

**Universität Hamburg**

Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften

Department Informatik

**Arbeitsbereich Wissens- und Sprachverarbeitung**

Diplomarbeit

**Strukturierte Handlungsinformationen  
für instruierte Agenten  
am Beispiel der Interpretation  
von Wegbeschreibungen**

Hamburg, 1. November 2007

**Zehra Öztürk**

Zehra\_Oeztuerk@web.de

Studiengang Informatik

Matr.-Nr. 5237657

Erstgutachterin:

Dr. Carola Eschenbach

Zweitgutachter:

Prof. Dr. Christopher Habel



## Zusammenfassung

Die Forschung zu Intelligenten Agenten hat in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen. Intelligente Agenten sollen in einer unbekanntem Umgebung autonom handeln können. Instruierte Agenten sind ein bestimmter Agententyp, bei welchem die Umgebungsinformationen in Form einer natürlichsprachlichen Wegbeschreibung gegeben werden. Am Departement Informatik der Universität Hamburg wurde das Modell eines Instruierten Agenten, des Geometrischen Agenten, entwickelt.

Im Rahmen meiner Diplomarbeit werde ich eine mögliche Darstellung von strukturierten Handlungsinformationen am Beispiel von Wegbeschreibung für einen instruierten Agenten vorstellen. Dafür wird analysiert, anhand welcher sprachlichen Konstrukte man erkennen kann, in welchem Fall eine temporale Überschneidung zwischen den Handlungen vorliegt. Anschließend wird gezeigt, wie man die Handlungen formal repräsentieren kann und ein Vorschlag dazu gemacht, wie die Handlungen mit temporalen Überschneidungen abgearbeitet werden können. Die formale Repräsentation erfolgt durch unterschiedliche Elemente und Erweiterungen der Logiksprache Golog. Zum Abschluss stelle ich vor, wie man den Aktionsplan der bestehenden Modellierung des Geometrischen Agenten um diese temporalen Relationen erweitern kann und wo in diesem Modell die Golog-Repräsentation angesetzt werden kann.



# Danksagung

Ich danke folgenden Leuten:

- meinen Eltern, weil sie mich immer unterstützt haben und für meine Existenz, deren Verursacher sie sind
- meiner Schwester Ümmü Gülsüm, weil sie so nett war, in der Zeit auf den Computer zu verzichten
- meinen Nichten und Neffen, meinen anderen Schwestern Nida, Selda und Rukiye sowie meinem Bruder Kerim für die willkommenen Ablenkungen
- Frau Dr. Carola Eschenbach, meiner Erstgutachterin, für die interessanten Diskussionen und die anregende Kritiken
- Herrn Prof. Dr. Christopher Habel für die Übernahme der Zweitbetreuung und für die interessanten Vorlesungen, die mich in diesen Bereich der Informatik gelockt haben
- meinen lieben Korrekturlesern: Martin Nöske (der in Krisensituationen immer da war), Stephanie Vorwerk (die mich in der Schlussphase angetrieben hat), Wiebke Eggers und Dirk Fust



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 Motivation</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2 Lösungsansatz</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3 Was nicht behandelt wird</b> .....	<b>11</b>
<b>1.4 Gliederung</b> .....	<b>12</b>
<b>2. AGENTENSYSTEME UND PLANUNG</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 Agentensysteme</b> .....	<b>15</b>
2.1.1 Performanzmaß und Rationalität.....	16
2.1.2 Agententypen.....	17
<b>2.2 Planung</b> .....	<b>18</b>
2.2.1 Konditionales Planen .....	19
2.2.2 plan-as-communication-Sichtweise .....	19
<b>3. DER GEOMETRISCHE AGENT</b> .....	<b>21</b>
<b>3.1 Umgebung des Geometrischen Agenten</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2 Routeninstruktionen</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3 Instruktionsphase</b> .....	<b>23</b>
3.3.1 Syntaktische und semantische Verarbeitung .....	24
3.3.2 CRIL.....	25
3.3.3 Instruktionsprozess.....	26
3.3.4 Internes Modell des Geometrischen Agenten .....	27
<b>4. INTERPRETATION DER WEGBESCHREIBUNGEN</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1 Wegbeschreibungen</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2 Verwendeter Korpus</b> .....	<b>30</b>

<b>4.3 Interpretation der Wegbeschreibungen .....</b>	<b>32</b>
4.3.1 Routensegmente .....	32
4.3.2 Zeitstrukturen .....	34
4.3.2.1 Formalismen von Allen und Vilain.....	35
4.3.2.2 Darstellung der temporalen Relationen .....	37
4.3.3 Lokale Informationen.....	42
4.3.4 Analyse der Konnektoren .....	44
4.3.4.1 Bedeutung von ‚bis‘ .....	45
4.3.4.2 Bedeutung von ‚dann‘ .....	47
<b>5. BESTIMMUNG TEMPORALER RELATIONEN IN WEGBESCHREIBUNGEN .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1 Konnektoren als Aktionsverknüpfers.....</b>	<b>49</b>
<b>5.2 Deutung der lokalen Informationen.....</b>	<b>50</b>
<b>5.3 Temporale Relationen bei den bis-Vorkommnissen.....</b>	<b>52</b>
5.3.1 ‚Bis‘ als Präposition .....	52
5.3.2 ‚Bis‘ als Subjunktion.....	54
<b>5.4 Temporale Relationen bei dann-Vorkommnissen.....</b>	<b>56</b>
5.4.1 Die Relation ENDS.....	56
5.4.2 Die Relation STARTS .....	57
5.4.3 Die Relation PARTLY_OVERLAPS.....	58
<b>6. DARSTELLUNG DER WEGBESCHREIBUNG DURCH GOLOG .....</b>	<b>63</b>
<b>6.1 Golog.....</b>	<b>64</b>
6.1.1 Situationskalkül.....	64
6.1.2 Komplexe Aktionen in Golog.....	66
6.1.4 Wahrnehmungsaktionen in Golog.....	68
6.1.5 Nebenläufige Aktionen in Golog - ConGolog.....	69
<b>6.2 Darstellung der temporalen Informationen .....</b>	<b>71</b>
6.2.1 Konstruktoren für Aktionen aus Wegbeschreibungen .....	72
6.2.2 Prozeduren für die temporalen Relationen.....	77
6.2.2.1 Darstellung der Relation ENDS.....	78
6.2.2.2 Darstellung der Relation STARTS.....	80
6.2.2.3 Darstellung der Relation PARTLY_OVERLAPS.....	82
6.2.2.4 Darstellung der globalen Wahrnehmungsaktionen .....	83
<b>7. EINBINDUNG IN DEN GEOMETRISCHEN AGENTEN.....</b>	<b>85</b>
<b>7.1 Aktionsplan des Geometrischen Agenten.....</b>	<b>86</b>
<b>7.2 Vorschlag zur Nutzung des Plans mit temporalen Relationen.....</b>	<b>88</b>

<b>7.3 Erzeugung eines Aktionsplans mit temporalen Relationen.....</b>	<b>89</b>
7.3.1 Die Relation ENDS im Aktionsplan.....	91
7.3.2 Die Relation STARTS im Aktionsplan.....	94
7.3.3 Die Relations PARTLY_OVERLAPS im Aktionsplan.....	95
7.3.4 Globale Wahrnehmungsaktionen im Aktionsplan.....	100
7.3.5 Darstellung passiver Aktionen im Aktionsplan .....	101
7.3.6 Aufbau des Aktionsplans mit temporalen Relationen.....	104
<b>8. SCHLUSSBETRACHTUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>107</b>
<b>LITERATUR .....</b>	<b>109</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>115</b>



## Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1: Grundriss des Informatikcampus' (links) und das darauf aufbauende Umgebungsmodell (rechts) des geometrischen Agenten .....	21
Abb. 3.2: Die Instruktionsphase des Geometrischen Agenten.....	23
Abb. 3.3 Entstehendes CRIL-Netz nach der Weiterverarbeitung mit pragmatischen Annahmen .....	28
Abb. 4.1: Übersicht über sieben der 13 primitiven Relationen, die zwischen temporalen Intervallen bestehen können. ....	36
Abb. 4.2: Übersicht über die zusätzlichen Relationen bei Berücksichtigung von Zeitpunkten; I steht für die Intervalle und t für Zeitpunkte. ....	37
Abb. 4.3: Darstellung der temporalen Relation AFTER.....	39
Abb. 4.4: Darstellung der temporalen Relation PARTLY_OVERLAPS.....	40
Abb. 4.5: Darstellung der temporalen Relation ENDS.....	41
Abb. 4.6: Darstellung der temporalen Relation STARTS.....	42
Abb. 6.1: Ebenen der Repräsentation einer Wegbeschreibung .....	63
Abb. 7.1: Die um die temporalen Relationen erweiterte Darstellung der Abbildung 3.2.....	86
Abb. 7.2: Prozesse zur Generierung und Nutzung des Aktionsplans im Geometrischen Agenten (übernommen aus Bittkowski 2005) .....	87
Abb. 7.3: Prozesse zur Generierung und Nutzung des Aktionsplans im Geometrischen Agenten mit Berücksichtigung der temporalen Relationen .....	89
Abb. 7.4: Darstellung eines RefOs in der Verarbeitung der Instruktion des Geometrischen Agenten.....	90



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Deskriptive Operatoren, die in lexikalischen Einträgen von Verben und Präpositionen verwendet werden .....	25
Tabelle 3.2: CRIL-Repräsentation einer Wegbeschreibung .....	26
Tabelle 3.3: Räumliche Repräsentation der Beispielsätze (a), (b) und (c) aus dem Beispiel aus Tabelle 3.2 .....	28
Tabelle 4.1: Übersicht über einige, der in Wegbeschreibungen verwendeten Verben und ihre Klassifizierung, die die Aktionsart bestimmt .....	34



# 1. Einleitung

## 1.1 Motivation

In der Künstlichen Intelligenz hat die Forschung zu Intelligenten Agenten eine zentrale Rolle eingenommen. Intelligente Agenten haben die spezifische Eigenschaft, dass ein Verhalten in einer Umgebung künstlich erzeugt werden soll. Das macht ihren Unterschied zu anderen Computerprogrammen aus. Es gibt unterschiedliche Feinheiten in der Definition eines Agenten, gemeinsam bleibt aber allen, dass Agenten für eine bestimmte Umgebung definiert werden und in einer solchen autonom handeln können. Um autonomes Handeln zu ermöglichen, braucht der Agent Informationen, z.B. über seine Umgebung und über die Aktionen, die er ausführen kann (Russel und Norvig 2003; Wooldridge 2000; Wooldridge und Jennings 1995). Ein instruierter Agent ist ein spezieller Typ eines Agenten, der Umgebungsinformationen in Form einer (natürlich) sprachlichen Instruktion erhält, diese aber autonom ausführt.

Instruierte Agenten können z.B. eingesetzt werden, um ihnen unbekannte Umgebungen mittels Wegbeschreibungen zu erkunden. Die Wegbeschreibungen werden von Menschen erstellt, die die Umgebung kennen. Dadurch ist es möglich, dem Agenten einen Aktionsplan zu liefern, der mittels dieser den Agenten zu einem gewünschten Ziel führt.

Wegbeschreibungen dienen dazu, einem Menschen zu helfen, den Weg in einer ihm unbekanntem Umgebung zu finden. Sie können auf verschiedene Arten mitgeteilt werden: Als sprachliche Äußerungen, als eine Auflistung von auszuführenden Schritten, als Zeichnung mit Erläuterungen oder aber auch Erklärungen zu einer bereits existierenden Umgebungskarte. Die Wegbeschreibungen spezifizieren sowohl räumliche Informationen über die Umgebung des Weges als auch temporale Informationen über die auszuführenden Schritte, die als Aktionsplan verstanden werden können. Die in einer Beschreibung gegebenen Informationen können aber unvollständig oder fehlerhaft sein. Es gibt zudem keine klaren Kriterien, mithilfe derer man die Aktionsabfolge oder die Begrenzung von Aktionen festlegen kann. Trotz dieser zum Teil unvollständigen Informationen sind Menschen meistens in der Lage, sich durch Interpretation einer Wegbeschreibung, in einer unbekanntem Umgebung zurechtzufinden (Tschander, Schmidtke, Habel, Eschenbach und Kulik 2003).

Im Rahmen dieser Arbeit werden natürlichsprachliche Wegbeschreibungen verwendet, um Handlungsinformationen strukturiert darzustellen. Diese strukturierten Handlungsinformationen werden als unterstützende Information zum Aktionsplan bei der Wegfindung für einen instruierten Agenten gesehen. Ein Beispiel für einen Instruierten Agenten ist das Modell des Geometrischen Agenten, welches ich im Folgenden näher betrachte.

Der Geometrische Agent ist eine Simulationsumgebung, die es ermöglicht, natürlichsprachliche Wegbeschreibungen in einer einfachen Domäne zu verarbeiten. Perzeption und Aktion finden in einer simulierten Umgebung statt, welche im Rahmen der Euklidischen Geometrie spezifiziert ist. Für den Geometrischen Agenten ist es bereits möglich, in der Instruktionsphase einen Aktionsplan aus der Wegbeschreibung zu erzeugen. Innerhalb der Instruktionsphase werden ebenfalls lokale Informationen bzgl. der auszuführenden Schritte in Form eines internen räumlichen Modells erzeugt, welche zusammen mit dem Aktionsplan das Instruktionsmodell darstellen. Der Aktionsplan wird erstellt, indem zu jedem Bewegungsverb eine imperative Anweisung im Aktionsplan gespeichert wird (Tschander et al. 2003). Im derzeitigen Stand der Implementation ist der Aktionsplan eine Sequenz von imperativen Anweisungen. Für die Erstellung des Plans werden aber in der natürlich-sprachlichen Instruktion gegebene Hinweise über die Beziehungen zwischen den Schritten nicht berücksichtigt, wie z.B. temporale Überschneidungen. Die Aktionen werden vom Geometrischen Agenten in der Reihenfolge abgelegt, in welcher sie innerhalb der Routeninstruktion genannt wurden.

Um die Aktionen in einer Wegbeschreibung miteinander zu verknüpfen, werden von den Beschreibenden häufig Konnektoren wie *bis* und *dann* verwendet. Konnektoren drücken spezifische semantische Beziehungen zwischen Sätzen aus. In Wegbeschreibungen dienen sie dazu, die Beziehungen zwischen den einzelnen Aktionen zu spezifizieren (Wunderlich und Reinelt 1982; Fraczak 1998). So können sich z.B. auch Aktionen, die in der Wegbeschreibung nacheinander genannt wurden, sich während der Ausführung zeitlich überschneiden oder eine genannte Aktion kann eine zuvor genannte begrenzen.

Das Ziel ist es, für einen instruierten Agenten, wie beispielsweise den Geometrischen Agenten, strukturierte Handlungsinformationen aus Wegbeschreibungen zu generieren. Strukturierte Handlungsinformationen enthalten zusätzlich zu der Abfolge der auszuführenden Aktionen, wie bei dem Aktionsplan des Geometrischen Agenten gegeben, noch Informationen zu den lokalen und temporalen Beziehungen zwischen den Aktionen.

### 1.2 Lösungsansatz

Eine Handlungsstruktur, welche auch Informationen zu den Beziehungen zwischen den Aktionen enthalten soll, erfordert eine geeignete Repräsentationsform. So können die miteinander verknüpften Informationen dargestellt werden.

Es gibt bereits unterschiedliche Formalismen zur Darstellung von Aktionen, wie z.B. den Situationskalkül. Durch den Situationskalkül ist es möglich, einen Aktionsplan als eine Sequenz primitiver Aktionen darzustellen. Die logische Programmiersprache Golog, eine Erweiterung des Situationskalküls, ermöglicht es, auch komplexe Aktionen darzustellen. Es ist aber auch mit Golog noch nicht möglich, die lokalen und temporalen Beziehungen

zwischen den Aktionen auszudrücken. Trotzdem können Elemente des Formalismus' von Golog verwendet werden, um eine Handlungsstruktur aufzubauen. Dafür muss eine geeignete Darstellungsform, wie die temporale, aber auch die evtl. lokale Information in der Struktur abzubilden ist, gefunden werden.

Welche temporalen oder lokalen Beziehungen in der Handlungsstruktur abgebildet werden sollen, sind aus den sprachlichen Konstruktionen der Wegbeschreibungen zu ermitteln. Wie bereits erwähnt dienen die in den Wegbeschreibungen verwendeten Konnektoren dazu, die Beziehungen zwischen den einzelnen Aktionen darzustellen. Über die Konnektoren kann man entsprechend die unterschiedlichen zeitlichen und lokalen Verknüpfungen, welche man darstellen möchte, ermitteln.

Den resultierenden Formalismus zur Darstellung von strukturierten Handlungs-  
informationen, welche die Beziehungen zwischen den Aktionen darstellen, die durch die in den Wegbeschreibungen verwendeten Konnektoren ermittelt werden, kann man in das Modell des Geometrischen Agenten einbinden. Dafür muss der Aktionsplan um die erforderlichen temporalen Relationen erweitert werden und die strukturierten Handlungs-  
informationen werden als Unterstützung zu diesem neuen Plan verstanden. Durch die Repräsentation der sich temporal überschneidenden Aktionen in Golog wird ein Vorschlag zur Abarbeitung der Aktionen geliefert, zwischen denen im Aktionsplan die jeweilige temporale Relation ermittelt wurde.

### **1.3 Was nicht behandelt wird**

Ziel der Arbeit ist es nicht, eine allgemeine linguistische Analyse der in Wegbeschreibungen verwendeten Konnektoren vorzunehmen. Es werden lediglich einige der Konnektoren betrachtet, die zum Aufbau der temporalen Struktur innerhalb der untersuchten Weg-  
beschreibungen beitragen. Diese Konnektoren werden nur als Hilfsmittel zur Darstellung  
strukturierter Handlungsinformationen verwendet und unter diesem Aspekt betrachtet.

Zudem soll durch die Repräsentation der strukturierten Handlungsinformationen in Golog kein neuer Vorschlag zur Darstellung von Aktionen und Plänen gemacht werden. Die Repräsentation bietet eine Erweiterung der bereits bestehenden Darstellungsform von Aktionen im Situationskalkül für den besonderen Fall der Wegbeschreibungen um Elemente, mit denen temporale Überschneidungen zwischen Aktionen dargestellt werden können.

### 1.4 Gliederung

Im zweiten Abschnitt werden einige Grundlagen zu Agenten und Planung vorgestellt. Es wird ein Überblick dazu gegeben, was als ein Agent verstanden wird, welche Eigenschaften Agenten besitzen können, was ein instruierter Agent ist, sowie die für die Arbeit relevanten Aspekte der Planung. Der nächste Abschnitt behandelt das Modell des Geometrischen Agenten. In diesem Abschnitt wird das Konzept des Geometrischen Agenten vorgestellt. Insbesondere wird auf die Instruktionsphase des Geometrischen Agenten eingegangen, in welcher die Verarbeitung einer Wegbeschreibung bis hin zur Erzeugung des Aktionsplans erfolgt.

Abschnitt 4 beinhaltet eine Beschreibung der Grundlagen, Begriffe und Klassifizierungen, die für die Interpretation der Wegbeschreibungen verwendet werden. In dem Abschnitt wird vorgestellt, wie Wegbeschreibungen segmentiert werden können, wie diese Segmente klassifiziert werden und welches Zeitmodell den temporalen Relationen zugrunde gelegt wurde. In Abschnitt 5 wird dann vorgestellt, wie die Wegbeschreibungen tatsächlich interpretiert wurden, um die temporalen Relationen zu bestimmen. Es werden die einzelnen Kriterien, die bei einer Wegbeschreibungen für eine bestimmte temporale Relation gegeben sein müssen, vorgestellt und welche Bedeutung die Konnektoren bei der Bestimmung der temporalen Relationen tragen.

In Kapitel 6 wird die logische Programmiersprache Golog vorgestellt, sowie einige Erweiterungen von Golog. Zudem wird ein Vorschlag für die Repräsentation der Aktionen aus Wegbeschreibungen mit unterschiedlichen Elementen und Erweiterungen aus Golog gemacht. Es wird eine Möglichkeit zur Abarbeitung der temporalen Relationen zwischen den Aktionen in Golog vorgestellt.

Kapitel 7 beinhaltet einen Vorschlag dazu, wie man die temporalen Relationen in das Modell des Geometrischen Agenten einbinden kann. Dafür wird vorgestellt, wie der aktuelle Stand der Verarbeitung einer Wegbeschreibung zu einem Aktionsplan beim Geometrischen Agenten ist. Also welche temporalen Relationen bereits dargestellt werden können und an welche Erweiterungen erfolgen müssen, um die fehlenden temporalen Relationen, mit einzubinden. Zum Abschluss erfolgt eine Schlussbetrachtung und Ausblick dazu, was durch die in der Arbeit vorgestellte Repräsentation bereits abgedeckt wurde und was noch getan werden kann, um strukturierte Handlungsinformationen besser darzustellen bzw. zu erweitern.

#### **Zur Notation in der Arbeit**

Beispiele zu Wegbeschreibungen im Text werden *kursiv* gehalten. Sofern die Beispiele aus einer Wegbeschreibung aus einem der verwendeten Korpora stammen, wird ein Kürzel vor dieses gesetzt (z.B. *lt\_19* oder *t3\_25*), welches die Wegbeschreibung bezeichnet, aus der das Beispiel entnommen wurde. Kürzel, die mit *t* beginnen stammen aus dem Trier-Korpus, die restlichen Beispiele mit Kürzeln stammen aus dem Informatikum-Korpus. Die Wegbeschreibungen der Korpora, aus denen Beispiele entnommen wurden bzw. die als gesamtes

Beispiel verwendet wurden, sind in ihrer vollständigen Form im Anhang aufgeführt. Eine Übersicht über alle für die Analyse verwendeten Wegbeschreibungen erhält man unter folgender URL:

<http://www.informatik.uni-hamburg.de/WSV/diplomarbeiten/Oeztuerk-Korpora-2007.pdf>

Beispielwegbeschreibungen, die kein bezeichnendes Kürzel enthalten, wurden von mir zu anschaulichen Zwecken konstruiert.

Ebenfalls *kursiv* werden die Konjunktionen, Präpositionen und Adverbien dargestellt, die nicht in ihrer grammatikalischen Verwendungsart, sondern als Eigennamen verwendet werden.

Die Darstellung von Beispielen außerhalb des fließenden Textes, Repräsentationen in Golog, sowie die Referentiellen Netze werden in Maschinenschrift dargestellt. Werden Teile aus der Golog-Repräsentation oder der Referentiellen Netze im Text verwendet, so sind diese auch in Maschinenschrift dargestellt.

In der Arbeit werden nur einige wenige Begriffe **fett** dargestellt, wenn es sich um neu eingeführte Begriffe handelt oder Bezeichnungen, die hervorgehoben werden sollen. Diese werden nur bei der ersten Verwendung fett dargestellt.

### **Übersetzungen aus dem Englischen**

Bei Übersetzungen aus dem Englischen wird bei erster Verwendung der Originalbegriff in Klammern hinter die Übersetzung hinzugefügt. In den Fällen, in denen es angemessen erschien keine Übersetzung zu verwenden, da diese Begriffe auch im Deutschen verwendet werden, bzw. in denen keine passende Übersetzung ins Deutsche sinnvoll erschien, wird der Begriff aus dem Englischen verwendet.



## 2. Agentensysteme und Planung

Die strukturierten Handlungsinformationen dienen dem instruierten Agenten als eine Erweiterung seines Aktionsplans. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick dazu gegeben, was als ein Agent verstanden wird, welche Eigenschaften Agenten besitzen können und was ein instruierter Agent ist. Zudem werden die für die Arbeit relevanten Aspekte der Planung vorgestellt.

### 2.1 Agentensysteme

Das Konzept des intelligenten Agenten hat sowohl in der Künstlichen Intelligenz als auch in der allgemeinen Informationstechnologie an Bedeutung gewonnen (Wooldridge und Jennings 1995). In Russell und Norvig (2003) wird ein Agent als etwas definiert, das handeln kann. Die intelligenten Agenten unterscheiden sich dabei von „gewöhnlichen“ Computerprogrammen durch spezielle Eigenschaften, die intelligentes Verhalten erzeugen sollen. Diese Eigenschaften variieren je nach Anwendungsgebiet. Wooldridge definiert einen Agenten wie folgt:

*An agent is a computer system that is situated in some environment, and that is capable of autonomous action in this environment in order to meet its design objectives.*  
(Wooldridge 1999, Seite 5)

Es gibt keine allgemeine Definition für den Agentenbegriff, die in allen Anwendungsgebieten von Agenten akzeptiert wird. Gemeinsam ist allen Definitionen jedoch, dass der Agent in eine Umgebung eingebettet ist und die Fähigkeit besitzt, in dieser Umgebung autonom zu handeln. Für die autonome Handlungsweise ist es notwendig, dass er die Fähigkeit besitzt, die für seine auszuführenden Handlungen relevanten Aspekte der Umgebung wahrzunehmen.

Die Eigenschaften, die ein Agent zusätzlich besitzen kann, sind beispielsweise soziale Fähigkeiten, Reaktivität und Proaktivität. Unter sozialen Fähigkeiten versteht man, dass die Agenten untereinander mittels einer Art von Agenten-Kommunikationssprache Informationen austauschen. Reaktivität bedeutet, dass der Agent seine Umgebung wahrnehmen und auf Veränderungen in der Umgebung reagieren kann. Proaktivität heisst, dass die Agenten nicht nur auf ihr Umfeld reagieren können, sondern auch zielgerichtetes Verhalten ausüben und die Initiative ergreifen können (Wooldridge und Jennings 1995).

Das Modell des Geometrischen Agenten (siehe Abschnitt 3) soll dem Kriterium der Rationalität genügen. Als rational bezeichnet man einen Agenten, der geplant richtig handelt, um sein Ziel zu erreichen. Eine richtige Handlung ist eine, die das bestmögliche Ergebnis für den

Agenten liefert. Das bestmögliche Ergebnis kann durch die Angabe von Performanzmaßen gemessen werden. Im Folgenden wird ein Konzept der Rationalität und der Zusammenhang zu dem Performanzmaß vorgestellt sowie eine Auflistung von möglichen Agententypen.

### 2.1.1 Performanzmaß und Rationalität

Das Performanzmaß ist ein Kriterium, das den Erfolg oder Misserfolg des Verhaltens eines Agenten ausdrückt. Es kann bei dem Entwurf eines Agenten von außen vorgegeben werden. Agenten haben unterschiedliche Aufgaben und auch ihre Umgebung variiert und beeinflusst das Performanzmaß, so dass es für verschiedene Agenten unterschiedliche Performanzmaße gibt. Für das rationale Verhalten eines Agenten muss auch ein Performanzmaß definiert werden.

Im Weiteren ist das rationale Verhalten eines Agenten abhängig von folgenden Aspekten (Russel und Norvig 2003):

- dem *a-priori* Wissen des Agenten über die Umwelt
- den Aktionen, die der Agent ausführen kann
- der aktuellen Perzeptionssequenz des Agenten

Das a-priori Wissen stellt das Wissen des Agenten dar, dass er vor Ausführung der Perzeptionshandlungen in der Umwelt besitzt. Zum anderen erhält der Agent Informationen durch die Wahrnehmung seiner Umgebung. Die aktuelle Perzeptionssequenz stellt die Folge von wahrgenommenen Zuständen dar. Die ausführbaren Aktionen sind die Aktionen, über die der Agent verfügen muss, um rational handeln zu können. Wenn es keine Aktionen gibt, um eine Aufgabe zu lösen, dann kann der Agent nicht mehr rational handeln. In Abhängigkeit dieser Aspekte definieren Russel und Norvig einen rationalen Agenten wie folgt:

For each possible percept sequence, a rational agent selects an action that is expected to maximize its performance measure, given the evidence provided by the percept sequence and whatever built-in knowledge the agent has. (Russel und Norvig 2005, Seite 36)

Eine wichtige Unterscheidung, die gemacht werden muss, ist die zwischen Rationalität und Allwissenheit. Allwissenheit bedeutet, dass der Agent vollständiges und sicheres Wissen über seine Umgebung besitzt. Zudem kennt ein allwissender Agent die Auswirkungen seiner aktuellen Handlungen und handelt entsprechend. In der Darstellung von Agenten ist Allwissenheit aber nicht möglich. Durch Rationalität hingegen wird die erwartete Performanz erhöht und nicht die aktuelle, wie es bei der Allwissenheit des Agenten der Fall wäre. Die oben angegebene Definition eines rationalen Agenten umfasst dementsprechend nicht dessen Allwissenheit. Auch bei dem Modell des Geometrischen Agenten wird nicht vollständiges Wissen über die Umgebung vorausgesetzt. Es handelt sich daher um einen rationalen Agenten.

### 2.1.2 Agententypen

Russel und Norvig (2003) stellen verschiedene Typen von Agentenmodellen vor, die für verschiedene Umgebungstypen geeignet sind und sich in der Komplexität ihrer Funktionalität unterscheiden: Der **einfache Reflex-Agent**, der **modellbasierte Reflex-Agent**, der **zielbasierte Agent**, der **nutzenbasierte Agent** und der **lernende Agent**.

Der einfachste Agententyp ist der einfache Reflex-Agent. Diese Agenten suchen ihre Aktionen basierend auf ihrer aktuellen Perzeption aus und ignorieren die restliche Perzeptionsgeschichte. Ein derartiges Verhalten wird durch die *condition-action-rule* beschrieben. Einfache Reflex-Agenten können in vollständig beobachtbaren Umgebungen eingesetzt werden, da der gesamte Zustand der Welt bekannt ist. Ein beobachteter Zustand kann über die *condition-action-rule* direkt in eine Aktion übergeleitet werden. Einfache Reflex-Agenten haben zwar den Vorteil sehr simpel zu sein, aber sie lassen auch kein unvollständiges Wissen über die Umgebung zu.

Modellbasierte Reflex-Agenten können die Umgebung teilweise observieren, indem sie einen internen Zustand besitzen, der abhängig von der Perzeptionsgeschichte ist. Dadurch werden auch einige der nicht beobachteten Aspekte der Umgebung berücksichtigt. Das Aktualisieren dieses internen Zustands erfordert zwei Arten von Information: Erstens darüber, wie sich die Welt unabhängig vom Agenten entwickelt. Zweitens darüber, welchen Effekt die Aktionen des Agenten auf die Welt haben. Dieses Wissen über die Entwicklung der Welt wird als Modell bezeichnet.

Das Wissen über den aktuellen Zustand der Umgebung ist nicht immer ausreichend, um zu entscheiden, was zu tun ist. Zusätzlich braucht der Agent Ziel-Informationen, die beschreiben, welche Situationen wünschenswert sind. Die Auswahl der Aktionen von zielbasierten Agenten ist vorwärts gerichtet, wenn er das Ziel nur durch eine Aktion erreichen kann. Sind mehrere Aktionen notwendig, um das Ziel zu erreichen, muss der Agent einen Weg finden, der zu dem Ziel führt. Um eine derartige Sequenz von Aktionen zu finden, kann *Planung* verwendet werden. Planung unterscheidet sich von der *condition-action-rule*, da das Wissen, das zu der Entscheidung beiträgt, explizit repräsentiert ist und modifiziert werden kann. Um Veränderungen in der Umgebung bei einem Reflex-Agenten berücksichtigen zu können, ist es erforderlich, sämtliche *condition-action-rules* umzuschreiben. Das Verhalten des zielbasierten Agenten kann aber leicht geändert und angepasst werden.

Ein anderer Agententyp ist der nutzenbasierte Agent. Bei diesem wird neben den Zielen ebenfalls eine Bewertung seiner Handlungen berücksichtigt. Es kann Ziele geben, die sich konfliktieren oder für die Erfüllung des Plans gibt es mehrere Ziele. Ist dies der Fall, so kann man eine Bewertung mit einer Nutzenfunktion machen. Die Nutzenfunktion bildet einen Zustand (oder eine Sequenz von Zuständen) auf einen Zahlenwert ab. Der Zahlenwert stellt das Maß des Nutzens der Zustände dar. Eine vollständige Spezifikation der Nutzenfunktion erlaubt rationale Entscheidungen in zweierlei Arten von Fällen, in denen die Ziele inadäquat

sind: Zum einen bei sich konfligierenden Zielen, von denen nur einige erreicht werden können. Die Nutzenfunktion bestimmt, welches die angemessene Wahl ist. Beispielsweise könnte das Maß von den Kosten, die ein Plan verursacht, abhängen. Ein Plan mit geringeren Kosten wird einem Plan mit höheren Kosten stets vorgezogen. Zum anderen bei einer Auswahl von Zielen, von denen keines mit Sicherheit erreicht werden kann. Die Nutzenfunktion liefert dann einen Weg, wie die Wahrscheinlichkeit des Erfolges in Bezug zu der Wichtigkeit des Ziels gesetzt werden kann.

Lernende Agenten besitzen ein zusätzliches Lernelement. Dieses ist für Verbesserungen zuständig. Das Lernelement nutzt das Feedback, welches der Agent für seine Handlungen bekommt, um zu bestimmen, wie die Performanz des Agenten erhöht werden kann.

Die strukturierten Handlungsinformationen werden für instruierte Agenten dargestellt. Ein instruierter Agent kommt dem Konzept des zielbasierten Agenten am nächsten. Unter einem instruierten Agenten versteht man einen Agent, der zielorientiert handelt. Dabei ist ein Plan vorgegeben, der für den besonderen Fall der Wegbeschreibungen auf der jeweiligen Beschreibung beruht. Ein instruierter Agent ist ein Agent, der Umgebungsinformationen in Form einer (natürlich) sprachlichen Instruktion erhält, diese aber autonom ausführt.

### 2.2 Planung

Als Planung bezeichnet man das, was getan werden muss, um eine beliebige Bedingung zu erfüllen. Diese Bedingung ist das Ziel und die Sequenz von Aktionen, die zu diesem Ziel führt, ist der Plan (Brachman und Levesque 2004). Durch Planung kann ein Agent Nutzen aus seinem Wissen ziehen und über die Aktionen und ihre Konsequenzen schließen. Der Plan ist ein vorgeschlagener Weg, wie man durch die Aktionen von einem Zustand in den nächsten gelangen kann.

Für einen Plan müssen neben dem Initialzustand des Agenten auch die Ziele sowie die Aktionen repräsentiert werden. Zudem müssen die Aktionen repräsentiert werden. Der Initialzustand eines Agenten beschreibt den Zustand, von dem aus der Plan ausgeführt werden soll. Ein Zustand kann durch eine formale Sprache beschrieben werden. Die Ziele legen fest, welche Zustände durch die Ausführung des Plans erreicht werden sollen. Die Aktionen, die ein Agent ausführen kann, werden durch ihre Vorbedingungen und Effekte beschrieben. Die Vorbedingungen müssen erfüllt sein, bevor die Aktion ausgeführt wird und die Effekte stellen dar, welche Auswirkungen eine Aktion nach ihrer Ausführung hat (Weld 1998).

Bei dem klassischen Planen sind die Umgebungen, für die der Plan erstellt wird, vollständig beobachtbar, deterministisch, endlich, statisch und diskret (in Zeit, Aktionen, Objekten und Effekten). Statisch heißt dabei, dass Veränderungen nur durch die Aktionen des Agenten hervorgerufen werden. Durch die spezifische Art der Modellierung des Planungsproblems kann die Aufgabe des klassischen Planens durch Problemlösungsverfahren gelöst werden,

die sich bestimmter Suchstrategien bedienen. Im Gegensatz dazu gibt es noch die nicht-klassische Planung, die für partiell beobachtbare Umgebungen geeignet ist. Die nicht-klassischen Planungsverfahren ermöglichen es, für bestimmte Umgebungen und Probleme auch mit Unsicherheiten umzugehen.

Im Folgenden wird das konditionale Planen als ein Beispiel für das nicht-klassische Planen vorgestellt und ein Modell von Agre und Chapman (1988), welches einen Plan nicht als ein striktes auszuführendes Programm betrachtet, sondern als eine Ressource während der Navigation des Agenten. Dadurch wird ebenfalls unvollständiges Wissen zugelassen.

### 2.2.1 Konditionales Planen

In vielen Anwendungen sind die benötigten Informationen, zur Planerstellung der auszuführenden Aktionen, die zu dem gewünschten Ziel führen, nicht vollständig (Brachman und Levesque 2004). Dadurch entsteht Unsicherheit. Wenn die Aktionen nicht-deterministisch sind, entsteht ebenfalls Unsicherheit. Deshalb ist es nicht immer sinnvoll, einen Plan als eine lineare Sequenz von Aktionen darzustellen. Konditionales Planen verwendet Perzeption, um mit der Unsicherheit umzugehen. Konditionale Pläne müssen alle Möglichkeiten, die in der Umgebung gegeben sein können, berücksichtigen. Dafür werden bei dem konditionalen Planen die Möglichkeiten repräsentiert, indem ein verzweigter Plan mit einem Zweig für jede Möglichkeiten erstellt wird. Während der Ausführung entscheidet der Agent, welche Aktionen welches Zweiges er wählt, indem er seine Umgebung beobachtet und die Beobachtungen mit den Bedingungen für die Zweige des Plans vergleicht (Russel und Norvig 2003).

### 2.2.2 plan-as-communication-Sichtweise

Ein Problem des klassischen Planens ist, dass dieses nicht mit unerwarteten Situationen umgehen kann. Die klassische Ansicht der Planung wird von Agre und Chapman (1988) für Realwelt-Umgebungen nicht für geeignet gehalten. Durch die Formalisierung des Planungsprozesses wird man bei Anwendungen in hinreichend komplexen Umgebungen mit Problemen konfrontiert. Aufgrund der hohen Komplexität, die dadurch entsteht, sind diese Probleme schwer handhabbar. Man kann zudem nicht auf unvorhergesehene Geschehnisse reagieren, wodurch der Plan fehlschlagen könnte. Zudem besteht keine Verbindung zwischen dem Plan und der konkreten Situation.

Die *plan-as-communication*-Sichtweise von Agre und Chapman ist Teil der Theorie der situierten Aktivität, in der Handlungen immer situations- bzw. kontextbezogen vollzogen werden. Der Begriff der situierten Aktionen wurde erstmals 1987 von Lucy A. Suchman als eine andere Möglichkeit zur Beschreibung des Problems der zielgerichteten Aktionsausführung eingeführt. Das vorhandene Wissen und die auszuführenden Aktionen werden dabei in Beziehung zu den Umständen, in denen die Aktionen genutzt werden, gesetzt. Es ist ein

Ansatz, der darstellt wie Menschen die Gegebenheiten in der Umgebung nutzen, um ihr Ziel zu erreichen. Dadurch werden die Aktionen nicht von den Gegebenheiten abstrahiert und als ein rationaler Plan dargestellt (Suchman 1987).

Die *plan-as-communication*-Sichtweise spricht den Plänen darauf aufbauend eine geringere Rolle bei der Auswahl der Aktionen zu. Diese Sichtweise betrachtet einen Plan als etwas, was nicht strikt ausgeführt wird, sondern wird als eine Informationsquelle zusätzlich zu anderen Ressourcen verstanden. Der Plan wird nicht mehr ausgeführt, sondern genutzt. Damit man bestimmen kann, welche Aktivität durch eine Instruktion im Plan beschrieben wird, benötigt man einen kontinuierlichen interpretativen Arbeitsprozess. Dieser muss Wissen über die Umgebung und die in der Umgebung ausführbaren Aktionen beinhalten. Zudem muss der Agent in der Lage sein zu improvisieren. Das kann allerdings weitere Aktionen oder Prozesse erfordern, die nicht im Plan erwähnt wurden.

Bei dem Geometrischen Agenten (Abschnitt 3) dient ein Plan dazu, dem Agenten während der Navigationsphase als Ressource zur Zielfindung zur Verfügung zu stehen. Dadurch wird dem Agenten ermöglicht, auch unvollständiges Wissen über die Umgebung zu besitzen und darüber hinaus weitere erforderliche, aber im Plan nicht genannte, Aktionen zur Zielfindung auszuführen. Zur Darstellung der strukturierten Handlungen im Plan ist es notwendig, diesen in der *plan-as-communication*-Sichtweise zu betrachten. Die strukturierten Handlungsinformationen stellen die Wegbeschreibungen nur teilweise in temporalen überlappenden Strukturen dar<sup>1</sup>. Dies bedeutet aber nicht, dass es nicht auch eventuell andere sich temporal überlappende Aktionen geben kann. Das Wissen über die auszuführenden Aktionen ist somit nach wie vor nicht vollständig und es bedarf weiterhin eventueller zusätzlicher Aktionen zum Erreichen des gewünschten Ziels.

---

<sup>1</sup> Die temporalen Strukturen werden zwischen den Aktionen aufgebaut, die durch einen Konnektor miteinander verbunden sind (siehe Abschnitt 5).

### 3. Der Geometrische Agent

Das Modell des Geometrischen Agenten wird am Department Informatik der Universität Hamburg entwickelt. Der Geometrische Agent ist eine Simulationsumgebung, die es ermöglicht natürlichsprachliche Wegbeschreibungen in einer einfachen Domäne zu verarbeiten. Perzeption und Aktion finden in einem simulierten Umgebungsmodell statt, welche im Rahmen der Euklidischen Geometrie spezifiziert ist (Tschander, Schmidkte, Eschenbach, Habel und Kulik 2003). In den folgenden Unterabschnitten wird die Umgebung des Geometrischen Agenten und die Verarbeitung der Wegbeschreibungen durch den Geometrischen Agenten vorgestellt.

#### 3.1 Umgebung des Geometrischen Agenten

Als Grundlage für die Simulationsumgebung wurde der Informatikcampus der Universität Hamburg gewählt (Abb. 3.1, links). Die für den Agenten wesentlichen Komponenten, wie z.B. die Gebäude, Wege etc. des Campus wurden in dem Umgebungsmodell aufgenommen (Abb. 3.1, rechts). Im Umgebungsmodell lassen sich Landmarken, Entscheidungspunkte, Wegstücke, Routensegmente, Pfade und der Agent unterscheiden.

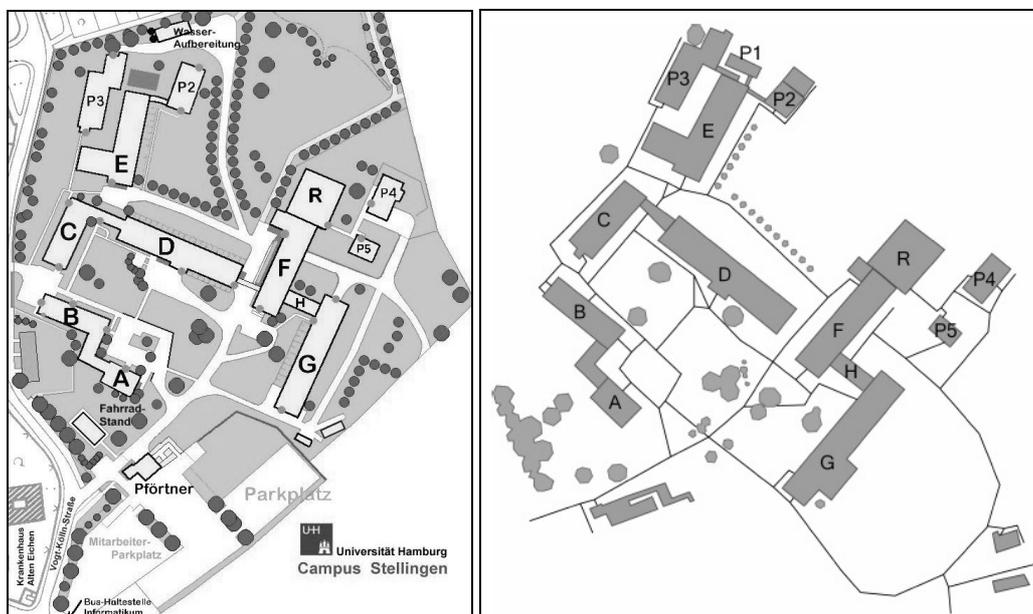


Abb. 3.1: Grundriss des Informatikcampus' (links) und das darauf aufbauende Umgebungsmodell (rechts) des geometrischen Agenten

**Landmarken** dienen dem Agenten während der Navigation als Hilfe zur Orientierung und sind in der Wegbeschreibung genannte Gebäude und Wegstücke. **Entscheidungspunkte** sind Punkte, an denen der Agent eine Entscheidung bezüglich der Route treffen kann. **Wegstücke** beinhalten die direkte Verbindung eines Entscheidungspunktes mit einem weiteren Entscheidungspunkt, ohne dass die Verbindung andere Entscheidungspunkte enthält. **Routensegmente** entsprechen entweder einem Wegstück oder einer linearen Abfolge mehrerer verbundener Wegstücke. **Pfade** entsprechen einer Trajektorie eines bewegten Objekts. Sie besitzen einen Start- und einen Endpunkt. Pfade und Wegstücke haben verschiedene Eigenschaften und können nicht gleich gesetzt werden. Eine **Route** ist eine lineare Sequenz von aufeinander folgenden Routensegmenten. Bäume können die Sicht des Agenten einschränken und werden deshalb ebenfalls dargestellt. Der **Agent** besitzt im Modell eine Position und Orientierung und wird als kleiner schwarzer Kreis dargestellt.

## 3.2 Routeninstruktionen

Will man in einer unbekanntem Umgebung ein Ziel finden, ist es hilfreich, eine mit der Umgebung vertraute Person nach der Wegbeschreibung zu fragen<sup>2</sup>. Routeninstruktionen spezifizieren räumliche Informationen über die Umgebung und temporale Informationen über die auszuführenden Aktionen (Denis 1997). Informationen über die Route können auf unterschiedliche Weise mitgeteilt werden (vgl. Abschnitt 4.1). Für das Modell des Geometrischen Agenten wurden aber nur monomodale, natürlichsprachliche Routeninstruktionen verwendet, die im Voraus mitgeteilt wurden.

Um eine Routeninstruktion zu erstellen, aktiviert der Instruierende eine mentale Repräsentation seiner Umgebung. Diese Repräsentation enthält sowohl den Start- als auch den Zielpunkt. Anschließend wählt er eine geeignete Route aus, welche die Startposition mit dem Ziel verbindet. Zudem muss eine Menge von Objekten ausgewählt werden, die als Landmarken dienen können. Zum Abschluss wird eine verbale Beschreibung erzeugt und geäußert (Wunderlich und Reinelt 1982; vgl. auch Abschnitt 4.1).

Damit der Instruierte die Wegbeschreibung verstehen kann, erzeugt er mithilfe von linguistischem Wissen eine Repräsentation der Bedeutung der Routeninstruktion. Diese Repräsentation hat eher eine netz- statt einer kartenartigen Struktur (Werner, Kriep-Brückner und Herrmann 2000). Aus dieser Repräsentation kann man die räumlichen Informationen extrahieren und eventuelle Lücken lassen sich durch pragmatische Annahmen schließen. Der Instruierte kennt im Allgemeinen weder die Umgebung noch kann er sie sehen. Aufgrund dessen ist die resultierende räumliche Repräsentation in Bezug auf quantitative Aspekte (wie z.B. der Abstand zwischen zwei Landmarken) unterspezifiziert.

---

<sup>2</sup> im Rahmen des Geometrischen Agenten als Routeninstruktion bezeichnet

Bei dem Modell des Geometrischen Agenten wird zwischen zwei Verarbeitungsphasen unterschieden: Die Instruktions- und die Navigationsphase. In der Instruktionsphase des Geometrischen Agenten wird die verbal geäußerte Wegbeschreibung in ein internes Modell, das Instruktionsmodell, umgewandelt. Die Repräsentation der Instruktion erfolgt in der Sprache CRIL (Conceptual Route Description Language). In der Navigationsphase wird die Navigation des Agenten in der Geometrischen Umgebung simuliert, indem auf das Instruktionsmodell zurückgegriffen wird.

### 3.3 Instruktionsphase

Wenn eine Wegbeschreibung dem Agenten im Voraus mitgeteilt wird, kann zwischen zwei zeitlich getrennten Prozessen, der Instruktionsphase und der Navigationsphase, unterschieden werden. Die Interpretation einer Routeninstruktion während der Instruktionsphase baut auf linguistischem und allgemeinem Wissen über temporale und räumliche Aspekte auf. In der Instruktionsphase erhält der Geometrische Agent die verbale Routeninstruktion. Aus dieser wird dann durch zwei Prozesse ein internes Instruktionsmodell erzeugt. Das Instruktionsmodell repräsentiert die räumliche Information der Instruktion in einem räumlichen Modell und die imperativen Anteile in einem Aktionsplan (Abb. 3.2).

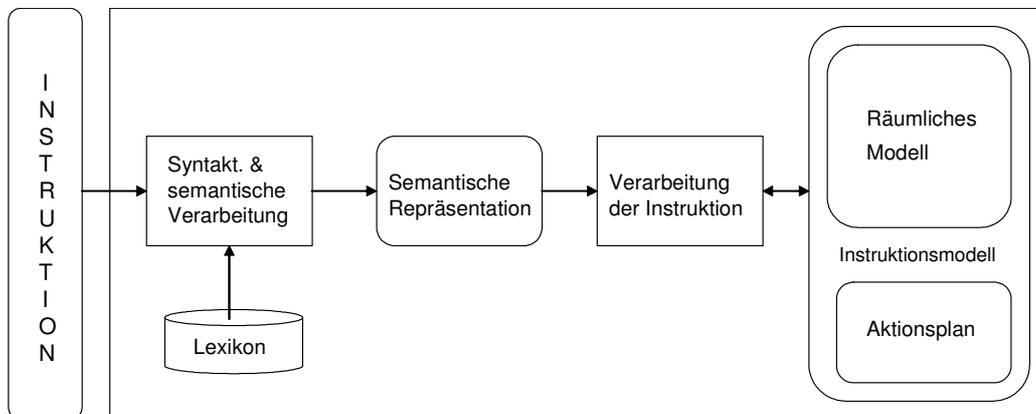


Abb. 3.2: Die Instruktionsphase des Geometrischen Agenten

In der Navigationsphase wird die Navigation des Agenten vom Start- zum Zielpunkt simuliert. Während der Navigation führt der Agent Aktionen aus, die mithilfe des internen Instruktionsmodells und der Perzeption während der Navigation ausgewählt werden. Das Instruktions- und das Perzeptionsmodell werden durch CRIL-Netze spezifiziert.

Das Instruktionsmodell beinhaltet auch den Aktionsplan, welcher die vom Agenten auszuführenden Aktionen als Sequenz enthält. Der Aktionsplan wird generiert, indem die impera-

tiven Anteile der natürlichsprachlichen Beschreibung während der Verarbeitung der Routeninstruktion in ein formales Modell der auszuführenden Aktionen übersetzt werden.

Durch die Erzeugung der strukturierten Handlungsinformationen soll eine Erweiterung des Aktionsplans erfolgen, wodurch auch Informationen zur Aktionsabfolge (z.B. parallele Ausführung von Aktionen) im Aktionsplan enthalten sind. Aufgrund dessen stelle ich in den folgenden Unterabschnitten kurz die Verarbeitung einer Wegbeschreibung bis zur Aktionsplangenerierung beim Geometrischen Agenten vor. Auf die Navigationsphase, in der die Navigation des Agenten simuliert wird, wird nicht genauer eingegangen (siehe dafür Tschander et al. 2003 sowie Bittkowski 2005).

#### 3.3.1 Syntaktische und semantische Verarbeitung

Das Lexikon des Geometrischen Agenten ist ein Modul linguistischen Wissens, welches Wörter auf Strukturen, die ihre Bedeutung repräsentieren, abbildet. Es kombiniert syntaktische und semantische Informationen über die Wörter, sodass die Herleitung der Bedeutung von Phrasen und Sätzen durch die syntaktische Struktur ermöglicht wird.

Wegbeschreibungen spezifizieren Aktionen, Pfade, Wege, Positionen und Landmarken. Jede dieser Komponenten ist durch einen bestimmten Typ von Wörtern charakterisiert. In der semantischen und syntaktischen Verarbeitung wird für jedes Wort eines bestimmten Typs ein entsprechender Ausdruck erzeugt. Die in Wegbeschreibungen vorkommenden Aktionen lassen sich in den meisten Fällen durch Verben der Position, der Bewegung sowie Verben, die Orientierungsänderungen ausdrücken, beschreiben.

Verben der Position, z.B. *stehen*, beinhalten die Komponente  $BE\_AT(x, p)$ . Das bedeutet, dass das Objekt  $x$  sich an der Position  $p$  befindet. Die semantische Komponente  $GO(x, w)$  steht für Verben der Bewegung, wie z.B. *gehen*, *betreten*, *verlassen*, etc. Sie drückt aus, dass  $x$  sich entlang des Pfades  $w$  bewegt. Verben, die Richtungsänderungen anzeigen, wie z.B. *abbiegen*, enthalten  $CH\_ORIENT(x, d)$ . Das heißt, dass nach der Ausführung  $x$  nach  $d$  ausgerichtet ist. Die Art der Bewegung ist für den Geometrischen Agenten nicht von Bedeutung, obwohl in den Wegbeschreibungen unterschiedliche Verben verwendet werden, wie z.B. *gehen*, *laufen*, *folgen*, etc., denn der Geometrische Agent kann sich nicht auf unterschiedliche Weise fortbewegen.

Die deskriptiven Operatoren, die in lexikalischen Einträgen von Verben und Präpositionen verwendet werden, zeigt Tabelle 3.1:

Typ des natürlichsprachlichen Ausdrucks	charakteristische sprachliche Komponente
Positionsverben	BE_AT(x, p)
Bewegungsverben	GO(x, w)
Verben des Orientierungswechsels	CH_ORIENT(x, d)
lokale Präpositionen oder Adverbien	LOC(u, PREP(l))
direktionale Präpositionen oder Adverbien	TO(w, PREP(l)) FROM(w, PREP(l)) VIA(w, PREP(l)) LOC(w, PREP(l)) PREP(l, rsys)

*Tabelle 3.1: Deskriptive Operatoren, die in lexikalischen Einträgen von Verben und Präpositionen verwendet werden*

In der Semantischen Verarbeitung sind unterschiedliche Inferenzmechanismen, die auf pragmatischen Annahmen beruhen, gegeben. Aus der semantischen Repräsentation der Wegbeschreibung wird das Instruktionsmodell mithilfe dieser Inferenzmechanismen aufgebaut. Bei der Weiterverarbeitung werden die räumlichen von den imperativen Informationen getrennt. Dadurch entstehen im Instruktionsmodell zwei Teilbereiche, die in CRIL formuliert werden: Das interne räumliche Modell und der Aktionsplan.

#### 3.3.2 CRIL

Die Sprache CRIL (Conceptual Route Description Language) ist für die Repräsentation der Routeninstruktion entwickelt worden. Diese Sprache bietet zum einen eine Spezifizierung der Semantik natürlichsprachlicher Ausdrücke in der Tradition der formalen Semantik und zum anderen dient sie als interne Sprache des Geometrischen Agenten. Mit ihr lässt sich das Wissen des Geometrischen Agenten beschreiben und sie ermöglicht formale Inferenz über das Wissen.

Da die mentalen räumlichen Repräsentationen von Wegbeschreibungen eher netz- als kartenartigen Charakter haben (Werner et al. 2000), wurde für die Darstellung vom Instruktions- und Perzeptionsmodell eine netzartige Struktur gewählt. Diese Struktur wird durch CRIL-Netze repräsentiert, die auf Referentiellen Netzen aufbauen.

Referentielle Netze ermöglichen die Repräsentation von Objektwissen, indem Wissen über spezifische Objekte des Diskurses strukturiert werden (Habel 1986). Diese Objekte werden durch Referenzobjekte (RefOs) repräsentiert. Zwischen den Objekten wird eine Struktur durch Designatoren und Attributen erschaffen. Dadurch werden den Referenzobjekten bestimmte Eigenschaften zugeordnet oder sie werden zu anderen Objekten in Beziehung

gesetzt. Referentielle Netze bestehen somit aus Referenzobjekten mit ihren Designatoren und Attributen:

$$\text{REF-N} \subset \text{REFO} \times \text{DESIGN}$$

Die Designatoren bezeichnen die Referenzobjekte durch die Verwendung eines Eigennamen oder durch Deskriptionen. Deskriptionen sind komplexe geschlossene Terme. Sie stellen eine Beziehung zu anderen Referenzobjekten her, indem die in ihnen vorkommende Variable gebunden wird. Für die Deskriptionen gibt es zusätzlich zwei Deskriptionsoperatoren:  $\iota$  (iota) und  $\eta$  (eta). Dabei handelt es sich um termbildende Operatoren, durch welche definite Referenz ( $\iota$ ) bzw. indefinite Referenz ( $\eta$ ) dargestellt werden kann. RefO-Attribute stellen das konzeptuelle Wissen über die Objekte dar. Die Designatorattribute dienen zur Spezifizierung der Designatoren, indem sprachlich relevante Aspekte der repräsentierten Ausdrücke, wie z.B. syntaktische Merkmale spezifiziert werden (Habel 1986; Eschenbach 1988).

### 3.3.3 Instruktionsprozess

Aus Routeninstruktionen können drei Typen von Informationen entnommen werden: Aktionen, räumliche Relationen und Landmarken. Tabelle 3.2 gibt eine Beispielinstruktion mit diesen dazugehörigen Informationen an:

	Wegbeschreibung	Aktionen	Räumliche Relationen	Landmarken
(a)	Wenn du aus der Mensa kommst,		FROM( $w_1$ , IN( $l_1$ ))	MENSA( $l_1$ )
(b)	geh nach links,	!GO( $w_2$ )	TO( $w_2$ , LEFT( $r_{sys_2}$ ))	
(c)	zwischen Haus B und Haus C durch.	!GO( $w_3$ )	VIA( $w_3$ , BETWEEN( $l_2$ , $l_3$ ))	HAUS( $l_2$ ) NAME( $l_2$ , 'B') HAUS( $l_3$ ) NAME( $l_3$ , 'C')
(d)	Geh hinter Haus C lang,	!GO( $w_4$ )	LOC( $w_4$ , BEHIND( $l_3$ , $r_{sys_4}$ )) ALONG( $w_4$ , $l_3$ )	HAUS( $l_3$ ) NAME( $l_3$ , 'C')
(e)	und dann, wenn du an Haus C vorbei bist,	!BE_AT( $p_1$ )	LOC( $p_1$ , PAST( $l_3$ , $r_{sys_5}$ ))	HAUS( $l_3$ ) NAME( $l_3$ , 'C')
(f)	wieder nach rechts.	!GO( $w_6$ )	TO( $w_6$ , RIGHT( $r_{sys_6}$ ))	
(g)	Dann stehst du vor Haus E.	!BE_AT( $p_2$ )	LOC( $p_2$ , FRONT( $l_4$ , $r_{sys_7}$ ))	HAUS( $l_4$ ) NAME( $l_4$ , 'E')

Tabelle 3.2: CRIL-Repräsentation einer Wegbeschreibung

Die Aktionen werden in CRIL durch imperative Ausdrücke der Form !GO( $w$ ) [gehe den Pfad  $w$ ], !BE\_AT( $p$ ) [stelle sicher, dass du dich bei  $p$  befindest, ansonsten begeben dich zu  $p$ ] und !CH\_ORIENT( $d$ ) [drehe dich in Richtung  $d$ ]. Diese imperativen Operatoren gehören zu ihren deskriptiven Gegenständen, den Operatoren GO, BE\_AT und CH\_ORIENT. Folgt z.B.

der Navigator  $x$  der imperativen Anweisung  $!GO(x, w)$  erfolgreich in einer Situation  $s$ , dann ist die deskriptive Aussage  $OCC(s, GO(x, w))$  wahr.

Die Landmarken-Informationen spezifizieren Objekte, die der Navigator auf der Route wahrnimmt. Regionen basieren auf den Landmarken und enthalten Entscheidungspunkte oder andere Positionen, die während der Navigationsphase von Interesse sein können. Diese Art räumlicher Informationen gibt Tabelle 3.2 unter „Räumliche Relationen“ an. Der Ausdruck  $VIA(w_3, BETWEEN(l_2, l_3))$  setzt z.B. den Pfad  $w_3$  und die Region zwischen den Landmarken  $l_2$  und  $l_3$  in Beziehung zueinander.

Der Aktionsplan beinhaltet die Information über die Sequenz der auszuführenden Aktionen. Er ist dargestellt durch eine Liste von imperativen Ausdrücken ( $!GO(w)$ ,  $!BE\_AT(p)$ ,  $!CH\_ORIENT(d)$ ), welche während der Navigationsphase interpretiert werden und in bestimmten Aktionen resultieren. Wenn die Routeninstruktion Verben enthält, die die Konstellation des Pfades beschreiben, wird die Liste der imperativen Operatoren von den räumlichen Relationen hergeleitet. Aber selbst in diesem Fall wird der temporale Aspekt der Routeninstruktionen durch die sequentielle Ordnung der imperativen Ausdrücke bestimmt. Temporale Relationen, die nicht die Aufeinanderfolge von Aktionen ausdrücken, werden daher nicht dargestellt. Der Aktionsplan legt zudem die Anfangsposition und Orientierung des Navigators fest.

#### 3.3.4 Internes Modell des Geometrischen Agenten

Das interne Modell der Route enthält räumliche Informationen und die Landmarken-Spezifikationen. Das Modell wird als CRIL-Netz repräsentiert. Es beinhaltet Referenzobjekte sowie Prädikate und Relationen, die diese Objekte spezifizieren. Die Referenzobjekte werden als Knoten im CRIL-Netz dargestellt und die Relationen als Kanten zwischen den Knoten. Die Objekte können durch Landmarken ( $l$ ), Pfade ( $w$ ), Wege ( $t$ ), Regionen ( $r$ ) und Positionen ( $p$ ) repräsentiert werden.

Die Tabelle 3.3 gibt Beispiele für CRIL-Netze an. Die Kante  $IN$  repräsentiert die Funktion, die die Landmarke auf ihre innere Region abbildet.  $BETWEEN$  bildet zwei Landmarken auf die Region ab, die alle geraden Linien enthält, die die Landmarken verbinden.  $LEFT$  bildet ein Referenzsystem auf die Region ab, die es als auf der linken Seite identifiziert. Pfade können durch  $TO$ ,  $FROM$  oder  $VIA$  mit Regionen sowie ihrem Anfangs- und Endpunkt verbunden werden. Das initiale CRIL-Netz (Tabelle 3.3) ist eine direkte Umsetzung der propositionalen Spezifikation der Satzteile (a), (b) und (c) aus Tabelle 3.2 in die netzartige Darstellung.

Die Verarbeitung der Instruktion beinhaltet axiomatische Charakterisierungen räumlicher Konzepte, wie  $TO$ ,  $FROM$  und  $VIA$  (Eschenbach et al. 2000). Sie spezifizieren wie sich der Startpunkt  $stpt(w)$  oder Zielpunkt  $fpt(w)$  eines Pfades zu einer Region verhält, je nachdem, ob der Pfad über  $TO$ ,  $FROM$  oder  $VIA$  mit der Region in Beziehung steht. Derartige

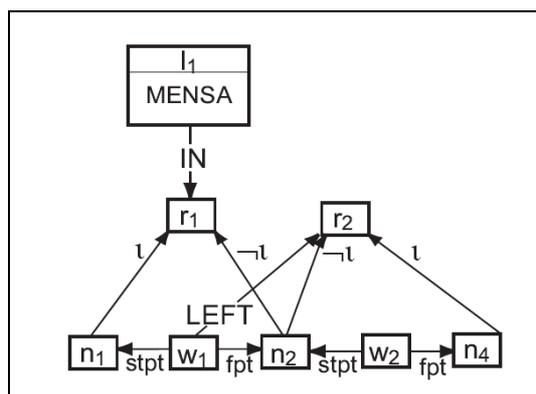
### 3. Der Geometrische Agent

Definitionen können als Termersetzungsregeln dazu verwendet werden, um eine Transformation des CRIL-Netzes in eine erweiterte CRIL-Darstellung durchzuführen.

	(a)	(b)	(c)
<b>Räumliche Relation</b>	FROM( $w_1$ , IN( $l_1$ ))	TO( $w_2$ , LEFT( $r_{sys_2}$ ))	VIA( $w_3$ , BETWEEN( $l_2, l_3$ ))
<b>Landmarken</b>	MENSA( $l_1$ )		HOUSE( $l_2$ ) NAME( $l_2$ , 'B') HOUSE( $l_3$ ) NAME( $l_3$ , 'C')
<b>CRIL-Netz</b>			

*Tabelle 3.3: Räumliche Repräsentation der Beispielsätze (a), (b) und (c) aus dem Beispiel aus Tabelle 3.2*

Das so verfeinerte CRIL-Netz kann mittels pragmatischer Annahmen weiterverarbeitet werden, beispielsweise die Annahme, dass der Zielpunkt eines Pfades dem Startpunkt des nächsten Pfades entspricht. Dadurch ist es möglich, zwei Teilnetze miteinander zu verknüpfen, indem die entsprechenden Knoten in ihnen als identisch identifiziert werden. Aus dieser Inferenz entsteht ein neues CRIL-Netz, welches Abbildung 3.3 zeigt.



*Abb. 3.3 Entstehendes CRIL-Netz nach der Weiterverarbeitung mit pragmatischen Annahmen*

## 4. Interpretation der Wegbeschreibungen

Wegbeschreibungen beinhalten sowohl räumliche Informationen über die Umgebung des Weges als auch temporale Informationen über die auszuführenden Aktionen (Denis 1997). Diese Informationen können nicht immer aus der textuellen Beschreibung entnommen werden, um sie an den Agenten in einer für ihn verwendbaren Form weiterzugeben.

In den folgenden Unterabschnitten beschreibe ich, was als eine Wegbeschreibung gesehen wird und welche Form von Wegbeschreibungen ich für die Interpretation dieser zur Erzeugung strukturierter Handlungsinformationen genutzt habe. Weiterhin zeige ich auf, wie die Wegbeschreibungen interpretiert werden können. Hierfür stelle ich vor, wie die Wegbeschreibungen segmentiert und welche Klassifizierungen für die Segmente verwendet werden, um zu dem Ziel strukturierter Handlungsinformationen zu gelangen.

### 4.1 Wegbeschreibungen

Die Beschreibung eines Weges wird im Allgemeinen als Antwort auf eine Frage der Form „Wie gelange ich von A nach B?“ gegeben. Dabei stellen A und B einen Start- und einen Zielort dar. Die Antwort auf diese Frage bilden Instruktionen, bestehend aus einer Menge von Handlungsbeschreibungen, indem laut Denis (1997) zunächst eine Aktivierung einer internen Repräsentation der Umgebung erfolgt, danach die Planung der Route und schließlich die Formulierung einer Prozedur.

Die Aktivierung einer internen Repräsentation der Umgebung, die beschrieben werden soll, ist der erste Schritt in einem Prozess zur Erzeugung einer Wegbeschreibung. Als Mensch hat man ein Repertoire von Repräsentationen von lokalen Umgebungen. Erfolgt die Frage nach einem bestimmten Weg, wird die für die Frage relevante Untermenge des Repertoires aktiviert. Die verfügbaren räumlichen Repräsentationen beinhalten auch visuelle Aspekte der Umgebung, welche die Perspektive des Erzeugers wiedergeben. Sie enthalten darüber hinaus prozedurale Komponenten, die aus den Schritten hergeleitet wurden, die der Instruierende in der Umgebung gemacht hat. In Wegbeschreibungen wird demnach räumliches Wissen in Form von visuo-räumlichen Repräsentationen reflektiert (Denis 1997).

Der zweite Schritt für die Erzeugung einer Wegbeschreibung, nachdem die mentale Repräsentation aktiviert worden ist, ist das Planen einer Route. Um eine Route zu definieren wird eine Sequenz von Segmenten bestimmt, die den Startpunkt mit dem Ziel verbindet. Die Segmente werden mit Anweisungen verknüpft, welche Handlungen beschreiben. Solche Handlungen sind z.B. die Reorientierung des Agenten oder das Fortbewegen auf einem Pfad, der sich auf dem Routensegment befindet. Für die einzelnen Handlungen muss eine Menge von Landmarken gewählt werden, die als Orientierungspunkte dienen sollen.

In dem letzten Schritt wird eine Prozedur formuliert, die vom Agenten auszuführen ist, um sich auf der Route zu bewegen und eventuell ihr Ende zu erreichen. Eine solche Beschreibung besteht idealerweise aus einer Beschreibung der visuellen Szenen, die sich entlang der Route bilden. Zusätzlich erfolgt eine Deskription der einzelnen Schritte, die ausgeführt werden müssen, um zu dem Ziel zu gelangen. Zudem werden in Wegbeschreibungen gewisse Ausdrucksweisen und Formen des Aufbaus verwendet (vgl. Denis 1997; Wunderlich und Reinelt 1982). Für die Erstellung der strukturierten Handlungsinformationen ist dieser Umstand von Vorteil, da diese Ausdrucksweisen und Formen analysiert und interpretiert werden können. Durch die Interpretation werden die gewünschten Informationen ermittelt und sie zu strukturieren. Durch die Strukturierung werden zeitliche Abläufe zwischen den Handlungen in eine für instruierte Agenten abzuarbeitende Form gebracht.

Wegbeschreibungen können auf unterschiedliche Art und Weise wiedergegeben werden. Sie können als Zeichnungen, also Skizzen von Wegen, dargestellt werden oder natürlichsprachlich formulierte Beschreibungen sein sowie eine Kombination aus beiden.

Die natürlichsprachlichen Beschreibungen können als Auflistung von auszuführenden Aktionen dargestellt werden oder als zusammenhängender Text. Für die Wegbeschreibungen lassen sich zudem unterschiedliche kommunikative Bewegungen wie Gestik und Mimik zur Unterstützung nutzen. Für die vorgestellte Analyse wird nur eine bestimmte Gruppe von Beschreibungen betrachtet, die monomodal und natürlichsprachlich sind und dem Agenten im Voraus mitgeteilt werden können.

### 4.2 Verwendeter Korpus

Für die in dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse zu den lokalen und temporalen Beziehungen zwischen Handlungen wurden zwei Arten von Wegbeschreibungen verwendet, die beziehen sich zudem auf unterschiedliche Orte.

Zum einen wurde der **Informatikum-Korpus** verwendet. Dabei handelt es sich um eine Ansammlung von Wegbeschreibungen, die sich auf das Gelände des Departments Informatik der Universität Hamburg beziehen. Insgesamt wurden 28 Wegbeschreibungen des Informatikum-Korpus' für die Analyse betrachtet. Die Wegbeschreibungen des Informatikum-Korpus' wurden von Menschen erstellt, die sich teilweise oder sehr gut auf dem Gelände auskennen. Diese Informanten hatten die Aufgabe, eine Wegbeschreibung in schriftlicher Form zu erzeugen. Der Startpunkt und das Ziel für die jeweiligen zu erzeugenden Beschreibungen bekamen die Informanten als Vorlage. Welche sprachlichen Mittel sie verwenden sollten, wurde aber freigestellt, d.h. ob Listen von Handlungen angegeben werden oder zusammenhängender Text oder etc. (siehe Beispiel 4.1).

**ri\_4: Vom Gebäude E zum Ausgang**

Nach Verlassen des Geb. E:

- > Rechts, anschließend links
- > An dem Haus (linker Hand) vorbei, anschließend links.
- > An zwei Gebäuden rechter Hand vorbei, am Ende rechts.
- > Geradeaus befindet sich der Ausgang des Geländes.

**ri\_3: Vom Pförtner zum Gebäude R**

Man gehe geradeaus, bis man rechts von sich ein mehrstöckiges Gebäude (F) sieht. Man gehe auf der linken Seite des Gebäudes, bis man eine seitliche Tür an dem Gebäude sieht. Nach Eintreten durch die Tür gehe man am Fahrstuhl vorbei und biege dann in den Gang nach links.

*Beispiel 4.1: Wegbeschreibungen aus dem Informatikum-Korpus.*

Für die Interpretation der Wegbeschreibungen wurden aber nur solche berücksichtigt, die als zusammenhängender Text vorliegen. Denn eine listenartige Form von Handlungsaufzählungen verwendet keine Konnektoren zwischen den Handlungen, die zur Ermittlung der temporalen und lokalen Beziehungen als Hilfsmittel bei der Interpretation genutzt wurden.

Zum anderen wurde der **Trier-Korpus** verwendet. Bei dem Trier-Korpus handelt es sich um eine Zusammenstellung von Wegbeschreibungen, die sich auf die Stadt Trier beziehen. Der Trier-Korpus besteht aus 96 Wegbeschreibungen zu verschiedenen Sehenswürdigkeiten und Orten der Stadt Trier. Bei diesen Wegbeschreibungen handelt es sich um Transkriptionen von Wegauskünften, die im Rahmen eines Seminars im Jahre 1985 an der Universität Trier erstellt wurden (siehe Beispiel 4.2).

Für den Geometrischen Agenten sind zwar nur Wegbeschreibungen von Relevanz, welche sich, so wie der Informatikum-Korpus, auf das Gelände des Fachbereichs Informatik der Universität Hamburg beziehen, aber der Trier-Korpus wurde für die Analyse ebenfalls betrachtet. Der Informatikum-Korpus enthält nicht ausreichend Wegbeschreibungen, die für eine umfassende Analyse notwendig wären, weshalb der Trier-Korpus mitbetrachtet wird. Bei den Wegbeschreibungen aus dem Trier-Korpus handelt es sich nicht um monologische Wegbeschreibungen wie beim Informatikum-Korpus, sondern um Frage-Antwort-Beschreibungen, bei welchen der Fragende immer die Möglichkeit einer Nachfrage hatte, sowie die Antwortenden die Möglichkeit, durch Gestiken ihre Beschreibungen zu unterstützen. Diese Beschreibungen liegen aber in rein schriftlicher Form vor, wodurch die jeweiligen Handlungen betrachtet werden können, die über Konnektoren miteinander verknüpft sind und für diese können die temporalen und lokalen Strukturen ermittelt werden.

**t2\_3:**  
**Standort: Fahrstraße**  
**Ziel: Touristeninformation**

F: Guten Tag, entschuldigen Sie bitte, können Sie uns sagen, wo die Touristeninformation ist?  
A: Wie?  
F: Touristeninformation!  
A: Oh, da müssen Sie ganz auf die andere Seite gehen. Hier alles durchlaufen. Diese Straße hier ganz alles gradheraus, bis sie zur Porta kommen, da ist es gleich.  
F: Danke.

*Beispiel 4.2: Wegbeschreibung aus dem Trier-Korpus.*

*F steht für den Fragenden und A für den Antwortenden.*

### 4.3 Interpretation der Wegbeschreibungen

Das Ziel der Arbeit ist es, strukturierte Handlungsinformationen zu erstellen, indem die Wegbeschreibungen aus dem Informatikum-Korpus und dem Trier-Korpus dahingehend analysiert werden, welche temporalen und lokalen Beziehungen zwischen den Handlungen bestehen. Eine Voraussetzung dafür ist es, festzulegen, was als eine Handlung (im Weiteren als Aktion bezeichnet) betrachtet wird und was nicht. Das bedeutet, wie man eine Wegbeschreibung in die Aktionen segmentieren kann, die diese zusammensetzen. Die Segmente, die eine Aktion beschreiben, können nach Verbvorkommen und bestimmten lokalen Eigenschaften klassifiziert werden (wie im Folgenden vorgestellt wird), die man benutzen kann, um die temporalen Strukturen, die zwischen den Aktionen bestehen, zu bestimmen (siehe Abschnitt 5).

#### 4.3.1 Routensegmente

Wegbeschreibungen werden laut Denis (1997) nach der Erstellung einer mentalen Repräsentation erzeugt, indem eine Sequenz von Segmenten der zu beschreibenden Route generiert und anschließend unter Verwendung von Orientierungspunkten versprachlicht wird.

Eine Wegbeschreibung besteht demnach aus einer Menge von Segmentbeschreibungen, die jedes für sich einen Orientierungspunkt für den Agenten beinhalten kann. In den Wegbeschreibungen des Informatikum-Korpus' und des Trier-Korpus' wird, um ein Segment zu beschreiben, von dem Beschreibenden ein für die zu tätige Aufgabe stehendes Verb ver-

wendet. Dieses Verb kann nur impliziert worden sein. Damit ist gemeint, dass in Wegbeschreibungen oft die Verben weggelassen werden, d.h. elliptische Konstruktionen gebildet werden. In Abschnitt 4.3.4 wird noch einmal darauf eingegangen. Ein Segment wird demnach durch einen Satz oder Teilsatz beschrieben, der ein die Aktion bestimmendes Verb enthält. Ein komplexer Satz mit Haupt- und Nebensätzen kann also mehrere Segmente beschreiben.

Diese Segmentbeschreibungen können nun im Hinblick auf die verwendeten Verben und die angesprochenen Orientierungspunkte untersucht werden. Zur Verbindung der Segmentbeschreibung werden von den Beschreibenden auch Konnektoren verwendet. Diese Verbindungen der Segmentbeschreibungen durch Konnektoren werden für die Interpretation der Wegbeschreibungen zur Erstellung von strukturierten Handlungsinformationen untersucht (vgl. mit Fraczak 1998, dargelegt in Abschnitt 5.2.4). Im Beispiel 4.3 ist angegeben, wie eine Segmentierung einer Wegbeschreibung in die einzelnen Segmentbeschreibungen erfolgen könnte.

**ri\_3: Vom Pförtner zum Gebäude R**

S<sub>1</sub>: Man gehe geradeaus,  
S<sub>2</sub>: bis man rechts von sich ein mehrstöckiges Gebäude(F) sieht.  
S<sub>3</sub>: Man gehe auf der linken Seite des Gebäudes,  
S<sub>4</sub>: bis man eine seitliche Tür an dem Gebäude sieht.  
S<sub>5</sub>: Nach Eintreten durch die Tür gehe man am Fahrstuhl vorbei  
S<sub>6</sub>: und biege dann in den Gang nach links.

*Beispiel 4.3: Segmentierung einer Wegbeschreibung aus dem Informatikum-Korpus*

*Das jeweilige Segment ist mit S und einer durchlaufenden Zahl markiert.*

Für die folgenden Untersuchungen zur Bestimmung der temporalen Relationen zwischen den Aktionen, habe ich die Wegbeschreibungen aus dem Informatikum-Korpus und dem Trier-Korpus in oben beschriebener Form nach Verbvorkommen segmentiert und anschließend klassifiziert. Dabei habe ich fünf Klassen von Verbvorkommen unterschieden: die **Bewegungsverben**, die **Konfigurationsverben**, die **Zustandsverben**, die **Vollendungsverben** und die **Wahrnehmungsverben**. Durch die Verwendung dieser Verben, wird den Segmenten eine Aktionsart zugewiesen. Bei der Verwendung von Bewegungsverben handelt es sich um eine Bewegungsaktion, bei Zustandsverben um Zustände, in denen sich der Agent befindet, bei Vollendungsverben um Vollendungsaktionen, bei Wahrnehmungsverben um Wahrnehmungsaktionen und bei Konfigurationsverben handelt es sich um pas-

sive Segmente<sup>3</sup>, die Beschreibungen des Weges oder der Umgebung enthalten. Die Aktionsart soll nur festlegen, welche Handlung in dem jeweiligen Segment, durch welches Verb beschrieben wird.

Die Klasse der Bewegungsverben umfasst die Verben, die eine Bewegung des Agenten ausdrücken, wie z.B. *gehen* oder *laufen*. Die Zustandsverben beinhalten die Verben, die einen Zustand, in welchem sich der Agent befindet, ausdrücken, wie z.B. „Dann *stehst* du vor Haus E“, aber auch „Dann *bist* du am Ende der Straße“. Die Vollendungsverben umfassen die Verben, die sich auf einen Zeitpunkt beziehen, wie z.B. „Dann *treffen* Sie auf den Hauptmarkt“. Bei Wahrnehmungsverben handelt es sich um Verben, die ausdrücken, dass während der Ausführung der Wegbeschreibung etwas von dem Agenten wahrgenommen werden kann, also Verben wie zum Beispiel *sehen*.

Da innerhalb der Wegbeschreibungen nur eine gewisse Anzahl an Verben verwendet wird, kann man diese auch eindeutig den Klassen zuordnen. Eine Übersicht über die im Weiteren relevanten Verben und die Klassen, denen sie zugeordnet werden, gibt Tab. 4.1.

Bewegungs- verben	Zustands- verben	Vollendungs- verben	Wahrnehmungs- verben	Konfigurations- verben
gehen folgen biegen drehen nehmen laufen abbiegen	sein stehen liegen	kommen stoßen treffen	sehen erscheinen erblicken	anfangen teilen gabeln

Tabelle 4.1: Übersicht über einige, der in Wegbeschreibungen verwendeten Verben und ihre Klassifizierung, die die Aktionsart bestimmt

### 4.3.2 Zeitstrukturen

Eines der grundlegenden Probleme für die Darstellung von strukturierten Handlungsinformationen ist die Repräsentation der Zeit. Im diesem Abschnitt wird gezeigt, welcher Formalismus von Zeit, aufbauend auf den Zeitformalisten von Allen (1984) und Vilain (1982), für die strukturierten Handlungsinformationen verwendet wird.

<sup>3</sup> Für passive Segmente siehe Abschnitt 4.3.3

### 4.3.2.1 Formalismen von Allen und Vilain

Zeit wird in der Regel als eine Menge von temporalen Individuen aufgefasst, die durch Relationen miteinander verbunden sind. Diese Individuen haben bestimmte strukturelle Eigenschaften, die unterschiedlich dargestellt werden können (Herweg 1989). Zum einen können die zeitlichen Individuen als dauerlose Punkte dargestellt werden, zum anderen kann man Zeit als ausgedehnte zusammenhängende Perioden darstellen.

Werden die zeitlichen Individuen als dauerlose Punkte dargestellt, können sie durch die Relation der zeitlichen Präzedenz diskret, dicht oder kontinuierlich geordnet sein. Die zeitliche Präzedenz bedeutet, dass der Zeitpunkt  $t_1$  vor dem bzw. früher als der Zeitpunkt  $t_2$  liegt, da Zeit eine interne Struktur aufweist und eine ausgezeichnete Richtung besitzt. Die zeitlichen Individuen können ebenfalls als Perioden dargestellt werden, die zusammenhängend sind. Da Perioden sich überschneiden können, muss für diese Darstellung zusätzlich zu der Präzedenz noch eine Relation eingeführt werden, die die Inklusion oder auch eine Teil-von-Relation ausdrückt.

Ein temporaler Formalismus, der auf temporalen Intervallen und nicht auf Zeitpunkten basiert wird von Allen (1984) vorgestellt. Der Formalismus, der von ihm beschrieben wird, ist ein Prädikatenkalkül erster Ordnung mit einer Grundmenge an gegenseitig exklusiven primitiven Relationen, die zwischen temporalen Intervallen bestehen können. Jedes von ihnen wird durch ein Prädikat in der Logik dargestellt und es gibt insgesamt 13 primitive Relationen (Abb. 4.1):

- $DURING(t_1, t_2)$ : Das Zeitintervall  $t_1$  enthält das gesamte Zeitintervall  $t_2$
- $STARTS(t_1, t_2)$ : Das Zeitintervall  $t_1$  hat denselben Anfang wie das Zeitintervall  $t_2$ , endet aber, bevor  $t_2$  endet
- $FINISHES(t_1, t_2)$ : Das Zeitintervall  $t_1$  hat dasselbe Ende wie das Intervall  $t_2$ , beginnt aber nachdem  $t_2$  begonnen hat
- $BEFORE(t_1, t_2)$ : Das Zeitintervall  $t_1$  liegt vor dem Zeitintervall  $t_2$  und diese überlappen sich in keiner Weise
- $OVERLAP(t_1, t_2)$ : Das Zeitintervall  $t_1$  startet vor dem Zeitintervall  $t_2$  und die beiden Intervalle überlappen sich
- $MEETS(t_1, t_2)$ : Das Intervall  $t_1$  liegt vor dem Zeitintervall  $t_2$ , aber es gibt kein Intervall zwischen ihnen, d.h.  $t_1$  endet, wo  $t_2$  startet
- $EQUAL(t_1, t_2)$ :  $t_1$  und  $t_2$  sind dasselbe Zeitintervall
- sowie die jeweilige inverse Relation dieser Prädikate

Zu jeder oben beschriebenen Relation gibt es eine inverse Relation, bis auf bei der Relation EQUAL, da EQUAL symmetrisch und damit zu sich selbst invers ist.

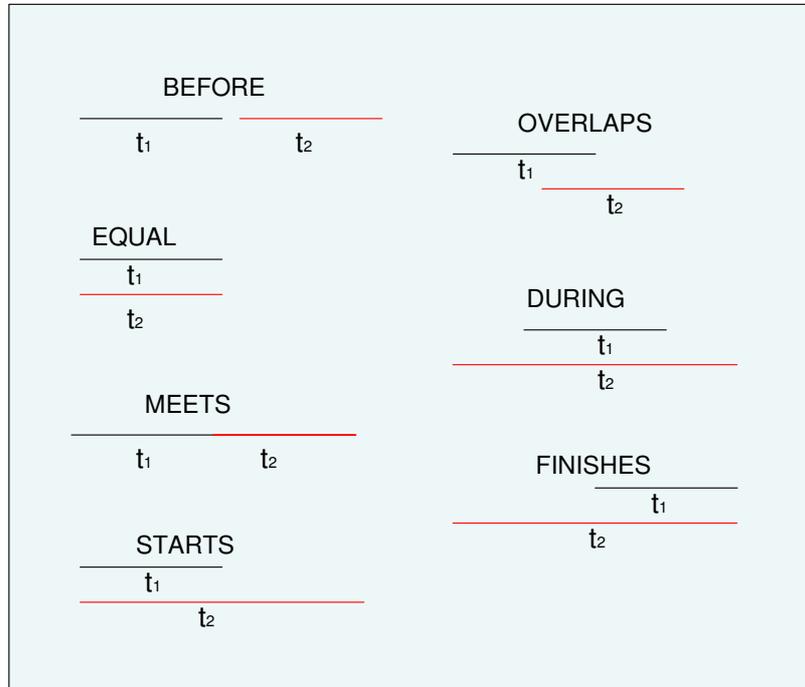


Abb. 4.1: Übersicht über sieben der 13 primitiven Relationen, die zwischen temporalen Intervallen bestehen können.

Für die Darstellung der temporalen Relationen zwischen den Segmenten von Wegbeschreibungen ist es aber nicht ausreichend, nur Perioden zu betrachten. Es müssen ebenfalls Zeitpunkte berücksichtigt werden. Das in Vilain (1982) vorgestellte Zeitmodell basiert auf dem Zeitmodell von Allen und enthält auch die Möglichkeit, Zeitpunkte mit einzuschließen. Die Zeitpunkte werden in dem Modell von Vilain so wie Intervalle behandelt. Die dadurch entstehenden zusätzlichen Relationen zu den 13 Relationen zwischen Intervallen sind (siehe Abb. 4.2):

- Relationen, die Punkte zu anderen Punkten in Beziehung setzen
- Relationen, die Intervalle in Beziehung zu Punkten setzen und
- Relationen, die Punkte in Beziehung zu Intervallen setzen.

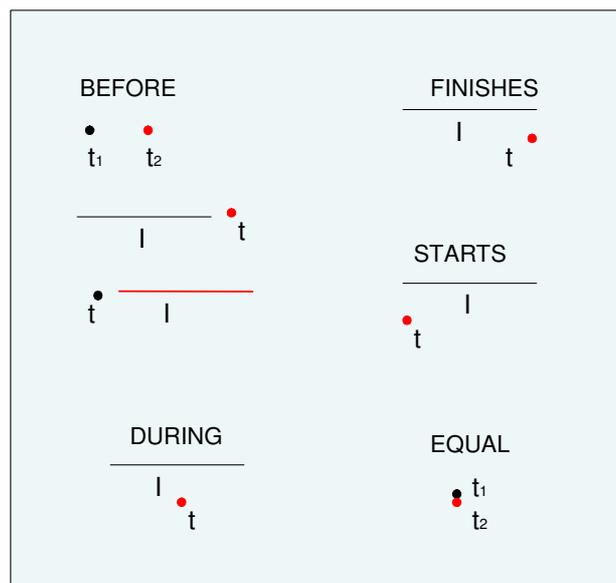


Abb. 4.2: Übersicht über die zusätzlichen Relationen bei Berücksichtigung von Zeitpunkten; I steht für die Intervalle und t für Zeitpunkte.

Für die Darstellung der temporalen Relationen zwischen den Segmenten von Wegbeschreibungen wurden von mir nur einige für die Wegbeschreibungen relevanten Relationen nach dem Zeitmodell von Vilain, gewählt. Die Relationen, die Überlappung zwischen zwei Objekten ausdrücken, wie DURING, OVERLAPS und EQUAL wurden zusammengefasst, so wie die Relationen MEETS und BEFORE, die ebenfalls zusammengefasst wurden. Als besondere Fälle gibt es noch die zu FINISHES inverse Relation und die Relation STARTS.

#### 4.3.2.2 Darstellung der temporalen Relationen

Für die Darstellung der temporalen Relationen wurde das Zeitmodell von Vilain (1982) zugrunde gelegt. Dabei wurden in das Zeitmodell für die strukturierten Handlungsinformationen nur die Relationen mit aufgenommen, die von Relevanz für die untersuchten Wegbeschreibungen sind.

Im Folgenden ist im Zusammenhang mit den temporalen Relationen die Rede von Aktionen, wobei Aktionen sowohl die expliziten als auch die impliziten Aktionen umfassen, die in den passiven Segmenten beschrieben sein können. Streng genommen handelt es sich also nicht um Relationen zwischen Zeitperioden, sondern um Relationen zwischen Aktionen, die auf Zeitperioden referieren. Da aber jede Aktion bei ihrer Ausführung eine Zeitperiode oder einen Zeitpunkt besitzt, habe ich für die strukturierten Handlungsinformationen eine Modellierung gewählt, die üblicherweise zur Darstellung von Zeitperioden und Zeitpunkten verwendet wird.

Für die Darstellung von strukturierten Handlungsinformationen ist es ausreichend, vier temporale Relationen zu unterscheiden, da andere detailliertere Relationen aufgrund der Beziehungen zwischen den Aktionen aus Wegbeschreibungen nicht benötigt werden. In den untersuchten Wegbeschreibungen kommen nur bestimmte temporale Relationen zwischen den Aktionen vor, die für die folgende Darstellung der temporalen Relationen zugrunde gelegt wurden. Diese sind:

- die Relation PARTLY\_OVERLAPS,
- die Relation AFTER,
- die Relation STARTS,
- und die Relation ENDS.

Der temporale Bezug einer Aktion wird immer zu der Aktion hergestellt, die zuvor genannt wurde.  $A_n$  bezeichnet im Folgenden immer die Aktion des jeweiligen Segments, das den Konnektor enthält und  $A_{n-1}$  die zuvor genannte Aktion. Mit der *zuvor genannten Aktion* ist immer die Aktion gemeint, welche in der sprachlichen Beschreibung vor der Aktion  $A_n$  genannt wurde, also bei „*Gehe nach links und dann nach rechts*“ wäre „*gehe nach links*“  $A_{n-1}$  und „*und dann nach rechts*“  $A_n$ .

Die Relation AFTER bezeichnet die Beziehung zwischen den Segmenten, die aufeinander folgen. Damit sind Segmente gemeint, bei denen eine Aktion  $A_n$  erst dann ausgeführt werden kann, wenn die zuvor genannte Aktion  $A_{n-1}$  abgeschlossen wurde.

Die Aktion  $A_n$  hat ein eindeutiges Aktionsende und die Folgeaktion kann erst ausgeführt werden, nachdem dieses erfüllt worden ist. Dabei kann auf  $A_{n-1}$  eine andere Aktion folgen, die in der Wegbeschreibung nicht explizit genannt wurde, während welcher  $A_n$  beginnt oder das Ende von  $A_{n-1}$  kann der Beginn der Aktion  $A_n$  sein (siehe Abb. 4.3).

Ein Beispiel für zwei Aktionen, zwischen denen die Relation AFTER besteht, ist:

ri\_1:

- ( $A_{n-1}$ ) Erst durch das Haus F bis zum Haupteingang gehen.
- ( $A_n$ ) Dann, den Wegen folgend, geradeaus zum Ausgang des Geländes.

Gemäß diesem Beispiel kann die Aktion  $A_n$ , nämlich *den Wegen folgend zum Ausgang gehen*, erst ausgeführt werden, nachdem der Haupteingang des Hauses F erreicht wurde.

Da sich das Ende von  $A_n$  nicht immer bestimmen lässt, wird die Bestimmung des Endpunkts von  $A_n$  für die strukturierten Handlungsinformationen im Fall von aufeinander folgenden Aktionen auch nicht berücksichtigt. Wichtig ist nur, dass  $A_n$  erst nach Beendigung von  $A_{n-1}$  begonnen werden kann. Die zeitlichen Relationen, die zu einer Relation AFTER zusammengefasst wurden, sind entsprechend den Basisrelationen BEFORE und MEETS für Perioden von Allen, sowie den BEFORE Relationen von Vilain, die Punkte in Beziehung zu Punkten und auch zu Perioden setzen (siehe Abb. 4.3). Ob die Aktionen direkt aufeinander folgen

oder eine nicht bekannte (da in der Wegbeschreibung nicht genannte) Aktion dazwischen erfolgen muss, ist für diese Art der zeitlichen Abfolge zwischen diesen beiden Aktionen daher nicht von Bedeutung.

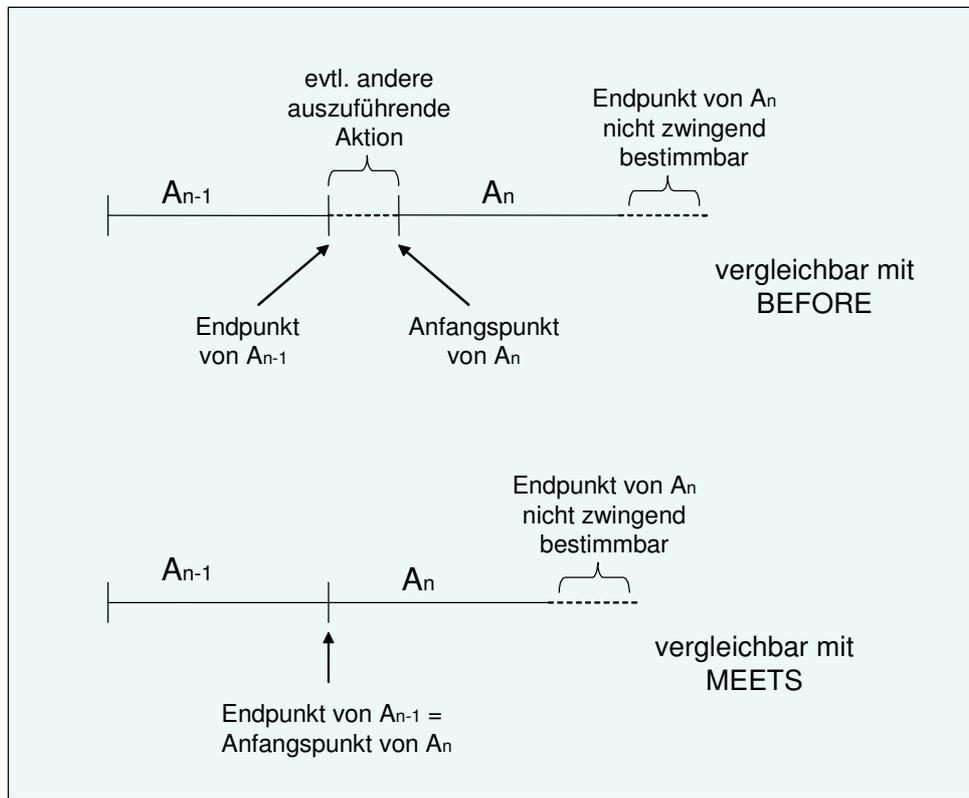


Abb. 4.3: Darstellung der temporalen Relation AFTER

Die Relation PARTLY\_OVERLAPS besteht zwischen zwei Aktionen, wenn eine Aktion  $A_n$  teilgleichzeitig zu der zuvor genannten  $A_{n-1}$  laufen soll. Dies ist der Fall, wenn die Aktion kein eindeutig bestimmbares Aktionsende besitzt oder das Aktionsende erst dann eintreten kann, wenn die Folgeaktion bereits begonnen bzw. ausgeführt wurde. Dabei beginnt die Aktion  $A_n$ , nachdem die zuvor genannte Aktion  $A_{n-1}$  bereits ausgeführt wird, sie kann jedoch nicht vor  $A_{n-1}$  beginnen.

Zwei Aktionen mit der Relation PARTLY\_OVERLAPS sind zum Beispiel:

- ni\_1:  
 ( $A_{n-1}$ ) ...wo ich in Richtung links gehe  
 ( $A_n$ ) und dann (*gehe ich*) geradeaus, ...

Bei diesem Beispiel sind die beiden Aktionen teilgleichzeitig zueinander, da das *in Richtung links gehen* nicht gleichzeitig zum *geradeaus gehen* erfolgen soll. In diesem Beispiel wird zuerst

eine Richtung angeben (*links*), welche geradeaus gegangen werden soll. Die erste Aktion  $A_{n-1}$  wird aber nicht durch die und auch nicht während der zweiten Aktion  $A_n$  beendet.

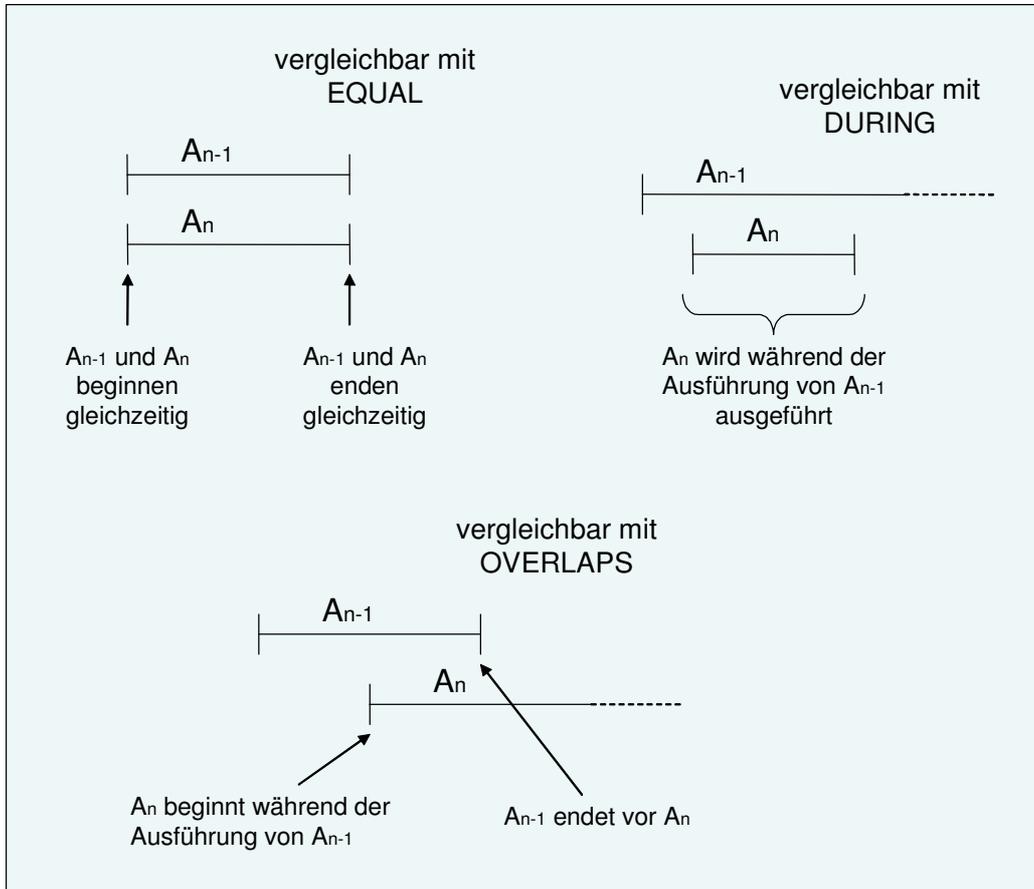


Abb. 4.4: Darstellung der temporalen Relation *PARTLY\_OVERLAPS*

$A_{n-1}$  muss nicht vor  $A_n$ , oder durch  $A_n$ , beendet werden. Dass zwei Aktionen zeitlich exakt gleich verlaufen, kommt innerhalb der untersuchten Wegbeschreibungen nicht vor. Trotzdem wird diese Relation mit aufgenommen. Damit ergeben sich für die Relation *PARTLY\_OVERLAPS*, die mit den Basisrelationen von Allen vergleichbaren Relationen *EQUAL*, *OVERLAPS* und *DURING* (siehe Abb. 4.4). Die Relationen, die Zeitpunkte mit einschließen, werden für *PARTLY\_OVERLAPS* nicht mit aufgenommen, da diese Relationen in den untersuchten Wegbeschreibungen nicht vorkommen.

Die Relationen *STARTS* und *FINISHES*, bzw. die zu diesen Relationen inversen Relationen, werden nicht als Teil der Relation *PARTLY\_OVERLAPS* betrachtet (auch wenn es sich dabei um teilgleichzeitige Relation handeln müsste), sondern als besondere Fälle betrachtet. Die Aktionen, die während der Ausführung einer anderen beginnen und mit ihrem Endpunkt auch der zu ihr teilgleichzeitigen Aktion einen Endpunkt setzen, werden unter der temporalen Relation *ENDS* zusammengefasst.

Diese Relation habe ich als Sonderfall aufgenommen, weil man den Endpunkt der Aktionen, die in diese Klasse fallen, eindeutig bestimmen kann. Dadurch, dass dies möglich ist, kann die zeitliche Relation zu den folgenden Aktionen auch besser ermittelt werden (siehe Abb. 4.5).

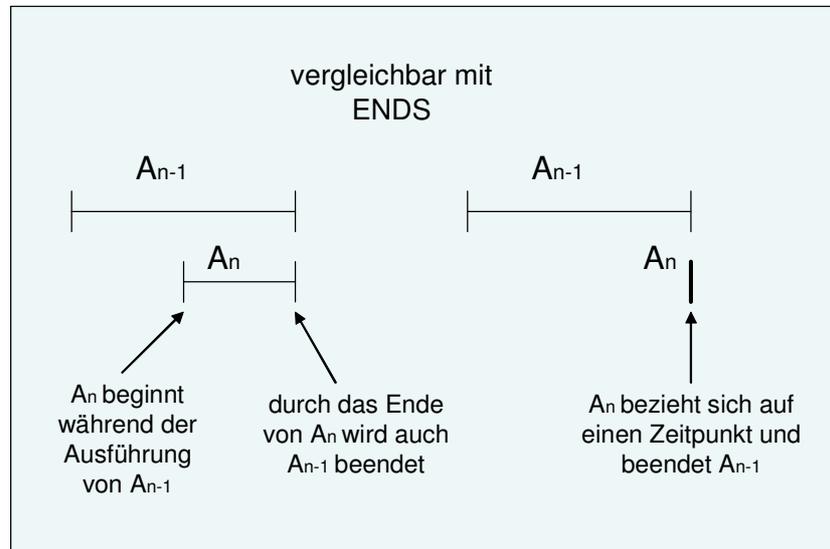


Abb. 4.5: Darstellung der temporalen Relation ENDS

Ein Beispiel für die Relation ENDS ist:

It\_20:

(A<sub>n-1</sub>) Geh an der Rückseite von Haus C lang,

(A<sub>n</sub>) dann triffst du auf Haus E.

Das Entlanggehen an der Rückseite des Hauses, wird durch das Treffen auf ein neues Haus beendet. Dabei gibt es eine Überlappung der Periode des Gehens und des Zeitpunkts des Treffens, die durch diese Relation ausgedrückt wird.

Eine andere Relation, die ich als Sonderfall aufgenommen habe, ist die Relation STARTS. Diese steht ähnlich wie bei Vilain dafür, dass eine Zeitperiode durch eine andere Zeitperiode oder einen Zeitpunkt begonnen wird. Auf die Aktionen angewendet bedeutet dies also, dass eine Aktion durch eine andere Aktion begonnen wird (siehe Abb. 4.6).

Zwei Aktionen mit der Relation STARTS sind zum Beispiel:

It\_8:

(A<sub>n-1</sub>) Wenn du beim Pförtner stehst,

(A<sub>n</sub>) dann siehst du das höchste Gebäude auf dem Gelände, Haus F.

Dadurch, dass man bei dem Pförtner steht, wird die Aktion des Sehens begonnen. Zwar könnte das Sehen des Hauses auch schon vorher beginnen, bei diesen beiden Aktionen

handelt es sich jedoch um die ersten der Wegbeschreibung, wodurch es keine andere vorherige Aktion, zu welcher man das Sehen in Relation setzen müsste, gibt. Die Aktionen müssen zwar nicht gleichzeitig begonnen werden, da  $A_n$  aber durch  $A_{n-1}$  begonnen wird, sollen Aktionen, zwischen denen eine solche Relation besteht, zusammengefasst und getrennt von der Relation `PARTLY_OVERLAPS` betrachtet werden.

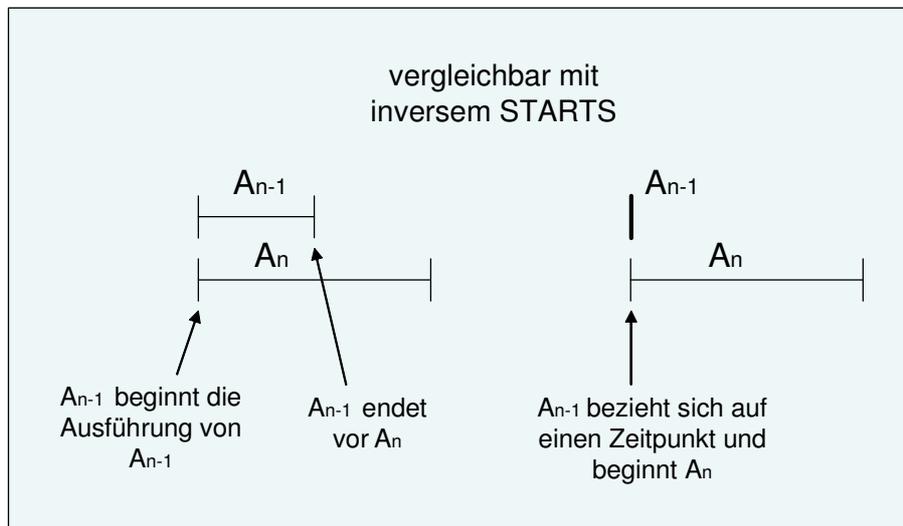


Abb. 4.6: Darstellung der temporalen Relation `STARTS`

Die anderen von Vilain beschriebenen Relationen sind für die strukturierten Handlungsinformationen nicht von Relevanz. Innerhalb der untersuchten Wegbeschreibungen kamen diese Relationen nicht zwischen zwei Aktionen vor und aufgrund dessen gehe ich hier nicht noch einmal auf diese ein.

Die lokalen Informationen sind ebenfalls für die Bestimmung der temporalen Relationen von Bedeutung, zum Beispiel bei der Festlegung des Endpunkts einer Aktion. Dies wird im Folgenden noch behandelt.

### 4.3.3 Lokale Informationen

Die jeweiligen Segmente der Wegbeschreibungen enthalten zusätzlich zu den temporalen Informationen auch lokale Informationen. Diese Informationen sind meistens von den temporalen Informationen abhängig.

Die für die Arbeit interessanten Anteile der lokalen Informationen sind die, die zu der lokalen Begrenzung von Aktionen beitragen und nicht die generellen räumlichen Informationen, wie sie auch in der räumlichen Darstellung der Wegbeschreibungen des Geometrischen Agenten bereits berücksichtigt werden. Die lokalen Begrenzungen werden z.B. durch Verwendung eines gewissen Verbs oder durch Verwendung von Adverbien und Präpositio-

nen hervorgerufen. Ebenfalls relevant für die Bestimmung der strukturierten Handlungsinformationen ist die Aktionsart, wie z.B. die Aktionen, die Konfigurationsverben enthalten. Dazu zählen aber auch die Segmente, die keine explizit an den Agenten gerichtete Aktion enthalten, z.B. „*Gehe die Strasse nach links*“ vs. „*Die Strasse geht nach links*“. Letzteres wird im Folgenden als **implizite** Aktion aufgefasst. Implizite Aktionen enthalten zum Teil im Vergleich zu den **expliziten** Aktionen lokale Informationen, die für die Ausführung der Wegbeschreibung von großer Relevanz sind.

Innerhalb der Wegbeschreibung werden gewisse lokale und auch direktionale Präpositionen und Adverbien verwendet, die auch zu der Ermittlung der gewünschten lokalen Informationen beitragen, wie *hier*, *dort* und *da*. Auf diejenigen, die von Bedeutung für die strukturierten Handlungsinformationen sind, wird noch im Weiteren eingegangen.

Die einzelnen Segmente der Wegbeschreibungen, enthalten in der Beschreibung jedes Segments eine an den Agenten gerichtete Aufgabe. Bei dieser Aufgabe kann es sich um eine auszuführende Aktion handeln, die auch explizit genannt wurde, oder um eine implizierte Aktion, die nicht ausdrücklich formuliert wurde. Es kann sich aber auch bei der Aufgabe darum handeln, dass der Agent sich irgendwo positionieren oder in der Umgebung orientieren soll, was ebenfalls explizit formuliert sein kann oder impliziert wird. Bei der Produktion von Wegbeschreibungen werden die beschriebenen Aufgaben nicht ausschließlich an den Agenten gerichtet, sondern es werden ebenfalls Beschreibungen der Form gemacht, dass die Strasse, der Weg, das Haus etc. etwas machen.

Die Segmente von Wegbeschreibungen wurden für die Interpretation in die **aktiven** und die **passiven** Segmente unterteilt. Die aktiven Segmente sind die Segmente, die eine explizite Aktion beschreiben. Das sind Beschreibungen, die sich direkt an den Agenten richten, der eine bestimmte beschriebene Aktion ausführen soll. In diesen hat der Agent die aktive Rolle, d.h. der Agent ist Subjekt des Satzes. Es kann sich aber auch um Zustände handeln, die beschrieben werden, nämlich dann, wenn in der Beschreibung Zustandsverben verwendet werden. Diese Zustandsbeschreibungen werden auch zu den aktiven Segmenten gezählt, da sie direkt an den Agenten gerichtet sind, auch wenn der Agent bei diesen Aufgaben nicht immer eine Aktion ausführen muss, sondern sich zum Teil nur neu orientieren oder positionieren soll, z.B. „*Dann gehst du am Haus entlang*“ vs. „*Dann stehst du bei dem Haus*“.

Die passiven Segmente sind solche, die sich nicht an den Agenten richten, sondern eine bestimmte Situation beschreiben, in welcher ein beschriebenes Objekt etwas macht, wie z.B. „*...und dann geht die Strasse geradeaus runter.*“ In diesen Segmenten wird keine explizite für den Agenten auszuführende Aktion genannt und der Agent ist auch nicht das Subjekt des Satzes. Diese passiven Segmente enthalten entweder implizierte Aktionen für den Agenten oder Umgebungs- und Konstellationsbeschreibungen, die den Agenten positionieren oder ihm bei der Orientierung helfen sollen. Wie die passiven Segmente verwendet werden, um eine Unterscheidung von implizierten Aktionen und Zustandsbeschreibungen machen zu können, wird in Abschnitt 5 erläutert.

### 4.3.4 Analyse der Konnektoren

Wegbeschreibungen lassen sich laut Fraczak (1998) in zwei globale Einheiten unterteilen: die **Sequenzen** und die **Verbindungen**. Die Sequenzen sind die funktionalen und thematischen Einheiten der Wegbeschreibung. Ihre Rolle ist es unter anderem, Aktionen anzuordnen, Objekte anzugeben und Objekte zu beschreiben. Eine Sequenz kann aus einem unabhängigen Satz, einem Nebensatz oder einem Satz mit einem Nebensatz bestehen.

Die Funktion der Verbindungen ist es, die Struktur der Beschreibung zu verstärken und die Beziehungen zwischen den Sequenzen zu spezifizieren. Eine Verbindung kann aus einem Konnektor oder einer Kombination von Konnektoren bestehen. Es werden verschiedene Elemente als Verbindungen bezeichnet: die Konjunktionen und die konjunktiven Ausdrücke, Adverbien und adverbiale Ausdrücke, Präpositionen etc. (Fraczak 1998).

Dass diese Konnektoren als Verbindungen zwischen den Sequenzen gesehen werden, kommt von ihrer grammatikalischen Bedeutung. Die Konnektoren sind Satzverknüpfers, welche die semantische Struktur des Textes mit aufbauen. Sie können lokalen, temporalen, kausalen, etc. Charakter haben. Konnektoren können verschiedenen Wortarten angehören, wie z.B. *bis*, welches sowohl als Subjunktors als auch als Präposition verwendet werden kann. Bei den Konnektoren handelt es sich also nicht um eine Wortart, sondern um eine rein semantisch-funktionale Klassenbildung von Satzverknüpfers. Eine Gemeinsamkeit aller Konnektoren ist, dass sie nicht flektierbar sind (Pasch, Brauße, Breindl und Waßner 2003).

Das Ziel ist es, temporale und lokale Strukturen zwischen den Aktionen zu ermitteln. Da diese häufig durch Konnektoren miteinander verknüpft sind, können die temporalen sowie lokalen Beziehungen zwischen den Aktionen ermittelt werden, die durch einen Konnektor miteinander verbunden sind.

Innerhalb der Wegbeschreibungen des Trier-Korpus' und des Informatikum-Korpus' werden nur bestimmte Konnektoren verwendet und von diesen einige Konnektoren häufiger als andere. In „*How to Get There From Here*“ heben Wunderlich und Reinelt (1982) ebenfalls die besondere Rolle der von ihnen sogenannten „Directives“ hervor, die sie als Wörter definieren, die charakteristisch für jede konstruierende Einheit sind. Wunderlich und Reinelt schreiben, dass in Wegbeschreibungen besonders die Konnektoren (*und*) *da* sowie (*und*) *dann* verwendet werden, welche die Aufgabe haben, die Wegbeschreibungen in kleinere identifizierbare Teile zu spalten. Sie schreiben aber auch, dass der räumliche und temporale Aspekt dieser Konnektoren nicht immer unterscheidbar ist und meistens gegeneinander austauschbar ist. Dieses begründen sie damit, dass jede Bewegung ein räumlich-temporales Ereignis ist und somit nicht differenziert werden muss.

Zwar ist jede Bewegung ein räumlich-temporales Ereignis, trotzdem kann man die dabei vorhandenen temporalen Relationen differenzieren. Denn der temporale Aspekt beinhaltet nicht nur wie laut Wunderlich und Reinelt, die neue Phase des Wanderns von einem Punkt

zu einem anderen, sondern kann auch eine Überlappung zwischen den Phasen beinhalten. Dadurch wären die Aktionen, die sich überlappen teilweise gleichzeitig auszuführen.

Als Hilfsmittel zur Festlegung von solchen temporalen Überlappungen sollen bestimmte, in Wegbeschreibungen häufig vorkommende Konnektoren, auf ihre temporale Funktion betrachtet werden bzw. die Konnektoren sollen genutzt werden, um zu ermitteln, welche Aktionen durch sie miteinander in Beziehung stehen, damit man dann den temporalen Aspekt dieser Beziehung ermitteln kann.

Die Konnektoren *bis* und *dann* gehören zu den in den untersuchten Wegbeschreibungen am Häufigsten verwendeten Konnektoren und sind deshalb die, die näher betrachtet werden. In den folgenden Unterabschnitten wird näher auf die grammatikalische Verwendung dieser Konnektoren, insbesondere innerhalb der Wegbeschreibungen, eingegangen.

### 4.3.4.1 Bedeutung von ‚bis‘

Der Konnektor *bis* wird in zwei verschiedenen grammatikalischen Funktionen verwendet: als Subjunktor und als Präposition. Durch die unterschiedliche Art der Verwendung entsteht auch ein unterschiedlicher temporaler Aufbau innerhalb der Segmente. Während durch die Präposition *bis* nur die temporalen und lokalen Informationen über die Segmente ermittelt werden können (Beispiel 4.4), innerhalb welcher dieses *bis* genannt wird, werden bei dem Subjunktor *bis* zwei Segmente miteinander verbunden (Beispiel 4.5). Dadurch kann man dann auch die lokalen und temporalen Beziehungen zwischen diesen beiden Segmenten ermitteln.

#### ‚bis‘ als Präposition

Dieser Partikel ist strenggenommen nur dann eine Präposition, wenn er allein eine Phrase regiert. Diese Verwendung ist jedoch vergleichsweise selten. Meistens wird *bis* von einer anderen Phrase begleitet (Engel 1988). *Bis* kommt nur in folgenden Verbindungen vor:

- *bis* gefolgt von einer Adverbialphrase: *bis morgen*
- *bis* gefolgt von einer Präpositionalphrase: *bis vor die Tür*
- *bis* gefolgt von einer Nominalphrase ohne Artikel: *bis nächsten Montag*
- *bis* gefolgt von einem Zahladjektiv: *bis zehn zählen*

Innerhalb der Wegbeschreibungen wird es in Verbindung mit einer Präpositionalphrase verwendet. Diese Präpositionalphrasen sind immer direktional (siehe Beispiel 4.4). In dieser Verwendung markiert *bis* einen Zielpunkt.

```
lt_14: „Wenn du durch diesen Eingang gehst, folgst
       du dem langen Flur bis zum Ende.“

t4_14: „Hier hoch, durchgehen. Da is son überbauter
       Gang, dann immer links, gradaus bis aufn
       großen Marktplatz, da kann man se schon se-
       hen.“

t2_1:  „Hier oben halb links durch, durch über den
       Hauptmarkt bis zur Porta Nigra, stoßen Se au-
       tomatisch drauf.“
```

*Beispiel 4.4: Beispiele für die Verwendung von bis als Präposition innerhalb der Wegbeschreibungen. Die zusätzlich verwendete Präpositionalphrase ist wie bis hervorgehoben.*

#### **‚bis‘ als Subjunktor**

*Bis* wird bei Wegbeschreibungen ebenfalls als Subjunktor verwendet (siehe Beispiel 4.5). Es wird als Subjunktor und nicht als Konjunktion bezeichnet, weil es sich um eine subordinierende Konjunktion handelt, mit der Eigenschaft, dass ein Hauptsatz mit einem Nebensatz verbunden wird. In diesem Fall ist es ein temporaler Junktor, der den Nebensatz-Sachverhalt zeitlich als Endpunkt für den Obersatz-Sachverhalt festlegt (Pasch et al. 2004).

Dieses könnte man so auf die Wegbeschreibungen übertragen, dass die im Hauptsatz genannte Aktion die **Hauptaktion** und die im Nebensatz genannte und durch *bis* eingeführte Aktion die **Nebenaktion** ist. Dadurch, dass es sich um Haupt- und Nebenaktionen handelt, gibt es auch eine temporale Beziehung zwischen diesen Aktionen. Auf diese wird im Späteren noch eingegangen.

```
ri_3:  „Man gehe geradeaus, bis man rechts von sich
       ein mehrstöckiges Gebäude (F) sieht.“

lt_13: „Gehe links zwischen Haus C und dem Zaun
       entlang, bis du hinter Haus C auf Haus E
       triffst.“

eg_2:  „...dann aber links daran vorbei (gehen), bis
       der Weg endet, ...“
```

*Beispiel 4.5: Beispiele für die Verwendung von bis als Subjunktor innerhalb der Wegbeschreibungen.*

### 4.3.4.2 Bedeutung von ‚dann‘

*Dann* gehört in die Klasse der nicht positionsbeschränkten Adverbkonnektoren, denn es kann innerhalb einer Beschreibung sowohl im Vorfeld als auch im Nachfeld auftreten (vgl. Pasch et al. 2004).

*Dann* ist zusätzlich zu *da*, der in Wegbeschreibungen am Häufigsten verwendete Konnektor (vgl. Wunderlich und Reinelt 1982). Auch wenn Wunderlich und Reinelt (1982) schreiben, dass *da* und *dann* gegeneinander austauschbar sind, da jedes Ereignis als räumlich-temporales Ereignis gesehen wird, werden beide Konnektoren hier getrennt betrachtet. *Da* wird in Wegbeschreibungen in der Funktion eines lokalen Adverbs verwendet und ist ebenfalls nicht positionsbeschränkt. Allerdings verknüpft *da* die Segmente nicht temporal miteinander und spielt deshalb nur eine Nebenrolle bei der Erzeugung strukturierter Handlungsinformationen. *Da* wird vielmehr als Wort zur lokalen Bezugnahme verwendet, z.B. „*Du gehst bis zum Haus F, dann ist da eine Tür*“ (siehe Abschnitt 5.4.3). Der zeitliche Aufbau der Aktionsabfolge wird nicht durch *da* bewirkt, sondern durch *dann*, insofern sind diese hier nicht gegeneinander austauschbar. Wie der zeitliche Verlauf aber tatsächlich interpretiert wird, wird in Abschnitt 5 erläutert.

Auch bei Ehrich (1992) wird *dann* als temporales Adverb betrachtet. Temporaladverbiale legen die Ereignis- oder Referenzzeit einer Situation auf bestimmte Bereiche der Zeitachse fest. *Dann* wird in diesem Hinblick als ein nachzeitiges, nicht-situatives Deiktikum gesehen, d.h. *dann* ist ein Adverb, bei welchem die Bezugszeit vor der Ereigniszeit liegt.

Demnach müsste man *dann* mit *danach* austauschen können, da *danach* auch Nachzeitigkeit ausdrückt. *Danach* wird in Wegbeschreibungen aber nur selten verwendet und es lässt sich nur in einigen Fällen statt *dann* verwenden. Dies legt nahe, dass *dann* nicht nur temporale Nachzeitigkeit ausdrückt, sondern von den Sprechern auch in anderer Funktion verwendet wird (siehe Abschnitt 6).

Die unterschiedliche Positionierung von *dann* im Satzgefüge bedeutet laut Rossdeutscher und Stutterheim (2005) nicht, dass es sich je nach Vorfeld- oder Mittelfeld-*dann* um zwei unterschiedliche lexikalische Einheiten handelt. Sie gehen in ihrem Artikel auf die Verwendung von *dann* im Vorfeld und im Mittelfeld ein. Es wird gezeigt, dass wenn *dann* im Vorfeld verwendet wird, durch dieses ein Kausalzusammenhang suspendiert wird, bei dem Mittelfeld-*dann* der Kausalzusammenhang aber erzwungen wird, sofern in dem *dann*-Teil eine Zustandsbeschreibung vorhanden ist, z.B.

(1) *Dann* im Vorfeld:

„Die Straße geradeaus durchgehen bis zum Schluß, *dann* stehen Sie vor so nem Eckhaus.“

(2) *Dann* im Mittelfeld:

„Die Straße geradeaus durchgehen bis zum Schluß. Sie stehen *dann* vor so nem Eckhaus.“

Ob dieser Aspekt für die Interpretation der Wegbeschreibungen von Belang ist, ist noch zu klären. Denn für den temporalen Aufbau zwischen den Segmenten ist von Bedeutung, dass in beiden Fällen durch das *dann*-Segment ein Zustandswechsel hervorgerufen wird. Wichtig für die strukturierten Handlungsinformationen ist es, zu analysieren, wie diese Zustandswechsel erfolgen und ob sich unterschiedliche Zustände überlappen. Ob der Kausalzusammenhang suspendiert bzw. gefordert wird, spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

## 5. Bestimmung temporaler Relationen in Wegbeschreibungen

Strukturierte Handlungsinformationen beinhalten die lokalen Informationen und die temporalen Relationen, die zum Beispiel in Wegbeschreibungen enthalten sind. Die Wegbeschreibungen aus dem Trier-Korpus und dem Informatikum-Korpus wurden segmentiert und die Aktionen zu bestimmten, im vorherigen Abschnitt beschriebenen Klassen, zugeordnet. Diese Aktionsklassen dienen unter anderem als Hilfsmittel zur Bestimmung der temporalen Relationen. Ein weiteres Hilfsmittel sind die lokalen Informationen, welches auch die Interpretation der passiven Segmente beinhaltet.

Da Konnektoren die Struktur zwischen den Segmenten der Wegbeschreibungen aufbauen bzw. verstärken (Frazczak 1998), wurden diese verwendet, um Muster im temporalen Aufbau der Wegbeschreibungen zu erkennen. Dies ist keine übliche Herangehensweise an eine solche Problematik. Aber da es das Ziel ist, strukturierte Handlungsinformationen für instruierte Agenten am Beispiel von Wegbeschreibungen zu erzeugen, werden die Strukturen in dem speziellen Fall der Wegbeschreibungen durch verwendete sprachliche Mittel ermittelt. Die vorgestellten Klassifikationen für die Segmente von Wegbeschreibungen dienen als Hilfsmittel bei der Abgrenzung der unterschiedlichen temporalen Relationen voneinander. Auch die temporalen Relationen wurden, zwar von einem bekannten Modell (Vilain 1982) abgeleitet, auf die besonderen Fälle in den Wegbeschreibungen angepasst und wurden im Abschnitt 4.2.2 vorgestellt.

Für die Bestimmung der temporalen Relationen zwischen Aktionen werden auch die Aktionen mitbetrachtet, die elliptische Konstruktionen enthalten (Pasch et al. 2003). Eine elliptische Konstruktion stellt bei den untersuchten Wegbeschreibungen das Weglassen des Satzverbs dar, wodurch ein unvollständiger Satz entsteht. Das Weggelassen der Verben ist in diesen Fällen aber nicht für das Verständnis der Wegbeschreibung nachteilig, sofern die Wegbeschreibungen von einem Menschen verstanden werden sollen. Um eine korrekte Klassifizierung der Segmente vornehmen zu können, kann man diese weggelassenen Verben wieder hinzufügen und kann sie dann für die Aktionsklassifizierung mit berücksichtigen.

In den folgenden Unterabschnitten wird gezeigt, wie die Konnektoren und die im vorherigen Abschnitt vorgestellten Aktionsinformationen zur Bestimmung der temporalen Relationen zwischen Aktionen genutzt werden.

### 5.1 Konnektoren als Aktionsverknüpfen

In den untersuchten Wegbeschreibungen werden die einzelnen beschriebenen Aktionen meist durch Konnektoren miteinander verbunden. Die Funktion der Konnektoren ist dabei, die Struktur der Beschreibung zu verstärken und die Beziehung zwischen den Aktionen zu

spezifizieren. Die Konnektoren, die als Satzverknüpfers dienen, werden deshalb auch als **Aktionsverknüpfers** bezeichnet. Durch Betrachtung der Konnektoren, die als Aktionsverknüpfers dienen, kann man auch die Relation zwischen diesen Aktionen ermitteln.

In den Wegbeschreibungen aus dem Trier-Korpus und dem Informatikum-Korpus werden nur bestimmte Konnektoren verwendet, wie z.B. *da*, *dann*, *und*, *bis*, etc. Einige von diesen Konnektoren werden häufiger verwendet als andere und nur einige tragen zu dem temporalen Aufbau zwischen den Aktionen bei. So wird in (1) *da* z.B. als lokale Referenz verwendet. *Dann* in (2) hingegen verbindet zwei Segmente, um die temporale Reihenfolge dieser festzulegen.

(1) „Gehe die Straße entlang, *da* siehst du schon Haus E.“

(2) „Gehe die Straße entlang, *dann* siehst du schon Haus E.“

In dem ersten Beispiel ist von einem Ort die Rede, an dem Haus E zu sehen ist, in dem zweiten Beispiel erfolgt die Sichtbarkeit von Haus E aber während der Zeitperiode des „die Straße entlang Gehens“.

Die Konnektoren, die in dem Informatikum-Korpus und dem Trier-Korpus besonders häufig verwendet werden sind *bis* und *dann*<sup>4</sup>. *Und* ist aber der Häufigste aller verwendeten Konnektoren, wird aber in unterschiedlichen Funktionen verwendet, so dass eine Unterscheidung nach temporalen Aspekten nicht möglich scheint (vgl. Bär 2002). Aufgrund dieser unterschiedlichen, nicht bestimmbar, Funktionen von *und*, wird dieses für die Erstellung der strukturierten Handlungsinformationen nicht berücksichtigt. Die Konnektoren, die als Aktionsverknüpfers genauer betrachtet werden, sind *bis* und *dann*.

### 5.2 Deutung der lokalen Informationen

Bei den lokalen Informationen handelt es sich um Aktionsbegrenzer, also um gewisse Ausdrucksweisen, die in der sprachlichen Beschreibung verwendet werden, um der Aktion ein lokales Ende zu setzen, wie z.B. „...*dann* gehst du *bis* zum Haus.“ Das Erreichen des Hauses beendet die Aktion des Gehens. Solche lokalen Begrenzungen können durch die Verwendung gewisser Verben, aber auch durch die Verwendung bestimmter Adverbien und Präpositionen hervorgerufen werden.

Da es bei den lokalen Informationen um Begrenzungen von Segmenten geht, werden diese danach unterschieden, ob sie räumlich **begrenzt** oder **unbegrenzt** sind. Eine solche einfache Unterscheidung ist für die strukturierten Handlungsinformationen ausreichend. Räumlich begrenzte Segmente sind solche, denen in der sprachlichen Beschreibung ein Endpunkt

---

<sup>4</sup> *Bis* ist nur dann ein temporaler Konnektor zwischen Segmenten, wenn es als Subjunktor verwendet wird.

gesetzt ist. Ein räumlicher Endpunkt wird ausgedrückt durch einen **lokalen Aktionsbegrenzer**, z.B. ein bestimmtes Verb, welches ein Ende voraussetzt (*durchgehen*). Die Aktionen der räumlich begrenzten Segmente dienen ebenfalls der Positionierung (und damit auch der Orientierung) des Agenten, z.B. „*Gehe bis zum Haus E*“. Wenn man am Haus E angelangt ist, hat man auch die Wegbeschreibung bis zu dieser Aktion erfolgreich ausgeführt.

Die lokalen Aktionsbegrenzer sind:

1. Verben, die das Erreichen oder Überschreiten einer Begrenzung ausdrücken:

z.B. *vorbeigehen, durchgehen, aufhören, draufstoßen, rauskommen, etc.*

2. Ziel-Präpositionen:

z.B. *über, bis (vor), (zurück) zum, etc.*

Beispiele für räumlich begrenzte Segmente sind:

(1) t4\_14: „...da hinten die Simeonstraße rechts, die geht dann bis zum Marktplatz.“ und

(2) t3\_30: „...und dann komm' Se an ne Einmündung...“

(1) ist ein Beispiel für eine Präposition (*bis zu*) zusammen mit einer Landmarke (*Marktplatz*). Durch diese Präposition zusammen mit der Landmarke wird die Aktion lokal begrenzt, denn die Aktion wird nur bis zu dem Ort ausgeführt, an dem der Marktplatz erreicht worden ist<sup>5</sup>. In (2) handelt es sich um die Verwendung eines bestimmten Verbs (*kommen*) zusammen mit einer Präposition (*an*), welche die Aktion begrenzen.

Die Restklasse der Segmente bildet die Klasse der räumlich unbegrenzten Segmente, in denen kein lokaler Aktionsbegrenzer verwendet wird. Ein Beispiel für unbegrenzte Segmente ist t4\_23: „*Hier vorne Richtung Hauptmarkt und dann, eh, die dritte Straße links rein (gehen)*“. In diesem Beispiel sind es gleich zwei Aktionen, die unbegrenzt sind. Die erste Aktion (*Hier vorne Richtung Hauptmarkt*) wird erst durch Ausführung der zweiten Aktion (*die dritte Straße links rein (gehen)*) begrenzt und dass auch nur, weil diese Aktion eine andere Art von Aktion darstellt, die den Abbruch der ersten Aktion erfordert (biegt man in eine Straße ein, kann man sich nicht mehr auf ein Objekt zu bewegen, das auf der vorherigen Strecke lag.) Der Agent wechselt seine Orientierung und ist dadurch gezwungen, die vorherige Aktion zu beenden. Wie die Informationen über die räumlichen Begrenzungen von Segmenten genutzt werden, um die temporalen Relationen zwischen den Aktionen zu bestimmen, wird für die *bis-* und *dann-*Vorkommnisse getrennt in den Abschnitten 5.3 und 5.4 gezeigt. Mit *bis-* bzw. *dann-*Vorkommnissen sind die in den untersuchten Wegbeschreibungen aufeinander folgend genannten Aktionen gemeint, die durch einen der Konnektoren *bis* oder *dann* miteinander verbunden sind.

---

<sup>5</sup> Welcher Punkt des Marktplatzes genau erreicht werden muss, damit dieser als „erreicht“ gilt, ist irrelevant, denn es geht um das Erreichen einer beliebigen Position auf dem Marktplatz.

### 5.3 Temporale Relationen bei den *bis*-Vorkommnissen

*Bis* wird im Gegensatz zu *dann* in zwei grammatikalischen Formen verwendet, als Subjunktor und als Präposition. Da es sich um unterschiedliche grammatikalische Funktionen handelt, betrachte ich diese auch getrennt. Als Subjunktor verwendet wirkt *bis* als Konnektor zwischen Aktionen und die temporale Relation, die in diesen Fällen besteht, soll bestimmt werden. Wenn *bis* als Präposition verwendet wird, ist es kein Konnektor zwischen zwei Aktionen, weshalb für diese Fälle auch keine temporale Relation zu der zuvor genannten Aktion festgelegt wird. Trotzdem kann man festlegen, welche temporalen Informationen, aus den Aktionen, in denen *bis* als Präposition verwendet wird, an den instruierten Agenten weitergeleitet werden können.

Insgesamt habe ich für die Analyse zur Bestimmung der temporalen Relation 65 *bis*-Vorkommnisse aus dem Informatikum- und dem Trier-Korpus betrachtet. Davon sind 27 *bis*-Vorkommnisse mit *bis* als Subjunktor und 38 mit *bis* als Präposition. Die Vorkommnisse in dem Informatikum-Korpus sind aufgrund der geringen Anzahl der in ihm enthaltenen Wegbeschreibungen geringer, als die innerhalb des Trier-Korpus'.

#### 5.3.1 ‚Bis‘ als Präposition

*Bis* als Präposition kommt in den untersuchten Wegbeschreibungen des Informatikum-Korpus' und des Trier-Korpus' zusammen mit einer anderen Präposition oder einem Lokaladverb vor, die direkt nach *bis* genannt werden. Es wurden 10 *bis*-Vorkommnisse aus dem Informatikum-Korpus und 28 *bis*-Vorkommnisse aus dem Trier-Korpus betrachtet.

Für die Verwendung innerhalb der Wegbeschreibungen wird *bis* zur Beschreibung eines Zielpunkts verwendet. Die anderen Präpositionen bzw. Lokaladverbien, die gemeinsam mit *bis* verwendet werden sind z.B. *zu*, *auf*, *hier*, (*ganz*) *oben*, *obenhin*, etc. In diesem Kontext ist *bis* eine Präposition, die Verhältnisse lokaler Art zum Ausdruck bringt, denn durch die Verwendung von *bis* gemeinsam mit einer anderen Präposition bzw. einem anderen Lokaladverb wird ein Endpunkt des Teilpfades beschrieben, auf welchem der Agent die bisherige Aktion ausführen sollte.

Wird *bis* in den Wegbeschreibungen als Präposition verwendet, dann hat es nicht die Funktion, zwei Aktionen in Relation zueinander zu setzen, sondern der Aktion einen Endpunkt zu setzen, in deren Beschreibung *bis* verwendet wurde, z.B.:

- lt\_11:  
(A<sub>n-1</sub>) Du folgst der Linkabbiegung  
(A<sub>n</sub>) und gehst die Straße bis zum Ende.

Der Konnektor, der die beiden Aktionen verbindet ist *und*. *Bis* bezieht sich nur auf die zweite Aktion und setzt dem Gehen auf der Straße ein Ende. Man kann eine *bis*-Aktion, mit *bis* als

Präposition, als eine in sich abgeschlossene Aktion betrachten. In den untersuchten Wegbeschreibungen werden durch den Abschluss der *bis*-Aktion auch alle anderen noch offenen Bewegungsaktionen (vgl. 4.3.1) beendet. In dem obigen Beispiel handelt es sich bei der ersten Aktion um eine unbegrenzte Aktion, die auch noch während der Ausführung der zweiten Aktion ausgeführt werden kann. Dadurch, dass die zweite Aktion begrenzt wird und ein Ende hat, wird auch die erste Aktion beendet. Genauso verhält es sich mit allen anderen zuvor genannten Aktionen, die noch keinen lokalen Endpunkt hatten. In diesem Beispiel sind die Aktionen also teilgleichzeitig zueinander. Es kann sich aber auch unterschiedlich verhalten. Die zuvor genannte Aktion kann eine mit einem eindeutigen Aktionsende sein, wodurch keine Teilgleichzeitigkeit zu der *bis*-Aktion bestünde (z.B. ni\_6: „...drehe dich zur Schranke hin und gehe geradeaus *bis* zur Schranke“). Der temporale Bezug zu der direkt zuvor genannten Aktion kann demnach nicht eindeutig festgelegt werden.

Eine Ausnahme der offenen Aktionen, die durch die *bis*-Aktion beendet werden, bilden die Aktionen, die ich als **globale Wahrnehmungsaktionen** bezeichne. Damit sind Aktionen gemeint, in denen der Agent etwas wahrnehmen soll und die sich, wenn sie genannt wurden, über den restlichen Verlauf der Wegbeschreibung hinweg ziehen und ihre Gültigkeit nicht verlieren. Eine solche globale Wahrnehmungsaktion ist z.B. „...von dort aus ist schon Haus E zu sehen...“<sup>6</sup>. Bei der zugehörigen Wegbeschreibung ist das Haus E das angestrebte Ziel. Auf diese Aktion können noch weitere abgeschlossene Aktionen folgen, wodurch die Sichtbarkeit vom Haus E nicht aufgehoben sein muss. Globale Wahrnehmungsaktionen verlaufen parallel zu den folgenden Aktionen und werden erst durch das Ende der Wegbeschreibung beendet. Allerdings gibt es in den untersuchten Wegbeschreibungen nur sehr wenige solcher globaler Wahrnehmungsaktionen und bei denen, die es gibt, handelt es sich immer um die Sichtbarkeit des angestrebten Ziels.

In der Funktion als Präposition führt *bis* immer das Ende der Aktion mit einem explizit genannten lokalen Endpunkt ein. Ob es sich um ein passives oder aktives Segment handelt, ist nicht von Bedeutung, denn die passiven Segmente werden in diesem Zusammenhang als implizite Bewegungsaufforderungen an den Agenten aufgefasst. Wird *bis* als Präposition verwendet, werden in der entsprechenden Aktion (implizit oder explizit) nur Bewegungs-  
verben verwendet:

Explizit: t2\_8: „Gehen Sie bis hier zum Hauptmarkt, da“

Implizit: t4\_26: „...da hinten die Simeonstraße rechts, die geht dann bis zum Marktplatz...“

Bei dem Ausschnitt aus der Wegbeschreibung t2\_8 handelt es sich um ein aktives Segment, mit einer explizit an den Agenten gerichteten Bewegungsaufforderung zu einem bestimmten

---

<sup>6</sup> Zwar handelt es sich hierbei nicht direkt um eine Aktion, sondern um ein passives Segment, dieses wird aber als eine implizite Aktion interpretiert. Dadurch wird die Beschreibung als eine an den Agenten gerichtete Aktion aufgefasst, das Haus E zu sehen.

in der *bis*-Phrase genanntem Objekt, dem Hauptmarkt. Das Segment aus der Beschreibung *t4\_26* ist ein passives Segment, welches keine explizit an den Agenten gerichtete Aufgabe beschreibt. Jedoch wird hier eine Landmarke genannt, die erreicht werden kann (und wahrscheinlich für die korrekte Ausführung der Wegbeschreibung auch erreicht werden muss), weshalb diese Beschreibung des Pfadverlaufs als implizite Bewegungsaufforderung zur genannten Landmarke aufgefasst wird. Sowohl bei den passiven als auch bei den aktiven Segmenten soll ein bestimmtes genanntes Objekt oder der Endpunkt<sup>7</sup> des Weges erreicht werden.

Der temporale Bezug zu der jeweiligen vorherigen Aktion wird nicht betrachtet, da *bis* als Präposition verwendet keine Aktionen als Konnektor miteinander verbindet. Für die strukturierten Handlungsinformationen sind aber die temporalen Relationen zwischen den Aktionen, mithilfe der Konnektoren, die sie sprachlich in Relation zueinander setzen, festzulegen. Da *bis* aber sowohl in dieser als auch in anderer Funktion verwendet wird, werden beide Fälle betrachtet, um sie gegeneinander abzugrenzen bzw. zusätzlich noch Informationen über die Begrenzungen von Aktionen zu erhalten.

*Bis* in der Funktion als Präposition hilft zwar nicht, den temporalen Bezug zu der zuvor genannten Aktion zu bestimmen, aber für die strukturierten Handlungsinformationen kann berücksichtigt werden, wie Aktionen durch *bis* als Präposition lokal begrenzt werden.

### 5.3.2 ‚Bis‘ als Subjunktion

Wird *bis* als Subjunktor verwendet, werden zwei Aktionen miteinander verbunden. Dabei ist die *bis*-Aktion der vorherigen Aktion grammatikalisch untergeordnet, da *bis* eine subordinierende Konjunktion ist, die einen Hauptsatz mit einem Nebensatz verbindet (vgl. 4.3.4.1). Die in den Segmenten beschriebenen Aktionen stehen temporal in Beziehung zueinander, und dieser temporale Bezug soll zur Erstellung der strukturierten Handlungsinformationen bestimmt werden.

Innerhalb der untersuchten Wegbeschreibungen besteht zwischen den durch ein *bis* verbundenen Aktionen immer eine temporale Struktur. Die *bis*-Segmente enthalten nur Wahrnehmungs- oder Vollendungsverben. Dadurch handelt es sich bei den in *bis*-Segmenten beschriebenen Aktionen um Wahrnehmungs- oder Vollendungsaktionen, die auch ausgeführt werden können, während die zuvor genannte Aktion noch läuft (z.B. kann man gehen und dabei etwas sehen: „*Gehe die Straße entlang, bis du das Haus siehst.*“) bzw. die erste Aktion begrenzen (z.B. wird das Gehen beendet, wenn man auf etwas trifft: „*Gehe die Straße entlang, bis du auf das Haus triffst.*“) Das bedeutet, dass sich die beiden verbundenen Aktionen temporal überlappen. Zudem wird in der *bis*-Aktion (damit ist immer die Aktion  $A_n$  gemeint,

---

<sup>7</sup> Der Informatikum-Korpus und der Trier-Korpus enthalten auch Wegbeschreibungen, in denen Aktionen beschrieben werden, bei denen man z.B. „bis zum Ende der Straße gehen“ soll.

in welcher das *bis* genannt wurde) noch ein lokaler Endpunkt genannt, der auch die vorherige Aktion beendet. Denn durch das Erreichen der in der *bis*-Aktion genannten Landmarke, muss auch die zuvor genannte Aktion nicht mehr ausgeführt werden. Die temporale Relation, die zwischen zwei Aktionen besteht, deren zweite Aktion ein *bis* als Subjunktion enthält, ist also ENDS.

Die zuvor genannte Aktion wird durch die *bis*-Aktion immer lokal begrenzt, auch wenn es sich bei der zuvor genannten Aktion um ein begrenztes Segment handelt. In den Fällen, in denen die vorherige Aktion einen lokalen Endpunkt besitzt, ist dieser Endpunkt nicht das entscheidende Ende, sondern das aus der *bis*-Aktion setzt das Aktionsende. Bei dem Beispiel *ri\_2*: „Über den Flur von Haus R gelangt man in das Gebäude F. Dieses durchquert man, bis man zum Ausgang von Gebäude F gelangt ist.“ sind drei Aktionen beschrieben. Die erste Aktion beschreibt, wie man in das Gebäude F gelangt, die zweite nimmt Bezug auf die erste und ist lokal begrenzt durch das Verb „durchqueren“, denn „etwas durchqueren“ hat einen lokalen Endpunkt. Aber gemeinsam mit der *bis*-Aktion betrachtet, ist die entscheidende lokale Begrenzung und damit auch das Aktionsende das Erreichen vom „Ausgang von Gebäude F“. Demnach muss die vor einer *bis*-Aktion genannte Aktion solange ausgeführt werden, bis die in der *bis*-Aktion genannte Landmarke erreicht wird. Ein anderes Beispiel, bei welchem die zuvor genannte Aktion nicht begrenzt ist, ist *ni\_1*: „...und dann (gehe ich) geradeaus, bis ich am Haus des Pförtners vorbei komme...“. Das geradeaus Gehen aus der ersten Aktion wird erst dadurch beendet, dass man am Haus des Pförtners vorbeikommt. In der ersten Aktion ist aber kein anderer lokaler Endpunkt für diese Aktion genannt.

Ob es sich bei der *bis*-Aktion um ein passives oder aktives Segment handelt, ist auch bei *bis* als Subjunktoren nicht von Bedeutung. Denn obwohl der Agent in einem passiven Segment nicht explizit zu einer Handlung aufgefordert wird, enthält das passive Segment trotzdem eine Landmarke, die die Aktion begrenzt. Aufgrund dessen werden die passiven *bis*-Segmente als implizite Bewegungsaufforderungen aufgefasst, z.B. *ni\_5*: „... und gehe geradeaus, bis auf der rechten Seite des Weges ein Haus auftaucht.“

Zusammenfassend lässt sich für *bis*, wenn es als Subjunktoren verwendet wird, folgende Aussage treffen: *Bis* als Konnektor zwischen zwei Segmenten erfordert die Ausführung der Aktion des ersten Segments bis zur Erfüllung des Aktions-Ziels aus dem zweiten Segment. Zwar wird auch das lokale Ziel erreicht, aber das ist besonders bei Wahrnehmungsaktionen nicht eindeutig bestimmbar, z.B. *ri\_3*: „Man gehe auf der linken Seite des Gebäudes, bis man eine seitliche Tür an dem Gebäude sieht.“ Bei diesem Beispiel ist das Aktionsziel mit der Sichtbarkeit der Tür schon erfüllt, das lokale Ziel ist aber evtl. erst erfüllt, wenn die Tür erreicht worden ist. Auf die Bedeutung dieser Unterscheidung wird im Folgenden noch eingegangen. Die temporale Relation, die trotz dieser Unterscheidung zwischen den Aktionen, die durch ein *bis* verbunden sind, besteht, ist ENDS.

## 5.4 Temporale Relationen bei *dann*-Vorkommnissen

*Dann* wird in den Wegbeschreibungen ausschließlich als Adverbkonnekter verwendet. Im Gegensatz zu *bis* wird *dann* aber in unterschiedlichen temporalen Relationen verwendet. In den betrachteten Wegbeschreibungen wurden durch *dann* Aktionen miteinander verbunden, zwischen denen die Relation ENDS, STARTS, PARTLY\_OVERLAPS oder AFTER besteht.

In den folgenden Unterabschnitten werden die Relationen ENDS, STARTS und PARTLY\_OVERLAPS getrennt behandelt und es wird gezeigt, wie man die unterschiedliche Verwendung von *dann* (also nach den unterschiedlichen Relationen) anhand der lokalen Informationen, genutzten Verben, etc. voneinander unterscheiden kann. Zudem muss für jede Relation zum einen der Fall, dass es sich um aktive Segmente handelt betrachtet werden, und zum anderen der, dass es passive Segmente sind. Auf die Relation AFTER wird nicht näher eingegangen, da es sich bei dieser um die Restklasse handelt, der die Aktionen angehören, die nicht einer der anderen temporalen Relationen zugeordnet werden konnten. Für die Analyse der *dann*-Vorkommnisse habe ich 191 Fälle aus dem Trier-Korpus und dem Informatikum-Korpus betrachtet, in denen Aktionen durch ein *dann* verbunden waren. 34 dieser Fälle sind aus dem Informatikum-Korpus.

### 5.4.1 Die Relation ENDS

Bei den *dann*-Vorkommnissen, also den Fällen in denen *dann* als Konnekter zwischen zwei Aktionen verwendet wird, gibt es unterschiedliche temporale Relationen zwischen diesen Aktionen. Die Fälle, in denen es sich um die Relation ENDS handelt, sind eindeutig anhand der in der *dann*-Aktion verwendeten Verben zu bestimmen. Es wurden 55 Fälle betrachtet, bei denen zwischen zwei durch den Konnekter *dann* verbundenen Aktionen, die Relation ENDS besteht. 22 dieser Fälle aus dem Informatikum-Korpus.

Besteht die Relation ENDS zwischen den Aktionen, werden Vollendungsverben, aber auch Zustandsverben verwendet. Es ist nicht nur so, dass diese Verben verwendet werden, sondern, dass immer, wenn diese Verben verwendet werden, es sich um die temporale Relation ENDS zu dem zuvor genannten Segment handelt. Es gibt nur wenige Ausnahmen, bei denen ein anderes Verb, wie z.B. *gehen* verwendet wird. Allerdings wird bei diesen Segmenten auch ein *bis* in der Beschreibung verwendet. Da die Aktion überlappend zu der zuvor genannten Aktion ist und die Verwendung von *bis* die zweite Aktion begrenzt, wird auch die vorherige Aktion begrenzt, z.B. t1\_5: „...die Straße hoch un dann so gradaus bis dann an die Kreuzung (gehen)“. Dadurch gehören auch diese wenigen Fälle zu der Relation ENDS.

Es gibt sowohl aktive als auch passive *dann*-Segmente. Für die passiven Segmente muss festgelegt werden, auf welche Art sie interpretiert werden. Bei einem passiven *dann*-Segment kann es sich um ein Segment handeln, bei dem eine Aktion impliziert wird, oder es kann sich um eine Umgebungs- oder Konstellationsaussage handeln, die den Agenten positionie-

ren bzw. orientieren soll. In den Beschreibungen der passiven Segmente werden nur die Verben *sein* und *kommen* verwendet (z.B. „*da ist dann eine Straße*“ oder „*dann kommt eine Straße*“). Wird das Verb *kommen* verwendet, dann wird damit eine Aktion impliziert. Dadurch, dass eine Landmarke (in diesen Fällen sind das immer Strassen, Wege, etc.) kommt, wird ein Fortschreiten des Pfades beschrieben und damit eine Aktion für den Agenten, sich bis zu dieser Landmarke auf dem in der Beschreibung fortgeführten Pfad zu bewegen, beschrieben. Durch die Verwendung des Verbs *sein* in den passiven *dann*-Segmenten hingegen, wird die Umgebung des Agenten beschrieben, z.B. „*dann ist da ein Haus*“. Dass der Standpunkt einer Landmarke beschrieben wird, impliziert, dass der Agent sich durch diese Landmarke orientieren bzw. positionieren soll. Während der Ausführung seiner Wegbeschreibung, könnte sich der Agent ständig über den aktuellen Stand seines Fortschreitens orientieren, also darüber, wie weit er die Beschreibung schon abgearbeitet hat, indem er die in der Beschreibung genannten Landmarken mit seinem Umfeld während der Ausführung vergleicht. Die Beschreibungen, in denen der Agent eine passive Rolle hat und das Verb *sein* verwendet wird, können demnach als Umgebungsaussagen, die den Agenten positionieren sollen, interpretiert werden. Welche Bedeutung das tatsächlich für die strukturierten Handlungsinformationen hat, wird noch aus den folgenden Abschnitten ersichtlich.

Bei den aktiven *dann*-Segmenten, kann man die temporale Relation ENDS zum vorherigen Segment ähnlich interpretieren, wie es bei den *bis*-Fällen, in denen *bis* als Subjunktorkonjunktiv verwendet wird, ist. Die zuvor genannte Aktion muss so lange ausgeführt werden, bis das in der *dann*-Aktion beschriebene Teilziel erreicht wurde, z.B. It\_20: „*Geh an der Rückseite von Haus C lang, dann triffst du auf Haus E.*“

### 5.4.2 Die Relation STARTS

Eine andere Form der temporalen Überlappung ist die, bei der eine Aktion durch die zuvor genannte Aktion begonnen wird. Innerhalb der untersuchten Wegbeschreibungen (insgesamt 6 Fälle, 5 davon aus dem Informatikum-Korpus) lag diese Relation nur dann vor, wenn es sich bei der *dann*-Aktion um eine Wahrnehmungsaktion handelt und die zuvor genannte Aktion einen Zustand, in welchem sich der Agent befindet, ausdrückt. Dabei darf es sich bei der zuvor genannten Aktion nicht um ein passives Segment handeln, da passive Segmente unterschiedlich interpretiert werden können.

Befindet man sich in einem Zustand und es wird in der Beschreibung als nächstes eine Wahrnehmungsaktion genannt, so wird die Ausführung dieser Aktion durch den Zustand, in welchem man sich befindet, ermöglicht, z.B. It\_8: „*Wenn du beim Pförtner stehst, dann siehst du das höchste Gebäude auf dem Gelände, Haus F.*“ In diesem Beispiel wird diese Relation noch zusätzlich durch die Verwendung vom *wenn-dann*-Konstrukt verstärkt.

Das *wenn-dann*-Konstrukt kann als ein einziger Konnektor betrachtet werden. Denn zusammen genutzt verbinden *wenn* und *dann* immer zwei Zustände miteinander. Durch die

Nutzung von *wenn-dann* wird festgelegt, dass zuerst die *wenn*-Bedingung erfüllt sein muss und dann die *dann*-Aktion folgen kann. Allerdings wird in den Wegbeschreibungen durch *wenn-dann* nur ausgedrückt, dass wenn ein besonderer Zustand des Agenten eingetreten ist, auch ein anderer eintreten kann, was hier durch die Relation STARTS ausgedrückt werden soll. In diesen genannten Fällen besteht die Relation STARTS zwischen den beiden durch das *dann* verbundenen Aktionen.

### 5.4.3 Die Relation PARTLY\_OVERLAPS

Bei den restlichen sich temporal überlappenden Aktionen ist es schwer, diese über die in der *dann*-Aktion verwendeten Verben abzugrenzen. Es wurden 85 Fälle betrachtet, in denen die Relation PARTLY\_OVERLAPS zwischen zwei Aktionen besteht, aber nur 10 Fälle davon sind aus dem Informatikum-Korpus. Es kommen Verben aus unterschiedlichen Verbklassen in der Beschreibung der *dann*-Aktionen vor, so dass eine Abgrenzung durch die verwendeten Verben, wie bei der Relation ENDS nicht möglich ist.

Allerdings werden Wahrnehmungsverben in der *dann*-Aktion nur dann verwendet, wenn es sich um temporal überlappende Aktionen handelt. Besteht zwischen diesen Aktionen nicht die Relation STARTS, dann ist die temporale Relation zwischen den Aktion PARTLY\_OVERLAPS.

Eine zusätzliche Abgrenzung zu den anderen temporalen Relationen muss über weitere sprachliche Mittel gemacht werden, wie z.B. zusätzlich verwendeter Konnektoren oder auch lokalen Aktionsbegrenzer. Ist in einem Segment in der sprachlichen Beschreibung z.B. kein lokaler Aktionsbegrenzer genannt, dann ist dieses teilgleichzeitig zu seinem Folgesegment (wenn diese beiden durch den Konnektor *dann* verbunden sind), sofern nicht bereits festgelegt wurde, dass es sich zwischen diesen um eine der Relationen ENDS oder STARTS handelt. Die Teilgleichzeitigkeit zwischen Aktionen, deren erste lokal unbegrenzt ist, liegt vor, da bei lokal unbegrenzten Aktionen kein lokaler Endpunkt gesetzt ist und dadurch auch kein temporales Ende vorausgesetzt wird. Die Aktion kann beliebig lange weitergeführt werden, auch parallel zu anderen Aktionen, bis sie durch eine Begrenzung beendet wird. Hat man z.B. eine Beschreibung wie t1\_14: „Ja, Sie können hier runter gehen, dann direkt die Straße durch, kommen Sie direkt auf den Dom.“, dann wird die erste Aktion (*hier runter gehen*), die unbegrenzt ist, auch noch während der Ausführung der *dann*-Aktion (*dann direkt die Straße durch*) ausgeführt und erst begrenzt durch die dritte Aktion (*kommen Sie direkt auf den Hauptmarkt*). Zwischen der ersten und der zweiten Aktion aus diesem Beispiel besteht also die Relation PARTLY\_OVERLAPS und zwischen der zweiten und der dritten die Relation ENDS.

Die Aktionen, zwischen denen die Relation PARTLY\_OVERLAPS besteht, haben aber noch die Besonderheit, dass in dem *dann*-Segment meist zusätzlich zu *dann* ein anderer Konnektor verwendet wird, nämlich: *und*, *da*, *schon*, *aber*, *also*, *wenn* und *wo*. *Und* wird aufgrund seiner

Verwendung in unterschiedlichen Funktionen, die nicht eindeutig bestimmt werden können, ausgeklammert. Die anderen Konnektoren tragen durch ihre Verwendung aber zu der Bestimmung der temporalen Relation bei.

*Dann* ist laut Ehrich (1992) ein Konnektor, welcher Nachzeitigkeit ausdrückt, d.h. das Ereignis aus der *dann*-Aktion liegt zeitlich nach dem Ereignis aus der zuvor genannten Aktion. Werden aber andere Konnektoren zusammen mit dem *dann* in der Beschreibung eines Segments verwendet, die Bezug zu der Aktion aus dem vorherigen Segment nehmen, so sind beide Ereignisse miteinander verknüpft und es kann eine zeitliche Überlappung zwischen diesen bestehen. Die unter diesem Aspekt betrachteten Konnektoren sind *da*, *schon*, *aber*, *also*, und *wo*. *Da* ist neben *dann* der am häufigsten verwendete Konnektor. Wird *dann* teilweise nachzeitig gedeutet, ist es mit *da* substituierbar (Ehrich 1992). In diesem Fall hat *da* die Funktion eines anaphorischen Adverbs. Durch *da* wird Bezug auf etwas zuvor Genanntes genommen. Wenn *dann* teilweise posterior gedeutet werden kann, wird durch *dann* also Bezug auf das zuvor genannte Segment genommen. *Da* wird in den untersuchten Wegbeschreibungen aus dem Trier-Korpus und dem Informatikum-Korpus, immer als lokales Adverb mit anaphorischem Charakter gebraucht. Zusammen mit *dann* in der Beschreibung eines Segments genutzt, hat man zum einen die Nachzeitigkeit der beschriebenen Aktion zu der zuvor genannten Aktion und zum anderen eine lokale Verknüpfung (durch das *da*) zu dieser hergestellt, wodurch eine nur teilweise Nachzeitigkeit entsteht, bzw. eine Teilgleichzeitigkeit. Dabei referiert *da* auf einen zu erreichenden Punkt aus der zuvor genannten Aktion, z.B. t4\_2: „Aber sie können auch jetzt hier rum gehen und dann da geradeaus gehen, ...“ Die erste Aktion (*hier rum gehen*) ist temporal unbegrenzt und auch die Ausführung der zweiten Aktion (*und dann da geradeaus gehen*) setzt dieser keinen Endpunkt. Durch *da* wird Bezug auf einen zu erreichenden Punkt genommen, den man Erreichen muss, damit man mit dem „geradeaus gehen“ beginnen kann.

Ein anderer Konnektor, durch welchen Bezug zu der Beschreibung des zuvor genannten Segments genommen wird, ist *wo*. Durch die Verwendung von *wo* wird, obwohl durch das *dann* ein Zustandwechsel eingeleitet wurde, auf einen Punkt aus der zuvor genannten Aktion Bezug genommen. Demnach ließe sich das *wo* durch ein *da* substituieren, z.B.:

„...und du gehst die Straße bis zum Ende, **wo** dann auf der rechten Seite das Haus E liegt.“ vs.

„...und du gehst die Straße bis zum Ende, **da** liegt dann auf der rechten Seite Haus E.“

Der Unterschied, der sich bei dieser Substitution ergibt, ist der, dass das Verb bei der Verwendung von *wo* an zweiter Stelle steht, die Verwendung von *da* aber fordert, dass das Verb an letzter Stelle steht. Vom Bedeutungsbeitrag für die bestehende temporale Relation werden *da* und *wo* allerdings nicht unterschieden.

Andere Konnektoren, durch welche auf die zuvor genannte Aktion Bezug genommen wird, sind *aber* und *also*. Zwar wird durch diese Konnektoren kein lokaler Bezug genommen (sie sind nicht anaphorisch), sie haben aber die Funktion, etwas zuvor Genanntes näher zu erläu-

tern. Insbesondere *also* spezifiziert den Inhalt aus der zuvor genannten Aktion und ist dadurch mit dieser Aktion verknüpft, z.B. t2\_10: „...und da is'n Platz, **also** linker Hand liegt er dann, ...“. In dem Beispiel wird ein Platz als Landmarke eingeführt und in der folgenden Aktion wird durch die Beschreibung mit *also* noch einmal die Position dieser Landmarke spezifiziert. Um diese Verknüpfung der Aktionen mit berücksichtigen zu können, werden sie als teilezeitlich zueinander betrachtet. *Aber* hat in den Wegbeschreibungen die Funktion, ein zuvor genanntes lokales Ziel zu ändern, wodurch wieder eine Verknüpfung zu der Beschreibung des zuvor genannten Segments aufgebaut wird, z.B. eg\_2: „Du gehst am Pförtnerhäuschen vorbei geradeaus auf Haus F zu, dann **aber** links daran vorbei.“ Um zu signalisieren, dass das Haus F nicht das lokale Ziel der ersten Aktion ist (*auf Haus F zugehen*), benutzt der Verfasser der Wegbeschreibung in der folgenden Segmentbeschreibung *aber* und verknüpft auf diese Weise die beiden Aktionen.

Ein weiterer wichtiger Konnektor ist *schon*. Er wird in den Wegbeschreibungen immer in Verbindung mit dem Verb *sehen* verwendet. *Schon* kann auf unterschiedliche Weise verwendet werden (vgl. König 1977; Löbner 1989; van der Auwera 1993). In den Wegbeschreibungen bezieht sich *schon* immer auf einen Zeitpunkt, zudem ein Zustandswechsel stattfindet. *Schon* signalisiert den Zustandswechsel, dabei spielt die Dauer des Ereignisses, welches diesen Zustandswechsel hervorruft keine Rolle. *Schon* ist nur auf die Einheit begrenzt, die direkt auf den Wechsel des Zustands referiert. Im Fall der Wegbeschreibungen ist dieser Zustandswechsel durch die *dann*-Aktion ausgedrückt. Die Zeitkomponente, auf welche sich *schon* bezieht, ist *dann*. *Schon* ist Bestandteil der Bezugnahme auf ein zuvor genanntes Objekt oder das zu erreichende Ziel. Der Zustandswechsel, der dabei durch *schon* hervorgerufen wird, ist der, dass man das genannte Objekt sehen kann, wenn der Zeitpunkt *dann* erreicht ist (z.B. „das Gebäude siehst du dann schon“: ab dem Zeitpunkt, auf den durch *dann* referiert wird, ist man von dem Zustand des Nicht-Sehens des Gebäudes im Zustand des Sehens). Mit dem Zeitpunkt *dann* ist der Zeitpunkt gemeint, der durch Ausführung der zuvor genannten Aktion erreicht wird, wobei das *dann* sich auf das Erreichen eines bestimmten Ziels auf dem Pfad bezieht und damit auf den Zeitpunkt referiert, der gegeben ist, wenn man dieses Ziel erreicht<sup>8</sup>, z.B. lt\_14: „...folgst du dem langem Flur bis zum Ende. Aus dem Fenster ist dann **schon** Haus E zu sehen.“. Durch *schon* wird also ein Zustandswechsel verstärkt, *dann* ist aber anaphorisch, wodurch die beiden Aktionen als teilezeitlich betrachtet werden.

Damit sind aber noch nicht alle Fälle in denen die Relation PARTLY\_OVERLAPS besteht erfasst. Denn die Bezugnahme auf das zuvor genannte Segment muss nicht immer durch einen weiteren Konnektor stattfinden, sondern kann auch durch andere anaphorische Ausdrücke erfolgen, z.B. t2\_25: „...eine Straße weiter links runter. Und **die** gehen Sie dann ganz geradeaus runter...“. Durch „die“ aus dem zweiten Segment wird Bezug auf die „Straße“ aus dem

---

<sup>8</sup> Hier ist die anaphorische Bedeutung gemeint, die schon oben im Zusammenhang mit der Bedeutung von *da* erwähnt wurde.

ersten Segment genommen und die Segmente sind dadurch miteinander verknüpft und werden als teilgleichzeitig betrachtet.

Die Segmente, die durch ein *dann* verbunden sind und zwischen denen die Relation PARTLY\_OVERLAPS besteht, kann man also wie folgt erfassen:

- das zuvor genannte Segment ist unbegrenzt und in dem *dann*-Segment wird kein Zustands- oder Vollendungsverb verwendet oder
- ein Wahrnehmungsverb wird im *dann*-Segment verwendet und es gelten nicht die Bedingungen für die Relation STARTS oder
- ein weiterer Konnektor, nämlich *da*, *schon*, *aber*, *also* oder *wo*, wird im *dann*-Segment verwendet oder
- ein anderes anaphorischen Mittel wird im *dann*-Segment verwendet, wodurch Bezug auf die vorherige Aktion genommen wird.

Bei allen anderen Segmenten, die durch ein *dann* miteinander verbunden sind und nicht den Relationen STARTS oder ENDS angehören, handelt es sich um aufeinander folgende Segmente, also um Segmente, zwischen denen die Relation AFTER besteht.

Die Interpretation der passiven Fälle erfolgt ähnlich wie bei der Relation ENDS, also über die verwendeten Verben. Handelt es sich in der Beschreibung um ein Bewegungsverb, dann wird diese als eine implizite Bewegungsaufforderung auf dem Pfad, der in der Beschreibung die aktive Rolle trägt, verstanden, die teilgleichzeitig zu dem zuvor genannten Segment ist. Handelt es sich um Zustandsverben, dann wird dieses als Positionierung des Agenten zu der beschriebenen Landmarke interpretiert.

Bisher wurde nun festgelegt, wie man die durch *dann* verbundenen Segmente mit der Relation PARTLY\_OVERLAPS ermitteln kann, aber nicht, wie eine Ausführung dieser Teilgleichzeitigkeit erfolgen soll. Dies soll auch nicht an dieser Stelle erfolgen, sondern erst in dem folgenden Kapitel erläutert werden, in dem ein Modell vorgestellt wird, zur Abarbeitung der durch die Konnektoren *dann* und *bis* verbundenen Aktionen.



## 6. Darstellung der Wegbeschreibung durch Golog

In dem folgenden Abschnitt wird gezeigt, wie man die Wegbeschreibungen durch Golog repräsentieren kann. Zuvor wurde beschrieben, wie man Wegbeschreibungen segmentiert kann und jedem Segment entsprechende Aktionen zuordnen kann. Es wurde ebenfalls gezeigt, wie man die temporalen Relationen zwischen den Segmenten, anhand der sprachlichen Analyse festlegen kann.

Da aber strukturierte Handlungsinformationen, die z.B. als Unterstützung für den Plan des Geometrischen Agenten dienen, dargestellt werden sollen, muss eine geeignete Repräsentationsform gefunden werden, mithilfe derer man die durch die sprachliche Analyse festgestellten Informationen in den Plan des Geometrischen Agenten eingliedern kann (siehe Abb. 6.1).

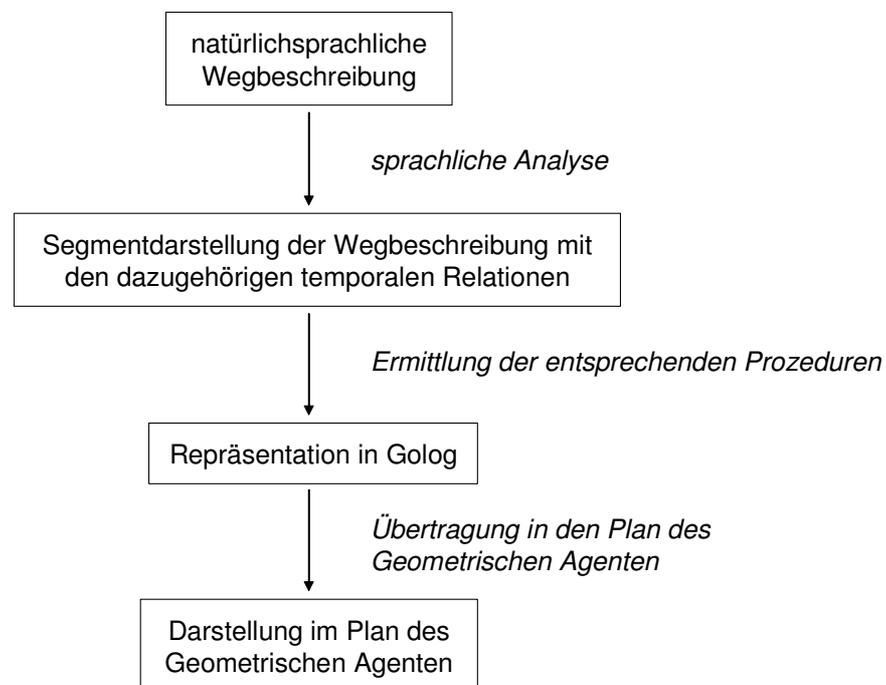


Abb. 6.1: Ebenen der Repräsentation einer Wegbeschreibung

Durch den Situationskalkül kann man in einer modellierten Welt die Auswirkungen von Aktionen auf Situationen darstellen. Der Situationskalkül ist in der Prädikatenlogik beschrieben. Die unterschiedlichen Situationen können durch das Ausführen von Aktionen erreicht werden. Der Situationskalkül findet z.B. Anwendung in der Logikprogrammiersprache Golog. In Golog ist es möglich, zusätzlich gewisse Kontrollstrukturen zur Abarbeitung von Aktionen festzulegen (Levesque, Reiter, Lespérance, Lin und Scherl 1997).

In den folgenden Unterabschnitten werden zunächst Golog sowie einige Erweiterungen von Golog vorgestellt und anschließend ein Vorschlag zur Repräsentation von Wegbeschreibungen mit unterschiedlichen Elementen und Erweiterungen aus Golog gemacht.

### 6.1 Golog

Bei Golog handelt es sich um eine logische Programmiersprache, die auf dem Situationskalkül aufbaut. Der Situationskalkül ist eine logische Sprache der ersten Ordnung, die entwickelt wurde, um dynamisch veränderliche Welten darstellen zu können (McCarthy und Hayes 1969). Alle Veränderungen in der Welt sind das Resultat von Aktionen. Durch die Möglichkeit, eine Welt durch Zustände und Aktionen, die von einem Zustand zum nächsten führen, zu repräsentieren, scheint Golog zunächst geeignet, um Wegbeschreibungen als Aktionen darzustellen. Für Wegbeschreibungen ist es nicht ausreichend, nur primitive Aktionen – wie es in dem Situationskalkül der Fall ist – zu verwenden, sondern es werden auch komplexe Aktionen und Kontrollstrukturen für die Darstellung der temporalen Relationen benötigt, die durch die Erweiterungen des Situationskalküls in Golog möglich sind. Eine komplexe Aktion ist eine Aktion, die sich aus mehreren primitiven Aktionen zusammensetzen kann. Zudem ist es notwendig, die lokalen Informationen, die durch die sprachliche Analyse der Wegbeschreibungen ermittelt wurden, darzustellen.

Im folgenden Unterabschnitt wird der Situationskalkül und die auf ihm aufbauende Sprache Golog vorgestellt, aber auch Erweiterungen dieser logischen Sprache, die für die Darstellung strukturierter Handlungsinformationen von Relevanz sind.

#### 6.1.1 Situationskalkül

Der Situationskalkül ist eine Repräsentationsform für Aktionen und Zustände. Die Aktionen und Zustände werden als Objekte der Domäne betrachtet. Die Veränderlichkeit innerhalb der Domäne wird dargestellt durch eine Reihe von Situationen, wobei man durch bestimmte Aktionen von einer Situation in die nächste übergehen kann. Alle Veränderungen die stattfinden sind das Resultat von Aktionen (McCarthy und Hayes 1969; Brachman und Levesque 2004).

Der Situationskalkül ist eine logische Sprache erster Ordnung. Es gibt unter Anderem zwei Arten von Termen, die unterschieden werden:

- die Aktionen (actions) und
- die Situationen (situations)

Eine mögliche Welt-Historie, welche eine Sequenz von Aktionen repräsentiert, wird durch die Situationen repräsentiert. Die Konstante  $S_0$  steht für den Anfangszustand. Zudem gibt es noch ein binäres Funktionssymbol **do**.  $do(\alpha, s)$  denotiert die neue Situation, in die man nach Ausführung der Aktion  $\alpha$  in der Situation  $s$  gelangt (siehe Beispiel 6.1).

**put** ( $x, y$ ) - steht für die Aktion: Lege  $x$  auf  $y$   
**do** (**put** ( $A, B$ ),  $s$ ) - gibt die Situation an, die resultiert, wenn  $A$  in der Situation  $s$  auf  $B$  gelegt wird

*Beispiel 6.1: Eine primitive Aktion und ein Beispiel für die Verwendung des Funktionssymbols **do** auf dieser Aktion*

Im Situationskalkül werden zwei Formen von Veränderlichen unterschieden. Zum einen die Relationen, deren Wahrheitswerte sich von Situation zu Situation ändern können, die **situationsabhängigen Relationen** (*relational fluents*, Beispiel 6.2b). Sie werden durch Prädikatensymbole, deren letztes Argument ein Situationsterm ist, denotiert. Und zum anderen die Funktionen, deren Denotation von der jeweiligen Situation abhängt, die **situationsabhängige Funktion** (*functional fluents*, Beispiel 6.2a). Sie werden durch Funktionssymbole, welche ein zusätzliches Argument für Situationsterme haben, denotiert (Levesque et al. 1997).

(a) **loc**(**robot**,  $s$ ) - steht für den Aufenthaltsort vom Robot in der Situation  $s$   
 (b) **is\_carrying**(**robot**,  $p$ ,  $s$ ) - steht dafür, dass Robot  $p$  in der Situation  $s$  trägt

*Beispiel 6.2: Eine situationsabhängige Relation **loc** und eine funktionale Relation **is\_carrying***

Der Situationskalkül erlaubt es die Vorbedingungen der Aktionen zu bestimmen. Sie erfassen, wann eine Aktion ausführbar ist. Um einen Block in einer Blockwelt aufzuheben, müssen beispielsweise die Vorbedingungen erfüllt sein, dass man den Block nicht bereits hält, der Block nicht zu schwer ist und sich in der Nähe befindet. Dies wird dargestellt durch das folgende Axiom:

$$\text{Poss}(\text{pickup}(x), s) \equiv [(\forall z) \neg \text{holding}(z, s)] \wedge \text{nexto}(x, s) \wedge \neg \text{heavy}(x).$$

**Poss( $\alpha$ ,  $s$ )** ist ein spezielles Prädikat, das ausdrückt, dass die Aktion  $\alpha$  in der Situation  $s$  ausführbar ist. Die freien Variablen werden als universell quantifiziert angenommen.

Die Veränderungen in der Welt werden durch Effektaxiome beschrieben, die die Auswirkung einer Aktion auf eine situationsabhängige Relation beschreiben, z.B. hat das Fallenlassen eines zerbrechlichen Gegenstandes zur Folge, dass dieser Gegenstand zerbricht:

$$\text{Poss}(\text{drop}(r, x), s) \wedge \text{fragile}(x, s) \supset \text{broken}(x, \text{do}(\text{drop}(r, x), s)).$$

Um eine dynamische Welt vollständig zu beschreiben, bedarf es zusätzlich zu den Vorbedingungen und Effektaxiomen sogenannter Rahmenaxiome (*frame axiom*) [vgl. McCarthy und Hayes 1969; Levesque et al. 1997]. Diese beschreiben die situationsabhängigen Relationen und Funktionen, auf die das Ausführen einer Aktion keinen Effekt hat; z.B. hat das Fallenlassen eines Gegenstandes keinen Effekt auf dessen Farbe:

$$\text{Poss}(\text{drop}(r, x), s) \wedge (\text{colour}(y, s) = c) \supset \text{colour}(y, \text{do}(\text{drop}(r, x), s)) = c.$$

Wie Levesque et al. (1997) gezeigt haben, lassen sich die Rahmenaxiome effektiv bestimmen und kompakt formulieren, wenn alle Effektaxiome für die gegebenen Axiome der Relationen, vollständig spezifiziert sind:

$$\text{Poss}(a, s) \supset [F(\vec{x}, \text{do}(a, s)) \equiv \gamma_F^+(\vec{x}, a, s) \vee (F(\vec{x}, s) \wedge \neg\gamma_F^-(\vec{x}, a, s))].$$

$\gamma_F^+(\vec{x}, a, s)$  steht für eine Formel, die die Bedingungen beschreibt, welche  $F$  im Folgezustand – nach Ausführung der Aktion  $a$  in der Situation  $s$  – wahr werden lässt.  $\gamma_F^-(\vec{x}, a, s)$  steht für eine Formel, die die Bedingung beschreibt, die  $F$  im Folgezustand falsch werden lässt. Wenn die Aktion  $a$  in der Situation  $s$  ausführbar ist, dann gilt also die situationsabhängige Relation  $F$ , nach Ausführung der Aktion  $a$  in  $s$ , die beschrieben ist durch die Bedingungen, die  $F$  wahr werden lassen oder durch  $F$  und die Bedingungen die  $F$  falsch werden lassen nicht gelten.

### 6.1.2 Komplexe Aktionen in Golog

Golog ist eine logische Programmiersprache, die auf dem Situationskalkül aufbaut. Im Situationskalkül hat man nur primitive Aktionen, mit deren Effekten und Vorbedingungen. Golog erweitert den Situationskalkül um Beschreibungen von komplexen Aktionen. Diese Beschreibungen von komplexen Aktionen nutzen Symbole wie z.B. **while**, **if** etc. welche für Kontrollstrukturen, die Aktionsbeschreibungen einbetten, stehen. Die Beschreibungen von komplexen Aktionen entsprechen Makros, welche in Formeln des Situationskalküls expandieren.

**Do( $\delta$ ,  $s$ ,  $s'$ )** ist ein Ausdruck dafür, dass nach Ausführung der komplexen Aktion  $\delta$  in der Situation  $s$ , die Situation  $s'$  eintritt. Die komplexen Aktionen können nichtdeterministisch

sein, so dass unterschiedliche Ausführungen zu unterschiedlichen Situationen führen können. **Do** ist auf der Struktur seines ersten Arguments induktiv wie folgt definiert:

1. primitive Aktion a:  
 $Do(a, s, s') \doteq Poss(a[s], s) \wedge s' = do(a[s], s).$
2. Test Aktion:  
 $Do(\phi?, s, s') \doteq \phi[s] \wedge s = s'.$
3. Sequenz:  
 $Do([\delta_1; \delta_2], s, s') \doteq (\exists s^*). (Do(\delta_1, s, s^*) \wedge Do(\delta_2, s^*, s'))$
4. Nichtdeterministische Wahl aus zwei Aktionen:  
 $Do([\delta_1 \mid \delta_2], s, s') \doteq (Do(\delta_1, s, s') \vee Do(\delta_2, s, s'))$
5. Nichtdeterministische Wahl der Aktionsargumente:  
 $Do((\pi x) \delta(x), s, s') \doteq (\exists x) Do(\delta(x), s, s')$
6. Nichtdeterministische Iteration: führe  $\delta$  keinmal oder mehrmals aus:  
 $Do(\delta^*, s, s') \doteq (\forall P). \{(\forall s_1) P(s_1, s_1) \wedge (\forall s_1, s_2, s_3)$   
 $\quad [P(s_1, s_2) \wedge Do(\delta, s_2, s_3) \supset P(s_1, s_3)]\} \supset P(s, s').$

In 1. steht der Ausdruck  $a[s]$  dafür, dass die Situationsargumente durch eine funktionale Relation, die in der Aktion  $a$  genannt wird, ersetzt werden. Ist  $a$  z.B.  $read(favorite\_book(John))$  und wenn  $favorite\_book$  eine situationsabhängige Funktion ist, dann steht  $a[s]$  für  $read(favorite\_book(John, s))$ .

Bei der Test-Aktion steht  $\phi$  für einen Pseudo-Ausdruck einer situationsabhängigen Relation. Diese Aktion steht für eine Formel des Situationskalküls, die eine situationsabhängige Relation beschreibt, bei der jedoch das Situationsargument fehlt.  $s$  in  $\phi[s]$  steht für das Situationsargument der verwendeten situationsabhängigen Relation. Die Testaktion ist eine Pseudo-Aktion, da die jeweilige Situation durch das Ausführen der Testaktion nicht verändert wird. Die Sequenz drückt aus, dass zwei Aktionen nacheinander ausgeführt werden, wobei die Aktionen komplexe Aktionen sein können. In 4. wird die nichtdeterministische Wahl aus zwei Aktionen beschrieben. Es kann in Situation  $s$  also entweder  $\delta_1$  oder  $\delta_2$  ausgeführt werden, wodurch  $s'$  erreicht wird. Die nichtdeterministische Wahl der Aktionsargumente besagt, dass es ein Aktionsargument  $x$  der komplexen Aktion  $\delta$  gibt, welches man in  $s$  ausführen kann und in  $s'$  gelangt.

Die nichtdeterministische Iteration besagt, dass das mehrmalige Ausführen oder das Nicht-Ausführen der Aktion  $\delta$  von der Situation  $s$  in die Situation  $s'$  führt, wenn  $(s, s')$  in jedem Paar enthalten ist, so dass:

- für alle Situationen  $s_1$  ist  $(s_1, s_2)$  ein Zustandspaar
- immer wenn  $(s_1, s_2)$  ein Zustandspaar ist und das Ausführen von  $\delta$  in der Situation  $s_2$  zu einer Situation  $s_3$  führt, dann ist auch  $(s_1, s_3)$  ein Zustandspaar

Diese Definition der nichtdeterministischen Iteration verwendet Logik 2. Ordnung, um diese Menge darzustellen. Die Verwendung von Logik zweiter Ordnung ist hier notwendig, da der transitive Abschluss nicht in der Logik erster Ordnung beschreiben werden kann, die nichtdeterministische Iteration diesen transitiven Abschluss jedoch benötigt (Levesque et al. 1997).

Bedingte Anweisungen und while-Schleifen können mithilfe der obigen Konstruktoren wie folgt definiert werden (Levesque et al. 1997):

$$\mathbf{if\ \phi\ then\ \delta_1\ else\ \delta_2\ endif} = [\phi? ; \delta_1] \mid [\neg\phi? ; \delta_2]$$

$$\mathbf{while\ \phi\ do\ \delta\ endwhile} = [[\phi? ; \delta]^* ; \neg\phi?]$$

Um Rekursion zu verwenden, führen Levesque et al. (1997) Prozeduren ein und die Golog Programme haben dann folgende Form:

$$\mathbf{proc\ } P_1(\vec{v}_1) \delta_1 \mathbf{endProc; \dots; proc\ } P_n(\vec{v}_n) \delta_n \mathbf{endProc; \delta_0}$$

Prozeduren bestehen aus einer Sequenz aus Prozedurdeklarationen  $P_1, \dots, P_n$  mit den dazugehörigen formalen Parametern  $\vec{v}_1, \dots, \vec{v}_n$  und den Prozedurkörpern  $\delta_1, \dots, \delta_n$ , gefolgt von dem Hauptprogramm  $\delta_0$ .  $\delta_1, \dots, \delta_n, \delta_0$  sind komplexe Aktionen, die durch Aktionen für Prozeduraufrufe erweitert sind. Prozeduraufrufe wiederum sind Ausdrücke der Form  $P(t_1, \dots, t_n)$  und  $\text{Do}(P(t_1, \dots, t_n), s, s')$  bedeutet, dass wenn man die Prozedur  $P$  auf die aktuellen Parameter  $t_1, \dots, t_n$  anwendet, dieses eine Transition von der Situation  $s$  zu  $s'$  hervorruft.

### 6.1.4 Wahrnehmungsaktionen in Golog

Mit Golog kann man einfache, aber auch komplexe Aktionen darstellen. In der vorgestellten Form ist es aber nicht möglich, auch mit Wahrnehmungsaktionen umzugehen, die für die strukturierten Handlungsinformationen benötigt werden.

In Levesque (1996) wird ein Ansatz vorgestellt, solche Wahrnehmungsaktionen in Golog zu integrieren. Dafür wird eine neue Relation  $K$  eingeführt, bei welcher das erste Argument ebenfalls eine Situation ist.  $K(s', s)$  trifft immer dann zu, wenn der Agent in der Situation  $s$  unsicher ist, in welcher Situation genau er ist und denkt, er könne sich auch in Situation  $s'$  befinden. Das Wissen des Agenten ist dann, was wahr sein muss, denn er hält in allen sogenannten erreichbaren Situationen, was wie folgt angegeben wird:

$$\mathit{Know}(\phi, s) \text{ ist eine Abkürzung der Formel } \forall s' [K(s', s) \supset \phi(s')].$$

In Golog gab es nur eine Form von primitiven Aktionen, nämlich die, die die Welt verändern. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass es mit der Möglichkeit der Wahrnehmung zwei Formen von primitiven Aktionen gibt. Die, die die Welt verändern, und die binären Wahrnehmungsaktionen, die dem Agenten mitteilen, ob eine Bedingung  $\phi_a$  in der gegebenen Situation erfüllt ist oder nicht.

Für jede Wahrnehmungsaktion  $a$  wird ein Axiom einer situationsabhängigen Wahrnehmungsrelation (*sensed fluent axiom*) der Form  $SF(a, s) \equiv \phi_a(a)$  angegeben.  $SF$  ist ein Prädikat wie  $Poss$ , welches die Aktion in Beziehung zur Situation setzt. Für jede gewöhnliche Aktion sollte  $SF(a, s) \equiv True$  gesetzt werden.

Unter diesen Bedingungen ergibt sich das Nachfolgeraxiom für  $K$  wie folgt:

$$Poss(a, s) \supset \{K(s'', do(a, s)) \equiv \exists s'. s'' = do(a, s') \wedge K(s', s) \wedge Poss(a, s') \wedge [SF(a, s') \equiv SF(a, s)]\}.$$

Dies bedeutet, dass der Agent nach Ausführung der Aktion  $a$  in der Situation  $s$  denkt, dass er in Situation  $s''$  sein könnte, wenn  $s''$  das Ergebnis nach der Ausführung von  $a$  in einer zuvor erreichbaren Situation ist. Die Bedingungen dafür sind, dass  $a$  in  $s'$  ausführbar sein muss und  $s'$  in Bezug darauf, was wahrgenommen wird identisch zu  $s$  ist (Levesque 1996; Moore 1985; Scherl and Levesque 1993).

Levesque (1996) verwendet folgendes Beispiel, um die Verwendung von Wahrnehmung zu verdeutlichen: wenn man einige Eier in eine Schüssel geben möchte, von denen einige schlecht sein können und man einen Weg finden möchte zu überprüfen, welche tatsächlich schlecht sind. Indem man an dem jeweiligen Ei, welches man in die Schüssel gibt riecht, kann man feststellen, welches schlecht ist und welches nicht, was mithilfe von Wahrnehmung wie folgt dargestellt werden kann:

$$SF(smell(c), s) \equiv \exists e. Bad\_egg(e, s) \wedge Contains(c, e, s).$$

Innerhalb der Repräsentation der Wegbeschreibungen sind die Wahrnehmungsaktionen notwendig, um beispielsweise Sichtaktionen darzustellen, wie im Folgenden noch an unterschiedlichen Beispielen gezeigt wird.

### 6.1.5 Nebenläufige Aktionen in Golog - ConGolog

Bei den temporalen Relationen, die ich mithilfe von Golog darstellen möchte, handelt es sich auch um solche, durch welche eine temporale Überlappung zwischen den Aktionen ausgedrückt werden soll. Die Aktionen, die durch die entsprechenden Relationen gekennzeichnet sind, müssen demnach teilweise parallel abgearbeitet werden. Um Nebenläufigkeit in Golog zu ermöglichen, gibt es unterschiedliche Ansätze, einer davon ist der in Levesque, Lespérance und De Giacomo (2000) vorgestellte. Mit deren Erweiterung ConGolog<sup>9</sup> wird es dem

---

<sup>9</sup> steht für Concurrency in Golog: einer Erweiterung von Golog um nebenläufige Elemente

Agenten ermöglicht, zielgerichtete Aufgaben auszuführen und parallel die Umgebung zu beobachten sowie auf Einschränkungen und Veränderungen aus der Umgebung zu reagieren.

Für ConGolog wird eine zusätzliche Relation **Trans**( $\delta, s, \delta', s'$ ) definiert, die eine Transitions-Relation zwischen Konfigurationen darstellt. Eine Konfiguration ist dabei ein Paar bestehend aus einem Programm und einer Situation. Hierbei steht  $\delta$  für ein gegebenes Programm und  $s$  für eine gegebene Situation.  $s'$  steht für die neue Situation nach Ausführung einer primitiven Aktion oder einer Testaktion und  $\delta'$  für ein neues Programm, welches der Rest von  $\delta$  nach Ausführung der Aktion ist. **Trans\*** stellt die möglichen Konfigurationen dar, die man durch ein Programm  $\delta$  durch mehrmaliges befolgen der Relation **Trans**, beginnend in Situation  $s$ , erreichen kann.<sup>10</sup>

Es wird zudem noch ein Prädikat **Final**( $\delta, s$ ) eingeführt, welches dafür steht, dass die Konfiguration ( $\delta, s$ ) die Letzte erreichbare Konfiguration ist, womit die Abarbeitung als beendet betrachtet werden kann. Diese kann nach einer endlichen Anzahl von Transitionen, beginnend in der Startposition, erreicht werden. Auch das Wiederholen einer einzelnen Transition, die dann zu der Endkonfiguration führt, ist hier mit eingeschlossen.<sup>11</sup>

Dadurch erhält man eine neue Definition für **Do**:

$$\text{Do}(\delta, s, s') = \exists \delta'. \text{Trans}^*(\delta, s, \delta', s') \wedge \text{Final}(\delta', s').$$

Es muss also eine Abfolge von Konfigurationen ausgehend vom Anfangszustand  $s$  geben, so dass man von diesem durch Ausführung von Transitionen in einen Zustand  $s'$  gelangt und ein Restprogramm  $\delta'$  hat, welche auch die Endkonfiguration darstellen.

Die Nebenläufigkeit, die in ConGolog darstellbar ist, ermöglicht nebenläufige Prioritäten, high-level interrupts und beliebige exogene Aktionen. Die exogenen Aktionen sind primitive Aktionen, die vorkommen können, ohne Teil eines benutzerspezifizierten Programms zu sein. Die exogenen Aktionen werden durch ein Prädikat **Exo** kenntlich gemacht, welches ausdrückt, welche Aktionen exogen laufen können. Für die exogenen Aktionen wird ein spezielles Programm definiert:

$$\delta_{\text{EXO}} \doteq (\pi a. \text{Exo}(a)?; a)^*$$

Das Ausführen dieses Programms beinhaltet das Durchführen von keiner, einer oder mehrerer ausgewählter nichtdeterministischer exogener Ereignisse. Das nutzerspezifizierte Programm soll nebenläufig zum Programm mit den exogenen Aktionen laufen.

Die nebenläufigen Prozesse werden als Unterbrechungen zwischen den Prozessen von primitiven Aktionen modelliert. Man hat dadurch nie mehr als eine primitive Aktion zur Zeit. In ConGolog sind folgende Konstruktoren zusätzlich zu denen aus Golog enthalten:

---

<sup>10</sup> für die formale Definition von **Trans** vgl. Levesque et al. 2000

<sup>11</sup> für die formale Definition von **Final** vgl. Levesque et al. 2000

1. **if**  $\phi$  **then**  $\delta_1$  **else**  $\delta_2$  (synchronized conditional)
2. **while**  $\phi$  **do**  $\delta$  (synchronized loop)
3.  $(\delta_1 \parallel \delta_2)$  (concurrent execution)
4.  $(\delta_1 \gg \delta_2)$  (concurrency with different priorities)
5.  $\delta^{\parallel}$  (concurrent iteration)
6.  $\langle \phi \rightarrow \delta \rangle$  (interrupt)

Die if-Anweisung und die while-Schleife stellen die synchronisierten Versionen der normalen if-Anweisung bzw. while-Schleife aus Golog, dar. While und if sind insofern synchronisiert, als dass die Bedingung  $\phi$  und die erste Aktion des gewählten Zweiges als eine Einheit gesehen werden. Der Konstruktor  $(\delta_1 \parallel \delta_2)$  steht für die nebenläufige Ausführung von  $\delta_1$  und  $\delta_2$ .  $(\delta_1 \gg \delta_2)$  steht ebenfalls für die nebenläufige Ausführung von  $\delta_1$  und  $\delta_2$ , wobei aber  $\delta_1$  eine höhere Priorität zugeordnet wird, so dass eine Unterbrechung der beiden Prozesse darauf beschränkt wird, dass  $\delta_2$  nur dann ausgeführt werden kann, wenn  $\delta_1$  geblockt oder beendet ist.

Bei dem Konstruktor  $\langle \phi \rightarrow \delta \rangle$  handelt es sich um eine Unterbrechung (Interrupt), welche zwei Teile hat, eine Trigger-Bedingung  $\phi$  und den entsprechenden Körper  $\delta$ .  $\delta$  kann einige Male ausgeführt werden, aber immer nur dann, wenn  $\phi$  wahr wird.

Um die Ausführung dieser Konstrukturen in ConGolog zu ermöglichen, müssen Trans und Final entsprechend erweitert werden<sup>12</sup>. Auf diese Weise ist es möglich, auch Nebenläufigkeit in Golog zu integrieren. Für die Darstellung der temporalen Relationen ist allerdings nur das Konstrukt  $(\delta_1 \parallel \delta_2)$  von Relevanz, wie in den folgenden Abschnitten noch gezeigt wird.

## 6.2 Darstellung der temporalen Informationen

In diesem Abschnitt wird vorgestellt, wie man die temporalen Relationen zwischen den Aktionen, die bereits ermittelt wurden, in Golog repräsentieren kann. In Golog soll ein Vorschlag zur Abarbeitung von Aktionen, zwischen denen eine bestimmte temporale Relation besteht, gemacht werden. Die temporalen Relationen werden durch die sprachliche Analyse bestimmt und bei den Aktionen, zwischen denen die Relation ENDS, STARTS oder PARTLY\_OVERLAPS besteht, muss festgelegt werden, wie diese abgearbeitet werden sollen. Zwischen allen anderen Aktionen wird zunächst die Relation AFTER angenommen. Da ein konkreter Vorschlag zur Abarbeitung der Relationen ENDS, PARTLY\_OVERLAPS und

---

<sup>12</sup> für die formale Definition vgl. Levesque et al. 2000

STARTS gemacht wird, bezeichne ich die Darstellung dieser Relationen in einer Wegbeschreibung als strukturierten Handlungsinformationen<sup>13</sup>.

Um eine geeignete Repräsentation in Golog zu ermöglichen, muss bestimmt werden, welche zeitlichen Strukturen man festlegen will, welche Prozeduren man für die einfachen Aktionen verwenden kann, wie man die lokalen Informationen einbinden kann und schließlich, welche Prozeduren für die temporalen Informationen verwendet werden.

### 6.2.1 Konstruktoren für Aktionen aus Wegbeschreibungen

Für die Repräsentation von Wegbeschreibungen in Golog müssen folgende Elemente mithilfe des Situationskalküls und von Golog definiert werden:

- die primitiven Aktionen,
- die situationsabhängigen Relationen,
- die Vorbedingungen, die die situationsabhängigen Relationen in Beziehung zu den primitiven Aktionen setzen,
- die Effextaxiome,
- die Prozeduren
- und situationsabhängige Wahrnehmungsrelationen

Die Wegbeschreibungen werden in der sprachlichen Analyse in einzelne Segmente zerlegt, die entsprechend der verwendeten Verben in Aktionen klassifiziert werden (vgl. Abschnitt 4.3.1). In der Golog-Beschreibung soll ebenfalls jedem Segment eine entsprechende komplexe Aktion<sup>14</sup> der Golog-Beschreibung zugewiesen werden. Dass allen Segmenten Aktionen in Golog zugewiesen werden bedeutet nicht, dass alle temporalen Relationen, die zwischen den Aktionen bestehen können, durch die Abarbeitung in Golog abgedeckt sind. So können durch die von mir vorgeschlagene Methode nicht diejenigen temporalen Relationen berücksichtigt werden, die zwischen Aktionen bestehen, die nicht durch einen Konnektor verknüpft sind. Wie die Aktionen abgearbeitet werden, zwischen denen die temporale Relation bereits auf sprachlicher Ebene festgelegt werden konnte (vgl. Abschnitt 5), wird durch die Prozeduren in Golog beschrieben. Orientiert man sich an der Darstellung des Geometrischen Agenten für Aktionspläne (vgl. Abschnitt 3.3.3), könnte eine Aktionsabfolge für die von mir konstruierte Wegbeschreibung von Beispiel 7.3 wie folgt aussehen:

---

<sup>13</sup> Die Abarbeitung von aufeinander folgenden Aktionen, also solchen, zwischen denen keine temporalen Überlappungen angenommen werden oder nicht ermittelt werden konnten, ist bereits durch andere Plansprachen möglich, weshalb hier auch nur der Fokus auf die sich zeitlich überlappenden Aktionen gelegt wird.

<sup>14</sup> ausgedrückt durch eine Prozedur in Golog

```
[be_at(Eingang_Mensa); go(Pfad_links); be_at(Abzweigung);  
go(Pfad_rechts); go(Pfad_geradeaus); be_at(Eingang_HausC)]
```

Den Aktionen, zwischen denen temporale Überlappungen bestehen, sollen dabei Prozeduren zur teilweise parallelen Abarbeitung der Aktionen zugewiesen werden, welche in diesem Beispiel aber noch nicht berücksichtigt wurden. Da der Aktionstyp bereits durch die sprachliche Analyse festgelegt wurde (vgl. Abschnitt 4.3.1) und die Aktionen, zwischen denen temporale Überlappung besteht ebenfalls bestimmt werden können (vgl. Abschnitt 5.3 und 5.4), kann diese Information in der Repräsentation in Golog verwendet werden.

**Von der Mensa zum Haus C:**

S<sub>1</sub>: Du bist am Eingang der Mensa,  
S<sub>2</sub>: Geh nach links bis zur Abzweigung.  
S<sub>3</sub>: Geh nach rechts  
S<sub>4</sub>: und **dann** geradeaus,  
S<sub>5</sub>: **bis** du am Eingang von Haus C bist.

*Beispiel 7.3: Darstellung einer Wegbeschreibung in Segmentform*

Die Wegbeschreibungen, wie sie in dem Trier-Korpus und dem Informatikum-Korpus gegeben sind, enthalten nur eine eingeschränkte Anzahl von primitiven Aktionen, die vonnöten sind, um die entsprechenden komplexen Aktionen aufzubauen. Wie auch im Modell des Geometrischen Agenten bereits erprobt (siehe Abschnitt 3), ist es ausreichend, mit einigen primitiven Aktionen die Sequenz von Aktionen aus Wegbeschreibungen darzustellen. Diese Aktionen beinhalten Folgendes:

Der Agent muss in der Lage sein, einem Pfad  $w$  zu folgen,  $along(w)$ , sich in die Richtung eines Pfades  $w$  zu drehen,  $turn(w)$  und ein Instruktionsobjekt<sup>15</sup>  $p$  zu sehen,  $see(p)$ . Bei der Aktion  $see$  handelt es sich um eine Wahrnehmungsaktion. Eine weitere Wahrnehmungsaktion, die benötigt wird, ist eine, bei der der Agent überprüft, ob es einen Pfad  $w$  zu einem Instruktionsobjekt  $p$  gibt:  $checkPathTo(w, p)$ . Dadurch, dass es sich zum einen um Wahrnehmungsaktionen und zum anderen um primitive Bewegungsaktionen handelt, werden zwei unterschiedliche Netze aufgebaut. Das Netz der Wahrnehmungsaktionen kann erst während der Ausführung der Wegbeschreibung auf seine Gültigkeit geprüft werden und liefert die Voraussetzungen für die Bewegungsaktionen.

Zudem wird noch eine Aktion  $do\_nothing$  benötigt, die den Agenten anweist, nichts zu tun. Diese Aktion wird benötigt, um gewisse Kontrollstrukturen für die Wahrnehmung des Agenten zu ermöglichen. Neben den situationsabhängigen Relationen, die sich auf den

---

<sup>15</sup> Instruktionsobjekt steht für ein Objekt, das während der Ausführung der Wegbeschreibung als ein Objekt aus der Wegbeschreibung zugeordnet werden kann

Agenten beziehen, gibt es noch zwei weitere, die verwendet werden, um den Pfad in Relation zu den Instruktionsobjekten, die sich auf ihm befinden, zu setzen:

<code>at(p, s)</code>	- in Situation $s$ ist der Agent am Instruktionsobjekt $p$
<code>atPath(w, s)</code>	- in Situation $s$ befindet sich der Agent auf dem Pfad $w$
<code>direction(p, s)</code>	- in Situation $s$ ist der Agent in Richtung des Instruktionsobjekts $p$ ausgerichtet
<code>recognizable(p, s)</code>	- der Agent kann in Situation $s$ das Instruktionsobjekt $p$ in seiner Umgebung koreferenzieren/identifizieren
<code>onPath(p, w, s)</code>	- in Situation $s$ befindet sich das Instruktionsobjekts $p$ auf dem Pfad $w$
<code>pathTo(w, p, s)</code>	- in Situation $s$ gibt es einen Pfad $w$ zum Instruktionsobjekt $p$

Zwar ist es nicht situationsabhängig, ob ein Objekt  $p$  sich auf einem Pfad  $w$  befindet oder ob ein Pfad  $w$  zu einem Objekt  $p$  existiert, aber diese Informationen werden für die Darstellung der komplexen Aktionen in Golog benötigt und können als situationsabhängige Relation dargestellt werden. Die situationsabhängigen Relationen fordern aber eine Situation als letztes Argument. Auf diese Art können gewisse lokale Informationen in Golog berücksichtigt werden, die bei dem Geometrischen Agenten als *Räumliche Relationen* dargestellt werden (vgl. Abschnitt 3.3.3).

Da für die Darstellung von Wegbeschreibungen durch Golog auch Wahrnehmungsaktionen verwendet werden, müssen für diese die Axiome der situationsabhängigen Wahrnehmungsrelationen (*sensed fluent axioms*) festgelegt werden:

```

SF(see(p), s) ≡ recognizable(p, s).
SF(checkPathTo(w, p), s) ≡ recognizable(p, s) ∧ pathTo(w, p).
SF(along(w), s) ≡ True.
SF(turn(w), s) ≡ True.
SF(do_nothing, s) ≡ True.

```

Diese besagen, dass genau dann, wenn man etwas sehen kann, die situationsabhängige Relation `recognizable` in dieser Situation zutrifft. Das zweite Axiom steht dafür, dass überprüft werden kann, ob es einen Pfad  $w$  zu  $p$  gibt, wenn  $p$  wahrgenommen werden kann und es einen Pfad gibt, der zu diesem  $p$  führt. Bei den gewöhnlichen Aktionen, also denen, die keine Wahrnehmung ermöglichen (`along`, `turn`, `do_nothing`) muss die Vorbedingung gelten, dass sie mit Wahrnehmung möglich sind.

Zusätzlich zu den Axiomen für situationsabhängige Wahrnehmungsrelationen müssen aber auch die Vorbedingungen für die gewöhnlichen Aktionen festgelegt werden:

$$\text{Poss}(\text{along}(w), s) \equiv \text{recognizable}(w, s) \wedge \text{atPath}(p, w, s).$$

$$\text{Poss}(\text{turn}(w), s) \equiv \text{recognizable}(w, s) \wedge \neg \text{direction}(w, s).$$

$$\text{Poss}(\text{do\_nothing}, s) \equiv \text{True}.$$

Die erste Zeile sagt aus, dass man sich nur entlang eines Pfades bewegen kann, wenn man diesen wahrnehmen kann und man sich auch auf diesem Pfad befindet. Die Bedingung für eine Drehung in Richtung eines Pfades  $w$  ist, dass man diesen Weg wahrnehmen kann und sich nicht schon in Richtung des Pfades befindet. Eine Vorbedingung für die Aktion `do_nothing` ist nicht erforderlich, außer, dass diese Aktion generell möglich sein sollte.

Für eine Repräsentation in Golog müssen aber nicht nur die Vorbedingungen der Aktionen beschrieben werden, sondern auch deren Effekte:

$$\text{at}(p, \text{do}(a, s)) \equiv a = \text{along}(w) \wedge \text{pathTo}(w, p, s).$$

$$\text{atPath}(w, \text{do}(a, s)) \equiv a = \text{along}(w).$$

$$\text{direction}(w, \text{do}(a, s)) \equiv a = \text{along}(w) \vee a = \text{turn}(w).$$

Das erste Axiom besagt, dass man, wenn man einen Pfad  $w$  entlang geht, anschließend bei dem Instruktionsobjekt  $p$  ist, wenn es einen Pfad zu diesem Instruktionsobjekt gibt. `atPath` ist erfüllt, wenn man den Pfad  $w$  entlang geht. Geht man einen Pfad  $w$  entlang oder dreht sich in Richtung des Pfades, dann befindet man sich auch in Richtung dieses Pfades, welches durch das dritte Axiom ausgedrückt ist. Welche Effekte die Aktionen auf `recognizable` haben, kann nicht auf dieser Ebene der Darstellung festgelegt werden, da es sich dabei um eine Eigenschaft handelt, die zutrifft, wenn man etwas während der Navigation des Agenten wahrnehmen kann.

Unter Angabe dieser Aktionen, situationsabhängigen Relationen, Vorbedingungen und Effektaxiome kann man nun die Prozeduren darstellen, die für die komplexen Aktionen stehen sollen, die in Wegbeschreibungen enthalten sein können:

```

proc be_at(p)
  see(p);
  if recognizable(p)
    then
      if at(p)
        then do_nothing
        else until(p)
      endIf
    else search(p); until(p)           // search(p) ist noch nicht
    endIf                             definiert
  endProc

```

```
proc go(w)
  see(w);
  if ¬recognizable(w)
    then search(w); along(w)
    else
      if atPath(w)
        then along(w)
        else until(w); along(w)
      endIf
    endIf
endProc

proc ch_orient(w)
  see(w);
  if ¬recognizable(w)
    then search(w); turn(w)
    else
      if ¬direction(w)
        then turn(w)
        else do_nothing
      endIf
    endIf
endProc

proc until(p)
  checkPathTo(w,p);
  go(w)
endProc
```

Die erste Prozedur `be_at(p)` steht für die komplexe Aktion, dass man sich an einem bestimmten Ort befinden soll und falls dies nicht der Fall ist, begibt man sich zu diesem Ort. Die nächste Prozedur `go(w)`, steht für das Gehen eines Pfades  $w$  und die dritte Prozedur `ch_orient(w)` dafür, dass man sich in Richtung eines bestimmten Pfades  $w$  dreht. Die letzte aufgeführte Prozedur `until(p)` ist eine, die nicht den Segmenten der Wegbeschreibung zugeordnet werden soll, sondern eine Hilfsprozedur, die von den anderen Prozeduren verwendet wird.

`search` steht für eine nicht definierte Aktion, die es ermöglicht, ein Instruktionsobjekt oder einen Pfad, der nicht erkannt und dem in der Beschreibung genannten Objekt bzw. Pfad zugeordnet werden konnte, zu finden. Diese Aktion ist eine, die während der Navigationsphase eines Agenten von Relevanz ist und es gibt unterschiedliche Methoden, wie man diese Suche definieren kann. Dies ist aber auf der Ebene der Darstellung von komplexen Aktionen nicht bereits erforderlich und kann zu späterem Zeitpunkt durch eine gewünschte Suchstrategie ersetzt werden.

Diese Prozeduren sind ausreichend, um die Aktionen aus Wegbeschreibungen in Golog darzustellen, wenn man die Aktionen nur als aufeinander folgend darstellt. Für die strukturierten Handlungsinformationen werden aber weitere temporale Relationen außer AFTER benötigt, wodurch noch einige Erweiterungen zu der oben vorgestellten Darstellung gemacht werden müssen.

### 6.2.2 Prozeduren für die temporalen Relationen

Mit der im vorherigen Abschnitt vorgestellten Repräsentation ist es möglich, Aktionen aus Wegbeschreibungen darzustellen, die aufeinander folgend sind und sich nicht temporal überlappen. Für die strukturierten Handlungsinformationen sollen aber auch die temporalen Überlappungen, die zwischen Aktionen bestehen, dargestellt werden.

Innerhalb der untersuchten Wegbeschreibungen gibt es vier Arten von temporalen Relationen, die zwischen den Aktionen bestehen können und die dargestellt werden sollen (vgl. Abschnitt 4.3.2.2). Die Relation ENDS, bei welcher eine Aktion durch eine andere beendet wird, die Relation STARTS, bei der eine Aktion durch das Eintreten eines Zustands begonnen wird, die Relation PARTLY\_OVERLAPS, bei der sich zwei Aktion überlappen können und die Relation AFTER, bei der die beiden Aktionen aufeinander folgen, ohne sich temporal zu überlappen.

Um diese Relationen für die Repräsentation berücksichtigen zu können, muss eine Erweiterung um Elemente aus ConGolog (de Giacomo et al. 2000) erfolgen, die die Nebenläufigkeit ermöglichen, wie z.B. `||`, was für die parallele Ausführung zweier komplexer Aktionen steht. Für die Relation AFTER muss kein gesonderter Vorschlag zur Ausführung gemacht werden, da dies bereits in Golog durch die Sequenz `;;` integriert ist.

Für die anderen Relationen, die temporale Überlappung zwischen zwei Aktionen ausdrücken, wird in den folgenden Unterabschnitten eine Prozedur zur Abarbeitung, der in den Segmenten beschriebenen Aktionen, vorgeschlagen. Bei den sich temporal überlappenden Aktionen steht nur eine Prozedur für zwei Aktionen und es wird nicht jeder Aktion eine Prozedur zugewiesen, wie es bei den aufeinander folgenden Aktionen gehandhabt wird. Angewendet auf das Beispiel 6.3 ergeben sich die folgenden temporalen Relationen zwischen den in den Segmenten beschriebenen Aktionen:

```
S2 after S1, S3 after S2, S4 partly_overlaps S3, S5 ends S4
```

In einer Form von Aktionsplan könnte man das wie folgt darstellen:

```
[be_at(Eingang_Mensa); go_until(Abzweigung, Pfad_links);  
go_co(Pfad_rechts, Pfad_geradeaus); go_until(Pfad_HausC,  
Pfad_geradeaus)]
```

`go_until` steht hier für die temporale Relation ENDS und `go_co` für die temporale Relation PARTLY\_OVERLAPS.

Für eine Erweiterung um diese temporalen Relationen in Golog, müssen Zeitperioden dargestellt werden. Denn die temporalen Relationen zwischen den Aktionen, stehen für die temporalen Relationen zwischen den Zeitperioden, auf welche die Aktionen referieren. Um andauernde Aktionen im Situationskalkül darzustellen, werden diese Aktionen als Prozesse betrachtet, die durch situationsabhängige Relationen dargestellt werden. Diese Prozesse werden durch Aktionen ohne Dauer eingeleitet und beendet (vgl. Reiter 1996; Finzi und Pirri 2004; Scherl 2003). Die Aktion *gehen* kann man auch als einen solchen Prozess darstellen, indem man die einleitenden und beendenden dauerlosen Aktionen `startGoing(w)` und `endGoing(w)` sowie die situationsabhängige Relation `isGoing(w, s)` verwendet.

`startGoing(w)` führt dazu, dass die situationsabhängige Relation `isGoing(w, s)` wahr wird und `endGoing(w)` dazu, dass sie falsch wird. Auf diese Weise können, während `isGoing(w, s)` gültig ist, noch weitere Aktionen ausgeführt werden. Diese Methode ermöglicht es die temporalen Relationen zwischen Aktionen in Golog darzustellen.

### 6.2.2.1 Darstellung der Relation ENDS

Die temporale Relation ENDS steht für zwei Aktionen, bei welchen die zweite Aktion die Ausführung der ersten Aktion dadurch beendet, dass die zweite Aktion selber begrenzt ist. Dabei kommt die Relation in den untersuchten Wegbeschreibungen nur vor, wenn die zweite Aktion auf einen Zeitpunkt referiert und nicht auf eine Zeitperiode, z.B. „*Gehe die Straße entlang, dann triffst du auf ein Haus*“. Bei diesem Beispiel muss man die Straße solange entlanggehen, bis der Zeitpunkt des „Treffens“ eintritt.

Um diese Relation in Golog darzustellen muss die Aktion des Gehens als anhaltende Aktion dargestellt werden (siehe oben). Zudem wird noch eine primitive Aktion benötigt, die ausdrückt, dass nur einige Schritte auf dem Pfad erfolgen sollen und nicht wie bei der primitiven Aktion `along(w)`, der Agent dem Pfad folgen soll. Damit ergeben sich die folgenden zusätzlichen primitiven Aktionen:

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| <code>startGoing</code>     | - steht für die Aktion, dass der Agent zu gehen beginnt                           |
| <code>endGoing</code>       | - steht für die Aktion, dass der Agent zu gehen aufhört                           |
| <code>go_piece_of(w)</code> | - steht für die Aktion, dass man einige Schritte auf dem Pfad <code>w</code> geht |

Die zusätzliche situationsabhängige Relation, die den Zustand des Gehens ausdrückt ist:

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| <code>isGoing(s)</code> | - in Situation <code>s</code> ist der Agent im Zustand des Gehens |
|-------------------------|---|

Für die zusätzlichen primitiven Aktionen müssen nun wieder die Vorbedingungen festgelegt werden, unter deren Erfüllung die Aktionen ausführbar werden:

$$\text{Poss}(\text{startGoing}, s) \equiv \neg \text{isGoing}(s) \wedge \text{atPath}(w, s).$$

$$\text{Poss}(\text{endGoing}, s) \equiv \text{isGoing}(s).$$

$$\text{Poss}(\text{go\_piece\_of}(w), s) \equiv \text{recognizable}(w, s) \wedge \text{atPath}(w, s).$$

Die Aktionen `startGoing` und `endGoing` stellen nebenläufige Aktionen (im Weiteren mit `c` gekennzeichnet) dar, da sie einen Zustand einleiten, der eine andauernde Aktion ausdrückt und während der noch weitere Aktionen erfolgen können. Um die Nebenläufigkeit zu ermöglichen, werden die Effextaxiome für diese situationsabhängigen Relationen wie folgt dargestellt:

$$\text{isGoing}(\text{do}(c, s)) \equiv c = \text{startGoing} \vee (\text{isGoing}(s) \wedge c \neq \text{endGoing}).$$

Mit diesen Erweiterungen der Darstellung für Aktionen, wie sie im vorherigen Abschnitt vorgestellt wurden, kann man nun eine Prozedur definieren, die immer dann aufgerufen wird, wenn die Relation ENDS zwischen zwei Segmenten besteht.

```

proc go_until(p, w)
  see(w);
  if  $\neg$ recognizable(w)
    then search(w)
    else do_nothing
  endIf;
  startGoing(w);
  while  $\neg$ recognizable(p)
    do go_piece_of(w); see(p)
  endWhile;
  be_at(p); endGoing(w)
endProc

```

Diese Prozedur bekommt zwei Parameter, zum einen das Instruktionsobjekt `p`, welches in der zweiten Aktion genannt wird und das Aktionsziel sowie das lokale Ziel ist, und zum anderen den Pfad `w`, welcher in der ersten Aktion beschrieben wird. Im oben genannten Beispiel „Gehe die Straße entlang, dann triffst du auf ein Haus“ wäre der Pfad `w` „die Straße“, die man entlang gehen soll und das Instruktionsobjekt `p` „ein Haus“. Die Prozedur besagt, dass, sofern der Pfad wahrgenommen werden kann und das Instruktionsobjekt noch nicht, man einen Teil des Pfades geht. Wenn man das Instruktionsobjekt wahrnehmen kann, soll man sich zu diesem begeben und den Zustand des Gehens beenden.

Diese Darstellung der Relation ENDS ist ausreichend, da in den Fällen der untersuchten Wegbeschreibungen aus dem Trier-Korpus und dem Informatikum-Korpus, in welchen diese Relation vorkommt, der Aktionsablauf in allen Fällen nach diesem Schema verläuft: Ein

Pfad soll entlanggegangen werden, bis man ein in der folgenden Aktion genanntes Objekt erreicht bzw. sieht. Der Umstand, dass dieses Objekt gesehen werden soll, wird nicht gesondert aufgenommen, da dieser so interpretiert wird, dass auch, wenn es in der Aktion um die Sichtbarkeit des Objektes geht, dieses Objekt „erreicht“ werden soll. Das Aktionsziel soll also erst dann als erfüllt gesehen werden, wenn man bis zu dem Objekt geht.

### 6.2.2.2 Darstellung der Relation STARTS

Die temporale Relation STARTS besteht zwischen zwei Segmenten, bei denen im ersten Segment ein Zustand beschrieben wird, der erfüllt sein muss, damit die Aktion des zweiten Segments beginnt (vgl. 5.4.2). Für die Darstellung dieser Relation, muss eine Erweiterung der Repräsentation aus Abschnitt 6.2.1 um die nebenläufige Aktion des „Sich an einem Ort Befindens“ erfolgen (vgl. Reiter 1996; Finzi und Pirri 2004):

- `startBeeingAt(p)` – Agent beginnt bei dem Instruktionsobjekt `p` zu sein
- `endBeeingAt(p)` – Agent hört auf bei dem Instruktionsobjekt `p` zu sein

Die Vorbedingungen für diese beiden Aktionen sind:

$$\begin{aligned} \text{Poss}(\text{startBeeingAt}(p), s) &\equiv \text{atPath}(w, s) \wedge \text{onPath}(p, w, s) \wedge \\ &\quad \text{recognizable}(p, s). \\ \text{Poss}(\text{endBeeingAt}(p), s) &\equiv \text{at}(p, s). \end{aligned}$$

Das zugehörige Effektaxiom lautet:

$$\begin{aligned} \text{at}(p, \text{do}(c, s)) &\equiv c = \text{startBeeingAt}(p) \vee \\ &\quad (\text{at}(p, s) \wedge c \neq \text{endBeeingAt}(p)). \end{aligned}$$

Es wird eine zusätzliche primitive Aktion `turn_a_bit` benötigt, die dafür steht, dass der Agent sich ein wenig dreht. Handelt es sich bei der zweiten Aktion um eine Bewegungsaktion, dann kann man diese Relation durch die folgende Prozedur darstellen:

```

proc go_from(p, w)
  see(p);
  if ¬at(p)
    then be_at(p)
    else do_nothing
  endIf;
  while ¬recognizable(w)
    do turn_a_bit; see(w)
  endWhile;
  (startBeeingAt(p) || startGoing(w));
  endBeeingAt(p); go(w); endGoing(w)
endProc

```

Bei dieser Prozedur wird dem Agenten aufgetragen, sich bei dem Instruktionsobjekt  $p$  zu befinden. Wenn von dieser Position aus, der zu gehende Pfad  $w$  wahrnehmbar ist, soll die nebenläufige Aktion des „Sich an einem Ort Befindens“ ( $\text{startBeeingAt}$ ) parallel zu der nebenläufigen Aktion des Gehens ( $\text{startGoing}$ ) starten. Die nebenläufige Aktion des „Sich an einem Ort Befindens“ wird anschließend beendet, worauf die Prozedur  $\text{go}$  aufgerufen wird, um den Pfad  $w$  tatsächlich zu gehen. Zuletzt muss die nebenläufige Aktion des Gehens beendet werden, damit dieser Zustand nicht über die möglichen folgenden Aktionen anhält, bei denen nicht bekannt ist, ob sie auch nebenläufig zu dem Gehen verlaufen.

Die im zweiten Segment beschriebene Aktion kann auch eine Wahrnehmungsaktion sein. Um diese Wahrnehmungsaktion als nebenläufige Aktion darstellen zu können, wird folgende Erweiterung vorgenommen:

- $\text{startSeeing}(p)$  – Agent beginnt Instruktionsobjekt  $p$  zu sehen
- $\text{endSeeing}(p)$  – Agent hört auf Instruktionsobjekt  $p$  zu sehen
- $\text{isSeeing}(p, s)$  – in Situation  $s$  ist der Agent im Zustand des Sehens des Objekts  $p$

Da es sich bei dieser nebenläufigen Aktion zusätzlich um eine Wahrnehmungsaktion handelt, ergeben sich folgende Vorbedingungen:

- $\text{SF}(\text{startSeeing}(p), s) \equiv \neg \text{isSeeing}(p, s) \wedge \text{recognizable}(p, s).$
- $\text{SF}(\text{endSeeing}(p), s) \equiv \text{isSeeing}(p, s).$

Das zugehörige Effektaxiom lautet:

- $\text{isSeeing}(p, \text{do}(c, s)) \equiv c = \text{startSeeing}(p) \vee$   
 $(\text{isSeeing}(p, s) \wedge c \neq \text{endSeeing}(p)).$

In dem Fall, dass die zweite Aktion eine Wahrnehmungsaktion ist, muss eine andere Prozedur aufgerufen werden, in der berücksichtigt wird, dass das wahrzunehmende Instruktionsobjekt eventuell nicht gleich wahrgenommen werden kann.

Mit diesen Erweiterungen lässt sich folgende Prozedur definieren:

```

proc see_from( $p_1, p_2$ )
  see( $p_1$ );
  if  $\neg \text{at}(p_1)$ 
    then be_at( $p_1$ )
    else do_nothing
  endIf;
  while  $\neg \text{recognizable}(p_2)$ 
    do turn_a_bit
  endWhile;
  ( $\text{startBeeingAt}(p_1) \parallel \text{startSeeing}(p_2)$ );
   $\text{endBeeingAt}(p_1); \text{see}(p_2); \text{endSeeing}(p_2)$ 
endProc

```

Bei dem Beispiel It\_8: „Wenn du beim Pförtner stehst, dann siehst du das höchste Gebäude auf dem Gelände, Haus F.“, ist das Instruktionsobjekt  $p_1$  der Pförtner und das Instruktionsobjekt  $p_2$  das Haus F.

### 6.2.2.3 Darstellung der Relation PARTLY\_OVERLAPS

Die Relation PARTLY\_OVERLAPS steht für die Aktionen, die sich teilweise überschneiden. In der Beschreibung der Aktion  $A_{n-1}$  wird ein Pfad beschrieben, der gegangen werden soll und dem in der sprachlichen Beschreibung kein Aktionsziel gesetzt ist. Während der Ausführung von  $A_{n-1}$  beginnt die Ausführung der Aktion  $A_n$ . Die Ausführung von  $A_n$  kann länger dauern als  $A_{n-1}$ , muss aber nicht. In den untersuchten Wegbeschreibungen kam allerdings nur der Fall vor, dass  $A_{n-1}$  während der Ausführung von  $A_n$  beendet wird.

Wenn es sich bei beiden Aktionen um Bewegungsaktionen handelt, kann man den Pfad, der durch die Aktionen beschrieben wird, als zwei Teilpfade aus denen er zusammengesetzt ist, betrachten. Der erste Teilpfad  $w_1$  wird in der ersten Aktion beschrieben und der zweite Teilpfad  $w_2$  in der zweiten Aktion. Betrachtet man diesen Pfad als zwei Teilpfade, dann kann man die Relation PARTLY\_OVERLAPS mithilfe der nebenläufigen Aktion des Gehens wie folgt in Golog darstellen:

```
proc go_co( $w_1$ ,  $w_2$ )
  see( $w_1$ );
  if  $\neg$ recognizable( $w_1$ )
    then search( $w_1$ )
    else do_nothing
  endIf;
  startGoing( $w_1$ );
  while  $\neg$ recognizable( $w_2$ )
    do go_piece_of( $w_1$ ); see( $w_2$ )
  endWhile;
  startGoing( $w_2$ ); endGoing( $w_1$ ); go( $w_2$ ); endGoing( $w_2$ )
endProc
```

In dem Beispiel ni\_1: „...wo ich in Richtung links gehe, und **dann** (gehe ich) geradeaus,...“ wäre das Wegstück  $w_1$  das, auf welchem man „in Richtung links gehen“ soll und das Wegstück  $w_2$  das, auf welchem man „gradeaus gehen“ soll.

Auch bei dieser Relation muss der Fall berücksichtigt werden, dass es sich bei der zweiten Aktion um eine Wahrnehmungsaktion handelt:

```

proc go_and_see(w, p)
  see(w);
  if ¬recognizable(w)
    then search(w)
    else do_nothing
  endIf;
  startGoing(w);
  while ¬recognizable(p)
    do go_piece_of(w)
  endWhile;
  startSeeing(p); endGoing(w); see(p); endSeeing(p)
endProc

```

In diesem Fall werden für die Prozedur nur zwei Parameter benötigt: der Pfad, der in der ersten Aktion beschrieben wird und das Instruktionsobjekt, welches in der Wahrnehmungsaktion genannt wird. Solange man das Instruktionsobjekt  $p$  noch nicht wahrnehmen kann, beginnt man immer wieder, einen Teil des Pfades zu gehen. Sobald  $p$  wahrgenommen werden kann, beginnt der Zustand des Sehens von  $p$ . Während dieses Zustands wird der Zustand des Gehens beendet und dann kann das Instruktionsobjekt gesehen werden. Bei dem Beispiel `t4_26`: *„...und vom Marktplatz her dann die Straße nach links rein, dann sieht man aber direkt schon den Turm vom Dom.“* wäre  $w$  der Pfad, der durch die Straße nach links beschrieben wird und  $p$  wäre der Turm vom Dom.

### 6.2.2.4 Darstellung der globalen Wahrnehmungsaktionen

Zusätzlich kann noch die Sichtbarkeit hinzugefügt werden, die sich über mehrere Aktionen hinzieht, also die globalen Wahrnehmungsaktionen (siehe 5.3.1). Bei den globalen Wahrnehmungsaktionen wird immer die Sichtbarkeit des angestrebten Ziels beschrieben und in der zuvor genannten Aktion wird die Position oder das Erreichen der Position beschrieben, von welcher aus die Sichtbarkeit möglich ist, z.B. `lt_14`: *„...folgst du dem langen Fluss bis zum Ende. Aus dem Fenster ist dann schon Haus E zu sehen“*.

Um diese globalen Wahrnehmungsaktionen in Golog darstellen zu können, wird die nebenläufige Aktion des Sehens benötigt. Da die Sichtbarkeit des Objektes erst durch Erreichen des Ziels beendet wird (und dann nicht explizit in Golog dargestellt werden muss, da das Ziel bereits erreicht wurde und damit alle Aktionen beendet sind), wird in der Prozedur dem Zustand der Sichtbarkeit des Objekts kein Ende gesetzt:

```
proc global_see_from(p1, p2)
  see(p1);
  if ¬at(p1)
    then be_at(p1)
    else do_nothing
  endIf;
  while ¬recognizable(p2)
    do turn_a_bit
  endWhile;
  startSeeing(p2)
endProc
```

Diese Prozedur steht allerdings nur für die Wahrnehmungsaktion und nimmt sich ein zusätzliches Argument aus der zuvor genannten Aktion. Für das obige Beispiel wäre das die Aktion „aus dem Fenster ist dann schon Haus E zu sehen“, wobei Haus E das Instruktionsobjekt  $p_2$  ist und das Instruktionsobjekt  $p_1$  aus der zuvor genannten Aktion (Ende des Flurs) genommen wird.

## 7. Einbindung in den Geometrischen Agenten

Der aktuelle Implementationsstand des Geometrischen Agenten ermöglicht die Plangenerierung, indem die in den Wegbeschreibungen explizit formulierten Handlungsanweisungen während der Instruktionsphase in einen Aktionsplan umgewandelt werden. Dafür werden die imperativen Anteile aus der Instruktion gefiltert. Der entstehende Aktionsplan ist statisch und wird nach der Generierung nicht mehr verändert. Die Aktionen in dem Aktionsplan dienen dem Agenten als Orientierung bei der Auswahl der auszuführenden primitiven Aktionen in der Navigationsphase. Über die primitiven Aktionen interagiert der Agent mit seiner Umgebung.

Der Aktionsplan des Geometrischen Agenten stellt die Aktionen im Plan derzeit als reine Sequenz in der Reihenfolge dar, in der die Aktionen in der Wegbeschreibung genannt wurden. Der Plan ist so aufgebaut, dass zum einen die auszuführenden Aktionen, mit den Argumenten benannt (z.B.  $go(w)$ ) werden und zum anderen wird die temporale Relation, z.B.  $seq$ , angegeben:

auszuführende Aktion	temporale Relation
$go\ a_1\ w_1$	$seq\ a_1\ a_2$
$be\_at\ a_2\ p_2$	

Die strukturierten Handlungsinformationen ermöglichen es, nicht nur reine Sequenzen von Aktionen im Plan aufzunehmen, sondern auch temporale Relationen, die Überschneidungen der Aktionen ausdrücken, zu berücksichtigen. So könnte ein Plan dann z.B. wie folgt aussehen:

$go\ a_1\ w_1$	$ends\ a_1\ a_2$
$be\_at\ a_2\ p_2$	$seq\ a_2\ a_3$
$go\ a_3\ w_3$	$partly\_overlaps\ a_3\ a_4$
$go\ a_4\ w_4$	

$ends$  und  $partly\_overlaps$  stehen für die temporalen Relationen ENDS und PARTLY\_OVERLAPS,  $seq$  für die momentane einzige darstellbare temporale Relation im Aktionsplan des Geometrischen Agenten.  $seq$  steht für die sequentielle Ausführung von Aktionen, also entspricht der Relation AFTER inverse.

Die Darstellungsform mit temporalen Relationen ermöglicht es, in den Fällen, in denen eine temporale Relation besteht, nicht nur nach einer primitiven Aktion zu suchen, die für die Aktion stehen kann, sondern den in Golog gemachten Abarbeitungsvorschlag für diese temporalen Relationen zu berücksichtigen. Damit der Plan des Geometrischen Agenten um die temporalen Relationen erweitert werden kann, muss bereits in der Verarbeitung der Instruktion, ausgehend von den bis dahin ermittelten Informationen, das Referentielle Netz erweitert werden. Durch das Referentielle Netz wird die Wegbeschreibung repräsentiert und

die temporale Relation kann bei dem jeweiligen Referenzobjekt, in welchem auch die Aktion mit dem Konnektor dargestellt wird, als Designator angefügt werden (siehe Abb. 7.1).

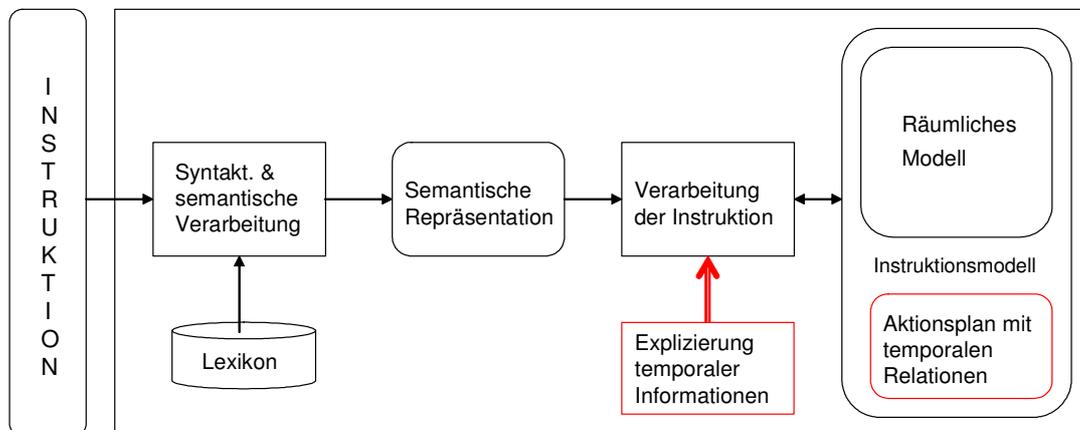


Abb. 7.1: Die um die temporalen Relationen erweiterte Darstellung der Abbildung 3.2

Im Folgenden wird vorgestellt, wie die aktuelle Planerstellung bei dem Geometrischen Agenten erfolgt und welche Erweiterungen vorgenommen werden müssen, um die temporalen Relationen STARTS, ENDS und PARTLY\_OVERLAPS ebenfalls im Plan darzustellen. Zudem wird ein Vorschlag dazu gemacht, wie die Darstellung der sich temporal überschneidenden Aktionen in Golog, in das Modell des Geometrischen Agenten aufgenommen werden kann.

## 7.1 Aktionsplan des Geometrischen Agenten

Das Instruktionsmodell des Geometrischen Agenten beinhaltet den Aktionsplan, der die vom Agenten auszuführenden Aktionen beinhaltet. Bei der klassischen Planung wird der Aktionsplan als einer verstanden, der in der Ausführungsphase strikt abgearbeitet wird. Für den Geometrischen Agenten wird der Aktionsplan nicht in dieser Form verwendet. Der Aktionsplan wird als eine unterstützende Quelle bei der Wegfindung für den geometrischen Agenten betrachtet (vgl. Abschnitt 2.2.2). An der Generierung des Aktionsplans sind unterschiedliche Prozesse beteiligt: Es wird eine natürlichsprachliche Beschreibung vom Instruierenden gemacht, der zusätzlich zu der Geometrischen Beschreibung der Umgebung, die auszuführenden Aktionen nennt. Diese Aktionen werden in der Instruktionsphase des Geometrischen Agenten aus der Wegbeschreibung extrahiert und formal durch den Aktionsplan repräsentiert.

Die Aktionen, die in dem Aktionsplan beschrieben werden, sind nicht direkt ausführbar, da die Darstellung der Aktionen im Aktionsplan, eine Repräsentation der in der Wegbeschreibung beschriebenen Aktionen liefert. Welche Aktionen in der Navigationsphase ausgeführt werden, muss im Kontext der jeweiligen Situation entschieden werden und ist abhängig von unterschiedlichen Faktoren. Aufgrund dessen wird der Plan als Unterstützung für die Navigationsphase gesehen. Der Aktionsplan gibt vor, welche Aktionen in welcher Folge ausgeführt werden, aber nicht, wie diese ausgeführt werden sollen. Eine Aktion  $go$  kann daraus bestehen, dass der Agent geht, dann aber feststellt, dass er sein Aktionsziel noch nicht erreicht hat und weitergehen muss. Eine Aktion kann demnach aus einer Folge von primitiven Aktionen bestehen, die erst während der Navigation des Agenten bestimmt werden. Die primitiven Aktionen stellen die Aktionen dar, die der Agent direkt ausführen kann.

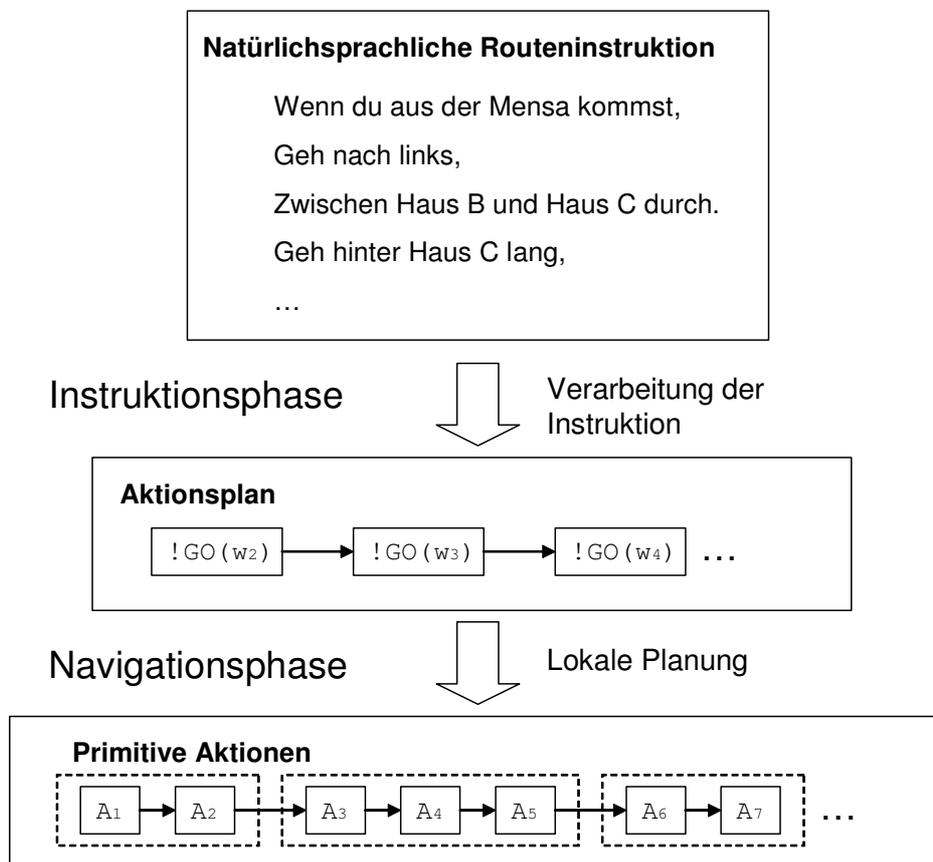


Abb. 7.2: Prozesse zur Generierung und Nutzung des Aktionsplans im Geometrischen Agenten (übernommen aus Bittkowski 2005)

Die möglichen Anweisungen des Aktionsplans sind  $!GO(w)$ ,  $!BE\_AT(r)$ ,  $!CH\_ORIENT(d)$  und  $!VIEW(o)$  (vgl. Abschnitt 3.3.1). Die Anweisung  $GO$  und  $CH\_ORIENT$  entsprechen Bewegungsaktionen und haben als Argumenttyp Pfade. Der Aktionstyp  $VIEW(o)$  beschreibt

die Handlung, nach dem Objekt  $o$  Ausschau zu halten, und wie BE\_AT abzuarbeiten ist, kann erst im Kontext der aktuellen Situation ermittelt werden, da diese Anweisung eine Anweisung an den Agenten ist, sich zu vergewissern, dass er sich in der Region  $r$  befindet, und wenn er sich nicht in Region  $r$  befindet, sich in diese zu begeben. Die imperativen Anweisungen des Aktionsplans werden aus den Referentiellen Netzen, die die Wegbeschreibung repräsentieren, in der Verarbeitung der Instruktion, gefiltert. Die Argumente der Operatoren sind Referenzobjekte des Instruktionsmodells.

Auf der untersten Stufe der Simulation führt der Agent primitive Aktionen in der virtuellen Umgebung aus. Diese Aktionen können zum einen Bewegungsaktionen sein und zum anderen Perzeptionsaktionen. Durch den lokalen Planungsprozess wird eine Aktion des Aktionsplans auf mehrere primitive Aktionen auf der niedrigen Stufe abgebildet (vgl. Bittkowski 2005; siehe Abb. 7.2).

### 7.2 Vorschlag zur Nutzung des Plans mit temporalen Relationen

Hat man einen Aktionsplan, der nicht als reine Sequenz von Aktionen angegeben wird, sondern, bei dem temporale Relationen, die Überschneidungen zwischen den Aktionen darstellen, mitberücksichtigt werden, kann die lokale Planung nicht in oben genannter Form erfolgen. Es kann ein zusätzlicher Schritt eingeführt werden, der die Repräsentationen der temporalen Relationen in Golog (vgl. Abschnitt 6.2.2) berücksichtigt. Anschließend kann, ausgehend von dieser Repräsentation, im lokalen Planungsprozess des Geometrischen Agenten entschieden werden, welche primitiven Aktionen in der Navigation benötigt werden, um diese Aktion abzuarbeiten (siehe Abb. 7.3).

Dieser zusätzliche Schritt ist nicht Teil der Navigationsphase, sondern gehört zu der Instruktionsphase. In diesem Schritt wird, wie durch den Aktionsplan, eine Repräsentation der auszuführenden Aktionen gemacht, die während der Navigation verwendet werden können. Die tatsächliche Umsetzung der Aktion, in der Navigationsphase des Agenten, ist abhängig von der jeweiligen Situation und der Wahrnehmung des Agenten.

Dazu, wie die primitiven Aktionen aus der Golog-Repräsentation erzeugt werden bzw. wie diese Repräsentationen in der Navigationsphase abgearbeitet werden können, wird hier kein Vorschlag gemacht. Bei dieser Darstellung geht es darum zu zeigen, wo die Golog-Repräsentationen in den Geometrischen Agenten eingebunden werden können, wenn bereits ein Plan besteht, der die temporalen Relationen zwischen den Aktionen darstellt. Ein Vorschlag zur Abarbeitung dieser temporalen Relationen ist in Abschnitt 6, durch eine Repräsentation der Aktionen in Golog, gegeben.

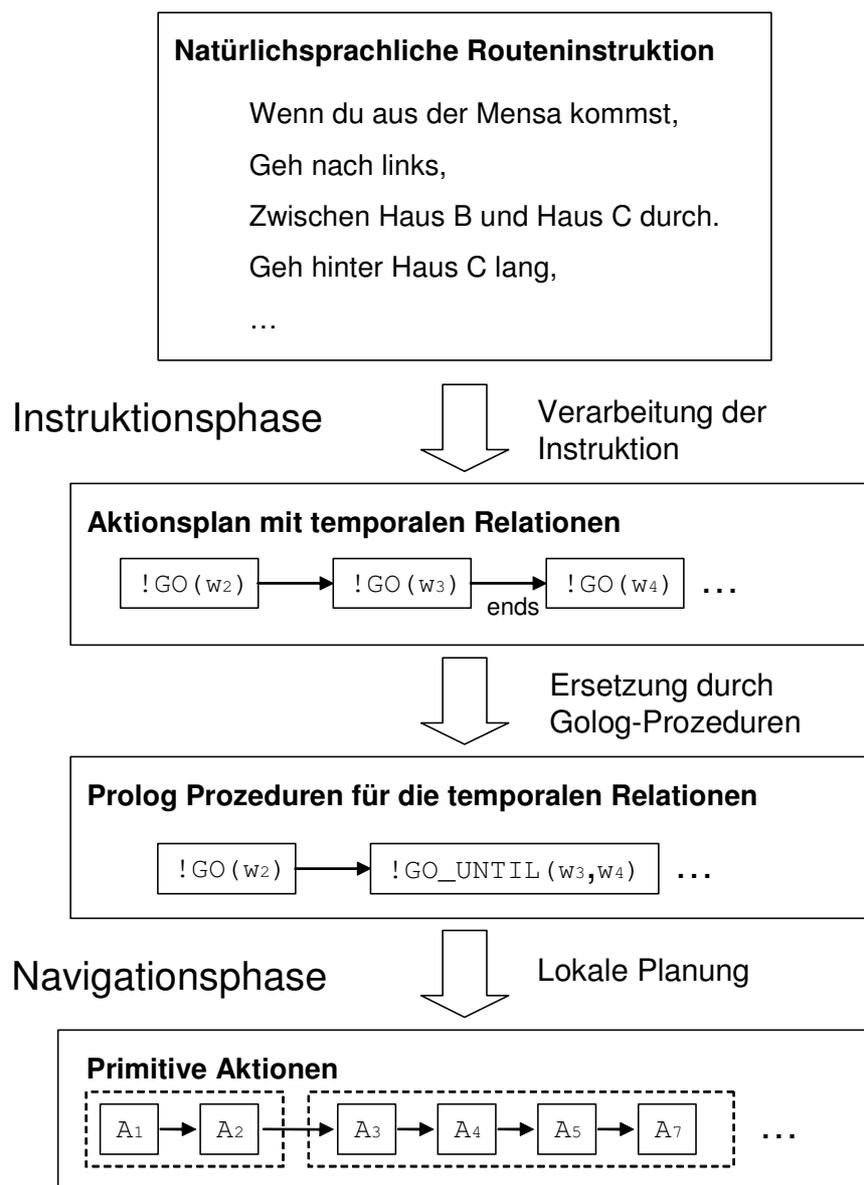


Abb. 7.3: Prozesse zur Generierung und Nutzung des Aktionsplans im Geometrischen Agenten mit Berücksichtigung der temporalen Relationen

### 7.3 Erzeugung eines Aktionsplans mit temporalen Relationen

Der Aktionsplan des Geometrischen Agenten wird aus den zu den Wegbeschreibungen ermittelten Referentiellen Netzen erzeugt. Dafür werden alle Situationen aus dem Referentiellen Netz gefiltert und nach zeitlicher Abfolge sortiert. Die Situationen, die keine Aktion des Navigators darstellen, werden nicht mit in dem Plan aufgenommen. Es wird derzeit bei dem Geometrischen Agenten nur nach der oberflächlichen Reihenfolge der Verben, die die Situationen einführen, sortiert. Im Aktionsplan wird dies ausgedrückt, indem jedes Paar benachbarter Elemente einfach die Relation `seq` für ‚nacheinander‘ zugeordnet bekommt

(bei meiner Unterteilung der temporalen Relationen entspricht dies der Relation AFTER inverse).

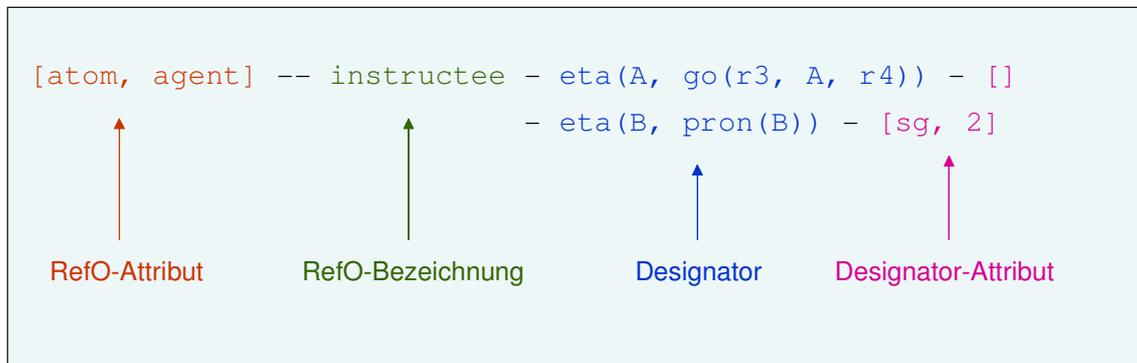


Abb. 7.4: Darstellung eines RefOs in der Verarbeitung der Instruktion des Geometrischen Agenten

Ein Referentielles Netz zu einer Wegbeschreibung wird durch eine Anzahl von Referenzobjekten (RefOs) beschrieben (siehe Abb. 7.4). Die RefOs bekommen unterschiedliche RefO-Attribute, die konzeptuelles Wissen über die Objekte, die durch die RefOs repräsentiert werden, darstellen: zum einen Situation (situation), Ereignisse (event), Zustände (state) etc. und zum anderen Pfade (path), Wege (track), Regionen (region) etc. Die Referenzobjekte enthalten Informationen über die auszuführenden Aktionen und die räumlichen Relationen und werden durch die Designatoren beschrieben. Die Designatoren stellen also das semantische Wissen über die Objekte dar. Die Designatorattribute spezifizieren sprachlich relevante Aspekte der repräsentierten Ausdrücke, wie z.B. syntaktische Merkmale, zudem welches die, zu der durch diesen Designator beschriebenen Aktion, zuvor genannte Aktion ist (Habel 1986; Eschenbach 1988; vgl. auch Abschnitt 3.3.4). Beispielsweise wird der Satz „Dann triffst du auf Haus F“ als Referentielles Netz wie folgt dargestellt:

```
[atom, agent] -- instructee - eta(A, go(r3, A, r4)) - []
                    - eta(B, pron(B)) - [sg, 2, partn]
                    - iota(C, instructee(C)) - [sg]

[situation] -- r2 - iota(D, context(D, r3)) - [unique]
                    - eta(E, anchor_sit(E)) - []

[event] -- r3 - eta(F, aktionMitPointOfChange(F)) - [mp]
                    - eta(G, context(r2, G)) - []
                    - eta(H, go(H, instructee, r4)) - [first, pres, ind]

[atom, building] -- r17 - iota(I, haus(I)&label(I, f)) - [name, sg, neut]
                    - eta(J, haus(J)) - []
                    - eta(K, label(K, f)) - []
                    - eta(L, at(r5, L)) - []
```

```

[path] -- r4 - eta(M, spt(r25, M)) - [mp]
          - eta(N, fpt(r26, N)) - [mp]
          - eta(O, go(r3, instructee, O)) - []
          - eta(P, to(P, r5)) - []

[region] -- r5 - eta(Q, nloc(Q, r25)) - [mp]
            - eta(R, loc(R, r26)) - [mp]
            - eta(S, to(r4, S)) - []
            - iota(T, at(T, r17)) - [unique]

[position] -- r25 - iota(U, spt(U, r4)) - [unique, mp]
              - eta(V, nloc(r5, V)) - [mp]

[position] -- r26 - iota(W, fpt(W, r4)) - [unique, mp]
              - eta(X, loc(r5, X)) - [mp]
    
```

Das erste RefO `instructee` steht für den instruierten Agenten und enthält Designatoren wie z.B. `go`, `pron`. Diese stehen für die Informationen, die den Agenten direkt betreffen. Das RefO `r2` ist eine durch die Verwendung von *dann* eingeführte Situation. `r3` steht für das Ereignis, dass sich der Agent entlang eines Pfades bewegen soll. Die anderen RefOs stehen für das Gebäude, welches in der Beschreibung genannt wird, den Pfad, der beschrieben wird, sowie die Region, in welcher das Treffen auf das Gebäude stattfindet. Die beiden Positionen (`r25` und `r26`) stehen für den Anfangspunkt und den Endpunkt des beschriebenen Pfades.

Im Referentiellen Netz können die Informationen zum temporalen Bezug zu einer zuvor genannten Aktion dem RefO als Designator hinzugefügt werden, in dem die Aktion mit dem Konnektor als Designator beschrieben ist. Dafür muss überprüft werden, ob die jeweilige Bedingung für die Erfüllung der temporalen Relation gegeben ist. Dies kann je nach Bedingung bereits auf syntaktischer Ebene oder auch in der semantischen Repräsentation erfolgen, damit in der Verarbeitung der Instruktion die Information zum temporalen Bezug hinzugefügt werden kann. Dadurch kann man anschließend bei der Erzeugung des Aktionsplans aus der Verarbeitung der Instruktion, diese Information verwenden, um die temporale Relation im Aktionsplan darzustellen.

### 7.3.1 Die Relation ENDS im Aktionsplan

Zwischen zwei Aktionen, deren sprachliche Beschreibung durch einen der Konnektoren *bis* oder *dann* verbunden sind, und bei denen in der Beschreibung der zweiten Aktion bestimmte Verben verwendet werden, besteht die Relation ENDS. Sind die Beschreibungen der beiden Aktionen durch den Konnektor *bis* miteinander verbunden und es wird zusätzlich ein Wahrnehmungsverb oder ein Vollendungsverb verwendet, handelt es sich um die Relations ENDS. Die Relation ENDS liegt ebenfalls vor, wenn die Beschreibungen der Aktionen durch den Konnektor *dann* verbunden sind und in der zweiten Aktion ein Zustandsverb oder Vollendungsverb verwendet wird.

Wird *bis* als Subjunktorkonkret zwischen zwei Aktionen verwendet, wird dieses im Referentiellen Netz durch den Designator *fin* dargestellt. Der Designator *fin* stellt eine Relation zwischen den beiden Aktionen her, die durch *bis* verbunden sind. Bei der Verwendung von *bis* als Konnektor zwischen zwei Aktionen, besteht immer die Relation ENDS. Deshalb müssen die verwendeten Verben nicht zwingend mitberücksichtigt werden, um die temporale Relation festzulegen. Ein Ausschnitt aus dem entstehenden Referentiellen Netz, welches zwei Aktionen, die durch den Konnektor *bis* verknüpft sind, darstellt, hat folgende Form:

```
[change] -- r1 - eta(A, fin(r2, A))-[]
           - eta(B, go(B, instructee, _))-[]

[ ] -- r2 - eta(C, fin(C, r1))-[]
      - eta(D, _(D, instructee, _))-[next(r1), _, _]
```

Den Unterstrich „\_“ habe ich in dieser Darstellung (und im Folgenden) immer dann eingesetzt, wenn der Eintrag im Referentiellen Netz nicht von Relevanz zur Bestimmung der temporalen Relation ist. Entscheidend ist, dass der Konnektor *bis* verwendet wird, und die zweite Aktion (dargestellt durch das RefO *r2*) durch die erste Aktion (dargestellt durch das RefO *r1*) beendet wird. Dieser Umstand wird durch *fin* ausgedrückt, welches die Relation zwischen den RefOs aufbaut. Die erste Aktion kann vom Typ *go* (wie in der Darstellung oben) oder vom Typ *be\_at* sein. Bei der zweiten Aktion ist es irrelevant, von welchem Typ sie ist.

Ist eine Beziehung zwischen den RefOs, so wie oben angegeben, vorhanden, dann kann ein zusätzlicher Designator an das RefO *r2* angefügt werden, welches die temporale Relation ausdrückt:

```
r2 - eta(E, ends(E, r1)) - []
```

Dieser zusätzliche Designator steht dafür, dass die im RefO *r1* beschriebene Aktion, durch die im RefO *r2* beschriebene Aktion beendet wird, also die Relation ENDS zwischen diesen Aktionen besteht. Dieser Designator, der für die Relation ENDS steht, kann bei einem Aufbau eines Referentiellen Netzes dieser Form angefügt werden, da nur bei Verwendung der Subjunktion *bis* der Designator *fin* verwendet wird, der für die Festlegung der temporalen Relation entscheidend ist.

Wird *dann* in der Wegbeschreibung als Konnektor verwendet, wird *dann* bereits im Lexikon durch das Objekt *context* dargestellt. In der semantischen Repräsentation wird diesem Objekt der Wert einer Situation zugeordnet, welche eine Relation zu dem RefO besitzt, die auch die sprachliche Beschreibung der Aktion enthält, in welcher *dann* verwendet wird. Das RefO, welches die *context* Situation repräsentiert, enthält zusätzlich einen Designator *anchor\_sit*:

```
[situation] -- r1 - iota(A, context(A, _)) - []
              - eta(B, anchor_sit(B)) - []
```

Ein RefO dieser Form, mit diesen beiden Designatoren, wird im Referentiellen Netz nur dann dargestellt, wenn in der Beschreibung der Aktion *dann* verwendet wird. In den folgenden Darstellungen der Ausschnitte der Referentiellen Netze wird dieses RefO ebenfalls mit dargestellt, da es eine Voraussetzung für die Bestimmung der temporalen Relation ist. Nur wenn die im Folgenden genannten Strukturen in einem Referentiellen Netz vorliegen, liegt die jeweilige temporale Relation vor. Auf diese Weise kann man die *dann*-Fälle gegen die anderen Referentiellen Netze, die ähnlich aufgebaut sind, abgrenzen. Sind andere Relationen, als die durch *dann* aufgebaute von Belang, so werden diese aufgeführt und erläutert.

Damit die Relation ENDS vorliegt, müssen zusätzlich in der *dann*-Aktion nur Zustandsverben oder Vollendungsverben verwendet werden. Die Zustandsverben erzeugen die Aktion *be\_at* und die Vollendungsverben erzeugen *go*, wobei dieses *go* eine räumliche Relation *to* enthält. Beides gilt nur für den Fall, dass es sich um aktive Segmente handelt. Bei den *dann*-Fällen, in denen die Relation ENDS vorliegt und in der Beschreibung ein Vollendungsverb vorliegt, müssen also folgende Relationen zwischen den RefOs bestehen:

```
[event] -- r2 - eta(C, context(r3, C)) - []
           - eta(D, go(D, instructee, r4)) - [next(_), _, _]

[situation] -- r3 - iota(E, context(E, r2)) - []
            - eta(F, anchor_sit(F)) - []

[path] -- r4 - eta(G, to(G, _)) - []
```

Bei den *dann*-Fällen, in denen die Relation ENDS vorliegt und ein Zustandsverb verwendet wird, sollte zwischen den RefOs folgende Struktur bestehen:

```
[event] -- r2 - eta(C, context(r3, C)) - []
           - eta(D, be_at(D, instructee, _)) - [next(_), _, _]

[situation] -- r3 - iota(E, context(E, r2)) - []
            - eta(F, anchor_sit(F)) - []
```

Liegen diese Relationen zwischen den RefOs im Referentiellen Netz vor, dann kann an das RefO *r2*, welches die Aktion enthält, ein Designator *ends* angefügt werden, der in Relation zu der Situation mit dem Kontext gesetzt wird:

```
r2 - eta(H, ends(H, r3)) - []
```

Dieser Designator steht dafür, dass die durch das RefO *r3* beschriebene Situation, durch die in dem RefO *r2* beschriebene Aktion, beendet wird. Ist ein Designator, der für diese Relation steht, im Referentiellen Netz gegeben, dann kann bei der Erzeugung des Aktionsplans für die durch das *next*-Attribut benachbarten Elemente, die Relation ENDS gesetzt werden.

### 7.3.2 Die Relation STARTS im Aktionsplan

Die Relation STARTS inverse besteht zwischen zwei Aktionen, wenn es sich um ein *wenn-dann*-Konstrukt handelt oder folgende Bedingungen erfüllt sind:

- die Aktionen sind durch den Konnektor *dann* verbunden,
- die erste Aktion beschreibt einen Zustand,
- die zweite Aktion ist eine Wahrnehmungsaktion

Wenn in dem Referentiellen Netz, zwei RefOs enthalten sind, die über einen Kontext, welches durch *wenn...*, *dann* erzeugt wird, miteinander verbunden sind oder ein RefO mit einem *be\_at* und ein weiteres RefO mit *view* gegeben ist, wobei dieses RefO einen Kontext enthält und ein *next*-Attribut, welches auf das RefO mit dem *be\_at* verweist, dann ist die temporale Relation STARTS gegeben.

Wird *wenn...*, *dann* in der sprachlichen Beschreibung verwendet, muss folgende Relation zwischen den RefOs bestehen (1):

```
[state] -- r1 - iota(A, context(A, r2)) - []
           - eta(B, be_at(B, instructee, _)) - []

[state] -- r2 - eta(C, context(r1, C)) - []
           - eta(D, view(D, instructee, _)) - [next(r1), _, _]
```

In diesem Fall kann an das RefO *r2* ein weiterer Designator angehängt werden. Dieser Designator *starts* steht dafür, dass der Zustand, der durch *r2* beschrieben wird, begonnen wird durch den Zustand, den das RefO *r1* beschreibt:

```
r2 - eta(H, starts(r1, H)) - []
```

Wird kein *wenn...*, *dann* in der sprachlichen Beschreibung verwendet, muss folgende Relation zwischen den RefOs vorliegen (2):

```
[situation] -- r1 - iota(A, context(A, r2)) - []
                - eta(B, anchor_sit(B)) - []

[state] -- r2 - eta(D, context(r2, D)) - []
                - eta(E, view(E, instructee, _)) - [next(_), _, _]
```

Sind diese Relationen zwischen den RefOs gegeben, kann ein Designator, der für die temporale Relation steht, zu dem RefO hinzugefügt werden, welches auch die Sichtaktion enthält:

```
r2 - eta(H, starts(r1, H)) - []
```

Dieser Designator steht dafür, dass die Situation aus dem RefO *r1* den Zustand, der durch das RefO *r2* dargestellt wird, beginnt.

### 7.3.3 Die Relations PARTLY\_OVERLAPS im Aktionsplan

Die Relation PARTLY\_OVERLAPS wurde nur für die Fälle ermittelt, in denen die Aktionen durch den Konnektor *dann* miteinander verbunden sind und eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- (1) die zuvor genannte Aktion ist unbegrenzt und gehört nicht bereits zu ENDS,
- (2) in der *dann*-Aktion wird ein Wahrnehmungsverb verwendet und es wurde nicht bereits die Relations STARTS zugeordnet,
- (3) ein weiterer Konnektor wird in der *dann*-Aktion verwendet, nämlich *da*, *schon*, *aber*, *also* oder *wo*
- (4) oder ein anderes anaphorisches Mittel wird in der *dann*-Aktion verwendet.

Die Relation PARTLY\_OVERLAPS drückt aus, dass sich die Aktionen, zwischen denen diese Relation besteht, teilweise überschneiden. Die Ausführung der Aktionen erfolgt zu einem Zeitpunkt oder während eines Zeitintervalls nebenläufig. Dabei überschneiden sich das Ende der ersten Aktion und der Beginn der Folgeaktion (vgl. Abschnitt 4.3.2.2).

Damit die erste Bedingung erfüllt sein kann, muss es in den Referentiellen Netzen eine Möglichkeit zur Überprüfung auf unbegrenzte Aktionen geben. Eine Aktion gilt als unbegrenzt, wenn es keine Verben mit Begrenzung enthält und auch keine Ziel-Präpositionen. Die Verben und Präpositionen, die Begrenzungen hervorrufen, führen im Referentiellen Netz zu bestimmten räumlichen Relationen, die einen Pfad mit einer Region in Beziehung setzen (Eschenbach et al. 2000):

- *to* (steht dafür, dass der Pfad in eine Region führt) oder
- *via* (steht dafür, dass der Pfad durch eine Region führt) oder
- *from* (steht dafür, dass der Pfad in einer Region beginnt).

Kommen diese Relationen nicht vor, dann handelt es sich um lokal unbegrenzte Aktionen. Ein weiteres Merkmal für Aktionen, die begrenzt sind, ist die Präposition *bis* (vgl. Abschnitt 4.3.4.1 und 5.3.1). In der Modellierung des Geometrischen Agenten findet diese Präposition keine besondere Berücksichtigung. Wird diese Präposition jedoch unabhängig von einer weiteren Ziel-Präposition verwendet, dann wird auch keine der oben genannten räumlichen Relationen erzeugt. Um eine Aktion als lokal begrenzt zu markieren, sollte aufgrund dessen aus dem Referentiellen Netz ersichtlich sein, dass *bis* in der Aktionsbeschreibung als Präposition verwendet wurde.

Die Informationen zu begrenzten und unbegrenzten Aktionen kann man bereits vor der Erzeugung des Referentiellen Netzes aus dem Lexikon und der semantischen Repräsentation filtern, so dass bei der Erzeugung des Referentiellen Netzes ein zusätzlicher Designator erzeugt wird, der für die Begrenzung von Aktionen steht. Eine begrenzte Aktion kann durch

ein RefO folgender Form beschrieben werden, indem dem RefO ein zusätzlicher Designator angefügt wird, der für die Aktionen mit Begrenzung steht:

```
[_] -- r1 - eta(A, aktionMitBegrenzung(A)) - []
      - eta(B, go(B, instructee, _)) - []
```

Die unbegrenzten Aktionen bilden die Restklasse, so dass es im Modell des Geometrischen Agenten ermöglicht werden muss, auf nicht Enthaltensein von Designatoren zu prüfen, bzw. für jede andere Aktion, die nicht begrenzt ist, einen Designator folgender Form anzufügen:

```
[_] -- r1 - eta(A, aktionOhneBegrenzung(A)) - []
      - eta(B, go(B, instructee, _)) - []
```

Ist eine solche Unterteilung in begrenzte und unbegrenzte Aktionen im Modell des Geometrischen Agenten möglich, dann liegt die Relation PARTLY\_OVERLAPS unter Bedingung (1) vor, wenn folgende Beziehung zwischen RefOs vorliegt:

```
[situation] -- r1 - iota(A, context(A, r3)) - []
              - eta(B, anchor_sit(B)) - []

[_] -- r2 - eta(C, go(C, instructee, _)) - []
        - eta(D, aktionOhneBegrenzung(D)) - []

[_] -- r3 - eta(E, context(r1, E)) - []
        - eta(F, go(F, instructee, _)) - [next(r2), _, _]
```

Ist zwischen den RefOs eine solche Beziehung mit diesen Designatoren gegeben, dann ist die Relation PARTLY\_OVERLAPS gegeben und an das RefO, welches die Repräsentation der zweiten Aktion enthält, kann ein Designator, der für die temporale Relation steht, angefügt werden. Für die obige Darstellung an das RefO r3 in folgender Form:

```
r3 - eta(F, partly_overlaps(r1, F)) - []
```

Dieser Designator steht dafür, dass die durch das RefO r1 ausgedrückt Situation sich teilweise mit der im RefO r3 dargestellten Aktion überschneidet.

Für (2) ist nur zu überprüfen, ob in der *dann*-Aktion ein Wahrnehmungsverb verwendet wird. Durch Wahrnehmungsverben werden im Lexikon *view*-Aktionen erzeugt. Hat man also eine Struktur von RefOs folgender Form gegeben, kann eine Erweiterung um den Designator wie oben, der für die Relation PARTLY\_OVERLAPS steht, erfolgen:

```
[situation] -- r1 - iota(A, context(A, r3)) - []
              - eta(B, anchor_sit(B)) - []

[_] -- r3 - eta(D, context(r1, D)) - []
        - eta(E, view(E, instructee, _)) - [next(_), _, _]
```

Wird in der sprachlichen Beschreibung einer Aktion, zusätzlich zum *dann*, ein *da*, *aber*, *schon*, *also* oder *wo* verwendet, besteht die temporale Relation PARTLY\_OVERLAPS zu der zuvor

genannten Aktion. Einige dieser Adverbien, Präpositionen bzw. Konjunktionen werden bereits in der Instruktionsphase des Geometrischen Agenten berücksichtigt. Das Adverb *also* ist aber noch nicht Bestandteil des Lexikons des Geometrischen Agenten.

Durch die Beschreibung einer Aktion mit *also* wird Bezug auf die zuvor genannte Aktion genommen, da *also* eine Spezifikation der zuvor genannten Aktion ausdrückt. Zwischen den beiden Aktionen besteht demnach eine Überlappung, da sie teilweise die gleiche auszuführende Tätigkeit für den Agenten beinhalten. *Also* sollte in den Referentiellen Netzen so behandelt werden, dass es im Referentiellen Netz ersichtlich wird:

```
[situation] -- r2 - iota(B, context(B, r3))-[]
                - eta(C, anchor_sit(C))-[]

[event] -- r3 - eta(E, also(E)) - []
                - eta(F, context(r2, F)) - []
                - eta(G, _(G, instructee, _)) - [next(_), _, _]
```

Ein weiterer Konnektor, der Bezug zu der zuvor genannten Aktion herstellt, ist *aber*. Dieser Konnektor hat in den Wegbeschreibungen die Funktion, ein zuvor genanntes lokales Ziel zu ändern (vgl. Abschnitt 5.4.3). In der momentanen Verarbeitung innerhalb der Instruktionsphase des Geometrischen Agenten bekommt *aber* keinen zusätzlichen Wert zugewiesen. *Aber* wird als Designator an das RefO angefügt, welches auch die Aktion der sprachlichen Beschreibung enthält:

```
[situation] -- r2 - iota(B, context(B, r3))-[]
                - eta(C, anchor_sit(C))-[]

[event] -- r3 - eta(E, aber(E)) - []
                - eta(F, context(r2, F)) - []
                - eta(G, _(G, instructee, _)) - [next(_), _, _]
```

Der Konnektor *schon* wird in den Wegbeschreibungen nur in Verbindung mit Sichtaktionen verwendet (vgl. Abschnitt 5.4.3). Es kann sich aber auch um andere Aktionstypen handeln. Ein Ausschnitt aus dem Referentiellen Netz, wie *schon* momentan behandelt wird, sieht wie folgt aus:

```
[situation] -- r2 - iota(B, context(B, r3))-[]
                - eta(C, anchor_sit(C))-[]

[_] -- r3 - eta(E, schon(E)) - []
                - eta(F, context(r2, F)) - []
                - eta(G, _(G, instructee, _)) - [next(_), _, _]
```

Bestehen in Referentiellen Netzen Beziehungen dieser Art, wie in den oberen drei Fällen angegeben, dann soll das RefO *r3* um folgenden Designator, der dafür steht, dass sich die Aktion aus dem RefO *r3* und der Situation aus dem RefO *r2* temporal überschneiden, erweitert werden:

```
r3 - eta(F, partly_overlaps(r2, F)) - []
```

*Wo* und *da* sind Konnektoren, durch die auf eine Position aus der zuvor genannten Aktion Bezug genommen wird. *Da* ist ein Adverb, durch den ein lokaler Bezug ausgedrückt wird. Dies wird im Geometrischen Agenten aufgenommen, indem *da* mit einer Region verbunden wird, die durch die räumliche Relation `loc` in Beziehung zu dem RefO gesetzt wird, welches die Repräsentation der Aktion enthält. Entscheidend ist dabei, dass die Region, zu welchem der Designator `loc` zugeordnet wird, zusätzlich einen Designator `anchor_region` enthält. Sind die RefOs im Referentiellen Netz also auf folgende Weise miteinander verbunden, dann besteht zwischen den beiden durch den Konnektor *dann* und *da* verbundenen Aktionen die Relation `PARTLY_OVERLAPS`:

```
[situation] -- r2 - iota(B, context(B, r3)) - []
               - eta(C, anchor_sit(C)) - []

[event] -- r3 - eta(D, context(r2, D))-[]
           - eta(E, go(E, instructee, _)) - [next(_), _, _]
           - eta(F, loc(r4, F))-[]

[region] -- r4 - eta(G, loc(G, r3))-[]
           - eta(H, anchor_region(H))-[]
```

*Da* ist nicht das einzige Adverb, durch dessen Verwendung in der sprachlichen Beschreibung ein Referentielles Netz dieser Form aufgebaut wird. Im Modell des Geometrischen Agenten werden durch zwei weitere Adverbien die gleichen Relationen aufgebaut. Diese sind *dort* und *hier*. Auch bei diesen Adverbien wird eine räumliche Relation `loc` zu einer Region aufgebaut. Das RefO mit dem RefO-Attribut `region` enthält auch in diesen Fällen einen zusätzlichen Designator `anchor_region`.

Für diese beiden Relationen ist zu überprüfen, ob in ihrer Verwendung innerhalb der *dann*-Aktion einer Wegbeschreibung ebenfalls die Relation `PARTLY_OVERLAPS` besteht. Das Adverb *hier* wird innerhalb der untersuchten Wegbeschreibungen zwar häufig in den Beschreibungen des Trier-Korpus verwendet, in einem *dann*-Segment wird es allerdings in der sprachlichen Beschreibung nur zweimal verwendet. Bei beiden Vorkommnissen handelt es sich um die Relation `PARTLY_OVERLAPS` zu der zuvor genannten Aktion, z.B. t4\_27: „...und dann, also Richtung Porta Nigra. Und dann gehen Sie **hier** die Porta Nigra ganz grade aus...“ Durch *hier* wird, wie auch durch *da*, Bezug auf die zuvor genannte Aktion genommen. So könnte es in dem Beispiel auch: „Und dann gehen Sie **da** die Porta Nigra ganz grade aus“ lauten.

Das Adverb *dort* wird innerhalb der untersuchten Wegbeschreibungen nicht gemeinsam mit dem *dann* für eine Aktionsbeschreibung verwendet. In seiner Verwendung innerhalb einer Aktion hat es aber die gleiche Funktion wie auch die Adverbien *da* und *hier*. Durch diese drei Adverbien wird Bezug auf einen Ort genommen, der durch Ausführung der zuvor genannten Aktion erreicht werden kann. Aufgrund dessen sollen diese so verknüpften Aktionen als

teilweise überlappend betrachtet werden, d.h. es besteht zwischen ihnen die Relation `PARTLY_OVERLAPS`.

Da bei dem Vorkommen dieser Adverbien *da*, *dort* und *hier* in einer *dann*-Aktion die Relation `PARTLY_OVERLAPS` zu der zuvor genannten Aktion besteht, ist es nicht notwendig, die oben genannte Beziehung zwischen den RefOs eines Referentiellen Netzes, differenzierter zu betrachten bzw. einen Designator einzuführen, der nur für das Adverb *da* steht. Besteht die oben genannte Struktur zwischen RefOs, also gibt es ein zusätzliches RefO mit dem RefO-Attribut `region` und den Designator `loc` und `anchor_region`, die in Relation zu einer *dann*-Aktion gesetzt sind, dann liegt die Relation `PARTLY_OVERLAPS` zu der zuvor genannten Aktion vor. In diesem Fall, soll an das RefO, welches die Repräsentation der *dann*-Aktion enthält (im Beispiel oben `r3`) ein weiterer Designator `partly_overlaps` angefügt werden:

```
r3 - eta(I, partly_overlaps(r2, I)) - []
```

Dieser Designator steht dafür, dass die Situation, die durch das RefO `r2` beschrieben wird, sich teilweise mit der Aktion, die im RefO `r3` dargestellt wird, überlappt.

In der Verarbeitung innerhalb des Geometrischen Agenten wird durch *wo* ebenfalls eine räumliche Relation `loc` erzeugt und dem RefO, welches auch die Repräsentation der *dann*-Aktion enthält, hinzugefügt:

```
[situation] -- r2 - iota(B, context(B, r3))-[]
              - eta(C, anchor_sit(C))-[]

[event] -- r3 - eta(E, loc(_, E)) - []
          - eta(F, context(r2, F)) - []
          - eta(G, go(G, instructee, _)) - [next(_), _, _]
```

Das Problem, das sich dabei ergibt, ist, dass *wo* nicht das einzige Adverb bzw. die einzige Präposition ist, die eine räumliche Relation `loc` hervorruft. Nicht in allen Fällen, in denen eine Präposition bzw. ein Adverb durch eine Relation `loc` dargestellt wird, besteht die Relation `PARTLY_OVERLAPS` zu der zuvor genannten Aktion. Eine Möglichkeit zur Abgrenzung gegen die anderen Vorkommen gibt es aber nicht immer, da nicht immer auch ein zusätzlicher Designator dargestellt wird, wie es bei *da* durch `anchor_region` der Fall ist.

Wird *wo* in der Aktionsbeschreibung verwendet, sollte dieses eindeutig aus dem Referentiellen Netz ersichtlich sein. Dies kann erfolgen, indem ein zusätzlicher Designator in diesen Fällen verwendet wird. In Abschnitt 5.4.3 wurde gezeigt, dass sich innerhalb der Verwendung der Wegbeschreibungen, *wo* gegen *da* substituieren lässt. Sowohl durch *wo* als auch durch *da* wird Bezug auf einen Punkt aus der zuvor genannten Aktion genommen. Der Bedeutungsbeitrag beider soll gleich behandelt werden. Anstatt eines zusätzlichen Designators für das Adverb *wo*, kann man *wo* im Referentiellen Netz wie *da* darstellen.

Wird *wo* so behandelt wie *da*, ist keine zusätzliche Differenzierung zu anderen Adverbien bzw. Präpositionen notwendig. Ist ein Referentielles Netz bei der Verwendung von *wo* innerhalb einer Aktion gegeben, in der auch ein *dann* verwendet wird, welches den Aufbau wie in den *da*-Fällen (oben angegeben) hat, dann kann ein zusätzlicher Designator `partly_overlaps` wie oben beschrieben, an das RefO<sub>r3</sub> angefügt werden.

Der letzte Fall (4), bei dem die Relation `PARTLY_OVERLAPS` besteht, kann durch den Geometrischen Agenten noch nicht dargestellt werden. Die Bezugnahme auf die zuvor genannte Aktion muss nicht immer durch einen Konnektor erfolgen, sondern kann durch andere anaphorische Ausdrücke erfolgen. Der Geometrische Agent ermöglicht durch pragmatische Annahmen das Auflösen gewisser anaphorischer Verknüpfungen, wie z.B. wenn derselbe Name innerhalb eines Satzes verwendet wird etc. Ist aber beispielsweise eine Instruktion folgender Form: „*Biege nach links in die Abzweigung. Und die gehst du dann ganz geradeaus runter...*“ angegeben, dann ist die Auflösung von „**die Abzweigung = die**“ noch nicht möglich.

Für die Fälle in denen es bereits möglich ist, die anaphorische Auflösung zu machen, kann man auch die temporale Relation festlegen. In den anderen Fällen, wie oben, muss zuerst eine Erweiterung der Instruktionsphase des Geometrischen Agenten erfolgen.

### 7.3.4 Globale Wahrnehmungsaktionen im Aktionsplan

Globale Wahrnehmungsaktionen sind Wahrnehmungsaktionen, in denen die Sichtbarkeit des Ziels beschrieben wird und die ihre Gültigkeit im weiteren Verlauf der Ausführung der Wegbeschreibung nicht verlieren. Um diese Aktionen in den Aktionsplan aufnehmen zu können, muss ein Vergleich zwischen dem in der Beschreibung genannten Objekt und dem Ziel erfolgen. Handelt es sich dabei um das Ziel, dann bekommt die Situation, die im Referentiellen Netz durch diese Wahrnehmungsaktion erzeugt wird, einen zusätzlichen Designator, welcher die globale Wahrnehmungsaktion repräsentiert. Dadurch kann bei der Aktionsplanerstellung diese Information mit aufgenommen werden. Diese temporale Relation stellt einen besonderen Fall von `PARTLY_OVERLAPS` dar und eine Repräsentation in Golog, die einen Vorschlag zur Abarbeitung dieser Relation macht, wurde in Abschnitt 6.2.2.4 gemacht. Hat man beispielsweise einen Satz in einer Wegbeschreibung: „*Aus dem Fenster siehst du dann Haus F*“, wobei das Haus F auch das Ziel der Wegbeschreibung ist, dann soll die Sichtbarkeit des Hauses über die folgenden Aktionen andauern. In der Darstellung des Referentiellen Netzes muss also ein Abgleich zwischen dem Ziel der Wegbeschreibung (welches zum aktuellen Zeitpunkt nicht dargestellt wird) und dem Objekt, auf welches in der Sichtaktion referiert wird, erfolgen. Wird die Darstellung der Referentiellen Netze um einen Designator `goal` erweitert, der ein Objekt als das Ziel der Wegbeschreibung kennzeichnet, kann man festlegen, in welchen Fällen globale Wahrnehmungsaktionen vorliegen. In diesem Fall wird ein Referentielles Netz folgender Form aufgebaut:

```
[situation] -- r1 - iota(A, context(A, r2))-[]
                - eta(B, anchor_sit(B))-[]

[state] -- r2 - eta(C, context(r1, C)) - []
                - eta(D, view(D, instructee, r3)) - []

[atom, building] -- r3 - eta(E, view(r2, instructee, E))-[]
                - eta(F, goal(F)) - []
```

Bietet der Geometrische Agent die Möglichkeit, das Ziel einer Wegbeschreibung zu markieren, kann das durch den Designator `view` des RefOs `r2` beschriebene Objekt (`r3`) als dieses Ziel identifiziert werden. Stimmen Ziel und Objekt überein, kann ein Designator an das RefO `r2` angefügt werden, der die Sichtaktion als globale Wahrnehmungsaktion markiert:

```
r2 - eta(I, global(I, r1)) - []
```

Dieser zusätzliche Designator, steht dafür, dass es sich bei der in dem RefO `r2` dargestellten Aktion, um eine globale Wahrnehmungsaktion handelt, die in Relation zu der in Situation des RefOs `r1` steht. Durch den Eintritt des Kontextes der durch das RefO `r2` dargestellt wird, beginnt die globale Wahrnehmungsaktion, die bis zum Erreichen, dieses durch `goal` beschriebenen Ziels, erfüllt bleibt.

### 7.3.5 Darstellung passiver Aktionen im Aktionsplan

In der sprachlichen Beschreibung der Aktionen einer Wegbeschreibung werden die Aktionen nicht immer direkt an den Agenten gerichtet. Diese, nicht direkt an den Agenten gerichteten Aktionsbeschreibungen werden als passive Segmente bezeichnet (vgl. Abschnitt 4.3.3). Die passiven Segmente enthalten aber oft auch für die Ausführung der Wegbeschreibung relevante Informationen und sollten deshalb bei der Bestimmung der temporalen Relationen berücksichtigt werden. Sie sollten ebenfalls im Aktionsplan des Geometrischen Agenten als implizite Aktionen aufgenommen werden.

Die passiven Segmente werden auf zwei Arten gedeutet: zum einen kann in der Beschreibung des Segments ein Bewegungsverb verwendet werden, dann soll die Beschreibung des Segments als `go` interpretiert werden, zum anderen kann ein Zustandsverb verwendet werden und in diesem Fall soll die Beschreibung als `be_at` gedeutet werden. Wird ein Bewegungsverb verwendet, wird das passive Segment als eine `go`-Aktion verstanden, wobei man sich entlang des Pfades bewegen soll, der in diesem Fall die aktive Rolle trägt, z.B. „Die Straße geht dann bis zum Haus F“. Handelt es sich um ein Zustandsverb, wird die Beschreibung als eine Positionierung des Agenten verstanden. Der Agent soll sich also bei dem Objekt, welches die aktive Rolle trägt befinden, z.B. „Dort befindet sich Haus F“.

In der Beschreibung von passiven Segmenten können aber auch Konfigurationsverben verwendet werden. Durch die Konfigurationsverben wird eine Eigenschaft des Pfades

beschrieben, wie z.B. „*der Weg teilt sich*“. Diese Fälle sollen auch weiterhin als passive Fälle behandelt werden (in der Modellierung des Geometrischen Agenten als räumliche Informationen aufgenommen), da erst die folgende Aktion spezifiziert, welche Bedeutung diese Beschreibung für die Wegbeschreibung hat, z.B. „*Der Weg teilt sich, gehe nach links*“. In diesem Fall wird erst durch die Anweisung nach links zu gehen, eine Aktion für den Agenten festgelegt. Die Information, dass der Weg sich teilt, stellt keine für den Agenten auszuführende Aktion dar.

Nicht in allen Fällen, in denen eine solche implizite Aktion im Aktionsplan berücksichtigt werden sollte, wird auch eine Situation im Referentiellen Netz eingeführt. Der momentane Stand der Implementierung des Geometrischen Agenten berücksichtigt bei der Erstellung des Aktionsplans keine Aktionen, die nicht direkt an den Agenten gerichtet sind. Im Aktionsplan werden nur solche Aktionen mit aufgenommen, die direkt an den Agenten gerichtet sind, also in Relation zu dem RefO `instructee` stehen.

Für die Beschreibungen von Segmenten, die durch einen der Konnektoren *bis* oder *dann* verbunden sind, sollen die passiven Segmente in den oben beschriebenen Fällen als implizite Aktionen oder Zustandsbeschreibungen in den Aktionsplan aufgenommen werden bzw. schon auf einer vorherigen Ebene als solche markiert werden, indem die temporale Relation zu der zuvor genannten Aktion bestimmt wird. Dass die Aktion nicht direkt an den Agenten gerichtet wird, ist im Referentiellen Netz daran ersichtlich, dass in der Beschreibung der Aktion durch den Designator, nicht auf den `instructee`, welcher für das initiale RefO steht, referiert wird. Hat man z.B. „*Dann bist du beim Haus*“ und „*Dann ist da das Haus*“, wird in beiden Fällen die Aktion `be_at` erzeugt, mit dem Unterschied, dass das erste `be_at` an den Agenten gerichtet ist und das zweite sich auf das Gebäude und die Region in welcher dieses sich befindet, bezieht:

```
- eta(A, be_at(A, instructee, r1))-[] vs. - eta(A, be_at(A, r3, r1))-[]
```

Wird in der Beschreibung der passiven Aktion ein Bewegungsverb verwendet, wird dieses im Referentiellen Netz als ein Zustand dargestellt, der einen Designator `sit_dir` enthält und das aktive Objekt des Satzes mit dem Pfad, der beschrieben wird, in Beziehung setzt. In den Fällen, in denen in der Beschreibung noch zusätzlich einer der Konnektoren *bis* oder *dann* verwendet wird, soll diese Darstellung im Referentiellen Netz so verstanden werden, dass der beschriebene Pfad vom Agenten entlang gegangen werden soll. Bei dem Satz „*dann geht die Strasse nach links*“ wird z.B. folgendes Referentielles Netz erzeugt:

```
[atom, agent] -- instructee - iota(A, instructee(A)) - [sg]
[state] -- r19 - eta(B, context(r2, B))-[]
           - eta(C, sit_dir(C, r91, r101)) - [first, pres, ind]
[situation] -- r2 - iota(D, context(D, r19)) - [unique]
              - eta(E, anchor_sit(E)) - []
```

## 7. Einbindung in den Geometrischen Agenten

---

```
[track] -- r120 - eta(F, part(F, r91)) - [mp]
            - eta(G, track_part(G, r91)) - [mp]
            - eta(H, along(r101, H)) - [mp]

[atom, track] -- r91 - eta(I, part(r120, I)) - [mp]
                - eta(J, track_part(r120, J)) - [mp]
                - eta(K, sit_dir(r19, K, r101)) - []
                - iota(L, strasse(L)) - [sg, fem]

[path] -- r101 - eta(M, spt(r118, M)) - [mp]
          - eta(N, fpt(r119, N)) - [mp]
          - eta(O, along(O, r120)) - [mp]
          - eta(P, sit_dir(r19, r91, P)) - []
          - eta(Q, to(Q, r106)) - []

[region] -- r106 - eta(R, nloc(R, r118)) - [mp]
            - eta(S, loc(S, r119)) - [mp]
            - eta(T, to(r101, T)) - []
            - eta(U, left_space(U, r118)) - []

[position] -- r118 - eta(V, left_space(r106, V)) - []
              - iota(W, spt(W, r101)) - [unique, mp]
              - eta(X, nloc(r106, X)) - [mp]

[position] -- r119 - iota(Y, fpt(Y, r101)) - [unique, mp]
              - eta(Z, loc(r106, Z)) - [mp]
```

In diesem Beispiel wird keine Aktion explizit an den Agenten gerichtet. Dieser Satz soll aber als „dann gehst du die Strasse nach links“ verstanden werden. Die entscheidenden RefOs in diesem Referentiellen Netz sind das RefO `r2`, durch welches hergeleitet werden kann, dass in der Beschreibung ein *dann* verwendet wurde und das RefO `r19`, welches die Darstellung der passiven Aktion durch `sit_dir` enthält.

Ist ein Referentielles Netz mit diesen Beziehungen zwischen den RefOs gegeben, wie zwischen `r2` und `r19`, dann handelt es sich um eine implizite Aktion, bei welcher der Agent sich entlang des beschriebenen Pfades bewegen soll. In diesem Fall soll dem Referentiellen Netz ein weiteres RefO hinzugefügt werden, welches eine explizit an den Agenten gerichtete Aktion `go` enthält und als Designator-Attribut soll die Information hinzugefügt werden, dass es sich um eine implizite Aktion handelt:

```
[event] -- r1 - eta(A1, go(A1, instructee, r101)) - [impl]
```

Dadurch kann die temporale Relation zu der zuvor genannten Aktion ermittelt werden. Die Regeln, die in den vorherigen Abschnitten genannt wurden, würden auch bei diesen passiven Fällen gelten.

Bei der Beschreibung der passiven Segmente kann es sich ebenfalls um Positionierungen des Agenten handeln. Auch diese Fälle werden nicht im Aktionsplan den Agenten aufgenommen. Sie werden in den Referentiellen Netzen jedoch als Zustände dargestellt. Der Satz „da ist dann Haus F“ erzeugt beispielsweise folgendes Referentielles Netz:

```

[atom, agent] -- instructee - iota(A, instructee(A)) - [sg]

[state] -- r2 - eta(B, context(r7, B)) - []
           - eta(C, be_at(C, r16, r1)) - [first, pres, ind]

[situation] -- r7 - iota(D, context(D, r2)) - [unique]
              - eta(E, anchor_sit(E)) - []

[atom, building] -- r16 - eta(F, loc(r1, F)) - [mp]
                  - eta(G, be_at(r2, G, r1)) - []
                  - iota(H, haus(H) & label(H, f)) - [name, sg, neut]
                  - eta(I, haus(I)) - []
                  - eta(J, label(J, f)) - []

[region] -- r1 - eta(K, loc(K, r16)) - [mp]
           - eta(L, be_at(r2, r16, L)) - []
           - eta(M, anchor_region(M)) - []
    
```

In diesem Beispiel ist die Aktion nicht direkt an den Agenten gerichtet und wird aufgrund dessen nicht in Bezug zu dem initialen RefO `instructee` gesetzt. Aber auch hier sollte die Beschreibung als eine direkt an den Agenten gerichtete Positionierungsaufforderung verstanden werden. Ist zwischen zwei RefOs eine Relation aufgebaut, wie zwischen den RefOs `r2` und `r7` im Beispiel oben, dann kann ein zusätzliches RefO an das Referentielle Netz hinzugefügt werden. Dieses zusätzliche RefO drückt aus, dass es sich um eine implizite Positionierung des Agenten handelt, indem die Information `impl` als Designator-Attribut hinzugefügt wird:

```

[state] -- r3 - eta(N, be_at(N, instructee, r1)) - [impl]
    
```

Wenn es sich bei der *dann*-Aktion (implizit oder explizit) um eine Positionierung des Agenten handelt, so ist die temporale Relation ENDS gegeben. Wird also ein neues RefO wie oben zu einem Referentiellen Netz hinzugefügt, dann ist der temporale Bezug zu der zuvor genannten Aktion ENDS.

In der Beschreibung eines passiven Segments können auch Wahrnehmungsverben verwendet werden, allerdings werden diese bei der Erzeugung des Referentiellen Netzes als Aktionen an den Agenten verstanden. Dadurch ist es nicht erforderlich, diese Fälle noch einmal als implizite Aktionen zu markieren.

### 7.3.6 Aufbau des Aktionsplans mit temporalen Relationen

Bevor der Aktionsplan des Geometrischen Agenten mit den temporalen Relationen aus den Referentiellen Netzen aufgebaut werden kann, muss bei der Bestimmung der temporalen Relationen eine bestimmte Reihenfolge eingehalten werden. Zuerst müssen die passiven Fälle als implizite Aktionen gekennzeichnet werden. Dann ist zu überprüfen, ob es sich bei einer in der Wegbeschreibung genannten Wahrnehmungsaktion um eine globale Wahrneh-

mungsaktion handelt. Ist diese kenntlich gemacht, wird auf die Relation ENDS geprüft und anschließend auf die Relations STARTS. Erst danach kann auf die Relation PARTLY\_OVERLAPS geprüft werden, da diese nur in den Fällen (unter bestimmten Bedingungen) vorliegt, in welchen nicht bereits eine der anderen Relationen festgelegt wurde.

Die Restklasse, die nach der Bestimmung dieser Relationen entsteht, bildet die Aktionen, zwischen denen die Relation AFTER vorliegt. Bei der Erzeugung des Aktionsplans kann in diesen Fällen also weiterhin die Relation seq zwischen diesen Aktionen gesetzt werden. Bei den anderen Fällen werden die entsprechenden temporalen Relationen zwischen den Aktionen dargestellt. In erweiterter Form kann der Aktionsplan also zusätzlich zu seq noch folgende temporale Relationen enthalten: ends, starts, partly\_overlaps und global.



## 8. Schlussbetrachtung und Ausblick

In der Arbeit habe ich eine Möglichkeit zur Modellierung von temporalen Relationen zwischen Aktionen für einen instruierten Agenten vorgestellt. Dieses Modell wurde auf den Fall von Wegbeschreibungen angewendet, indem analysiert wurde, anhand welcher sprachlichen Konstrukte man erkennen kann, in welchem Fall eine der temporalen Relationen vorliegt. Es wurde gezeigt, wie man die Aktionen formal repräsentieren kann und ein Vorschlag dazu gemacht, wie die Aktionen mit temporalen Überschneidungen abgearbeitet werden können. Die formale Repräsentation ist durch unterschiedliche Elemente und Erweiterungen aus Golog erfolgt.

Zum Abschluss wurde vorgestellt, wie man den Aktionsplan einer bestehenden Modellierung eines instruierten Agenten, in diesem Fall des Geometrischen Agenten, um diese temporalen Relationen erweitern kann und wo in diesem Modell die Golog-Repräsentationen angesetzt werden können.

Die temporalen Relationen wurden zwischen den Aktionen ermittelt, die durch einen der Konnektoren *bis* oder *dann* miteinander verbunden sind. Diese Herangehensweise habe ich gewählt, da Konnektoren die Struktur, die zwischen den Aktionen bestehen kann, verstärken. Innerhalb der Wegbeschreibungen sind aber nicht nur die durch die Konnektoren *bis* und *dann* verbundenen Aktionen temporal miteinander verknüpft. In einigen Fällen werden die Konnektoren von den Instruierenden weggelassen oder für die Beschreibung ist die Verwendung von Konnektoren nicht erforderlich. Zwischen diesen Aktionen kann eine temporale Überschneidung bestehen, die durch die vorgestellte Methode zur Bestimmung der temporalen Relationen nicht abgedeckt wird. Hier kann eine Erweiterung der Methode erfolgen, die temporale Relationen zwischen allen Aktionen, die in einer Wegbeschreibung genannt werden, mit einschließt.

Die Repräsentation der Aktionen durch die logische Programmiersprache Golog beschränkt sich nicht auf die Darstellung der temporalen Relationen zwischen den Aktionen, die durch einen der Konnektoren *bis* oder *dann* verbunden sind. Sie bietet eine Darstellung von Aktionen aus Wegbeschreibungen und eine Repräsentation der Abarbeitung der Aktionen, zwischen denen eine temporale Überschneidung besteht, sofern eine temporale Relation zwischen zwei Aktionen bereits festgelegt wurde.

Im letzten Abschnitt wurde gezeigt, wie man den Aktionsplan des Geometrischen Agenten um temporale Relationen anreichern kann. Hier wurde nur ein Vorschlag dazu geliefert, wie diese Erweiterung erfolgen kann. Um den Nutzen eines Aktionsplans mit temporalen Relationen, die nebenläufige Ausführung der Aktionen fordern, zu ermitteln, kann man den Geometrischen Agenten entsprechend erweitern. Eventuell müssen hierfür detailliertere Darstellungen der Referentiellen Netze erfolgen, wie im letzten Abschnitt beschrieben. Es sollte weiterhin im Modell des Geometrischen Agenten berücksichtigt werden, dass nicht

alle temporalen Überschneidungen dargestellt werden können. Für die Navigationsphase des Geometrischen Agenten fehlt zudem eine geeignete Umsetzung der Golog-Repräsentation. Zu überlegen ist, ob diese weiterhin in einem lokalen Planungsprozess des Agenten als Hilfsmittel dienen sollen oder ob sie als Vorlagen für die Navigation genutzt werden können. Jedoch geht die programmiertechnische Umsetzung dieser Vorschläge, über die Ziele der Arbeit hinaus.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es gelungen ist, die temporalen Relationen in Wegbeschreibungen zu ermitteln und die Abarbeitung der Aktionen, zwischen denen die temporalen Relationen bestehen, durch die logische Sprache Golog zu repräsentieren. Es wurde gezeigt, wie man diese strukturierten Handlungsinformationen in das Modell des Geometrischen Agenten einbinden könnte.

## Literatur

- Philip Agre und David Chapman. "What are Plans for?". In: *MIT Artificial Intelligence Laboratory AI Memo 1050*, Cambridge, Massachusetts, S. 17-34, 1988.
- James F. Allen. "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals". In: *Communications of the ACM*, 26, S. 832-843, 1983.
- James F. Allen. "Towards a general theory of action and time". In: *Artificial Intelligence*, 23, S. 123-154, 1984.
- James F. Allen. "Planning as Temporal Reasoning". In: James F. Allen, Richard Fikes und Erik Sandewall (Hrsg.): *Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, Morgan Kaufmann, California, S. 3-14, 1991.
- James F. Allen. "Time and Time again: The many ways to represent time". In: *International Journal of Intelligent Systems* 6, 4, S. 341-356, 1991.
- James F. Allen und Patrick J. Hayes. "A Common-Sense Theory of Time". In: *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 810, Foundation of Knowledge Representation and Reasoning, S. 216-228, 1994.
- Peter Auer. "Pre- and post-positioning of wenn-clauses in spoken and written German". In: E. Couper-Kuhlen und B. Kortmann (Hrsg.): *Cause – Condition – Concession – Contrast. Cognitive and Discourse Perspectives*, No.15, deGruyter, Berlin, S. 173-204, 2000.
- Michel Aurnague, Myriam Bras, Laure Vieu und Nicholas Asher. "Syntax and Semantics of Locating Adverbials", In: *Cahiers de Grammaire*, 26, S. 11-35, 2001.
- Nils Bittkowski. "Aktionsplanung und -steuerung unter Unsicherheit bei der Navigation eines Geometrischen Agenten mit Hilfe von Wegbeschreibungen". Diplomarbeit, Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, 2005.
- Hardarik Blühdorn. "Zur Semantik der Konjunktion *als*. Paradigmatische und syntagmatische Aspekte". In: Elke Hentschel (Hrsg.): *Particulae Collectae. Festschrift für Harald Weydt zum 65. Geburtstag*. Linguistik online 13, 1/2003. S. 11-53.
- Ronald J. Brachman und Hector J. Levesque. *Knowledge Representation and Reasoning*, Morgan Kaufmann, 2004.
- Myriam Bras, Anne Le Draoulec und Laure Vieu. "French Adverbial Pairs between Temporal Structure and Discourse Structure". In: Myriam Bras und Laure Vieu (Hrsg.): *Semantic and Pragmatic Issues in Discourse and Dialogue : Experimenting with Current Theories*, CRiSPI series, Volume 9, Elsevier, Amsterdam, S. 109-146, 2001.

Myriam Bras, Anne Le Draoulec und Laure Vieu. "Temporal Information and Discourse Relations in Narratives: the role of French connectives 'puis' and 'un peu plus tard'". In: *ACL'2001 Workshop on Temporal and Spatial Information Processing*, Toulouse, Association for Computational Linguistics (ACL), S. 49-56, 2001.

Jochen A. Bär. "Die Konjunktion *und*. Zu Grammatik und Semantik". In: *Sprachdienst*, 46, S. 180-187, 2002.

Marie-Paule Daniel und Michel Denis. "Spatial Descriptions as Navigational Aids: A Cognitive Analysis of Route Directions". In: *Kognitionswissenschaft*, Volume 7, Number 1, Springer Berlin/Heidelberg 1998.

Michel Denis. "The description of routes: A cognitive approach to the production of spatial discourse". In: *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 16, S. 409-458, 1997.

Giuseppe de Giacomo, Yves Lesperance und Hector J. Levesque. "Reasoning about concurrent execution, prioritized interrupts, and exogenous actions in the situation calculus". In: *Proceedings of the Fifteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI '97)*, S. 1221-1226, 1997.

Giuseppe de Giacomo, Yves Lesperance und Hector J. Levesque. "ConGolog, a concurrent programming language based on the situation calculus". In: *Artificial Intelligence*, 121, S. 109-169, 2000.

Veronika Ehrich. "Die temporale Festlegung lokaler Referenz". In: Christopher Habel, Michael Herweg und Klaus Rehkämper (Hrsg.): *Raumkonzepte in Verstehensprozessen*. Max Niemeyer Verlag, Tübingen, S. 1-17, 1989.

Veronika Ehrich. *Hier und Jetzt. Studien zur lokalen und temporalen Deixis im Deutschen*. Niemeyer Verlag, Tübingen, 1992.

Ulrich Engel. *Deutsche Grammatik*. Julius Groos Verlag, Heidelberg, 1988.

Carola Eschenbach. *SRL als Rahmen eines textverarbeitenden Systems*. GAP-AP 3, Universität Hamburg, Fachbereich Informatik, 1988.

Carola Eschenbach, Ladina Tschander, Christopher Habel und Lars Kulik. "Lexical Specifications of paths". In: C. Freksa, W. Bauer, C. Habel und K. F. Wender (Hrsg.): *Spatial Cognition II*, Springer, Berlin, S. 127-144, 2000.

Alberto Finzi und Fiora Pirri. "Flexible Interval Planning in Concurrent Temporal Golog". In: *CogRob-2004 (ECAI 2004)*, 4th International Cognitive Robotics Workshop, Valencia, Spain, S. 102-107, 2004.

Alberto Finzi und Fiora Pirri. "Representing flexible temporal behaviors in the situation calculus". In: *Proceedings of IJCAI 2005*, S. 436-441, 2005.

Lidia Fraczak. "Generating 'mental maps' from route descriptions". In: Patrick Olivier und Klaus-Peter Gapp (Hrsg.): *Representation and Processing of Spatial Expressions*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, S. 185-200, 1998.

- Jeremy Frank und Ari Jónsson. „Constraint-based attribute and interval planning“. In: *Constraints*, Volume 8, Number 4, S. 336-364, 2003.
- Michael Gelfond und Vladimir Lifschitz. “Representing action and change by logic programs“, In: *Journal of Logic Programming*, Vol. 17, S. 301-321, 1993.
- Susanne Günther. “Wenn-Sätze im Vor-Vorfeld: Ihre Formen und Funktionen in der gesprochenen Sprache“. In: *Deutsche Sprache 3*, Konstanz, 1999.
- Christopher Habel. *Prinzipien der Referentialität*. Springer Verlag, Berlin, 1986.
- Michael Herweg. *Zeitaspekte*. DeutscherUniversitätsVerlag, Wiesbaden, S. 294-310, 1990.
- E. König. “Temporal and non-temporal uses of ‘noch’ and ‘schon’ in German“. In: *Linguistics and Philosophy*, Volume 1, S. 173-198, 1977.
- Ales Lascarides und Nicholas Asher. “Imperatives in Dialogue“. In: Peter Kuehnlein, Hannes Rieser und Henk Zeevat (Hrsg.): *The Semantics and Pragmatics of Dialogue for the New Millennium*, Benjamins, Bielefeld, S. 1-16, 2001.
- Yves Lespérance, Hector J. Levesque, Fangzhen Lin, Daniel Marcu, Raymond Reiter und Richard B. Scherl. “Foundations of a logical approach to agent programming“. In: M. Wooldridge, J.P. Muller und M. Tambe (Hrsg.): *Intelligent Agents Vol. II*, Proceedings of the 1995 Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages (ATAL-95), Springer Verlag, Lecture Notes in Artificial Intelligence, S. 331-346, 2000.
- Hector J. Levesque. “What is planning in the presence of sensing?“. In: *Proc. of AAAI-96 Conference*, Portland, OR, S. 1139-1146, Aug. 1996.
- Hector J. Levesque, Raymond Reiter, Yves Lespérance, Fangzhen Lin und Richard B. Scherl. “GOLOG: A Logic Programming Language for Dynamic Domains“. In: *Journal of Logic Programming*, 31, S. 59-84, 1997.
- Sebastian Löbner. “German schon – erst – noch: An Integrated Analysis“. In: *Linguistics and Philosophy*, Volume 12, S. 167-212, 1989.
- John McCarthy. “Actions and other events in the situation calculus“. In: *KR 2002 Proceedings*, 2001.
- John McCarthy und Patrick J. Hayes. “Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence“. In: Donald Michie and Bernard Meltzer (Hrsg.): *Machine Intelligence 4*, Edinburgh University Press, S. 463-502, 1969.
- Pierre-Emmanuel Michon und Michel Denis. “When and Why Are Visual Landmarks Used in Giving Directions“. In: *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 2205, Proceedings of the International Conference on Spatial Information Theory: Foundations of Geographic Information Science, Springer-Verlag, London, S. 292-305, 2001.
- Robert C. Moore. “A Formal Theory of Knowledge and Action“. In: Jerry R. Hobbs und Robert C. Moore (Hrsg.). *Formal theories of the commonsense world*. Alex Publishing Corporation, New Jersey, S. 319-358, 1985.

- David Poole, Alan Mackworth und Randy Goebel. *Computational Intelligence*. Oxford University Press, New York, 1998.
- Renate Pasch, Ursula Brauße, Eva Breindl und Ulrich Hermann Waßner. *Handbuch der deutschen Konnektoren. Linguistische Grundlagen der Beschreibung und syntaktische Merkmale der deutschen Satzverknüpfen (Konjunktionen, Satzadverbien und Partikeln)*, Schriften des Instituts für Deutsche Sprache Bd. 9, Walter de Gruyter Verlag, Berlin, 2003.
- Raymond Reiter. "Natural Actions, Concurrency and Continuous Time in the Situation Calculus". In: Lucia Carlucci Aiello, Jon Doyle und Stuart Shapiro (Hrsg.): *Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, Morgan Kaufmann, California, S. 2-13, 1996.
- Antje Roßdeutscher. "'On-line'--Inferences and 'Cause' in the Semantics of temporal 'dann/then' and German 'da'". In: *Journal of Semantics*, 2005.
- Antje Roßdeutscher und Christiane von Stutterheim. "Semantische und pragmatische Prinzipien der Positionierung von 'dann'". In: *Linguistische Berichte*, 2005.
- Stuart Russell und Peter Norvig. *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., USA, 2003.
- Sebastian Sardina, Giuseppe de Giacomo, Yves Lesperance und Hector J. Levesque. "On Ability to Automatically Execute Agent Programs with Sensing". In: *CogRob-2004 (ECAI 2004), 4th International Cognitive Robotics Workshop*, Valencia, Spain, S. 88-93, 2004.
- Richard B. Scherl und Hector J. Levesque. "The frame problem and knowledge-producing actions". In: *Proc. of AAAI-93*, Washington DC, AAAI Press/The MIT Press, S. 689-695, 1993.
- Richard B. Scherl. "Reasoning about the interaction of knowledge, time and concurrent actions in the situation calculus". In: *Proceeding of the Eighteenth International Conference of Artificial Intelligence (IJCAI-03)*, Acapulco, Mexico, S. 1091-1096, 2003.
- Lucy A. Suchman. *Plans and Situated Actions: the problem of human-machine communication*. Cambridge University Press, New York, 1987.
- Ariane Tom und Michel Denis. "Referring to landmark or street information in route directions: what difference does it make?" In: Werner Kuhn, Michael F. Worboys und Sabine Timpf (Hrsg.): *Spatial information theory: foundations of geographic information science*, Springer, Berlin, S. 384-397, 2003.
- Ladina B. Tschander, Hedda R. Schmidtke, Christopher Habel, Carola Eschenbach und Lars Kulik. "A geometric agent following route instructions". In: Christian Freksa, Wilfried Brauer, Christopher Habel und Karl F. Wender (Hrsg.): *Spatial Cognition III*, Springer, Berlin, S. 89-111, 2003.
- Johan van der Auwera. "'Already' and 'still': beyond duality". In: *Linguistics and Philosophy*, Volume 16, S. 613-653, 1993.
- Marc B. Vilain. "A System for Reasoning about Time". In: *AAAI '82*, S. 197-201, 1982.

- Zeno Vendler. "Verbs and Times". In: *The Philosophical Review*, 66, S. 143-160, 1957.
- Daniel S. Weld. *Recent Advances in AI Planning*. Technischer Bericht, Department of Computer Science & Engineering, University of Washington, UW-CSE-98-10-01, 1998.
- Michael Wooldridge und Nicholas R. Jennings. "Intelligent Agents: Theory and Practice". In: *Knowledge Engineering Review*, Volume 10, Number 2, S. 115-152, 1995.
- Michael Wooldridge. "Intelligent Agents". In: Gerhard Weiss (Hrsg.): *Multiagent Systems*, MIT Press, S. 1-51, 1999.
- Dieter Wunderlich und Ingrid Kaufmann. "Lokale Verben und Präpositionen – semantische und konzeptuelle Aspekte". In: Sascha Felix, Siegfried Kanngießer und Gert Rickheit (Hrsg.): *Sprache und Wissen. Studien zur kognitiven Linguistik*. Westdeutscher Verlag, Opladen, S. 222-252, 1990.
- Steffen Werner, Bernd Krieg-Brückner und Theo Herrmann. "Modelling navigational knowledge by route graphs". In: Christian Freksa, Wilfried Brauer, Christopher Habel und Karl F. Wender (Hrsg.): *Spatial Kognition I*, Springer Verlag, Berlin, S. 295-316, 2000.
- Dieter Wunderlich und Rudolf Reinelt. "How to Get There From Here". In: Robert J. Jarvalla und Wolfgang Klein (Hrsg.): *Speech, Place, and Action*. J.Wiley, London, S. 183-201, 1982.



## **Anhang**

Im Folgenden sind die Wegbeschreibungen, die in dieser Arbeit als Beispiele genannt wurden, in der gesamten Fassung enthalten. Er ist unterteilt in die Wegbeschreibungen aus dem Informatikum-Korpus und die aus dem Trier-Korpus.

Das F bzw. A in den Wegauskünften aus dem Trier-Korpus steht für den Fragenden bzw. den Antwortenden (Gefragten). Die Startposition sowie das Ziel sind bei den Wegbeschreibungen mit angegeben.

### **Wegbeschreibungen aus dem Informatikum-Korpus**

#### **eg\_2**

Vom Eingang zum Haus R:

Du gehst am Pförtnerhäuschen vorbei geradeaus auf Haus F zu, dann aber links daran vorbei, bis der Weg endet, bzw. Du auf eine Rampe zuläufst. Daneben geht rechts eine Treppe hoch in Haus F, nimmst dann im Gebäude, rechts ist das Treppenhaus, eine Treppe nach unten, dann rechts durch die Glastür, links fängt dann Gebäude R an.

#### **It\_8**

Vom Eingang zum Haus E:

Wenn du beim Pförtner stehst, dann siehst du das höchste Gebäude auf dem Gelände, Haus F. Von Haus F führt im ersten Stock ein Übergang zu Haus D. Gehe zuallererst zwischen Haus D und Haus F unter dem Übergang durch. Auf der Rückseite von Haus D gehst du entlang, bis auf deiner rechten Seite Haus E erscheint. Haus E betrittst du über eine Rampe.

#### **It\_11**

Vom Eingang zum Haus E:

Von dem Pförtnerhäuschen aus gehst du weiter geradeaus in Richtung dem 6-stöckigen Haus F. An dem Haus F angekommen, folgst du der Straße und gehst entlang von Haus F bis die Straße eine Linksbiegung macht. Du folgst dieser Linksbiegung und gehst die Straße bis zum Ende, wo dann auf der rechten Seite das Haus E liegt.

**It\_13**

Von der Mensa zum Haus E:

Wenn du vor dem Eingang der Mensa stehst, ist das nächstgelegene Gebäude Haus C, dessen Eingang sich direkt an der Stirnseite befindet. Gehe links zwischen Haus C und dem Zaun entlang, bis du hinter Haus C auf Haus E triffst.

**It\_14**

Von der Mensa zum Haus E:

Am Ausgang der Mensa liegt schräg links ein Eingang zum Haus C. Wenn du durch diesen Eingang gehst, folgst du dem langen Flur bis zum Ende. Aus dem Fenster ist dann schon Haus E zu sehen. Zu deiner Linken befindet sich eine Tür, die dich wieder aus dem Haus bringt. Nun musst du nur noch die Strasse, auf deren anderen Seite Haus E liegt, überqueren.

**It\_20**

Von der Mensa zum Haus E:

Wenn du aus der Mensa kommst, geh nach links in Richtung auf den Eingang von Haus C. Geh daran vorbei, und dann hinter dem Haus nach rechts. Geh an der Rückseite von Haus C lang, dann triffst du auf Haus E.

**ni\_1**

Vom Haus R zum Ausgang:

Ich stehe zwischen Haus R und Haus F. Dann gehe ich geradeaus durch das Haus bis zum Ausgang. Von dort aus gehe ich etwas nach rechts und dann komme ich auf einen Weg, wo ich in Richtung links gehe und dann (gehe ich) geradeaus, bis ich am Haus des Pfortners vorbei komme und dann an der Metall-Tür am Ausgang stehe.

**ni\_5**

Vom Eingang zum Haus E:

Gehe geradeaus und du wirst auf zwei Gebäude antreffen, die durch einen brückenartigen Durchgang verbunden sind. Dann gehe unter diese „Brücke“. Der Weg führt nur noch nach links, d.h. biege links ab und gehe geradeaus bis auf der rechten Seite des Weges ein Haus auftaucht. Dieses Haus ist Haus E. Bleib stehen!

**ni\_6**

Von Haus C zum Ausgang:

Gehe geradeaus, falls auf dem Weg auf der rechten Seite nicht die Mensa ist, bist du auf dem falschen Weg. Falls die Mensa doch auf dem Weg ist, dann gehe weiter geradeaus, bis auf der rechten Seite diesmal Haus A auftaucht und gehe leicht abgebogen weiter geradeaus. Wenn du in deinem Umfeld eine Schranke siehst, dreh dich zu der Schranke hin.

**ri\_1**

Von Haus F zum Ausgang:

Erst durch das Haus F bis zum Haupteingang gehen. Dann, den Wegen folgend, geradeaus zum Ausgang des Geländes.

**ri\_2**

Von Haus R zum Ausgang:

Über den Flur von Haus R gelangt man in das Gebäude F. Dieses durchquert man, bis man zum Ausgang von Gebäude F gelangt ist. Geradeaus in ca. 150 m Entfernung befindet sich ein Pförtnerhäuschen und eine Schranke, die den Weg, der von Gebäude F zum Pförtnerhäuschen führt, blockiert. Man gehe den Weg von Gebäude F zum Pförtnerhäuschen entlang, an der Schranke vorbei und befindet sich am Ausgang.

**ri\_3**

Vom Eingang zum Haus R:

Man gehe geradeaus, bis man rechts von sich ein mehrstöckiges Gebäude (F) sieht. Man gehe auf der linken Seite des Gebäudes, bis man eine seitliche Tür an dem Gebäude sieht. Nach Eintreten durch die Tür gehe man am Fahrstuhl vorbei und biege dann in den Gang nach links.

**ri\_4**

Von Haus E zum Ausgang:

Nach Verlassen des Geb. E:

-> Rechts, anschließend links.

-> An dem Haus (linker Hand) vorbei, anschließend links.

-> An zwei Gebäuden rechter Hand vorbei, am Ende rechts.

-> Geradeaus befindet sich der Ausgang des Geländes.

## Wegauskünfte aus dem Trier-Korpus

### t1\_14

Ziel: Dom

F: Pardon, äh, wir suchen den Dom

A: Den Dom? Ja, Sie können hier runter gehen, dann direkt die Straße durch, kommen Sie direkt auf den Dom, etwa zwei Minuten, hier vorne is 'ne Straße

F: ja

A: da steht ein Auto, da geht 'ne Straße rein, kommen Sie direkt auf den Dom

F: Hier?

A: Ja, direkt hier

F: (Und,) und dann...

A: runter, hier hinter dem Auto, direkt,

F: dann rechts rein.

A: is nur eine, die erste Straße rechts rein

F: Gut, danke.

A: Zwei Minuten (sind es)

F: Dankeschön, tschüß.

### t2\_1

Standort: Viehmarkt

Ziel: Touristeninformation

F: Können Sie uns sagen, wo die Touristeninformation ist?

A: Die is bei der Porta Nigra. Hier oben halb links durch, durch über den Hauptmarkt bis zur Porta Nigra, stoßen Se automatisch drauf.

F: Über den, über den Hauptmarkt drüber?

A: Ja.

F: Mhm, gut, gut, danke, vielen Dank.

A: Gradaus bis vor der Porta Nigra links, da is die Touristeninformation.

### t2\_3

Standort: Fahrstraße

Ziel: Touristeninformation

F: Guten Tag, entschuldigen Sie bitte, können Sie uns sagen, wo die Touristeninformation ist?

A: Wie?

F: Touristeninformation!

A: Oh, da müssen Sie ganz auf die andere Seite gehen. Hier alles durchlaufen. Diese Straße hier ganz alles gradheraus, bis Sie zur Porta Nigra kommen, da ist es gleich.

F: Danke.

#### t2\_8

Standort: Moselstraße

Ziel: Karl-Marx-Haus

F: Entschuldigen Sie bitte, können Sie uns sagen, wo wir das Karl-Marx-Haus finden?

A: Karl-Marx-Straße. Gehen Sie bis hier zum Hauptmarkt, da

F: Ja.

A: gehen Sie nen Stück da jetzt rauf, da kommen Sie zum Hauptmarkt, da gehen die Straßen rechts und links. Sie gehen dann an der Bleistraße rauf, die unterste Straße rechts,

F: Ja.

A: die Straße immer nur rauf, immer nur rauf.

F: Mhm. Mhm.

A: Oben kommt dann, äh, an der Post vorbei, und dann kommt oben nochmal, gehen Sie die Brückenstraße hoch, Moment, dann kommt erstmal an der alten Post vorbei und da ist ne Kreuzung, da hält das, da ist nen Dekogeschäft, immer nur diese Straße rauf, da finden Sie's

F: Mhm.

A: Karl-Marx-Haus und die Karl-Marx-Straße.

F: Also äh immer nur...?

A: Immer nur rechts, also

A2: Das ist weit zu gehen!

A: Das ist ziemlich, ja, das ist natürlich, Sie sind noch jung!

F: Ja? (Lachen)

A: Sie sind hübsch und jung. aber wir sind nur noch „und“. Hab'n Sie's verstanden? (Lachen) Immer rechts halten.

F: Ja, gut. Danke

#### t2\_10

Standort: Simeonstraße

Ziel: Viehmarkt

F: Guten Tag, entschuldigen Sie bitte, wir suchen den Viehmarkt.

A: Viehmarkt? - Also, gradeaus. Egal, ob Sie hierum gehen oder darum, Sie kommen hin. Aber jetzt gradeaus, an dem rosa Haus, die Straße runter, das ist die Fleischstraße

F: An welchem rosa Haus?

*A:* hier rechts, das rosa, rechts, hä? Immer gradeaus und wenn

*F:* Aha, mhm.

*A:* Se ganz unten sind, dann sind Se kurz vorm Viehmarkt. Die ganze Straße runter

*F:* Mhm.

*A:* noja, wolln wir mal sagen zehn Minuten

*F:* Danke, gut, dankeschön.

*A:* Also, dann sehen Se's nachher schon, da fährt der Bus und da is'n Platz, also linker Hand liegt er dann, wenn Se ganz unten sind, liegt er unten.

*F:* Gut, danke.

### t2\_25

Standort: Fleischstraße

Ziel: Pferdemarkt

*F:* Guten Tag. Entschuldigen Sie, wo ist der Pferdemarkt?

*A:* Erstmal zum Hauptmarkt. - Äh - und dann die nächste Straße links runter.

*F:* Jetzt hier vorne die?

*A:* Sie können auch hier. - Nä, die noch nicht, dann die nächste.

*F:* Mhm.

*A:* Nicht diese Straße, die links geht, eine Straße weiter links runter.

*F:* Mhm.

*A:* Und die gehen Se dann ganz gradeaus runter, dann stoßen Se auf'n Pferdemarkt.

*F1:* Gut. Vielen Dank.

*F2:* Danke

### t3\_30

Standort: Dietrichstraße

Ziel: Basilika

*F1:* Entschuldigen Sie, können Sie uns sagen, wo die Basilika is?

*A:* Ja. Gehn Se jetzt, eh, gehn Se, gehn Se jetzt am besten hier bei dem Optikhandel, das Geschäft, geht so ne Straße hoch zum Dom.

*F1:* Ja.

*A:* Vor dem Dom rechts hoch immer gradeaus.

*F1:* Aha.

*F2:* Hm.

*A:* Die Straße macht oben noch so ne Linkskurve und dann komm' Se an ne Einmündung und dann sehn Se auf der rechten Seite gegenüber die Basilika

*F1:* Danke!

*F2:* Okay. vielen Dank!

**t4\_2**

Standort: Viehmarkt (Frittenbude)

Ziel: Touristeninformation

*F:* Entschuldigung - können Sie uns sagen, wo es hier ne Touristeninformation gibt?

*A1:* (Mund voll, kaum verständlich) Tut mir leid, aber ich bin auch nicht von hier.

*F:* Ach so.

*A2:* An ner Porta Nigra, gibt's eine.

*F:* Und wo ist das bitte?

*A2:* Da gehn Sie diese Straße da hinten lang, immer gradeaus durch. Das is noch en ganzes Stückchen.

*F:* Also, immer gradeaus?

*A2:* Ja, ja. Also in diese Richtung. Aber Sie können auch jetzt hier rum gehen und dann da gradeaus gehen, hier noch eine grade rum und dann geht dann da ne große Straße links rein. Und dann immer gradeaus.

*F:* Hm, ja. Danke.

**t4\_23**

Standort: Domfreihof

Ziel: Pferdemarkt

*F:* Entschuldigung, wissen Sie, wo der Pferdemarkt ist?

*A:* Moment, da muß ich mal selbst überlegen. Ja, und zwar o-- gehn Sie hier - wissen Se, wo der Karstadt is?

*F:* Nein, wir kenn' uns hier nicht aus.

*A:* Hier vorne Richtung Hauptmarkt und dann, eh, die - dritte Straße nach links rein. Und am besten, am einfachsten is es zu finden, wenn Se durch den Karstadt durchgehen, dann komm Se direkt aufn Pferdemarkt.

*F:* Also, wie war das, wo is dieser Karstadt?

*A:* Hier vorne hoch, hier zum Hauptmarkt und dann rechts runter - Richtung Porta Nigra - wissen Se ungefähr, wo die is?

**t4\_26**

Standort: Hinter Karstadt

Ziel: Dom

*F:* Entschuldigung, können Sie uns sagen, wie wir zum Dom kommen?

*A:* Jaa, gradeaus und dann da, da hinten die Simeonstraße rechts die geht dann bis zum Marktplatz und dann... und vom Marktplatz her dann sie Straße nach links rein, dann

sieht man aber direkt schon den Turm vom Dom.

*F:* Ja, okay.

*A:* Der führt darein.

*F:* Ja, danke.

#### t4\_27

Standort: An der Kreissparkasse/Theodor-Heuss-Allee

Ziel: Karl-Marx-Haus

*F:* Entschuldigung, wie kommt man zum Karl-Marx-Haus?

*A:* Oh je, da müssen Sie, eh, die ganze Simeonstraße durchgehen.

*F:* Und welche ist das?

*A:* Ach so - das ist jetzt hier die, eh, da gehen Sie hier gradaus jetzt dann, und dann gehen Sie da drunterdurch, und dann, also Richtung Porta Nigra.

*F:* Ja.

*A:* Und dann gehen Sie hier die Porta Nigra ganz grade aus, also, eh, die Straße (Lachen), und dann, eh, eh, das ist so kompliziert und dann links, aber dann fragen Sie besser in der Stadt nochmal, weil das ist von hier ziemlich kompliziert zu erklären.

*F:* Ach so. Ah ja, dann gehen wir nochmal weiter. Danke.

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere, dass ich die vorstehende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und mich anderer als der im beigefügten Verzeichnis angegebener Hilfsmittel nicht bedient habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Ich bin mit einer Einstellung in den Bestand der Bibliothek des Fachbereichs einverstanden.

Hamburg, den 01. November 2007

Zehra Öztürk