). *Deutsche Grammatik*. Groos, Heidelberg, 3. Auflage

FLEISCHHACK, ERICH, H. SCHWARZ und F. VETTEL (1981). *English G. Grammatik*. Cornelsen-Velhagen & Klasing, Berlin, 1. Auflage

FRÖHLICH, MARCEL O. und R. P. VAN DE RIET (1998). *Using Multiple Ontologies in a Framework for Natural Language Generation*. In: *13th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI '98)*. Verfügbar unter http://delicias.dia.fi.upm.es/WORKSHOP/ECAI98/final-papers/marcel.ps.

GALE, WILLIAM A. und K. W. CHURCH (1991). *A program for aligning sentences in bilingual corpora*. In: *Proceedings of Computational Linguistics*, Seiten 177 – 184, Berkeley.

GIST CONSORTIUM (1996). *GIST - Generating InStructional Text. Final Report*. Information Technology Research Institute (ITRI), University of Brighton. Verfügbar unter http://ecate.itc.it:1024/projects/gist/deliverables/Final-report-new.ps.gz.

GREENBAUM, SIDNEY (1996). *The Oxford English Grammar*. Oxford University Press, Oxford.

GREVISSE, MAURICE und A. GOOSSE (1993). *le bon usage*. Duculot, Paris, 13. Auflage

GÖRTZEN, FRANK (1998). *Entwurf und Implementierung einer objektorientierten Oberfläche zur Darstellung und Eingabe baumartiger Strukturen am Beispiel natürlichsprachiger Sätze*. Trimesterarbeit, Universität der Bundeswehr München.

HELBIG, GERHARD und J. BUSCHA (1996). *Deutsche Grammatik. Ein Handbuch für den Ausländerunterricht*. Langenscheidt, Leipzig, 17. Auflage

HORSTMANN, CHRISTIAN (1998). *Eine algorithmische Beschreibung des französischen Satzbaus*. Trimesterarbeit, Universität der Bundeswehr München.

HUTCHINS, W. JOHN und H. L. SOMERS (1992). *An Introduction to Machine Translation*. Academic Press, London.

JONES, SIMON P. und J. HUGHES, Herausgeber (1999). *Haskell 98: A Non-strict, Purely Functional Language*. Yale University. Verfügbar unter http://haskell.org/definition/haskell98-report.ps.gz.

JUDE, WILHELM K. (1961). *Deutsche Grammatik*. Westermann, Braunschweig, 10. Auflage

KAMP, HANS und U. REYLE (1993). *From discourse to logic*. Kluwer, Dordrecht.

KITTREDGE, R., A. POLGUÈRE und E. GOLDBERG (1986). *Synthesizing weather forecasts from formatted data*. In: *Proceedings of Computational Linguistics*, Seiten 563 – 565, Bonn.

KLEIN, HANS-WILHELM und H. KLEINEIDAM (1989). *Etudes Françaises, Grundgrammatik*. Klett, Stuttgart.

LAVOIE, BENOIT und O. RAMBOW (1997). *A Fast and Portable Realizer for Text Generation Systems*. In: *Proceedings of the 5th Conference on Applied Natural Language Processing (ANLP '97)*, Seiten 265 – 268, Washington. Verfügbar unter http://www.cogentex.com/papers/realpro-anlp97.ps.

LEVIN, LORI S. (1982). *Sluicing: A Lexical Interpretation Procedure*. In: BRESNAN, JOAN, Herausgeber: *The Mental Representation of Grammatical Relations*, Cognitive Theory and Mental Representation, Kapitel 9, Seiten 590 – 654. MIT Press, Cambridge.

LINELL, PER (1982). *The Written Language Bias in Linguistics*. The English Server. Verfügbar unter http://english-server.hss.cmu.edu/langs/linell.

LINK, GODEHARD (1976). *Intensionale Semantik*. Wilhelm Fink, München.

LINK, GODEHARD (1979). *Montague-Grammatik. Die logischen Grundlagen*. Wilhelm Fink, München.

LINK, GODEHARD (1998). *Algebraic semantics in language and philosophy*. CSLI Publications, Stanford.

MALASKE, ULRICH (1998). *Von lustig bis lästig, Software zur maschinellen Deutsch-Englisch-Übersetzung*. In: *c't*, Heft 22: S. 170 – 179.

MARLOW, SIMON (1997). *Happy User Guide*. University of Glasgow. Verfügbar unter http://www.dcs.gla.ac.uk/fp/software/happy/doc/happy.ps.

MCKEOWN, KATHLEEN R. (1982). *Generating natural language text in response to questions about database structure*. Doktorarbeit, University of Pennsylvania, Philadelphia.

NOVAK, HANS-JOACHIM (1991). *Integrating a Generation Component into a Natural Language Understanding System*. In: HERZOG, O. und C.-R. ROLLINGER, Herausgeber: *Text Understanding in LILOG*, Band 546 der Reihe *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Seiten 659 – 669. Springer, Berlin.

PAIVA, DANIEL S. (1998). *A Survey of Applied Natural Language Generation Systems*. Information Technology Research Institute (ITRI), University of Brighton. Verfügbar unter http://www.itri.brighton.ac.uk/projects/rags/surveyAppliedNLG.ps.gz.

PINKER, STEVEN (1996). *Der Sprachinstinkt*. Kindler, München.

QUIRK, RANDOLPH und S. GREENBAUM (1973). *A University Grammar of English*. Longman, Edinburgh Gate.

REALPRO (1998). *RealPro General English Grammar User Manual*. CoTexGen Inc. Verfügbar unter http://www.cogentex.com/papers/realpro-manual.ps.

ROBERTS, IAN (1997). *Comparative Syntax*. Arnold, London.

RÖSNER, DIETMAR (1994). *Automatische Generierung von mehrsprachigen Instruktionstexten aus einer Wissensbasis*. Habilitationsschrift, Universität Stuttgart. Verfügbar unter http://www-ai.cs.uni-magdeburg.de/ roesner/habil.html.

SENTA, T. DELLA und H. UCHIDA, Herausgeber (1998). *Universal Networking Language - UNL*. UNU/IAS Tokio. Verfügbar unter http://www.ias.unu.edu/research_prog/science_technology/universalnetwork_language.html.

SHOENFIELD, JOSEPH R. (1973). *Mathematical Logic*. Addison-Wesley, Reading.

TWAIN, MARK (1880). *A Tramp Abroad, Appendix D: The Awful German Language*. Verfügbar unter http://www.bdsnett.no/klaus/twain.

WEINRICH, HARALD (1982). *Textgrammatik der französischen Sprache*. Klett, Stuttgart.

WENDHOLT, BIRGIT (1991). *The Formulator*. In: HERZOG, O. und C.-R. ROLLINGER, Herausgeber: *Text Understanding in LILOG*, Band 546 der Reihe *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Seiten 685 – 700. Springer, Berlin.

Index