



Deutsches  
Forschungszentrum  
für Künstliche  
Intelligenz GmbH

**Document**  
D-91-19

# **Objektlokalisierung in graphischen Darstellungen**

**Peter Wazinski**

**März 1991**

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz  
GmbH**

Postfach 20 80  
D-6750 Kaiserslautern, FRG  
Tel.: (+49 631) 205-3211/13  
Fax: (+49 631) 205-3210

Stuhlsatzenhausweg 3  
D-6600 Saarbrücken 11, FRG  
Tel.: (+49 681) 302-5252  
Fax: (+49 681) 302-5341

# Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

The German Research Center for Artificial Intelligence (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, DFKI) with sites in Kaiserslautern und Saarbrücken is a non-profit organization which was founded in 1988. The shareholder companies are Daimler Benz, Fraunhofer Gesellschaft, GMD, IBM, Insiders, Krupp-Atlas, Mannesmann-Kienzle, Philips, Sema Group Systems, Siemens and Siemens-Nixdorf. Research projects conducted at the DFKI are funded by the German Ministry for Research and Technology, by the shareholder companies, or by other industrial contracts.

The DFKI conducts application-oriented basic research in the field of artificial intelligence and other related subfields of computer science. The overall goal is to construct *systems with technical knowledge and common sense* which - by using AI methods - implement a problem solution for a selected application area. Currently, there are the following research areas at the DFKI:

- Intelligent Engineering Systems
- Intelligent User Interfaces
- Intelligent Communication Networks
- Intelligent Cooperative Systems.

The DFKI strives at making its research results available to the scientific community. There exist many contacts to domestic and foreign research institutions, both in academy and industry. The DFKI hosts technology transfer workshops for shareholders and other interested groups in order to inform about the current state of research.

From its beginning, the DFKI has provided an attractive working environment for AI researchers from Germany and from all over the world. The goal is to have a staff of about 100 researchers at the end of the building-up phase.

Prof. Dr. Gerhard Barth  
Director

# **Objektlokalisierung in graphischen Darstellungen**

**Peter Wazinski**

DFKI-D-91-19

Diese Arbeit wurde finanziell unterstützt durch das Bundesministerium für  
Forschung und Technologie (FKZ ITW -8901 8).

© Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz 1991

This work may not be copied or reproduced in whole or in part for any commercial purpose. Permission to copy in whole or in part without payment of fee is granted for nonprofit educational and research purposes provided that all such whole or partial copies include the following: a notice that such copying is by permission of Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Kaiserslautern, Federal Republic of Germany; an acknowledgement of the authors and individual contributors to the work; all applicable portions of this copyright notice. Copying, reproducing, or republishing for any other purpose shall require a licence with payment of fee to Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz.

# Objektlokalisierung in graphischen Darstellungen

Peter Wazinski<sup>1</sup>

März 1991

## Zusammenfassung

Es wird eine Lokalisationskomponente für das wissensbasierte Präsentationssystem WIP vorgestellt. Die behandelten Lokalisationsphänomene umfassen relative Lokalisationen (z.B. „Das Objekt links von Objekt X.“), absolute Lokalisationen (z.B. „Das Objekt links oben im Bild.“) und ‚Ecke‘-Lokalisationen (z.B. „Das Objekt in der linken oberen Ecke des Bildes.“). Desweiteren wird zwischen zwei Lokalisationsgranularitäten unterschieden: zwischen zusammengesetzten Lokalisationen (z.B. „Das Objekt links oben im Bild.“) und elementaren Lokalisationen (z.B. „Das Objekt links oben im Bild.“).

‚Ecke‘-Lokalisationen werden wie absolute Lokalisationen behandelt. Absolute Lokalisationen wiederum werden als Spezialfälle der relativen Lokalisationen angesehen. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, alle drei Lokalisationstypen durch eine generische Lokalisationsprozedur zu berechnen. Die Berechnung der beiden Lokalisationsgranularitäten erfolgt, indem elementare Lokalisationen aus den zuvor berechneten zusammengesetzten Lokalisationen abgeleitet werden.

Darüber hinaus wird gezeigt, wie Objekte auf der Grundlage der beschriebenen Lokalisationsverfahren auch innerhalb einer komplexen Objektkonfiguration lokalisiert werden können. Schließlich wird diskutiert, wie Informationen über die hierarchische Struktur von Objekten in Form sogenannter Gruppenlokalisierungen zu berücksichtigen sind.

---

<sup>1</sup>Derzeitige Adresse: SFB 314, FB Informatik, Universität Saarbrücken, D-6600 Saarbrücken 11, email: wazinski@cs.uni-sb.de

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Das WIP-Projekt</b>	<b>7</b>
2.1	WIP als intelligente Benutzerschnittstelle für wissensbasierte Anwendungssysteme . . . . .	7
2.2	Probleme bei der koordinierten Informationspräsentation . . . . .	9
2.3	Objektreferenz in multimodalen Dokumenten . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Referenz und Lokalisation von Objekten</b>	<b>11</b>
3.1	Referenz in Linguistik und Sprachphilosophie . . . . .	11
3.2	Objektbenennung in der Sprachpsychologie . . . . .	13
3.3	Referenz in KI-Systemen . . . . .	15
3.3.1	HAM-RPM . . . . .	15
3.3.2	SOCCER . . . . .	16
3.3.3	KAMP . . . . .	17
3.3.4	EPICUR . . . . .	17
3.3.5	Zusammenfassung . . . . .	18
3.4	Referenz in graphischen Darstellungen und allgemeine Modelltheorie . . .	18
3.5	Präpositionen als Relationen . . . . .	22
3.6	Die Unzulänglichkeit des „simple-relations-model“ . . . . .	23
3.7	Die Intrinsisch-Deiktisch-Unterscheidung . . . . .	24
3.8	Lokalisation in der KI . . . . .	25
3.8.1	„Graphical Deep Knowledge“ . . . . .	25
3.8.2	SWYSS . . . . .	25
3.8.3	Präpositionen als gebietskonstituierende Prozesse . . . . .	26
3.8.4	CITYTOUR . . . . .	27
3.9	Die Einordnung der vorliegenden Arbeit . . . . .	28

<b>4</b>	<b>Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen</b>	<b>30</b>
4.1	Die Auswirkungen des Modellcharakters graphischer Darstellungen auf die Objektreferenz . . . . .	30
4.1.1	Der Verlust der Diskriminationsfähigkeit von Attributen . . . . .	30
4.1.2	Zusätzliche Diskriminationsmöglichkeiten durch Verweise auf die Darstellungsart . . . . .	31
4.1.3	Die Lokalisation von Objekten in graphischen Darstellungen . . . . .	32
4.2	Ein Ansatz für einen Repräsentationsformalismus zur Objektreferenz in graphischen Darstellungen . . . . .	32
4.3	Zusammenfassung . . . . .	33
<b>5</b>	<b>Objektlokalisierung in graphischen Darstellungen</b>	<b>35</b>
5.1	Linguistische Phänomenbeschreibung . . . . .	35
5.1.1	Relative und absolute Lokalisationen . . . . .	35
5.1.2	Elementare und zusammengesetzte Lokalisationen . . . . .	37
5.1.3	Die Dreiteilung des horizontalen und vertikalen Bezugssystems . . . . .	37
5.1.4	„Ecke“-Lokalisationen . . . . .	39
5.2	Annahmen und Voraussetzungen von Lokalisationsverfahren für graphische Darstellungen . . . . .	40
<b>6</b>	<b>Die Lokalisationsverfahren</b>	<b>42</b>
6.1	Absolute Lokalisationen . . . . .	42
6.1.1	Die Konstruktion des horizontalen bzw. vertikalen Bezugssystems . . . . .	43
6.1.2	Zusammengesetzte Lokalisationen . . . . .	43
6.1.3	Elementare Lokalisationen . . . . .	45
6.1.4	„Ecke“-Lokalisationen . . . . .	46
6.2	Relative Lokalisationen . . . . .	48
6.2.1	Die Konstruktion des horizontalen bzw. vertikalen Bezugssystems . . . . .	48
6.2.2	Die Punkt-Rechteck-Lokalisation . . . . .	48
6.2.3	Zusammengesetzte Lokalisationen . . . . .	51
6.2.4	Elementare Lokalisationen . . . . .	53

6.3	Grenzfälle der Anwendbarkeit . . . . .	55
6.3.1	Dimensionspräferenzen für elementare Lokalisationen . . . . .	55
6.3.2	Die Anwendbarkeit absoluter zusammengesetzter Lokalisationen .	56
6.3.3	Die Anwendbarkeit relativer zusammengesetzter Lokalisationen .	57
6.3.4	Objekte mit ungewöhnlicher Form . . . . .	58
<b>7</b>	<b>Eine allgemeine Prozedur für absolute und relative Lokalisationen</b>	<b>61</b>
7.1	Das Verfahren . . . . .	61
7.1.1	Die Parameter für relative Lokalisationen . . . . .	63
7.1.2	Die Parameter für absolute Lokalisationen . . . . .	63
7.1.3	Die Parameter für ‚Ecke‘-Lokalisationen . . . . .	64
7.1.4	Ein ausführliches Beispiel . . . . .	64
7.2	Ein abstrakter Datentyp für Objekte in Lokalisationsverfahren . . . . .	66
7.2.1	Die für Objekte erforderlichen Geometrie-Operationen . . . . .	66
7.2.2	Die Behandlung variabler Abbildungsgrößen . . . . .	67
7.2.3	Die konkreten Schnittstellen-Operationen . . . . .	67
7.3	Die Musterbeschreibungssprache . . . . .	70
7.3.1	Die Sprachkonstrukte . . . . .	70
7.3.2	Die Spezifikation des Auswertungsmechanismus . . . . .	72
7.3.3	Die Anwendbarkeitsregeln für relative Lokalisation . . . . .	74
<b>8</b>	<b>Erweiterungen der Lokalisationsverfahren</b>	<b>76</b>
8.1	Lokalisationen in graphischen Darstellungen mit komplexen Objektkonfigurationen . . . . .	76
8.1.1	Eine Suchraumeinschränkung für Referenzobjekte . . . . .	76
8.1.2	Ambige Referenzobjekte . . . . .	77
8.1.3	Der Lokalisationsalgorithmus für komplexe Objektkonfigurationen	78
8.2	Gruppenlokalisationen . . . . .	81
8.2.1	Gruppenlokalisationen und Wahrnehmungspsychologie . . . . .	81
8.2.2	Das Verfahren . . . . .	82

<b>9 Die Implementation</b>	<b>85</b>
9.1 Die Schnittstellenfunktionen und Ergebnisstrukturen . . . . .	85
9.1.1 Relative und absolute Lokalisationen . . . . .	85
9.1.2 ‚Ecke‘-Lokalisationen . . . . .	86
9.1.3 Lokalisation in komplexen Objektkonfigurationen . . . . .	87
9.1.4 Gruppenlokalisationen . . . . .	87
9.2 Die Testumgebung LOC-SYS . . . . .	88
9.2.1 Der Initialzustand . . . . .	89
9.2.2 Absolute Lokalisationen und ‚Ecke‘-Lokalisationen . . . . .	89
9.2.3 Relative Lokalisationen . . . . .	90
9.2.4 Absolute Lokalisationen in komplexen Objektkonfigurationen . . .	90
9.2.5 Relative Lokalisationen in komplexen Objektkonfigurationen . . .	90
9.2.6 Gruppenlokalisationen . . . . .	90
<b>10 Schlußbemerkungen</b>	<b>103</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>105</b>

# 1 Einleitung

In nahezu allen Arten von Informationstexten wird zur Vermittlung der betreffenden Sachverhalte von der Möglichkeit einer integrierten Verwendung von Text und Graphik Gebrauch gemacht. Entsprechend den spezifischen Stärken und Schwächen der beiden Präsentationsmodi können die darzustellenden Informationen komplementär durch Text oder durch Grafik übermittelt werden.

Mit dem Ziel, maschinelle Verfahren zur integrierten Verwendung von Text und Graphik bereitzustellen, entsteht das Problem der sprachlichen Bezugnahme auf die graphisch dargestellten Objekte: Um eine aufeinander abgestimmte Nutzung von Text und Graphik zu ermöglichen, müssen Mechanismen vorhanden sein, die die eindeutige Benennung der in den betreffenden Bildern vorhandenen Objekte erlauben. Dies führt zur Frage, welche Merkmale herangezogen werden können, um ein bestimmtes Objekt von anderen Objekten zu unterscheiden. Und was soll getan werden, wenn ein anderes Objekt beispielsweise in Form, Farbe, Größe und allen anderen Eigenschaften mit dem zu benennenden Objekt übereinstimmt? In diesem Fall kann die Lokalisation eines Objekts weiterhelfen, da die Nennung der Position des Objekts hilft, dieses von anderen Objekten abzugrenzen.

In dieser Arbeit geht es vor allem um den zuletzt genannten Punkt: um die Lokalisation von Objekten in graphischen Darstellungen.

Diese Arbeit ist im Rahmen der Mitarbeit im WIP-Projekt („Wissensbasierte Informationspräsentation“) am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz in Saarbrücken entstanden. In Kapitel 2 wird ein kurzer Überblick über WIP gegeben, der das Forschungsvorhaben der koordinierten, multimodalen Dokumentengenerierung genauer darstellt und ein grundlegendes Verständnis für die in den darauffolgenden Kapiteln behandelten Probleme gibt. In Kapitel 3 wird eine Literaturübersicht über die verschiedenen Arbeiten zur Referenz und zur Lokalisation von Objekten gegeben. Das daran anschließende Kapitel 4 befaßt sich mit den Besonderheiten der Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen. Der Hauptteil der Arbeit beginnt mit Kapitel 5. Dort werden die in den folgenden Kapiteln behandelten Lokalisationsphänomene beschrieben und die notwendigen Begriffsvereinbarungen vorgenommen. In Kapitel 6 und 7 werden die verschiedenen Lokalisationsverfahren dargestellt: Kapitel 6 behandelt zunächst die Verfahren, ohne auf eine konkrete Realisierung einzugehen; in Kapitel 7 werden dann die softwaretechnischen Aspekte diskutiert. In Kapitel 8 wird auf Erweiterungsmöglichkeiten der beschriebenen Lokalisationsverfahren eingegangen: auf die Lokalisation von Objekten in graphischen Darstellungen mit komplexen Objektkonfigurationen und auf sogenannte Gruppenlokalisationen. In Kapitel 9 wird über die Implementation der Lokalisationsverfahren berichtet, und es wird eine Testumgebung für die verschiedenen Verfahren, das System LOC-SYS, vorgestellt. Kapitel 10 beschließt die Arbeit mit einigen Schlußbemerkungen.

Für die Unterstützung bei dieser über ein Jahr währenden Arbeit bin ich einer Reihe von Leuten zu Dank verpflichtet: Wolfgang Hoepfner und Wolfgang Wahlster haben es ermöglicht, daß diese Diplomarbeit extern bzw. im Rahmen des WIP-Projekts stattfinden konnte. Beide haben, wie auch Dagmar Schmauks, Auszüge bzw. die ganze Arbeit gelesen und mir ihre Korrekturen und Verbesserungsvorschläge zukommen lassen. Ein besonderer Dank gebührt Elisabeth André und Thomas Rist für ihre Betreuung: Sie haben mehrere Rohfassungen über sich ergehen lassen und mit einer Vielzahl von Anregungen einen nicht unwesentlichen Anteil zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Meinen Zimmerkollegen Daniel Kudenko und Wolfgang Maaß danke ich für die reibungsarme Arbeitsatmosphäre und für ihre aufmunternden Kommentare.

## 2 Das WIP-Projekt

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurde, ist die vorliegende Diplomarbeit im Rahmen der Mitarbeit im WIP-Projekt entstanden. Durch eine Kurzdarstellung des WIP-Projekts soll die eingeschränkte Problemstellung der Objektreferenz und -lokalisierung in graphischen Darstellungen in einen größeren Zusammenhang gestellt werden, um so ein besseres Verständnis der folgenden Kapitel zu ermöglichen. Für eine ausführliche Darstellung von WIP wird auf [Wahlster et al. 91a,b] verwiesen.

### 2.1 WIP als intelligente Benutzerschnittstelle für wissensbasierte Anwendungssysteme

Die enorme Menge an Informationen aller Art, die heutzutage Benutzern komplexer technischer Systeme übermittelt werden muß, verlangt nach neuen Methoden der Informationspräsentation. Bisherige maschinelle Verfahren, bei denen man die zu vermittelnden Inhalte entweder in textueller oder graphischer Form präsentiert oder beide Präsentationsmodi unabgestimmt miteinander kombiniert, sind hierfür nicht mehr angemessen. Gefordert ist ein System, das in der Lage ist, für verschiedene Zielgruppen in verschiedenen Situationen eine maßgeschneiderte Aufbereitung der zu vermittelnden Information zu liefern. Dabei sollen die verschiedenen Präsentationsmodi in aufeinander abgestimmter Weise, d.h. entsprechend ihren spezifischen Vor- und Nachteilen, verwendet werden. Diese verschiedenen Anforderungen sollen durch das WIP-System realisiert werden: eine koordinierte multimodale Informationspräsentation.

Mögliche Anwendungssysteme, bei denen WIP als Benutzerschnittstelle nachgeschaltet werden kann (siehe Abbildung 2.1), sind Leitstände, Experten- oder Hilfesysteme. Die Eingabe für WIP ist zweigeteilt: Zum einen muß das zu präsentierende Wissen als solches übermittelt werden. Zum anderen kann durch eine Reihe von Generierungsparametern, wie

- Zielgruppe (z.B. Experte oder Laie)
- Präsentationsabsicht (z.B. knappe oder ausführliche Präsentation)
- Präsentationssituation (z.B. kontinuierlicher Informationsfluß bei einem Leitstand oder einmalige Informationsübermittlung bei einem Hilfesystem für technische Geräte)
- Betriebsmittelbeschränkungen (z.B. Zeit für die Erzeugung der zu präsentierenden Information oder Einschränkungen hinsichtlich der Ausgabemedien)
- Zielsprache (Deutsch oder Englisch)

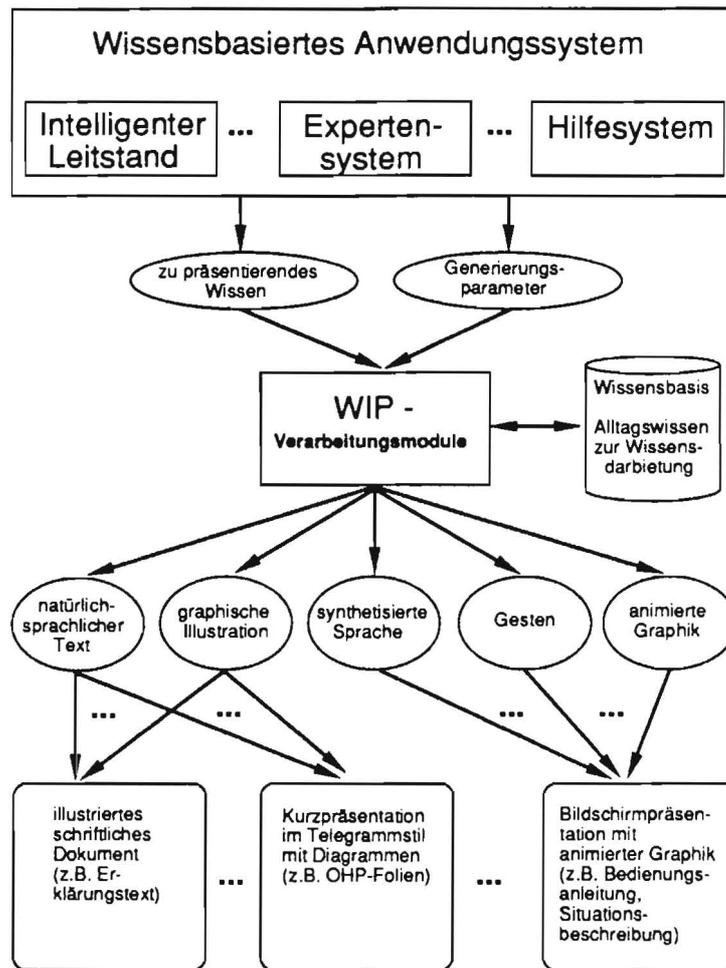


Abbildung 2.1: Das WIP-System

die Form der Wissensaufbereitung sowie der Umfang des mitzuteilenden Wissens bestimmt werden. Angestrebt sind Präsentationsformen wie schriftliche Dokumente, OHP-Folien oder Bildschirmpräsentationen.

Als erste Anwendungsdomäne wurde die Generierung der Gebrauchsanweisung für eine Espressomaschine ausgewählt, da hier die abgestimmte Verwendung von Text und Bild eine wichtige Rolle spielt. Ein kleiner Ausschnitt aus einer Espressomaschinenanleitung findet sich in Abbildung 2.2. Für die Erzeugung von Text und Graphik ist von Bedeutung, daß Gebrauchsanweisungen auch oft rezipiert werden, ohne daß für den Leser eine unmittelbare Vergleichsmöglichkeit mit dem realen Gegenstand besteht.

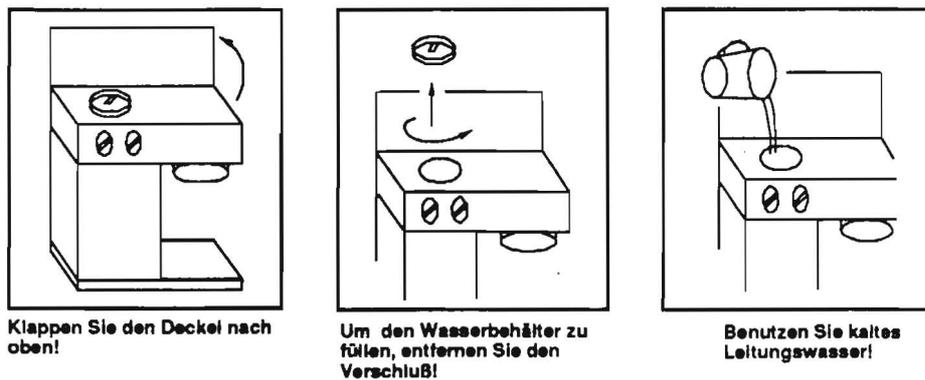


Abbildung 2.2: Ausschnitt aus einer Anleitung für eine Espressomaschine

## 2.2 Probleme bei der koordinierten Informationspräsentation

Ein grundsätzliches Problem bei der koordinierten Informationspräsentation ist die hinsichtlich der einzelnen Präsentationsmodi abgestimmte Verteilung der zu übermittelnden Information: Was läßt sich besser durch Text, was besser durch Graphik vermitteln? Wie kann Redundanz vermieden werden?

Der in WIP verfolgte Ansatz faßt die Informationspräsentation als komplexe Handlung zur Erreichung bestimmter Ziele auf. Die Dekomposition solcher Handlungsziele durch den *Präsentationsplaner* führt zu einer hierarchischen Handlungsstruktur. Elementare Handlungen können durch Sprechakte bzw. Bildakte vollzogen werden (vgl. [André/Rist 90]).

Um die Einheitlichkeit des Dokumentes zu gewährleisten wurde der Kohärenzbegriff der Textlinguistik in Richtung *multimodale Kohärenz* erweitert: Es wurden Kriterien für Bildfolgen- bzw. Bild-Text-Kohärenz entwickelt (vgl. [Bandyopadhyay 90]).

Für das Dokumentenlayout verwendet man eine rasterbasierte Layouttechnik, die in zwei Phasen abläuft. In der ersten Stufe wird ein Rohlayout anhand von Default-Werten für die Text- und Bildteile erstellt. Dieses Rohlayout bildet den Ausgangspunkt für die Text- bzw. Bildgenerierung. Die Ergebnisse der Text- und Bildgeneratoren führen in der in der zweiten Stufe zum Feinlayout, wobei auch der Fall auftreten kann, daß das Rohlayout oder der vom Präsentationsplaner für die Text- bzw. Bildteile vorgesehene Inhalt revidiert werden muß (vgl. [Graf 90]).

## 2.3 Objektreferenz in multimodalen Dokumenten

Ein wichtiger Teilaspekt bei der Erzeugung multimodaler Dokumente ist die sprachliche Bezugnahme auf die in den verwendeten Graphiken dargestellten Objekte. So finden

sich beispielsweise in Abbildung 2.2 die Verweise „Deckel“, „Wasserbehälter“ und „Verschluß“ mit denen auf Objekte der entsprechenden Graphiken verwiesen wird.

Bei diesen Beispielen war es noch relativ einfach, auf die zur Benennung anstehenden Objekte zu verweisen, da jeweils immer nur ein Objekt der selben Klasse in der Abbildung vorhanden war. Will man jedoch ein Objekt benennen, von dessen Sorte mehrere Objekte in der betreffenden Graphik abgebildet sind (beispielsweise die Drehschalter am Oberteil der Espressomaschine), so ist dies nicht mehr allein durch die Nennung des Klassenbezeichners (hier: „Drehschalter“) möglich. Es muß zusätzlich nach diskriminierenden Attributen des zu benennenden Objekts gesucht werden. Typische Objektattribute, wie Farbe oder Größe hätten hier keine unterscheidende Wirkung, da beide Drehschalter gleich groß sind und — zumindest in der S/W-Darstellung — die gleiche Farbe besitzen. Als diskriminierendes Merkmal ließe sich jedoch die Position des Drehschalters relativ zum anderen Drehschalter angeben: „der *rechte* Drehschalter“ bzw. „der *linke* Drehschalter“.

Auch ist es denkbar, daß zum Beispiel aufgrund einer ungünstigen Projektionsperspektive oder eines geringen Wissensstandes des Betrachters die Nennung des Klassenbezeichners zur Identifikation eines Objekts nicht ausreicht. So werden mit Espresso- und Kaffeemaschinen nicht vertraute Leser unter Umständen die Bezeichnung „Wasserauslauf“ nicht dem zylinderförmigen Gebilde unterhalb des Wasserbehälters zuordnen können. Besitzt das System jedoch auch Wissen über die Art der vorgenommenen Darstellung (Zylinder  $\approx$  Wasserauslauf), so können zusätzliche Diskriminationsreserven dadurch ausgeschöpft werden, daß Äußerungen auf der Darstellungsebene generiert werden: „das zylinderförmige Objekt“.

In der Arbeit wird es vornehmlich um die zuletzt genannten Aspekte der sprachlichen Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen gehen:

- (1) Wie können Attribute gefunden werden, die sich auf die Modellierungsart des betreffenden Objekts beziehen?
- (2) Wie kann die Position des betreffenden Objektes bestimmt werden?

Die unter (1) angesprochenen Probleme werden in Kapitel 4 behandelt, auf die mit (2) verbundenen Fragen wird ab Kapitel 6 eingegangen. Während für Fragestellung (1) nur die Konzeption einer Lösung vorgestellt wird, sind die für (2) beschriebenen Verfahren auch implementiert.

### 3 Referenz und Lokalisation von Objekten

Linguistik, Psychologie und Künstliche Intelligenz liefern zahlreiche Beiträge zur Referenz und Lokalisation von Objekten. In diesem Kapitel werden relevante Arbeiten dieser Wissenschaftsdisziplinen für die beiden Problemfelder vorgestellt. Obwohl der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Lokalisation von Objekten liegt, ist ein ausführlicher Überblick zur Referenzproblematik sinnvoll, da Lokalisation ein Teilaspekt der Referenz ist (vgl. Abschnitt 3.3) und darüber hinaus in Kapitel 4 noch ausführlicher auf das Problem der Referenz in graphischen Darstellungen eingegangen wird.

Abschnitt 3.1 bis 3.4 befassen sich mit der Referenzproblematik. Speziell für die Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen sind Ergebnisse der wissenschaftstheoretischen Modelltheorie verwertbar, die in Abschnitt 3.4 beschrieben werden. Im Rest des Kapitels geht es um Arbeiten zur Objektlokalisierung.

#### 3.1 Referenz in Linguistik und Sprachphilosophie

Der Problembereich ‚Referenz‘ verfügt in der Linguistik und Sprachphilosophie über eine lange Tradition. Die hier zu gebende Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, vielmehr soll eine Übersicht der wichtigsten Phänomene gegeben werden. Ausführliche Einführungen in die Referenzproblematik finden sich in [Habel 86, Kap. 4] und in [Dale 88, Kap. 2]. Der folgende Überblick ist an diese beiden Darstellungen angelehnt.

Eine erste Definition des Begriffs ‚Referenz‘ ergibt sich aus einem semiotisch orientierten Pragmatikbegriff<sup>1</sup>: Bei der Referenz handelt es sich um die Beziehung, die der Sprecher bzw. Hörer zwischen den sprachlichen Zeichen und den Objekten der Welt herstellt. Neben Syntax (die Beziehung der sprachlichen Zeichen untereinander) und Semantik (die sprachsysteminhärente Beziehung der sprachlichen Zeichen zu den Objekten) stellt die Pragmatik die komplexeste Dimension des Zeichenprozesses dar.

Neben (Eigen-)Namen wie „Janosch“, „Panama“ und „Universität Koblenz“ zählen die auf Russel (1905) zurückgehenden definiten Kennzeichnungen — zum Beispiel „der Buchautor von ‚Oh, wie schön ist Panama‘“ oder „die Stadt, wo die Mosel in den Rhein fließt“ — zu den grundlegenden sprachlichen Mitteln, um auf Objekte der Welt zu verweisen. Die Verwendung einer definiten Kennzeichnung „das  $x$  mit der Eigenschaft  $p(x)$ “ impliziert

1. die Existenz des so bezeichneten Objekts  $x$  (Existenzpräsupposition) und
2. die Einzigartigkeit von  $x$  (Unitätsbedingung). D.h. es gibt kein anderes Objekt  $x$  für das  $p(x)$  gilt.

---

<sup>1</sup>Für weitere Pragmatikkonzeptionen siehe [Grewendorf et al. 87, Kap. VII.A] oder [Schlieben-Lange 79, Kap. 0].

Sogenannte ‚leere Namen‘ wie etwa „Rübezahl“ und Verletzungen der Unitätsbedingung — viele Menschen heißen „Janosch“ und nicht genau einer — machen leichte Adaptionen der Russelschen Kennzeichnungstheorie nötig (vgl. [Habel 86, S. 95]).

Einen anderen Ansatz zu den definiten Kennzeichnungen verfolgen Clark und Marshall mit ihrer *Konvention der direkten<sup>2</sup> definiten Referenz* ([Clark/Marshall 81, S. 26]): Die Äußerung einer direkten definiten Deskription gelingt dann, wenn das referierte Objekt Sprecher und Hörer *gemeinsam* bekannt ist bzw. durch die Äußerung bekannt wird. Folglich bekommt in dieser Theorie das gemeinsame Wissen von Sprecher und Hörer eine besondere Bedeutung. Es wird unterschieden zwischen gemeinsamen Wissen, das zustandekommt, aufgrund

- der Zugehörigkeit zur gleichen sozialen Gruppe,
- der physikalischen Kopräsenz des referierten Objekts oder
- der linguistischen Kopräsenz des referierten Objekts, d.h. der erfolgten Einführung des Objekts in den Diskurs.

Wie definite Kennzeichnungen können auch indefinite Kennzeichnungen auf Objekte der Welt referieren:

(1) „Hans hat *ein* Auto.“

(2) „*Es* ist gelb.“

Die traditionelle Sichtweise, indefinite Kennzeichnungen als bloße Existenzbehauptung zu analysieren, hat wegen der damit verbundenen Unzulänglichkeiten (vgl. obiges Beispiel) zur Entwicklung von Semantiktheorien geführt, die sich gerade um eine angemessene Behandlung der indefiniten Kennzeichnungen bemühen ([Heim 83], [Kamp 81]).

Ein weiterer Aspekt der Referenzproblematik ist die Koreferenz sprachlicher Ausdrücke mit anderen Ausdrücken des jeweiligen Diskurses. So können Proformen, wie zum Beispiel „sie“ oder „diese“ mit zuvor genannten (später noch zu nennenden) Kennzeichnungen auf dieselben Objekte in der Welt verweisen (anaphorische bzw. kataphorische Referenz). Proformen sind in Texten nahezu immer anzutreffen und tragen einen großen Teil zur Textkohärenz bei. Bei der Analyse natürlicher Sprache kommt es darauf an, zu einem gegebenen anaphorischen Ausdruck den mit ihm koreferierenden Antezedenten zu finden. Bei der Generierung liegt das Problem darin, zu erkennen, wann eine Pronominalisierung möglich ist bzw. wann die Anapher vom Leser/Hörer nicht mehr aufgelöst werden kann.

Von Searle stammt die für die vorliegende Arbeit übernommene Definition der Referenzausdrücke:

---

<sup>2</sup>Im Hinblick auf Sätze wie „The ham sandwich is sitting at table six.“ (Kontext: Gespräch unter Kellnern) wird zwischen direkten und indirekten definiten Kennzeichnungen unterschieden.

“It is characteristic of each of these expressions that their utterance serves to pick out or to identify one ‚object‘ or ‚entity‘ or ‚particular‘ apart from other objects ... Any expression which serves to identify any thing, process, event, action, or any kind of ‚individual‘ or ‚particular‘ I shall call a referring expression.”

[Searle 68, S. 26-27]

Im Hinblick auf seine Sprechakttheorie betont Searle, daß Referenzausdrücke für sich genommen nicht referieren, sondern daß es sich bei der Referenz um einen Sprechakt handelt. Sprechakte jedoch werden erst durch einen Sprecher vollzogen und nicht durch Worte ([Searle 68, S. 28]).

### 3.2 Objektbenennung in der Sprachpsychologie

Abgestützt durch empirische Ergebnisse sehen Herrmann und Deutsch in ihrer „Psychologie der Objektbenennung“ den Benennungsvorgang als einen kognitiven Prozeß „bei dem ein Sprecher bestimmte sprachliche Zeichen (Wörter, Namen) aus seinem aktiv verfügbaren Zeichenrepertoire wahrnehmbaren Sachverhalten (Objekten) zuordnet“. Ziel ist es, einem Hörer die Identifikation des Objekts zu ermöglichen ([Herrmann/Deutsch 76, S. 19]).

Bevor die Beschreibung des Benennungsvorgangs folgt, wird folgende, von Herrmann und Deutsch abweichende Terminologievereinbarung getroffen: Ein Objekt hat im Allgemeinen mehrere *Attribute* (‚Farbe‘, ‚Größe‘, ‚Gewicht‘) und besitzt für jedes dieser Attribute einen *Attributwert* (z.B. ‚gelb‘, ‚klein‘, ‚300 Gramm‘). Ein Attribut ist für das zu benennende Objekt *diskriminierend*, wenn bezüglich des Objektkontextes mindestens ein anderes Objekt existiert, dessen Attributwert sich von dem des zu benennenden Objekts unterscheidet. Ein Attribut bzw. eine Menge von Attributen ist *identifizierend*, wenn sich das Zielobjekt bzgl. des Attributs bzw. der Konjunktion der Attributwerte von allen anderen Objekten des Objektkontextes unterscheidet.

Der Benennungsvorgang läuft folgendermaßen ab:

1. Es wird nach identifizierenden Attributen für das zu benennende Objekt gesucht.
  - (a) Gibt es genau ein identifizierendes Attribut, so wird der betreffende Attributwert verbalisiert.
  - (b) Sind zugleich mehrere Attribute identifizierend, so wird bei einem großen Unterschied zwischen dem Attributwert des zu benennenden Objekts und den Attributwerten der anderen Objekte der Attributwert mit dem größten Unterschied verbalisiert. Bei kleinen Unterschieden wird entsprechend der

Attributpräferenz des Sprechers ein Attributwert verbalisiert (ausgeprägte Attributpräferenz) oder es werden mehrere Werte geäußert, d.h. es erfolgt eine redundante Verbalisierung (nivellierte Attributpräferenz).

2. Existiert kein identifizierendes Attribut, so wird nach einer identifizierenden Menge von Attributen gesucht.

Mangold hat 1987 Kriterien untersucht, die die Überspezifikation von Attributen<sup>3</sup> erklären sollen. Im Hinblick auf die Referenzproblematik sind folgende Ergebnisse von Bedeutung:

1. Die perzeptuelle Erkennbarkeit der verschiedenen Objektattribute ist unterschiedlich schwer. Im allgemeinen ist die Farbe eines Objekts leichter perzipierbar als seine Größe und seine Größe leichter als seine Form.
2. Die zusätzliche Nennung eines leicht identifizierbaren Attributs verkürzt die Identifikationsdauer.
3. Die zusätzliche Nennung eines schwer identifizierbaren Attributs verkürzt die Identifikationsdauer nicht. Eine Verlängerung konnte aus den Meßdaten mit der erforderlichen signifikanzkritischen Sicherheit nicht entnommen werden.

Bezogen auf das lexikalische Inventar einer Sprache sind viele Lexeme dadurch miteinander verbunden, daß sie einander spezialisieren bzw. generalisieren. So ist zum Beispiel „Stuhl“ allgemeiner als „Küchenstuhl“, jedoch spezieller als „Möbelstück“. Rosch und Kollegen haben festgestellt, daß bestimmten Begriffen, den „basic objects“, in einer solchen Spezialisierungshierarchie eine besondere Bedeutung zukommt. Diese Basiskategorien sind dadurch ausgezeichnet, daß sie eine für die Überschaubarkeit der Welt ausreichende Klassenbildung liefern und gleichzeitig dem Sprachverwender genügend Informationen über die Objekte geben, die in eine solche Basiskategorie fallen. So bezeichnet im obigen Beispiel das Wort „Stuhl“ eine Basiskategorie, während „Küchenstuhl“ und „Möbelstück“ zu speziell bzw. allgemein sind. Empirische Resultate sind ([Rosch et al. 76, S. 429f]):

1. Objekte werden zuallererst als Elemente der jeweiligen Basiskategorie wahrgenommen.
2. Die Basiskategorie ist bzgl. der Spezialisierungshierarchie die abstrakteste Ebene auf der die perzeptuelle Objektidentifikation unterstützt werden kann.
3. Die den Basiskategorien entsprechenden Lexeme werden von Erwachsenen am häufigsten benutzt, von Kindern zuerst gelernt, und in Sprachen mit geringem Wortschatz kann auf sie am wenigsten verzichtet werden.

---

<sup>3</sup>D.h. es werden mehr Attribute verbalisiert, als zur Identifikation notwendig sind.

## 3.3 Referenz in KI-Systemen

### 3.3.1 HAM-RPM

Das HAM-RPM-System (Hamburger Redepartnermodell, [v. Hahn et al. 78], [v. Hahn et al. 80]) simuliert einen Dialogpartner, der in der Lage ist, wahlweise Fragen über die Inneneinrichtung eines Wohnzimmers oder über eine Verkehrsszene zu beantworten. Dabei wird angenommen, daß der Benutzer die betreffende Szene kennt, sie aber zum Zeitpunkt der Befragung nicht einsehen kann.

Die Erzeugung von Nominalphrasen erfolgt mit der Absicht, dem Benutzer eine eindeutige Identifikation der benannten Objekte zu ermöglichen. Bei der Suche nach diskriminierenden Attributen für ein Objekt X wird wie folgt verfahren:

- (1) Besitzt X einen Eigennamen bzw. gibt es keine anderen Objekte, die zur gleichen Klasse gehören wie X, so wird der Eigenname bzw. der Klassenbezeichner zur Identifikation verwendet.
- (2) Besitzt X keinen Eigennamen und gibt es zu X sortengleiche Objekte, so wird nach einem sortengleichen Objekt Y gesucht, dessen in der Datenbasis gespeicherte Attribute und Attributwerte vollständig mit denen von X übereinstimmen. Nun wird versucht, die beiden Objekte X und Y durch eine Ortsangabe voneinander zu unterscheiden.

Der Prozeß der Ortsbestimmung wird rekursiv ausgeführt, da bei der Wahl eines Referenzobjekts erneut das Problem der eindeutigen Benennung auftritt: „das rote Auto, welches hinter dem Baum geparkt ist, der links neben dem großen Gebäude steht“.

Die Vorgehensweise, direkt auf den schlechtesten Fall, d.h. die Existenz eines Objekts mit identischen Eigenschaften, zu testen wird als ‚worst-case-first‘-Strategie<sup>4</sup> bezeichnet.

- (3) Sind die für X fest gespeicherten Attribute eine echte Teilmenge der Attribute eines anderen Objekts Y, so wird X aufgrund einer ‚Closed-World-Assumption‘ durch die in Bezug auf Y fehlenden Eigenschaften charakterisiert (z.B. „das rote, aber nicht alte Auto“).
- (4) Sind die Fälle (2) und (3) nicht gegeben, so wird versucht, eine identifizierende Attributmenge für X zu bestimmen.
- (5) Existiert keine identifizierende Attributmenge, so werden alle Attribute von X verbalisiert.

---

<sup>4</sup>In [v. Hahn et al. 80, S. 230] findet diese ‚worst-case-first‘-Strategie im Gegensatz zu [v. Hahn et al. 78] keine Erwähnung. Gemäß der Darstellung in [v. Hahn et al. 80] wird die Möglichkeit der Diskriminierung durch räumliche Relationen zuletzt ausgeschöpft.

Bei der Erzeugung einer Lokalisation wird berücksichtigt, ob das mit X konkurrierende Objekt Y einen bestimmten Abstand von X nicht überschreitet. Ist dies der Fall, so wird eine Nominalphrase wie „das linke X“ oder „das zweite X von links“ erzeugt. Ansonsten wird X relativ zu einem Objekt in seiner Nähe lokalisiert. Bei Auswahl der Referenzobjekte für X spielt neben der visuellen Auffälligkeit eines Objektes auch die Häufigkeit eine Rolle mit der das Objekt im bisherigen Dialog erwähnt wurde.

Für den Fall, daß sich in unmittelbarer Nähe des zu lokalisierenden Objekts andere Objekte mit identischen Eigenschaften befinden, können Gruppenlokalisierungen durchgeführt werden: Objekte können zu Gruppen zusammengefaßt und ein zu identifizierendes Objekt bzgl. der es enthaltenden Gruppe wie auch die Gruppe selbst bzgl. anderer Objektgruppen lokalisiert werden ([Wahlster et al. 78, S. 62-63]).

### 3.3.2 SOCCER

Mit SOCCER ([André et al. 88]) wurde ein System entwickelt, das in der Lage ist, Ausschnitte aus Fußballszenen simultan zu deren Ablauf zu beschreiben. Der Hörer kann das Fußballfeld nicht sehen, die Kommunikationssituation ähnelt einer Fußballreportage im Radio.

In der Verbalisierungskomponente werden neben Attributen wie Eigennamen, Klassenzugehörigkeit, Form, Farbe und Größe werden auch Ortsbeschreibungen zur Diskriminierung eines Objekts eingesetzt. Eine im Vergleich zu HAM-RPM neue Diskriminierungsmöglichkeit ist die Beschreibung markanter, dem Hörer bekannter Ereignisse, die mit dem zu identifizierenden Objekt assoziiert werden („der Spieler, der das Tor zum 1 : 0 geschossen hat“). In Anlehnung an die Arbeit von Rosch et al. kann bei der Erzeugung des Klassenbezeichners je nach Diskriminierungsbedarf auch ein Klassenbezeichner gewählt werden, der spezieller ist, als der entsprechende Bezeichner der Basiskategorie (z.B. „Linksaußen“ statt „Spieler“). Darüber hinaus können sogenannte *forced* und *supressed attributes* angegeben werden. *Forced attributes* werden in jedem Fall in die identifizierende Attributmenge mit aufgenommen, *supressed attributes* werden in keinem Fall zur Diskrimination herangezogen. Weiterhin ist der Referenzierungsalgorithmus in der Lage, rekursive Objektbeschreibungen zu erzeugen (z.B. „Der Linksaußen, der den Spieler, der das Tor zum 1 : 0 geschossen hat, umgestoßen hat, läuft in Richtung Strafraum“, [André 88, S. 68]).

Es wird zunächst versucht, das betreffende Objekt mit Hilfe der Attribute zu identifizieren, deren Berechnung einen geringen Aufwand erfordert. Erst wenn durch leichter zu berechnende Attribute keine Identifikation möglich ist, wird eine diskriminierende räumliche Relation oder ein diskriminierendes Ereignis berechnet.

### 3.3.3 KAMP

Appelt hat mit KAMP (Knowledge And Modality Planer) einen planbasierten Ansatz zur Sprachgenerierung realisiert. KAMP ist als Sprachgenerator für ein Expertensystem gedacht, dessen Domäne der Zusammenbau und die Reparatur von technischen Geräten ist.

Bei der Verwendung von Referenzausdrücken unterscheidet Appelt folgende Fälle ([Appelt 85, S. 6-7]):

- Der Sprecher referiert auf ein Objekt, welches dem Hörer bereits bekannt ist. Es kann dabei davon ausgegangen werden, daß Sprecher und Hörer gemeinsames Wissen über das betreffende Objekt besitzen.
- Der Sprecher referiert auf ein Objekt mit der Absicht, dem Hörer die Identifikation des betreffenden Objekts zu ermöglichen. Hier wird mögliches gemeinsames Wissen über das Objekt nicht berücksichtigt. Stattdessen wird ein Referenzausdruck verwendet, der die Identifikationshandlung des Hörers unterstützt.
- Der Sprecher referiert auf ein Objekt, ohne eine Identifikation des Objekts durch den Hörer zu intendieren. Dies entspricht dem attributiven Gebrauch definiter Nominalphrasen („John’s children will be very rich.“).

Durch Appelts Konzept der *Aktionssubsumption* ([Appelt 85, Kap. 3.7]) können mit der Planung eines Referenzausdrucks unter Umständen mehrere Handlungsziele berücksichtigt werden: Mit „Solche 3.5-Zoll-Disketten verwendet man zur Datensicherung.“ wird durch die Nominalphrase „Solche 3.5-Zoll-Disketten“ nicht nur auf bestimmte Objekte der Welt verwiesen. Zusätzlich würde einem mit Computern unerfahrenen Hörer auch mitgeteilt, wie 3.5-Zoll-Disketten überhaupt aussehen.

Bei der NP-Generierung wird zunächst in Anlehnung an Rosch et al. ein Bezeichner für die dem Objekt entsprechende Basiskategorie gewählt. Dann werden solange dem Sprecher und Hörer gemeinsam bekannte und in der betreffenden NP sprachlich realisierbare Attribute hinzugenommen, bis eine identifizierende Attributmenge vorliegt. Der Aufwand für die Bestimmung einer beweisbar minimalen identifizierenden Attributmenge wird als unangemessen hoch angesehen, da er nichts zum Erfolg der Objektidentifikation durch den Hörer beiträgt ([Appelt 85, S. 21]).

### 3.3.4 EPICUR

Beim EPICUR-System von Dale geht es um die planbasierte Generierung von Kochrezepten [Dale 88]. Bei der Erzeugung von Referenzausdrücken unterscheidet Dale in

Anlehnung an McDonald zwischen einer „initial reference“ und einer „subsequent reference“. Initialreferenzen führen neue Entitäten in den Diskurs ein, Folgereferenzen beziehen sich auf bereits im Diskursmodell vorhandene Entitäten (S. 160). In Anlehnung an die Grice'schen Konversationsmaximen werden 3 Prinzipien der Referenz aufgestellt ([Dale 88, S. 161f]):

- Sensitivität  
Der Sprecher muß das vermutliche Wissen des Hörers berücksichtigen.
- Adäquatheit  
Ein Referenzausdruck sollte das betreffende Objekt in eindeutiger Weise benennen, und er sollte genügend Information übermitteln, um das Ziel der Äußerung zu erfüllen.
- Effizienz  
Durch den Referenzausdruck sollte nicht mehr Information als nötig gegeben werden.

Gemäß der Maxime der Effizienz wird eine minimale identifizierende Attributmenge berechnet ([Dale 88, S. 214ff]). Das Minimalitätsprinzip wird insoweit aufgeweicht, als jede Attributwertemenge immer auch den Klassenbezeichner der entsprechenden Basis-kategorie enthält.

### 3.3.5 Zusammenfassung

Bei den vorgestellten KI-Systemen stellt sich das Problem der Objektreferenz als die Suche nach einer identifizierenden Attributmenge. Bestimmte Attribute (Eigennamen und Klassenbezeichner) nehmen eine ausgezeichnete Position ein. Es besteht keine Übereinstimmung darüber, ob eine beweisbar minimale Attributmenge bestimmt werden soll. Neben diesen objektinhärenten Eigenschaften ist es auch möglich, ein Objekt durch die Angabe seines Ortes oder eines markanten Ereignisses von anderen Objekten zu diskriminieren. Die Bestimmung dieser Eigenschaften erfordert einen wesentlich höheren Berechnungsaufwand und wird deshalb nur ausgeführt, wenn die objektinhärenten Attribute nicht zur Identifikation ausreichen.

## 3.4 Referenz in graphischen Darstellungen und allgemeine Modelltheorie

Für den Spezialfall der Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen ergeben sich Besonderheiten, die bei den Diskurssituationen der oben beschriebenen KI-Systeme nicht auftreten. Zum einen können bestimmte Attribute (z.B. ‚Farbe‘ bei einer Schwarz/Weiß -

Darstellung) unter Umständen nicht mehr zur Diskrimination verwendet werden. Zum anderen bieten sich neue Diskriminationsmöglichkeiten durch die Bezugnahme auf die Darstellungsart des Objekts (vgl. das Beispiel mit dem Wasserauslauf in Abschnitt 2.3). Eine einheitliche Behandlung dieser beiden Referenzphänomene wird erreicht, indem man graphische Darstellungen als Modelle beliebiger Objektbereiche auffaßt. Wird dieser Grundannahme entsprechend die Art der vorgenommenen Modellierung bzw. Darstellung in der Graphik explizit repräsentiert, so kann festgestellt werden, welche Attribute nicht mehr diskriminationsfähig sind. Darüberhinaus läßt sich das vorhandene Modellierungswissen nutzen, um Verweise auf die Darstellungsart eines Objekts zu erzeugen.

Der folgenden Darstellung liegt die inhaltlich und terminologisch an die vorliegende Problemstellung adaptierte Arbeit von Stachowiak<sup>5</sup> zur allgemeinen Modelltheorie zugrunde ([Stachowiak 73, Kap. 2]). Auch Korn verwendet in ihren „Untersuchungen zur graphischen Darstellung wissenschaftlicher Theorie“ die Stachowiak’sche Modelltheorie. In ihrer Arbeit werden Ergebnisse aus Semiotik, Textlinguistik, Didaktik und Kognitionswissenschaft zusammengetragen, um „Hinweise für eine verbesserte Gestaltung graphischer Darstellungen wissenschaftlicher Theorie, speziell von Kommunikationsmodellen“ ([Korn 82, S. 121]) zu finden. Auf die in Kapitel 4 behandelte Referenzproblematik wird jedoch nicht eingegangen.

Die Beziehung zwischen Objektbereich und Modell läßt sich auf folgende Weise formalisieren (vgl. Abbildung 3.1): Objektbereich und graphisches Modell verfügen über

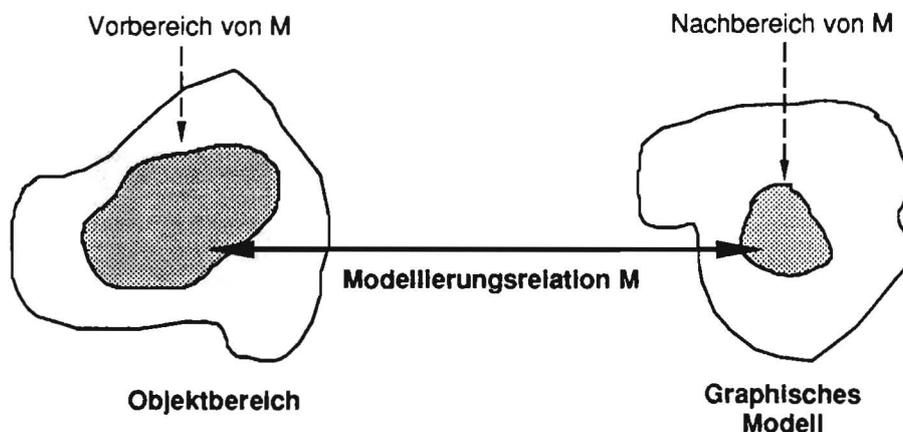


Abbildung 3.1: Die Beziehung zwischen Objektbereich und Modell

eine dem Entity-Relationship-Modell verwandte Struktur. Es existieren atomare, nicht

<sup>5</sup>Stachowiak nennt drei Hauptmerkmale von Modellen. Das dort eingeführte Verkürzungsmerkmal wird in der folgenden Darstellung übernommen, dem Abbildungsmerkmal entspricht hier der Begriff der Kodierung, und das pragmatische Merkmal wird ausgelassen, da ihm für die Referenzproblematik keine unmittelbare Bedeutung zukommt.

weiter dekomponierbare Teilobjekte, sogenannte Individuen. Diese Individuen besitzen Attribute und können zu komplexen Objektstrukturen aggregiert werden. Weiterhin lassen sich Beziehungen für Gruppen von Objekten angeben.

Das aktuelle Modellierungswissen wird durch eine Modellierungsrelation  $M$  realisiert, die Objektbereich und Modell miteinander verbindet. Objekte des Objektbereichs werden den Objekten des Modells und Attribute der Objekte des Objektbereichs den entsprechenden Attributen der Objekte des Modells zugeordnet.

Der Modellierungsvorgang an sich, Strukturen des Objektbereichs in beliebiger Weise auf Strukturen des Modells abzubilden, wird als **Kodierung** bezeichnet.

Im allgemeinen werden Teile des Objektbereichs als auch Teile des Modells bei der Modellierung nicht berücksichtigt, d.h. der Vorbereich von  $M$  ist eine echte Teilmenge des Objektbereichs und der Nachbereich eine echte Teilmenge des Modells. Der erste Fall ist von besonderer Bedeutung: Werden bei einem Modell nicht alle Teile des Objektbereichs abgebildet, so wird im folgenden von **Verkürzung** gesprochen.

Am Beispiel der Espressomaschinengraphik aus Abbildung 2.2 lassen sich folgende Verkürzungsphänomene festmachen:

- der Wegfall der Farbe aufgrund der S/W-Darstellung und
- die Nichtsichtbarkeit der übrigen Maschinenteile/Bedienungselemente, weil nur ein Teilausschnitt der Espressomaschine gezeigt wird.

Ein mögliches Kodierungsphänomen wäre beispielsweise die Einfärbung oder Schraffierung bestimmter Maschinenteile mit dem Ziel, alle beweglichen Teile hervorzuheben.

Als zweites Beispiel sei eine hypothetische Landkarte gegeben: Eine für Landkarten typische Verkürzung ist der Wegfall von Orten, die eine für den jeweiligen Maßstab zu geringe Einwohnerzahl haben. Typische Kodierungen sind:

- Städte → Kreise,  
über-100.000-Einwohner-haben → rote Einfärbung.
- Hügel → Dreieck,  
landschaftlich sehenswert → dunkelgrüne Einfärbung.

Der Fall, daß der Nachbereich der Modellierungsrelation eine echte Teilmenge des Modells ist, liegt bei diesem Beispiel dann vor, wenn das graphische Modellierungsinventar für die Landkarten nicht ausgeschöpft wird. So ist es denkbar, daß man sowohl Kreise, Dreiecke, Rechtecke und Linien darstellen kann, daß für die hypothetische Landkarte jedoch keine Rechtecke benötigt werden.

Die in diesem Abschnitt behandelte Modellierungsproblematik findet sich auch in den Arbeiten zur automatischen Generierung von Benutzerschnittstellen und zum Problem der Modalitätszuweisung bei multimodaler Informationspräsentation wieder. So schlägt Green für die automatische Erzeugung von Benutzerschnittstellen das Seeheim-Modell<sup>6</sup> vor ([Green 85]): Eine Dialogkontrolle vermittelt zwischen dem Modell der Schnittstelle der aktuellen Anwendung und der für den Benutzer sichtbaren Präsentationskomponente. In [Arens et al. 88] wird ein Anwendungsmodell eingeführt, das durch Präsentationsregeln auf ein Schnittstellenmodell abgebildet werden kann. Elhadad und Kollegen haben untersucht, auf welche Weise die verschiedenen Kommunikationsziele eines multimedialen Generierungssystems durch Graphik bzw. Text realisiert werden können ([Elhadad et al. 89]) und stellen mögliche Kommunikationsziele dem Ausdrucksinventar von Text bzw. Graphik gegenüber. Roth und Mattis stellen ‚Datencharakteristiken‘ für relationale Daten vor ([Roth/Mattis 90]). Mit Hilfe solcher Datentaxonomien können entsprechend der jeweiligen Datencharakteristik automatisch 2D-Graphiken erzeugt werden. Auch Hovy und Arens entwerfen eine Datentaxonomie für die in einem multimodalen Präsentationssystem darzustellenden Informationen ([Hovy/Arens 90]). Darüber hinaus haben sie ein komplexes Klassifikationssystem für eine Vielzahl von Präsentationsmodi (u.a. Signalton, Ikon, Karte, Bild, Tabelle, Formular, Graph, geschriebener Text, Animationssequenzen) entwickelt. Die Bestimmung eines geeigneten Präsentationsmodus erfolgt durch Regeln, die sich auf die klassifikatorischen Merkmale der zu Verfügung stehenden Präsentationsmodi bzw. der darzustellenden Datentypen beziehen.

Die in diesen Arbeiten verwendete Terminologie variiert von Arbeit zu Arbeit und weicht von der hier verwendeten, an Stachowiak angelehnten Begrifflichkeit oftmals stark ab. Die oben eingeführten Begriffe ‚Verkürzung‘ und ‚Kodierung‘ reichen zur Beschreibung der Besonderheiten der Referenz in graphischen Darstellungen voll aus. Somit ist für diesen konkreten Zweck die wissenschaftstheoretisch orientierte Begrifflichkeit von Stachowiak gegenüber den anderen Ansätzen als gleichwertig anzusehen.

---

<sup>6</sup>Benannt nach dem Ort Seeheim, an dem 1985 ein Workshop über Benutzerschnittstellen-Management-Systeme stattfand ([Pfaff 85]).

### 3.5 Präpositionen als Relationen

Nachdem es in den bisherigen Unterkapiteln um die Referenz auf Objekte ging, werden von nun an Arbeiten vorgestellt, die sich speziell mit der Lokalisation von Objekten befassen. Grundlegend für die meisten der hier vorgestellten Arbeiten zur Lokalisationsproblematik ist es, Präpositionen als Relationen aufzufassen. Ein solcher Ansatz ist detailliert in [Wunderlich 82] beschrieben. Ausgehend vom mathematischen Raumkonzept (Raum als offene Menge von Raumpunkten) verfährt Wunderlich wie folgt:

1. Jedem Objekt wird eine Lokalisierungsfunktion  $l$  zugeordnet, die den Ort des Objekts angibt. Unter *Ort* ist die Menge von Raumpunkten zu verstehen, die das Objekt einnimmt.
2. Zusätzlich wird das Objekt mit einer Familie von Nachbarschaftsfunktionen  $\langle U_i \rangle, i = 1, \dots, n$ , versehen, die bestimmte, für das Objekt charakteristische Umgebungen liefern (Rand, Innenraum, äußere Umgebung etc.).

Mit Hilfe dieser Definitionen läßt sich nun die Bedeutung einer Präposition durch Angabe einfacher mengenalgebraischer Beziehungen beschreiben. Am Beispiel der topologischen Präposition *in* sieht dies wie folgt aus:

$$[\text{in}]^7 \stackrel{\text{def}}{=} \{(x, y) | l(x) \subseteq U_{\text{in}}(y)\} \quad (*)$$

Die Wahrheitsbedingungen für „Das Brot ist in der Küche“ lassen sich dann als

$$\begin{aligned} & \llbracket \text{Das Brot ist in der Küche} \rrbracket \\ & = (\llbracket \text{Brot} \rrbracket, \llbracket \text{Küche} \rrbracket) \in \llbracket \text{in} \rrbracket \end{aligned}$$

angeben und mit (\*) zu

$$\begin{aligned} & (\llbracket \text{Brot} \rrbracket, \llbracket \text{Küche} \rrbracket) \in \llbracket \text{in} \rrbracket \\ \Leftrightarrow & l(\llbracket \text{Brot} \rrbracket) \subseteq U_{\text{in}}(\llbracket \text{Küche} \rrbracket) \end{aligned}$$

umformen.

Für Richtungspräpositionen wie *vor* – *hinter*, *links* – *rechts* und *über* – *unter* wurde der beschriebene Ansatz allerdings dahingehend erweitert, daß ein Richtungsvektor eingeführt wird. Andernfalls ließen sich keine angemessenen Wahrheitsbedingungen mehr angeben, da diese Sorte von Präpositionen ein Bezugssystem erfordert (siehe hierzu auch Abschnitt 3.7). Zudem sind die Eigenschaften Transitivität und Konversität nur durch die Hinzunahme eines Richtungsvektors gewährleistet. So gilt etwa  $\forall x, y : \text{links}(x, y) \Rightarrow \text{rechts}(y, x)$  nur dann, wenn implizit ein für beide Relationen identischer Richtungsvektor angenommen oder die Aussage zu  $\forall x, y, \vec{d} : \text{links}(x, y, \vec{d}) \Rightarrow \text{rechts}(y, x, \vec{d})$  präzisiert wird (vgl. [Wunderlich/Herweg, S. 33]).

---

<sup>7</sup>Für einen sprachlichen Ausdruck  $A$  bezeichnet  $\llbracket A \rrbracket$  die Bedeutung von  $A$ .

### 3.6 Die Unzulänglichkeit des „simple-relations-model“

So elegant der obige Ansatz auf den ersten Blick zu sein scheint, so schnell wird auch seine Unzulänglichkeit offenbar. Für Lokalisationen wie etwa

- (1) „das Wasser in der Vase“
- (2) „der Riß in der Vase“
- (3) „der Vogel im Baum“

ist eine Adaption des Relationen-Ansatzes nicht ohne weiteres möglich. Herskovits ([Herskovits 85], [Herskovits 86]) hat sich insbesondere mit den topologischen Präpositionen *in*, *at* und *on* beschäftigt und folgenden Vorschlag zur Erweiterung des „simple-relations-model“ ([Herskovits 85, S. 343]) gemacht:

1. Bei der Lokalisierungsfunktion handelt es sich fortan nur noch um einen Spezialfall einer Vielzahl (21 Stück!) von *geometrischen Konzeptualisierungen* (kurz: GC), die für Objekte möglich sind. Neben der Innenraumkonzeptualisierung, mit der die Bedeutung von (1) beschrieben werden kann, gibt es nun auch eine Lamina-konzeptualisierung mit der Beispiel (2) erfaßt wird.
2. Abweichungen vom „normalen“ Gebrauch einer Präposition (z.B. „das Glas auf dem Tisch“ vs. „die Falten auf seiner Stirn“ vs. „der Gast auf der Geburtstagsfeier“) werden durch das Konzept der *idealen Bedeutung* (kurz: IM) einer Präposition erfaßt, die verschiedenen Transformationen (kurz: T) unterliegen kann.
3. *Pragmatische Beinahe-Prinzipien* („pragmatic near principles“), wie Auffälligkeit („saliency“), Relevanz, Toleranz und Typhaftigkeit („typicality“) und sogenannte *Use Types* — vergleichbar mit Sortenrestriktionen — geben Anhaltspunkte dafür, welche geometrische Konzeptualisierung bzw. welche Bedeutungstransformation angewendet werden muß.

Könnte im letzten Abschnitt die Bedeutung von „Das Brot ist in der Küche“ noch mit  $([ \text{Brot} ], [ \text{Küche} ]) \in [ \text{in} ]$  angegeben werden, so verkompliziert es sich nach Herskovits zu  $(GC([ \text{Brot} ]), GC([ \text{Küche} ])) \in T(IM([ \text{in} ]))$ .

Herskovits begründet die Notwendigkeit und Adäquatheit ihrer Vorgehensweise wie folgt:

„Word meanings are defined in an ideal world — a world of lines, points, surfaces, definite relations of inclusion, contact, intersection, etc. But our

need to describe, to communicate facts efficiently about a complex and imperfect world, which never matches our ideal concepts, forces us to bend and stretch the concepts.“

[Herskovits 85, S. 377]

### 3.7 Die Intrinsisch-Deiktisch-Unterscheidung

Große Beachtung hat in der betreffenden Literatur die Intrinsisch-Deiktisch-Unterscheidung gefunden: Wird bei einer relativen Lokalisation die visuelle Orientierung des Sprechers/Hörers zum Referenzpunkt der Beschreibung gemacht, so spricht man von einer *deiktischen Perspektive*. Sind es hingegen inhärente Raumeigenschaften des Referenzobjekts, die den Bezugspunkt bestimmen, so wird die Äußerung aus einer *intrinsischen Perspektive* heraus vollzogen ([Ehrich 85]).

Lokalisiert ein Sprecher beispielsweise den Ball in Abbildung 3.2 mit der Präpositionalphrase „vor dem Auto“ so verwendet er die deiktische Perspektive. Nimmt er stattdessen „links vom Auto“ so handelt es sich um die intrinsische Perspektive.

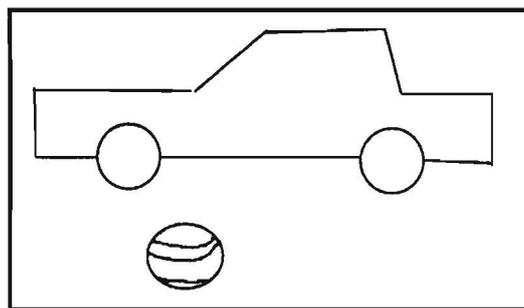


Abbildung 3.2: Intrinsische und deiktische Perspektive

Bekannt wurde diese Unterscheidung vor allem durch Miller und Johnson-Laird ([Miller/Johnson-Laird 76, Kap. 6.1]), obwohl laut Herrmann die Ursprünge dieser Unterscheidung bis in die 30er Jahre hin zurückverfolgt werden können ([Stern 30] laut [Herrmann 89]). Eine ausführliche Übersicht und Systematisierung der verschiedenen Arbeiten zu diesem Thema findet sich in [Retz-Schmidt 86].

Relevante Problemstellungen innerhalb des Deiktisch-Intrinsisch-Paradigmas sind u.a.:

- Welche Präpositionen können intrinsisch, welche können deiktisch verwendet werden?
- Welche Objekteigenschaften bestimmen die intrinsische Orientierung eines Objektes? Auf welche Weise geschieht dies?

- Gegeben den intrinsischen/deiktischen Bezugspunkt der Äußerung. Wie kann daraus das zugehörige intrinsische/deiktische Bezugssystem konstruiert werden? (Erst mit Hilfe des Bezugssystems können zu lokalisierendes Objekt und Referenzobjekt zueinander in Beziehung gesetzt werden!)

Schließlich sei auch noch auf eine neuere Arbeit von Herrmann hingewiesen, die eine interessante Verallgemeinerung der Intrinsisch-Deiktisch-Unterscheidung darstellt: In [Herrmann 89] werden zwei voneinander unabhängige Klassifikationsdimensionen für Lokalisationen vorgestellt: Zweipunkt- vs. Dreipunktlokalisationen zum einen und sprecher- vs. hörer- vs. drittbezogene Lokalisationen zum anderen. Gemäß dieser Systematisierung können Äußerungen aus der deiktischen Perspektive als sprecherbezogene Dreipunktlokalisationen und Äußerungen aus der intrinsischen Perspektive als drittbezogene Zweipunktlokalisationen aufgefaßt werden.

## 3.8 Lokalisation in der KI

### 3.8.1 „Graphical Deep Knowledge“

Geller und Shapiro befassen sich mit den Eigenschaften, die „Graphical Deep Knowledge“ besitzen sollte ([Geller/Shapiro 87]). Ziel ist es, Modellierungsprimitive bereitzustellen, welche die automatische Erstellung von logischen Schaltkreisdiagrammen unterstützen. Der Ort von Objekten, d.h. elektronischen Bauelementen wie z.B. NAND- oder NOR-Gatter, kann durch absolute oder relative Positionen angegeben werden. Es wird weiter unterschieden zwischen konkreten und unscharfen Positionen („concret“, „fuzzy“): Bei konkreten Positionen werden die x-y-Koordinaten eines Objekts bzgl. des betreffenden Diagramms (absolut) bzw. bzgl. des Referenzobjekts (relativ) angegeben. Unter unscharfen Positionen versteht man einstellige Prädikate wie „top“, „left“, „center“, „upper left corner“ etc. (absolut) oder aber auch mehrstellige wie z.B. „left-of“, „between“, „on-one-line“ (relativ). Bei zusammengesetzten Objekten können relative Positionen vererbt werden. Hinweise, wie die Lokalisation eines Objekts entsprechend der Modellierungsprimitive für Positionen zu bestimmen ist, finden sich in der Arbeit von Geller und Shapiro nicht. Es geht ja auch um die Generierung von Diagrammen und nicht um ihre Analyse.

### 3.8.2 SWYSS

Beim System SWYSS ([Hußmann/Schefe 84]) handelt es sich um ein Dialogsystem, das Fragen über zweidimensionale Szenen beantworten kann. Die von Hanßmann implementierte Teilkomponente ([Hanßmann 80]) zur Beschreibung der Bilddaten ist nicht nur in der Lage, Relationen wie „links-von“, „oberhalb-von“, „zwischen“ etc. zu bestimmen. Es wird versucht, auch Eigenschaften wie z.B. „rund“, „eckig“, „stützt“, „lehnt an“

zu bewerten und sogar Kriterien für Zustände wie „steht“, „kippt“ oder „schaukelt“ zu finden. Um vage Beschreibungen (z.B. „das Objekt x ist *ziemlich weit* links von Objekt y“) erzeugen zu können, wird bei der Analyse der Szenen unter Rückgriff auf die Fuzzy-Set-Theorie von Zadeh ([Zadeh 76]) neben der Relation auch noch ein sogenannter Anwendbarkeitsgrad berechnet: Ein Wert zwischen 0 und 1 gibt an, ob die berechnete Relation *voll, nahezu, ..., kaum, überhaupt nicht* anwendbar ist und kann in entsprechende linguistische Hecken umgesetzt werden.

### 3.8.3 Präpositionen als gebietskonstituierende Prozesse

Pribbenow und Habel ([Habel/Pribbenow 88]) kombinieren Arbeiten der Kognitionspsychologie und Linguistik zu einem Verfahren zur Analyse von lokalen Präpositionen, das mit einer Hybridrepräsentation arbeitet. Den Arbeiten über bildhafte Repräsentationsformate entsprechend (siehe z.B. [Rehkämper 87]) werden Präpositionen als gebietskonstituierende Prozesse auf quasi-analogen Zellmatrizen (sogenannten „Depiktionen“) aufgefaßt. Propositionale Auswahlregeln determinieren die Art der Gebietsausbreitung (im Sinne der Herskovits'schen geometrischen Konzeptualisierung), während die eigentliche Gebietsberechnung nach dem Spreading-Activation-Prinzip auf den Zellmatrizen stattfindet. Einfache räumliche Zusammenhänge werden noch rein propositional inferiert, bei komplexeren Raumkonstellationen hingegen sind die Depiktionen Ausgangspunkt der Inferenzprozesse ([Pribbenow 88], [Pribbenow 90]). Als wichtige Eigenschaft der Depiktionen wird angeführt, daß sich die Ortsveränderung eines Objekts *automatisch* auf alle benachbarten Objekte auswirkt und nicht — wie bei einem propositionalen Repräsentationsformalismus — die Änderung aller Fakten nötig macht, die räumliches Anordnungswissen des betreffenden Objekts repräsentieren.

Als Kriterium der Sprachkompetenz bei räumlichen Ausdrücken wird die Fragebeantwortung zu Textfragmenten wie

„Vor dem Fluß steht der chinesische Pavillion, links daneben die Drachenskulptur und auf der anderen Seite des Flusses befindet sich das Café.“

Die Frage „Wo steht der Drache?“ wird durch einen rein propositionalen Schluß beantwortet, da die benötigte Information textuell vorgegeben ist. Bei „Steht die Skulptur in der Nähe des Flusses?“ würde jedoch eine rein propositionale Schlußweise ein Regelsystem erfordern, das alle Paare von Relationen zueinander in Beziehung setzt. Demzufolge wird bei dieser Frage zunächst eine komplexe Depiktion generiert. Die Fragebeantwortung wird dann durch einen einfachen Inspektionsprozeß dieser Depiktion ermöglicht.

Die Probleme, die von den Autoren diskutiert werden, liegen vor allem im Bereich des depiktionalen Repräsentationsformates, den darauf zu definierenden gebietserzeugenden Prozessen und der Interaktion zwischen propositionalen und depiktionalen Inferenzmechanismen.

### 3.8.4 CITYTOUR

Das System CITYTOUR simuliert eine fiktive Stadtführung und kann Fragen über die (zweidimensionalen) räumlichen Beziehungen von Objekten in der Szene beantworten. Neben statischen Relationen („links-von“, „rechts-von“, „vor“, „hinter“) werden auch dynamische Beziehungen („entlang“, „vorbei“) erkannt. Lokalisationen können aus intrinsischer und deiktischer Perspektive generiert werden ([Retz-Schmidt 86], [André et al. 85]). Mit jeder räumlichen Beziehung wird auch ihr Anwendbarkeitsgrad berechnet, der, wie bei SWYSS, für die Generierung vager Äußerungen verwendet wird. In [Herzog et al. 89] wird der CITYTOUR-Ansatz in folgender Weise präzisiert:

1. Präpositionen werden im Wunderlich'schen Sinne als einzelsprachunabhängige Relationen mit Richtungsvektor aufgefaßt.
2. Die Unterscheidung zwischen bloßer Anwendbarkeit oder Nichtanwendbarkeit sprachlicher Ausdrücke für räumliche Konstellationen wird als unangemessen angesehen. Aus diesem Grund wird es für notwendig gehalten, neben der eigentlichen Lokalisation auch immer deren Anwendbarkeitsgrad zu bestimmen.
3. Das Lokalisationsverfahren zerfällt in zwei Teile:
  - (a) die Bestimmung des Bezugssystems mit Hilfe des Richtungsvektors und
  - (b) die Berechnung der Anwendbarkeit für die betreffende Relation.

Wesentlich für das in CITYTOUR angewendete Lokalisationsverfahren ist folgende Problemreduktion: Die Lokalisation eines Objekts bzgl. eines Referenzobjekts wird zurückgeführt auf die Lokalisation des Schwerpunktes des zu lokalisierenden Objekts bzgl. des umschreibenden Rechtecks des Referenzobjekts. Solche Punkt-Rechteck-Lokalisationen werden durchgeführt, indem

1. entsprechend der Lage des Rechtecks sogenannte „Koordinatenbänder“ bestimmt werden,
2. die Koordinaten des Schwerpunktes bzgl. dieser Koordinatenbänder bestimmt werden und schließlich
3. diese Punktkoordinaten zu einem Anwendbarkeitsgrad verrechnet werden, wobei die Vorn-Hinten-Koordinate und die Links-Rechts-Koordinate unterschiedlich gewichtet werden.

Abbildung 3.3 zeigt, wie in Abhängigkeit vom Bezugspunkt BP und dem umschreibenden Rechteck des Referenzobjekts die Koordinatenbänder konstruiert werden. Bezüglich

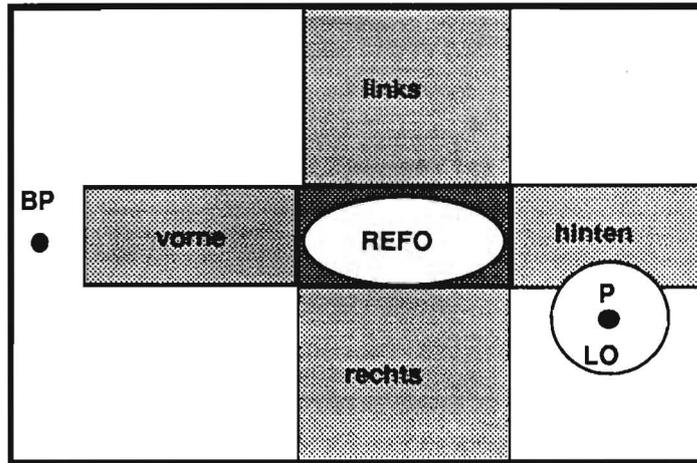


Abbildung 3.3: Punkt-Rechteck-Lokalisation bei CITYTOUR

dieser Koordinatenbänder hat nun der Schwerpunkt P des zu lokalisierenden Objekts die Koordinaten (2, 2). Für eine „hinten“-Lokalisation schwächt ein großer Wert in der Links-Rechts-Dimension die Anwendbarkeit stärker ab, als in der Vorne-Hinten-Dimension. Deshalb wird die VH-Koordinate höher bewertet (0.7) als die LR-Koordinate (0.5). Die endgültige Verrechnung zum Anwendbarkeitsgrad geschieht durch Multiplikation beider Bewertungen. Somit kann LO mit einem Anwendbarkeitsgrad von 0.35 „hinten“ REFO lokalisiert werden.

Ein Problem bei der Approximation des Referenzobjekts durch ein umschreibendes Rechteck entsteht dann, wenn sich der Schwerpunkt des zu lokalisierenden Rechtecks innerhalb des umschreibenden Rechtecks befindet. In diesem Fall kann dem Schwerpunkt kein Koordinatenpaar bzgl. der VH- und LR-Koordinatenbänder zugeordnet werden. In [André et al. 85, S. 23ff] wird für diesen Fall vorgeschlagen, den Bereichen des umschreibenden Rechtecks, die nicht zum Referenzobjekt gehören, geeignete, außerhalb des umschreibenden Rechtecks liegende Punkte zuzuordnen und die Punkt-Rechteck-Lokalisation anhand dieser Repräsentanten durchzuführen. In Abbildung 3.4 befindet sich LO und somit auch sein Schwerpunkt innerhalb des umschreibenden Rechtecks von REFO. Die Bestimmung einer VH-LR-Koordinate ist nicht möglich. Stattdessen wird der Punkt P als Ersatzpunkt genommen. Das Ergebnis der Lokalisation von LO bzgl. REFO ist gleich der Lokalisation von P bzgl. des umschreibenden Rechtecks.

### 3.9 Die Einordnung der vorliegenden Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist der Linie Wunderlich-CITYTOUR zuzuordnen. Es wird der bei CITYTOUR realisierte Ansatz aufgegriffen und weitergeführt: Sowohl das allgemeine Prinzip, die Lokalisation eines Objekts bzgl. eines Referenzobjekts auf eine Punkt-Rechteck-Lokalisation zu reduzieren, wie auch die konkrete Verfahrensweise bei der

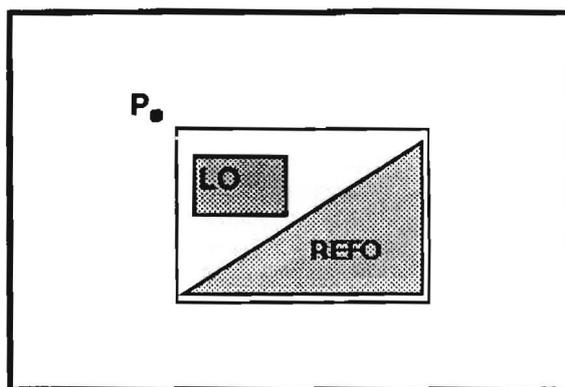


Abbildung 3.4: Kritische Bereiche der Punkt-Rechteck-Lokalisationen

Punkt-Rechteck-Lokalisation stammen von CITYTOUR. Neu ist in dieser Arbeit die Einführung einer feineren Lokalisationsgranularität in Form sogenannter ‚zusammengesetzter Lokalisationen‘. Darüber hinaus können durch die Berücksichtigung abbildungsinhärenter Referenzobjekte sogenannte ‚absolute Lokalisationen‘ behandelt werden.

Die Kritik von Herskovits am „simple-relations-model“ wird insoweit bejaht, als es Herskovits um die Verwendung räumlicher Präpositionen in ihrer vollen Bandbreite geht. Hier wird jedoch der eingeschränkte Problembereich der Lokalisationen in 2D-Abbildungen behandelt. Es geht vornehmlich um Richtungspräpositionen und nicht um die offensichtlich schwerer zu handhabenden topologischen Präpositionen, die in dieser Arbeit nur in Form der absoluten ‚Mitte‘-Lokalisationen und ‚Ecke‘-Lokalisationen behandelt werden. Aufgrund der beschriebenen Problemeinschränkung wird ein „simple-relations-model“ für vertretbar gehalten.

Bei der Arbeit von Geller und Shapiro ist hervorzuheben, daß dort elementare und zusammengesetzte Lokalisationen als Modellierungsprimitive vorkommen. Alle anderen Arbeiten befassen sich nur mit elementaren Lokalisationen. Das konkrete Problem, wie ein Objekt zu lokalisieren ist, wird allerdings nicht behandelt.

Das von Habel und Pribbenow vorgeschlagene Verfahren, Gebiete nach dem Spreading-Activation-Prinzip auf Zellmatrizen zu berechnen, findet in dieser Arbeit keine Verwendung. Es ist für das schwierige Problem des räumlichen Schließens bei vager und unvollständiger Information durch Texte konzipiert. In dieser Arbeit geht es jedoch darum, für eine graphische Darstellung, die bekannt ist, räumliche Relationen zu berechnen. Für diese anders gelagerte und offensichtlich einfachere Problemstellung reicht der weniger komplexe CITYTOUR-Ansatz aus.

## 4 Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen

In diesem Kapitels werden mit Hilfe der in Abschnitt 3.4 eingeführten Terminologie die Besonderheiten der Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen diskutiert. Außerdem wird ein Ansatz für einen Repräsentationsformalismus vorgestellt, der in der Lage ist, diese Besonderheiten zu berücksichtigen.

### 4.1 Die Auswirkungen des Modellcharakters graphischer Darstellungen auf die Objektreferenz

Wie zu Beginn von Abschnitt 3.4 beschrieben wurde, unterscheidet sich die Referenz auf Objekte im graphischen Modell in zweierlei Hinsicht von der Referenz im ursprünglichen Objektbereich. Attribute können ihre Diskriminationsfähigkeit verlieren, und es ergeben sich zusätzliche Diskriminationsmöglichkeiten durch potentielle Verweise auf die Darstellungsart eines Objekts in der Graphik. Diese beiden Aspekte werden nun unter zu Hilfenahme der modelltheoretischen Terminologie näher untersucht. Insbesondere wird auch auf die Rolle der Lokalisation von Objekten im graphischen Modell eingegangen.

#### 4.1.1 Der Verlust der Diskriminationsfähigkeit von Attributen

Ein Attribut kann aus zweierlei Gründen nicht mehr zur Diskrimination verwendet werden:

1. Eine Eigenschaft  $a$  des Objekts wird entsprechend der Modellierungsrelation  $M$  in der Graphik als  $M(a)$  dargestellt, der Leser weiß jedoch nichts von der vorgegenommenen Kodierung und kann deshalb nicht von  $M(a)$  auf  $a$  zurückschließen.
2. Eine Eigenschaft  $a$  wurde bei der Erstellung der Graphik verkürzt, d.h.  $M$  ist an der Stelle  $a$  gar nicht definiert.

So wurde bei der Espressomaschinengraphik 2.2 das Farbattribut verkürzt und die Äußerung von „der rote Schalter“ läßt offen, ob der linke oder der rechte Schalter gemeint ist. Bei der mittleren und rechten Abbildung ist der Bildausschnitt derart eingeschränkt, daß die Bodenplatte der Espressomaschine in diesen beiden Abbildungen nicht mehr zu sehen ist. Bezogen auf einen derartigen Bildausschnitt ist eine Lokalisation eines Objekts, bei der die Bodenplatte als Referenzobjekt verwendet wird, nicht möglich.

Wie fehlendes Kodierungswissen die zur Diskrimination verwendbaren Attribute einschränken kann, wird am Landkartenbeispiel demonstriert. Gegeben seien wieder folgende Zuordnungen:

$z_1$  : Hügel  $\rightarrow$  Dreieck

$z_2$  : landschaftlich sehenswert  $\rightarrow$  grüne Einfärbung

Soll nun auf einen landschaftlich sehenswerten Hügel referiert werden, dann sind in Abhängigkeit von beim Leser vorhandenem Kodierungswissen folgende Kombinationen möglich:

	$z_1$ bekannt	$z_1$ unbekannt
$z_2$ bekannt	(1) „der landschaftlich sehenswerte Hügel“	(3) „die landschaftlich sehenswerte Entität“
$z_2$ unbekannt	(2) „der Hügel“	(4) „die Entität“

Nichtwissen von  $z_2$  führt dazu, daß statt (1) nur (2) verwendet werden kann. Nichtwissen von  $z_1$  führt zu (3) und Nichtwissen von  $z_1$  und  $z_2$  zu (4).

#### 4.1.2 Zusätzliche Diskriminationsmöglichkeiten durch Verweise auf die Darstellungsart

Es wird angenommen, daß dem Leser der Modellcharakter von graphischen Darstellungen bewußt ist. Demzufolge kann davon ausgegangen werden, daß er auch Verweise versteht, die sich auf die Darstellungsart eines Objekts beziehen. Solche Verweise können dazu dienen, den Verlust der Diskriminationsfähigkeit von Attributen zu kompensieren.

Der erste Fall läßt sich am Landkartenbeispiel illustrieren: Gegeben seien die Zuordnungen  $z_1$  und  $z_2$  des letzten Abschnitts. Dann kann fehlendes Kodierungswissen durch Verweise auf die Darstellungsart eines Objekts auf folgende Weise kompensiert werden:

	$z_1$ bekannt	$z_1$ unbekannt
$z_2$ bekannt	(1) „der landschaftlich sehenswerte Hügel“	(3') „das landschaftlich sehenswerte Dreieck“
$z_2$ unbekannt	(2') „der grüngefärbte Hügel“	(4') „das grüngefärbte Dreieck“

Bei Nichtwissen von  $z_2$  ist nun immerhin die Erzeugung von (2') möglich. Mit der Nominalphrase (4') kann man zwar nicht auf einen bestimmten Hügel referieren. Bei einer Lokalisation kann (4') jedoch immerhin als Referenzobjekt fungieren („die Stadt links von dem grünen Dreieck“). Ob für (3') ein Verwendungskontext existiert, ist nicht bekannt. Es sollte auch nur das Prinzip der verschiedenen Kompensationsmöglichkeiten deutlich gemacht werden.

### 4.1.3 Die Lokalisation von Objekten in graphischen Darstellungen

Wie in Abschnitt 4.1.2 durch Verweise auf die Darstellungsart eines Objekts bieten sich auch durch Lokalisationen zusätzliche Diskriminationsmöglichkeiten, die keinen Bezug zum Objektbereich haben. So können durch die Nutzung abbildungsinhärenter Referenzobjekte wie die Bildmitte oder die Ecken und Ränder der jeweiligen Abbildung zusätzliche Lokalisierungspotentiale erschlossen werden. Darüberhinaus besteht bei abstrakten Objektbereichen die Möglichkeit, relative Lokalisationen durchzuführen, die aufgrund des Fehlens räumlicher Relationen bei abstrakten Dingen auch keinen Bezug zum Objektbereich aufweisen.

So kann zum Beispiel in der mittleren Teilabbildung von Abbildung 2.2 der Verschuß des Wasserbehälters *am oberen Bildrand* und die Einfüllöffnung des Wasserbehälters in der rechten Teilabbildung *in der Mitte des Bildes* lokalisiert werden. Dabei haben Bildrand und -mitte keinen Bezug zum Gegenstandsbereich der Espressomaschine. Bei der Darstellung eines abstrakten Objektbereichs wie der Systemarchitektur von WIP in Abbildung 2.1 läßt sich beispielsweise die Wissensbasis-Komponente als *rechts von* den WIP-Verarbeitungsmodulen beschreiben, ohne daß ein Bezug der relativen räumlichen Anordnung von Wissensbasis-Komponente und WIP-Verarbeitungsmodulen zur WIP-Systemarchitektur besteht.

## 4.2 Ein Ansatz für einen Repräsentationsformalismus zur Objektreferenz in graphischen Darstellungen

Bei einem Repräsentationsformalismus, der die Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen in der in Abschnitt 4.1 beschriebenen Weise unterstützt, sollten unter anderem folgende Dinge berücksichtigt werden:

1. Für Graphiken, die zweidimensionale Projektionen von dreidimensionalen Objekten darstellen, ist die einstufige Objektbereich-Modell-Beziehung um eine Stufe zu ergänzen, die die dreidimensionale Realisierung eines Objekts mit dessen zweidimensionaler Projektion verbindet.
2. Die Repräsentation der Modellierungsrelationen zwischen Objektbereich und 3D-Ebene bzw. zwischen 3D-Ebene und 2D-Ebene müssen explizit vorgenommen

werden, da dieses Modellierungswissen für die Kompensation von fehlendem Kodierungswissen notwendig ist.

3. Eine Unterscheidung zwischen generischen und individuellen Beschreibungen bietet den Vorteil einer vom Objektbereich unabhängigen Definition des graphischen Modellierungsinventars der 3D- wie auch der 2D-Ebene. Die Modellierungsrelationen für den Objektbereich, 3D- und 2D-Ebene brauchen nur für Instanzen vorzuliegen.

Für die Espressomaschinengraphik in Abbildung 4.1 ergibt sich die Struktur gemäß Tabelle 4.1: In der ersten Modellierungstufe wird Deckel-1 der Espressomaschine dem Quader-1 in der 3D- Welt zugeordnet. Diesem Quader entspricht in der zweiten Stufe die Region-1, welche durch die Linien  $l_1$  bis  $l_4$  definiert ist (siehe die Hervorhebung in Abbildung 4.1).

### 4.3 Zusammenfassung

Die Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen gestaltet sich schwieriger, als die Referenz auf Objekte in realen Situationen, da Objektattribute ihre Diskriminationsfähigkeit verlieren können. Auf der anderen Seite bieten sich durch Verweise auf die Darstellungsart der Objekte und durch Lokalisationen, bei denen abbildungsinhärente Referenzobjekte verwendet werden, zusätzliche Diskriminationsmöglichkeiten. Ein zweistufiger Repräsentationsformalismus, der zwischen generischen und individuellen Beschreibungen unterscheidet, bietet die Möglichkeit, die Generierung einer Abbildung, d.h. den damit verbundenen Modellierungsvorgang, explizit zu repräsentieren. Diese Repräsentation des Modellierungsvorgangs kann zur Feststellung des Verlusts der Diskriminationsfähigkeit von Objektattributen und zur Nutzung der zusätzlichen Diskriminationsmöglichkeiten verwendet werden.

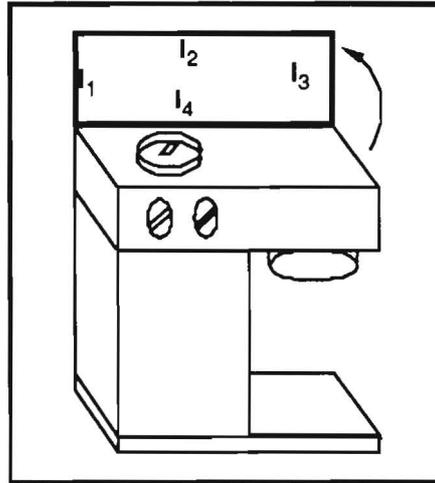


Abbildung 4.1: Der Deckel der Espressomaschine ...

	2 - Stufenmodell		
	Espressomaschine	3D- Modell	2D-Modell
Generische Beschreibungen	<p><b>Espressomaschine</b>  <u>Teilobjekte:</u> Deckel, Wasserbehälter, ...  <u>Attribute:</u> Gewicht, Preis, Leistungsaufnahme in Watt, ...</p> <p><b>Deckel:</b>  <u>Teilobjekte:</u> keine  <u>Attribute:</u> Gewicht, Farbe, ...</p> <p>⋮</p>	<p><b>Quader</b>  <u>definiert durch:</u> 3 zueinander orthogonale Vektoren  <u>Attribute:</u> Höhe, Breite, Tiefe, Farbe ...</p> <p><b>Zylinder</b>  ⋮</p>	<p><b>Region</b>  <u>definiert durch:</u> geschlossener Segmentzug  <u>Attribute:</u> Form, Strichdicke, Füllmuster, ...</p> <p><b>Linie</b>  ⋮</p>
Individuelle Beschreibungen	<p><b>Espressomaschine-1</b>  <u>Teilobjekte:</u> Deckel-1, ...  <u>Attributwerte:</u> Gewicht = 2kg, ...</p> <p><b>Deckel-1</b>  <u>Teilobjekte:</u> keine  <u>Attributwerte:</u> Gewicht = 200g, ...</p> <p>⋮</p>	<p><b>Quader-1</b>  <u>definiert durch:</u> Vektoren <math>(\vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)</math>  <u>Attributwerte:</u> Höhe = 1 LE, ...</p> <p>⋮</p>	<p><b>Region-1</b>  <u>definiert durch:</u> Linien-segmentzug <math>(l_1, l_2, l_3, l_4)</math>  <u>Attributwerte:</u> Strichdicke = 0.2mm, Form = viereckig, ...</p> <p>⋮</p>

Tabelle 4.1: ... und seine zweistufige Repräsentation.

## 5 Objektlokalisierung in graphischen Darstellungen

In diesem Kapitel werden zunächst die in dieser Arbeit behandelten Lokalisationsphänomene beschrieben. Im zweiten Teil werden die Annahmen und Voraussetzungen der entwickelten Lokalisationsverfahren dargestellt.

### 5.1 Linguistische Phänomenbeschreibung

Wie bereits in Abschnitt 4.1.3 angedeutet, bietet sich bei der Lokalisation in graphischen Darstellungen die Verwendung abbildungsinhärenter Referenzobjekte an. So befaßt sich der erste Abschnitt mit dem Zusammenhang zwischen relativen Lokalisationen, sogenannten ‚absoluten Lokalisationen‘ und der Bildmitte. Der darauffolgende Abschnitt zeigt, daß die bei bisherigen Lokalisationsverfahren benutzte Lokalisationsgranularität (‚links von‘, ‚rechts von‘, ‚über‘, ‚unter‘) zur eindeutigen Lokalisation nicht immer ausreicht und es sinnvoll ist, eine feinere Granularität, die ‚zusammengesetzten Lokalisationen‘, einzuführen. Im Anschluß daran wird die für die in dieser Arbeit vorgestellten Lokalisationsverfahren zentrale Vorgehensweise der Dreiteilung des vertikalen und horizontalen Bezugssystems vorgestellt. Zum Schluß wird auf die Lokalisation von Objekten mit Hilfe der Bildecken eingegangen. Die Einführung eigener Begriffsbildungen wird durch Fettdruck gekennzeichnet.

#### 5.1.1 Relative und absolute Lokalisationen

Die in Abbildung 5.1 dargestellten Objekte lassen sich wie folgt lokalisieren:

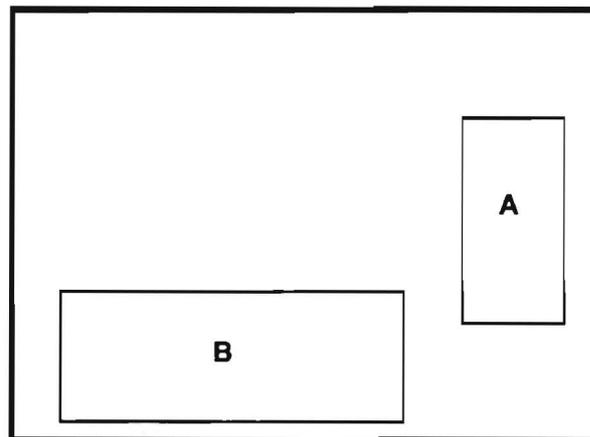


Abbildung 5.1: Zwei Objekte in einer graphischen Darstellung

- (1) „Objekt A ist rechts im Bild.“

- (2) „Objekt B ist unten im Bild.“
- (3) „Objekt A ist rechts von Objekt B.“
- (4) „Objekt B ist links von Objekt A.“

Bei den Sätzen (1) und (2) wurden **absolute Lokalisationen** vorgenommen: Ein Objekt wird lokalisiert, indem man seine *absolute* Position in der Abbildung angibt.

Die Sätze (3) und (4) hingegen stellen **relative Lokalisationen** dar: Ein Objekt wird lokalisiert, indem man seine Position *relativ* zu einem anderen Objekt benennt. Das Objekt, welches als Bezugsobjekt für das zu lokalisierende Objekt (kurz: **LO**) fungiert, wird **Referenzobjekt** (kurz: **REFO**) genannt.

Welche Beziehungen bestehen zwischen absoluten und relativen Lokalisationen? Wie läßt sich die Ähnlichkeit von „rechts im Bild“ und „rechts von Objekt B“ erklären? Die beide Lokalisationstypen miteinander in Verbindung setzende These lautet:

Absolute Lokalisationen sind Spezialfälle der relativen Lokalisationen, bei denen die Bildmitte als implizites Referenzobjekt fungiert.

Abbildung 5.2 zeigt, wie eine absolute Lokalisation als relative Lokalisation erklärt werden kann, bei der eine kreisförmige Mitte-Region als Referenzobjekt fungiert: „Objekt A ist rechts im Bild.“ entspricht „Objekt A ist rechts von der Bildmitte.“

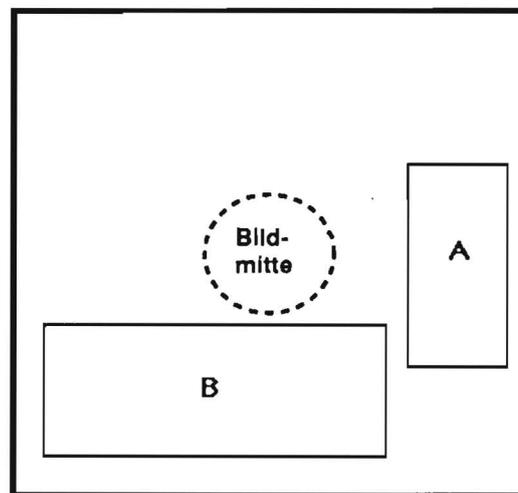


Abbildung 5.2: Die Bildmitte als inhärentes Referenzobjekt

### 5.1.2 Elementare und zusammengesetzte Lokalisationen

Während für eine eindeutige Lokalisation der Objekte in Abbildung 5.1 nur die exklusive Verwendung einer Größe des vertikalen bzw. horizontalen Bezugssystems nötig war, zeigt Abbildung 5.3, daß bei Bedarf auch die konjunktive Verwendung von Größen beider Bezugssysteme notwendig und gebräuchlich ist.

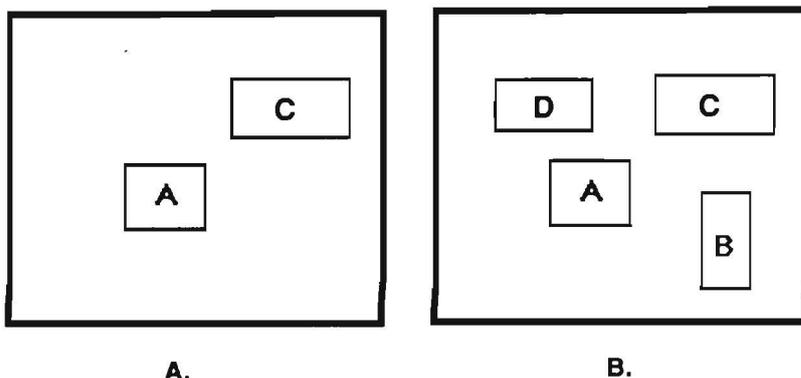


Abbildung 5.3: Elementare und zusammengesetzte Lokalisationen

In Teil A der Abbildung genügt es, Objekt C als das Objekt „rechts von“ bzw. „über“ Objekt A zu beschreiben. Bei Teil B reicht diese Form der Lokalisation jedoch nicht mehr aus, da C mit B bzw. D konkurriert. Der einzige Ausweg besteht darin, C durch die Ortsangabe „rechts über“ A zu beschreiben.

Lokalisationen, bei denen exklusiv *eine* Größe eines Bezugssystems verwendet wird, heißen **elementare Lokalisationen**. Werden *zwei* Größen der beiden Bezugssysteme konjunktiv benutzt, so wird von **zusammengesetzten Lokalisationen** gesprochen.

Die eingeführten Bewertungsdimensionen — absolut vs. relativ und elementar vs. zusammengesetzt — sind voneinander unabhängig, so daß bei relativen wie auch absoluten Lokalisationen die Unterscheidung elementar bzw. zusammengesetzt möglich ist.

Zusammengesetzte Lokalisationen können nicht immer angewendet werden. So ist es beispielsweise nicht möglich, Objekt B in Abbildung 5.2 als „links unten im Bild“ zu lokalisieren.

### 5.1.3 Die Dreiteilung des horizontalen und vertikalen Bezugssystems

Wesentlich für die in dieser Arbeit vorgestellten Lokalisationsverfahren ist die Dreiteilung des horizontalen und vertikalen Bezugssystems durch Einführung einer horizontalen und vertikalen Mitte. Die Ursache hierfür liegt in den ‚Mitte‘-Lokalisationen. Schaut

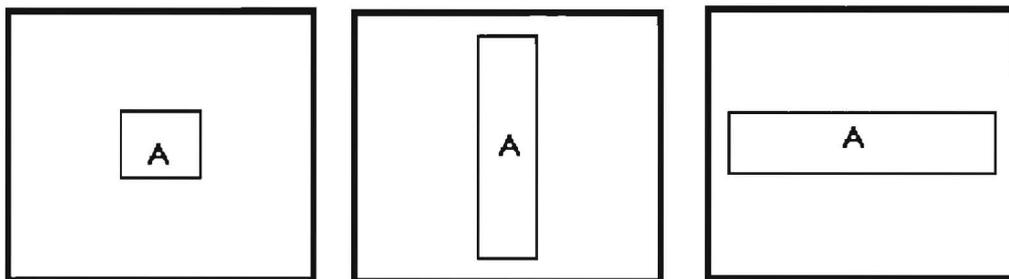


Abbildung 5.4: ‚Mitte‘-Lokalisierungen

man sich Abbildung 5.4 an, so stellt man fest, daß für alle Bilder das Objekt A als „in der Mitte des Bildes“ beschrieben werden kann.

Um diese Beobachtung mit der Unterscheidung zwischen elementaren und zusammengesetzten Lokalisierungen in Einklang zu bringen, werden horizontales und vertikales Bezugssystem als jeweils dreiwertig angenommen: ‚links‘, ‚vertikale Mitte‘ und ‚rechts‘ bzw. ‚oben‘, ‚horizontale Mitte‘ und ‚unten‘. Die dieser Sichtweise entsprechende Aufteilung einer Abbildung ist in Abbildung 5.5 dargestellt.

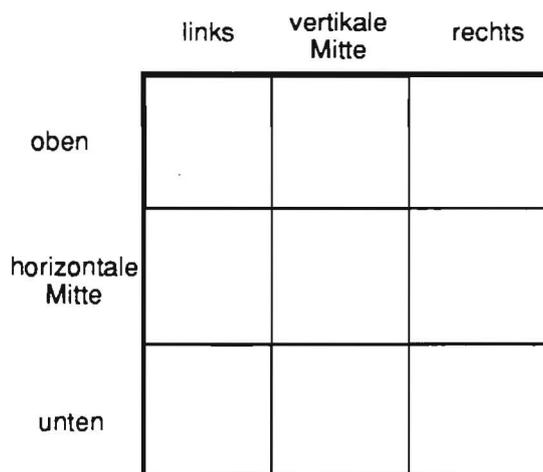


Abbildung 5.5: Horizontales und vertikales Bezugssystem

Die Konstellation im linken Teil von Abbildung 5.4 kann nunmehr als eine zusammengesetzte ‚vertikale Mitte‘-, ‚horizontale Mitte‘-Lokalisation analysiert werden, bei den beiden anderen Teilabbildungen handelt es sich um eine elementare ‚vertikale Mitte‘- bzw. ‚horizontale Mitte‘-Lokalisation. An der sprachlichen Oberfläche wird jedoch zwischen diesen drei Fällen nicht unterschieden.

Daß es auch für relative zusammengesetzte Lokalisierungen angemessen ist, eine Dreiteilung der Bezugssysteme vorzunehmen, sieht man in Abbildung 5.6: B wird in der Regel

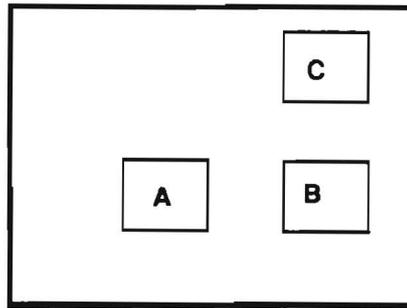


Abbildung 5.6: Relative ‚Mitte‘-Lokalisierungen

als das Objekt „rechts von A“, C als das Objekt „rechts über A“ beschrieben werden. Faßt man den ‚Mitte‘-Anteil einer zusammengesetzten Lokalisation als ausgezeichnete Komponente dieser zusammengesetzten Lokalisation auf, der nicht an der sprachlichen Oberfläche erscheint, so kann die Lokalisation „rechts von A“ als eine ‚rechts‘-,horizontale ‚Mitte‘-Lokalisation angesehen werden, bei der nur der Wert des horizontalen Bezugssystems, ‚rechts‘, sprachlich ausgedrückt wird.

Es gilt allerdings die folgende Einschränkung: Bei relativen Lokalisationen sind ‚vertikale ‚Mitte‘-, ‚horizontale ‚Mitte‘-Lokalisationen nicht möglich. In Teil A der Abbildung 5.7 kann B nicht als „in der Mitte von A“ lokalisiert werden, da die Überlappung durch B als partielle Verdeckung von A wahrgenommen wird.

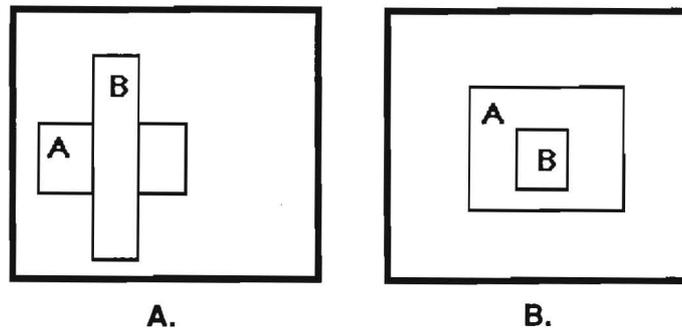


Abbildung 5.7: Verdeckung bei relativen ‚Mitte‘-Lokalisierungen

Die Fälle, bei denen wie in Teil B eine Verdeckung auch als Inklusion interpretiert werden kann, werden nicht berücksichtigt.

#### 5.1.4 ‚Ecke‘-Lokalisierungen

Ein weiterer Lokalisationstyp, der auch bei der Lokalisation von Objekten in Abbildungen verwendet wird, ist die ‚Ecke‘-Lokalisation: Ein Objekt kann sich in einer der

vier Eckregionen der Abbildung befinden und dann z.B. als „das Objekt *in der rechten unteren Ecke* des Bildes“ lokalisiert werden.

Der Unterschied zu einer absoluten (,links‘/ ,rechts‘, ,oben‘/ ,unten‘)-Lokalisation<sup>8</sup> wird in Abbildung 5.8 deutlich: Während Objekt B als „in der rechten unteren Ecke des Bildes“

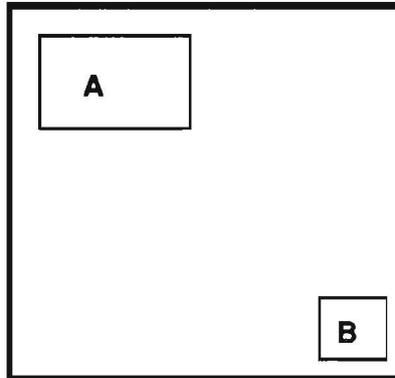


Abbildung 5.8: ‚Ecke‘-Lokalisierungen vs. absolute zusammengesetzte Lokalisierungen

beschrieben werden kann, ist für Objekt A nur noch „links oben im Bild“ möglich. Absolute zusammengesetzte Lokalisierungen sind allgemeiner als ‚Ecke‘-Lokalisierungen und beziehen sich auf eine größere Teilfläche der Abbildung. Ist eine ‚Ecke‘-Lokalisierung anwendbar, so auch die entsprechende zusammengesetzte Lokalisation. Die Umkehrung gilt jedoch nicht.

## 5.2 Annahmen und Voraussetzungen von Lokalisationsverfahren für graphische Darstellungen

Bevor die Lokalisationsverfahren in den nachfolgenden Kapiteln im Detail vorgestellt werden, geht es in diesem Abschnitt um die Annahmen und Voraussetzungen der entwickelten Lokalisationsverfahren.

1. Es wird von folgender Diskurssituation ausgegangen: Der Leser eines Dokuments hat die Abbildung, auf die sich die Lokalisierungen beziehen, vor Augen. Probleme, die sich bei SOCCER daraus ergeben, daß der Hörer der fiktiven Radioreportage das Fußballfeld nicht einsehen kann, fallen weg.
2. Es werden nur 2D-Lokalisierungen aus der deiktischen Perspektive heraus unterstützt, etwaige intrinsische Orientierungen der Objekte werden vernachlässigt<sup>9</sup>.

<sup>8</sup>Gemeint ist eine absolute zusammengesetzte Lokalisation, deren Wert (,links‘, ,oben‘), (,links‘, ,unten‘), (,rechts‘, ,oben‘) oder (,rechts‘, ,unten‘) ist.

<sup>9</sup>Hernández befaßt sich mit der Komposition von räumlichen Relationen und zeigt, wie ein Perspektivenwechsel durch die Komposition entsprechender räumlicher Relationen simuliert werden kann

- Die für das deiktische Bezugssystem notwendigen Oben/Unten- und Links/Rechts-Orientierungen ergeben sich aus der Orientierung, die entsteht, wenn der Betrachter die Abbildung in üblicher Position, d.h. nicht gedreht oder seitenverkehrt, betrachtet (siehe Abbildung 5.9). Eine Generierung von Sätzen wie z.B. „Wenn sie die

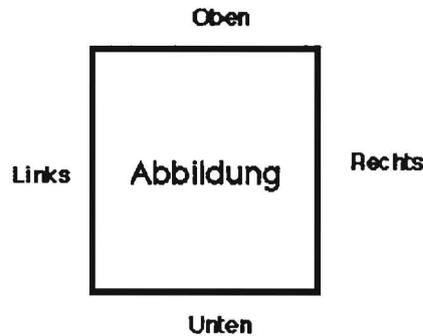


Abbildung 5.9: Das deiktische Bezugssystem bei graphischen Darstellungen

Abbildung um 90° drehen, dann liegt Objekt A links von Objekt B.“ wird folglich nicht direkt unterstützt.

- Neben der qualitativen Aussage, daß sich ein Objekt an einer bestimmten Stelle befindet, soll auch bei diesem Verfahren ein Anwendbarkeitsgrad das Ergebnis des Lokalisationsprozesses quantitativ ergänzen. Im Unterschied zu den in Abschnitt 3.8 beschriebenen Ansätzen ist die Intention hier aber nicht, vage Beschreibungen generieren zu können, sondern Anwendbarkeitsgrade werden zunächst als rein technisches Hilfsmittel gesehen, um die Güte verschiedener Lokalisationen miteinander zu vergleichen. Eine weitere Verwendung der Anwendbarkeitsgrade für die Generierung linguistischer Hecken ist dadurch natürlich nicht ausgeschlossen.
- Ohne Einschränkung der Allgemeinheit kann davon ausgegangen werden, daß die Abbildung durch einen rechteckigen Rahmen begrenzt ist. Ist ein solcher Rahmen nicht gegeben, so kann das kleinste, alle Bildobjekte umschreibende Rechteck genommen werden.
- Es wird erwartet, daß die Abbildungen im Sinne einer Bildanalyse soweit aufbereitet wurden, daß den darin dargestellten Objekten der ihnen auf der 2D-Ebene entsprechende Polygonzug zugeordnet wurde. Dieser Polygonzug dient als Ausgangspunkt sowohl für die Bestimmung des umschreibenden Rechtecks als auch für die Bestimmung des Schwerpunkts.

---

([Hernández 90, Abschnitt 3.1.1]). Statt ein Lokalisationsverfahren mit einer aktuellen Orientierung zu parametrisieren, kann es von der Funktionalität her als gleichwertig angesehen werden, ein Lokalisationsverfahren für eine feste, kanonische Orientierung durchzuführen und gegebenenfalls das Resultat entsprechend der abweichenden Orientierung zu transformieren.

## 6 Die Lokalisationsverfahren

In diesem Kapitel werden zunächst die verschiedenen Lokalisationsverfahren vorgestellt. Nach der Beschreibung der Bewertungsfunktionen für absolute und relative Lokalisationen werden im letzten Teil des Kapitels Grenzfälle diskutiert, in denen die eingeführten Bewertungsfunktionen alleine nicht mehr ausreichen, um die Anwendbarkeit einer Lokalisation adäquat zu beschreiben. Die in Abschnitt 5.1.4 eingeführten ‚Ecke‘-Lokalisationen werden in Abschnitt 6.1.4 im Rahmen der absoluten Lokalisationen abgehandelt.

Eine zusammengesetzte Lokalisation entsteht durch die konjunktive Verwendung je einer Größe des vertikalen bzw. horizontalen Bezugssystems. Es wäre somit naheliegend, zwei Lokalisationsverfahren für elementare vertikale bzw. horizontale Lokalisationen zu schreiben und diese zu einem Verfahren für zusammengesetzte Lokalisationen zu kombinieren. Das hier vorgestellte, matrizenorientierte Lokalisationsverfahren für absolute und relative Lokalisationen ist insofern kontraintuitiv, als daß die primär berechneten Lokalisationen zusammengesetzte Lokalisationen sind und die Berechnung der elementaren Lokalisationen auf den Ergebnissen der Berechnung der zusammengesetzten Lokalisationen aufbaut. Deshalb gehen die Beschreibungen der Bewertungsverfahren für zusammengesetzte Lokalisationen den Beschreibungen für elementare Lokalisationen voraus.

Bei der folgenden Beschreibung der Lokalisationsverfahren wird großer Wert auf eine Formalisierung der präsentierten Verfahren gelegt. Zwischen der informellen Beschreibung einer Verfahrensidee und ihrer Implementation liegen zahlreiche, nicht triviale technische Details. Die Präzision einer formalsprachlichen Spezifikation erlaubt es, diese Details auf einem sehr hohen Niveau zu vermitteln, ohne etwa in implementationssprachenspezifische Nichtigkeiten abzurutschen. Aufgrund dieser Eigenschaften — Prägnanz und Präzision formalsprachlicher Beschreibungen — scheint mir der erhöhte Schreib- und Leseaufwand gerechtfertigt zu sein.

### 6.1 Absolute Lokalisationen

Zunächst wird gezeigt, wie ausgehend von einer rechteckigen Mitteregion das für das Lokalisationsverfahren notwendige Bezugssystem konstruiert werden kann. Danach wird eine Bewertungsfunktion für zusammengesetzte Lokalisationen vorgestellt, und es wird demonstriert, wie diese Bewertungsfunktion auch zu einer Bewertung für elementare Lokalisationen erweitert werden kann. Zuletzt werden die ‚Ecke‘-Lokalisationen behandelt.

### 6.1.1 Die Konstruktion des horizontalen bzw. vertikalen Bezugssystems

Die Bildmitte wird durch ein Rechteck approximiert, dessen Ausdehnung jeweils ein Drittel der horizontalen bzw. vertikalen Ausdehnung der Abbildung beträgt. Das Bezugssystem wird entsprechend Abbildung 6.1 konstruiert:

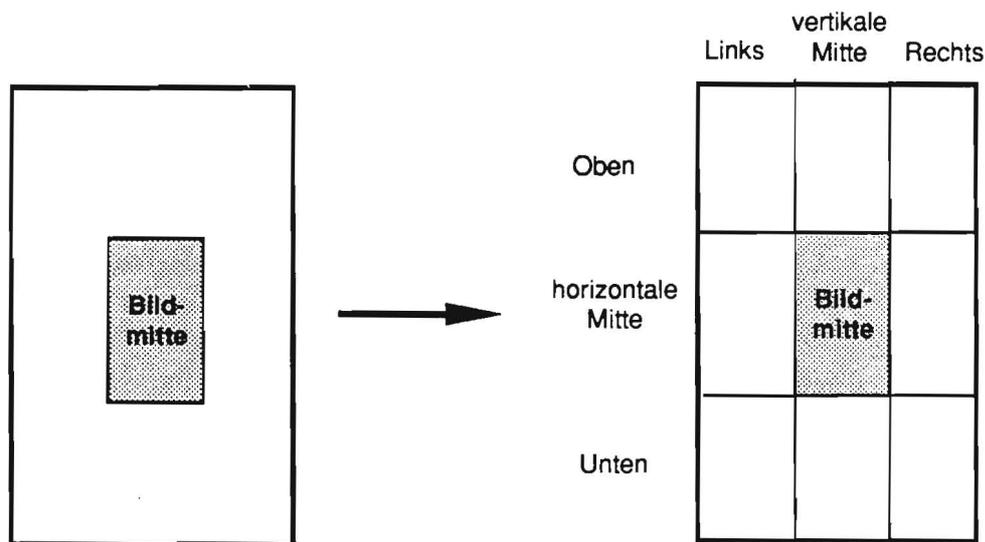


Abbildung 6.1: Die Konstruktion des horizontalen bzw. vertikalen Bezugssystems

### 6.1.2 Zusammengesetzte Lokalisationen

Bevor nun auf die zusammengesetzten Lokalisationen eingegangen wird, folgen also zunächst eine Reihe von Definitionen, die das nötige Begriffsinventar bereitstellen, um die darzustellenden Sachverhalte mit einer hinreichenden Präzision beschreiben zu können:

- Das horizontale Bezugssystem wird durch  $XLOK = \{\text{links, x-mitte, rechts}\}$  modelliert, das vertikale durch  $YLOK = \{\text{oben, y-mitte, unten}\}$ . Zusammengesetzte Lokalisationen beschreibt man mit  $ZLOK = XLOK \times YLOK$ . Die Gesamtheit beider Bezugssysteme wird mit  $GLOK = XLOK \cup YLOK$  abgekürzt.
- Weiter bezeichne  $POLY$  die Menge der Polygone, die in einer Abbildung vorkommen können. Für zwei Polygone  $P_1$  und  $P_2$  bestimmt der assoziative und kommutative Operator  $\_ \cap \_ : POLY \times POLY \mapsto POLY$  das Schnittpolygon<sup>10</sup>. Das leere Polygon wird durch  $P_\emptyset$  bezeichnet. Es gilt  $\forall P \in POLY : P_\emptyset \cap P = P \cap P_\emptyset = P_\emptyset$ .

<sup>10</sup>Ein Polygon teilt die Ebene in Punkte, die entweder innerhalb oder außerhalb des Polygons liegen. Entsprechend den Operationen der Mengenalgebra können für zwei Polygone Operationen wie Vereini-

- Bezogen auf eine vorgegebene Abbildung ordnet die Funktion  $TR : ZLOK \mapsto POLY$  einer zusammengesetzten Lokalisation das dem Gesamtbezugssystem entsprechende Teilrechteck der Abbildung zu.
- $\mathfrak{R}$  bezeichnet die Menge der reellen Zahlen. Für ein Polygon  $P$  bestimmt die Funktion  $f, f : POLY \mapsto \mathfrak{R}$  die zugehörige Fläche. Es ist  $f(P_\emptyset) = 0$ .

Bei der Bestimmung des Anwendbarkeitsgrades  $A_z$  einer zusammengesetzten Lokalisation geht es darum, anzugeben, bis zu welchem Grad sich das betreffende Objekt in der entsprechenden Region der Abbildung befindet. Als Maß hierfür kann der Flächenanteil des Objekts genommen werden, der sich in dem der zusammengesetzten Lokalisation entsprechenden Teilrechteck der Abbildung befindet:

$$A_z : ZLOK \times POLY \mapsto \mathfrak{R}$$

$$A_z(l, o) = \frac{f(TR(l) \cap o)}{f(o)}$$

Am Beispiel von Abbildung 6.2 ergeben sich mit obiger Bewertungsfunktion folgende Werte:

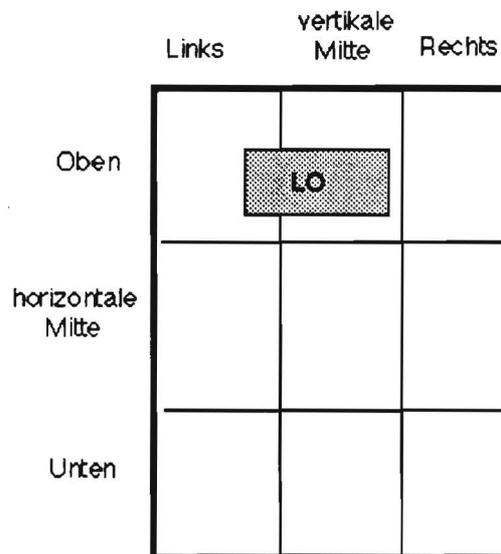


Abbildung 6.2: Zusammengesetzte, absolute Lokalisationen

---

gung, Schnitt und Differenz definiert werden. Das Ergebnispolygon enthält genau die Punktmenge, die der Vereinigung bzw. dem Schnitt bzw. der Differenz der Punktmenge der beiden anderen Polygone entspricht.

- $A_z((\text{links}, \text{oben}), \text{LO}) = \frac{1}{4}$ ,
- $A_z((\text{x-mitte}, \text{oben}), \text{LO}) = \frac{3}{4}$ , und
- für alle anderen  $l \in \text{ZLOK}$  gilt:  $A_z(l, \text{LO}) = 0$ .

### 6.1.3 Elementare Lokalisationen

Bei elementaren Lokalisationen wird das zu lokalisierende Objekt nur hinsichtlich seiner vertikalen oder horizontalen Position beschrieben. Auch hier bietet es sich an, den Anwendbarkeitsgrad  $A_e$  einer elementaren Lokalisation über den Flächenanteil zu definieren, mit dem sich das betreffende Objekt in einer Spalte bzw. Zeile des Bezugssystems befindet. Wie sich in Kapitel 7 zeigen wird, ist es aus Effizienzgründen von Vorteil,  $A_z$  zu  $A_e$  zu erweitern.

$$A_e^x : \text{XLOK} \times \text{POLY} \mapsto \mathfrak{R}$$

$$A_e^x(l_x, o) = \sum_{l_y \in \text{YLOK}} A_z((l_x, l_y), o)$$

$$A_e^y : \text{YLOK} \times \text{POLY} \mapsto \mathfrak{R}$$

$$A_e^y(l_y, o) = \sum_{l_x \in \text{XLOK}} A_z((l_x, l_y), o)$$

$$A_e : \text{GLOK} \times \text{POLY} \mapsto \mathfrak{R}$$

$$A_e(l_{xy}, o) = \begin{cases} A_e^x(l_{xy}, o) & \text{falls } l_{xy} \in \text{XLOK} \\ A_e^y(l_{xy}, o) & \text{falls } l_{xy} \in \text{YLOK} \end{cases}$$

$A_e^x$  bzw.  $A_e^y$  berechnen den Flächenanteil für die horizontale bzw. vertikale Dimension,  $A_e$  für das gesamte Bezugssystem.

Sei für Abbildung 6.3

$$A_z((\text{links}, \text{oben}), \text{LO}) = 1/12,$$

$$A_z((\text{x-mitte}, \text{oben}), \text{LO}) = 1/6,$$

$$A_z((\text{links}, \text{y-mitte}), \text{LO}) = 1/4 \text{ und}$$

$$A_z((\text{x-mitte}, \text{y-mitte}), \text{LO}) = 1/2.$$

Dann ergibt sich

$$A_e(\text{oben}, \text{LO}) = A_z((\text{links}, \text{oben}), \text{LO}) + A_z((\text{x-mitte}, \text{oben}), \text{LO}) = 1/4,$$

$$A_e(\text{y-mitte}, \text{LO}) = A_z((\text{links}, \text{y-mitte}), \text{LO}) + A_z((\text{x-mitte}, \text{y-mitte}), \text{LO}) = 3/4,$$

$$A_e(\text{links}, \text{LO}) = A_z((\text{links}, \text{oben}), \text{LO}) + A_z((\text{links}, \text{y-mitte}), \text{LO}) = 1/3,$$

$$A_e(\text{x-mitte}, \text{LO}) = A_z((\text{x-mitte}, \text{oben}), \text{LO}) + A_z((\text{x-mitte}, \text{y-mitte}), \text{LO}) = 2/3.$$

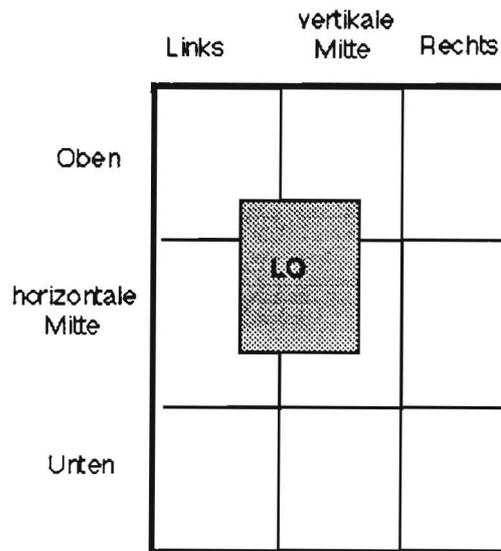


Abbildung 6.3: Die Berechnung elementarer Lokalisationen

#### 6.1.4 ‚Ecke‘-Lokalisationen

‚Ecke‘-Lokalisationen können verfahrenstechnisch als zusammengesetzte Lokalisationen mit besonders großer Mitteregion realisiert werden. Wie in Abschnitt 5.1.4 ausgeführt wurde, ähneln ‚Ecke‘-Lokalisationen absoluten (‚links/rechts‘, ‚oben/unten‘)-Lokalisationen. Der Unterschied ist allein der geringere Flächenanteil der Abbildung, auf den sich die ‚Ecke‘-Lokalisationen beziehen. In Abbildung 6.4 wird gezeigt, auf welche Weise den kleineren Eckregionen eine größere Mitteregion entspricht: Die Ausdehnung

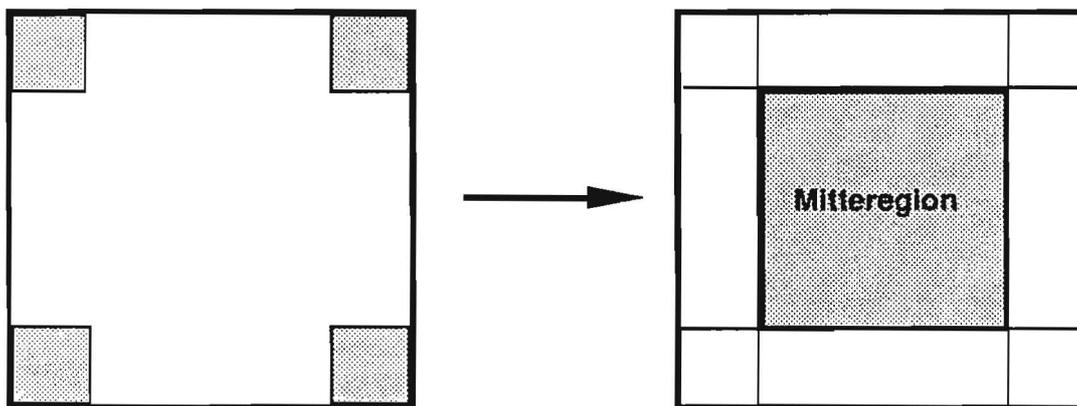


Abbildung 6.4: Die Beziehung zwischen Eck- und Mitteregionen

der vergrößerten Mitteregion beträgt jeweils  $\frac{3}{5}$  der vertikalen bzw. horizontalen Ausdehnung der Abbildung.

Wird der Anwendbarkeitsgrad einer zusammengesetzten (,links/rechts‘, ,oben/unten‘)-Lokalisation bzgl. dieser vergrößerten Mitteregion berechnet, und ist dieser Anwendbarkeitsgrad gemäß des in Abschnitt 6.3.2 noch zu nennenden Kriteriums hinreichend groß, so kann eine entsprechende ,Ecke‘-Lokalisation angewendet werden. Der Anwendbarkeitsgrad für die ,Ecke‘-Lokalisationen ergibt sich somit aus dem Anwendbarkeitsgrad  $A_z$  der zusammengesetzten Lokalisation.

## 6.2 Relative Lokalisationen

Die Struktur des folgenden Abschnitts entspricht der des vorhergehenden: Es wird zunächst die Konstruktion des Bezugssystems beschrieben. Dann wird die Vorgehensweise bei der Punkt-Rechteck-Lokalisation dargestellt. Es folgen die Beschreibungen der Bewertungsfunktionen für zusammengesetzte und elementare Lokalisationen.

### 6.2.1 Die Konstruktion des horizontalen bzw. vertikalen Bezugssystems

Während bei den absoluten Lokalisationen die Konstruktion des Bezugssystems entsprechend der Bildmitte erfolgt, wird sie bei den relativen Lokalisationen durch das umschreibende Rechteck des Referenzobjekts induziert:

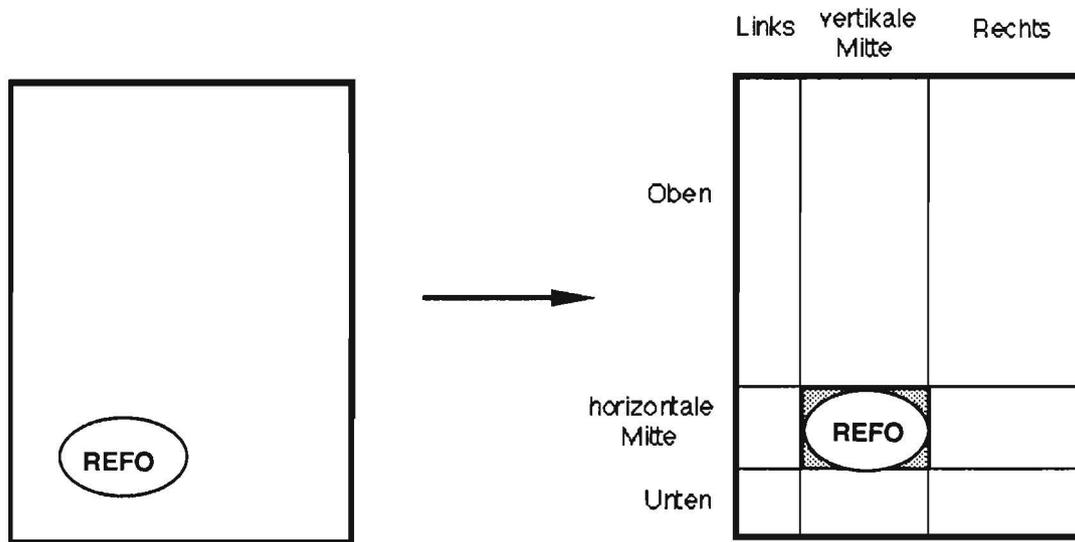


Abbildung 6.5: Die Konstruktion des Bezugssystems bei relativen Lokalisationen

### 6.2.2 Die Punkt-Rechteck-Lokalisation

Bei der Punkt-Rechteck-Lokalisation geht es im wesentlichen darum, den Abstand des Punkts zum Rechteck angemessen zu bewerten. Am Beispiel einer „über“-Lokalisation der Punkte  $P_1, \dots, P_7$  in Abbildung 6.6 werden die modellierten Einflußgrößen aufgezeigt:

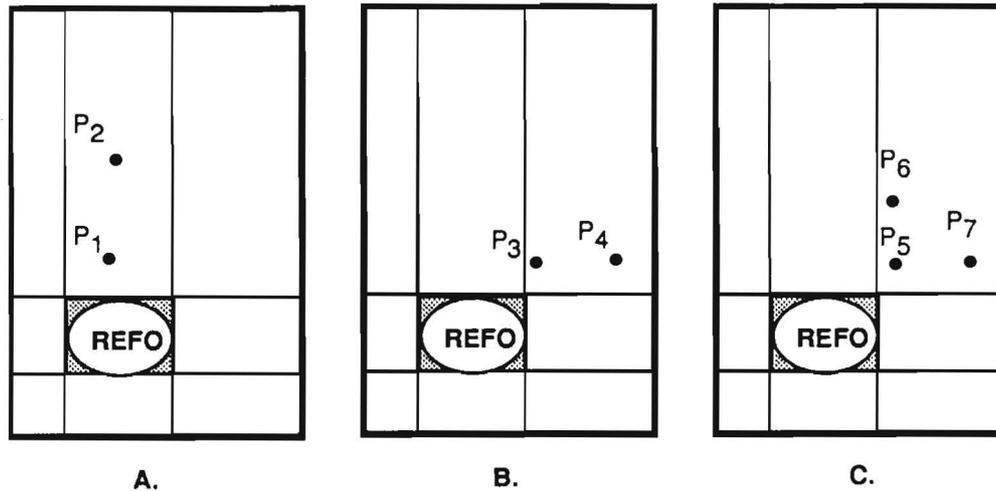


Abbildung 6.6: Einflußgrößen bei der Punkt-Rechteck-Lokalisation

- (1) Die Anwendbarkeit nimmt mit wachsendem vertikalem Abstand ab.  
In Teil A der Abbildung ist der Anwendbarkeitsgrad für  $P_1$  größer als für  $P_2$ .
- (2) Die Anwendbarkeit nimmt mit wachsendem horizontalem Abstand ab.  
In Teil B der Abbildung ist der Anwendbarkeitsgrad für  $P_3$  größer als für  $P_4$ .
- (3) Die Anwendbarkeit nimmt mit wachsendem horizontalem Abstand stärker ab als mit einem in gleichem Maße wachsendem vertikalen Abstand.  
In Teil C der Abbildung nimmt der Anwendbarkeitsgrad einer „über“-Lokalisation für  $P_6$  im Vergleich zu  $P_5$  weniger ab als für  $P_7$ .

Aufgrund der unterschiedlichen Wirkung von vertikaler und horizontaler Distanz werden die Begriffe *Primär-* und *Sekundärdistanz* eingeführt: Bei Lokalisationen im vertikalen Bezugssystem wird im folgenden der vertikale Abstand **Primärdistanz** und der horizontale Abstand **Sekundärdistanz** genannt. Bei horizontalen Lokalisationen werden die Begriffe genau umgekehrt verwendet.

Befindet sich ein Punkt im betreffenden ‚Mitte‘-Band, so wird seine Sekundärdistanz mit 0 angenommen, ansonsten ergibt sie sich aus der Distanz zu den beiden ‚Mitte‘-Bändern. Bei  $P_1$  in Abbildung 6.7 ist die Sekundärdistanz 0, bei  $P_2$  sind beide Distanzen größer als 0.

Bei der eigentlichen Abstandsbewertung wurde eine nichtlineare Bewertungsfunktion gewählt, um den Unterschied zwischen kleinen Abständen und großen Abständen zu verstärken. Als konkrete Instanz einer nichtlinearen Funktion dient  $e^{-3.5x}$  (vgl. Abbildung 6.8).

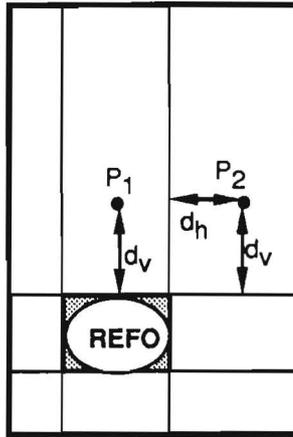


Abbildung 6.7: Primär- und Sekundärdistanz

Dem unterschiedlichen Einfluß von Primär- und Sekundärdistanz wird dadurch Rechnung getragen, daß bei der Sekundärdistanz eine schneller gegen 0 strebende Bewertungsfunktion ( $e^{-4.5x}$ ) genommen wird.

Die Verrechnung der Bewertungen von Primär- und Sekundärdistanz zur Gesamtbewertung erfolgt durch Multiplikation.

Punkte, die in einer ‚Ecke‘ des Bezugssystems liegen (d.h. (‚links‘/‚rechts‘, ‚oben‘/‚unten‘)) können sowohl horizontal als auch vertikal lokalisiert werden: Punkt  $P_2$  in Abbildung 6.7 kann sowohl als „rechts von“ wie auch als „über“ dem Referenzobjekt identifiziert werden. Die unterschiedliche Bewertung von Primär- und Sekundärdistanzen führt dann auch für den Fall ungleicher X-Y-Koordinaten zu unterschiedlichen Anwendbarkeitsgraden für eine horizontale oder vertikale Lokalisation.

Die obigen Ausführungen entsprechende Bewertungsfunktion, bei der die horizontale Distanz eines Punkts als Primärdistanz und die vertikale Distanz als Sekundärdistanz zählt, wird mit  $eval_x$  bezeichnet. Die entsprechende Funktion, bei der die vertikale Distanz als Primärdistanz fungiert, wird  $eval_y$  genannt. Bezeichnet POINT die Menge aller Punkte innerhalb einer Abbildung und  $RECT \subseteq POLY$  die Menge aller rechteckigen Polygone, dann lassen sich die Signaturen für  $eval_x$  und  $eval_y$  wie folgt angeben:

$$eval_x : ZLOK \times POINT \times RECT \mapsto \mathfrak{R}$$

$$eval_y : ZLOK \times POINT \times RECT \mapsto \mathfrak{R}$$

Während für Punkte in den Ecken des Bezugssystems zwei Bewertungen möglich sind, scheidet bei Punkten innerhalb der ‚Mitte‘-Bänder eine Möglichkeit aus: In Abbildung 6.7 liegt  $P_1$  im horizontalen ‚Mitte‘-Band; somit kann er nicht durch eine „rechts“- oder „links“-Lokalisation beschrieben werden. Für  $eval_x$  bzw.  $eval_y$  und beliebige Punkte

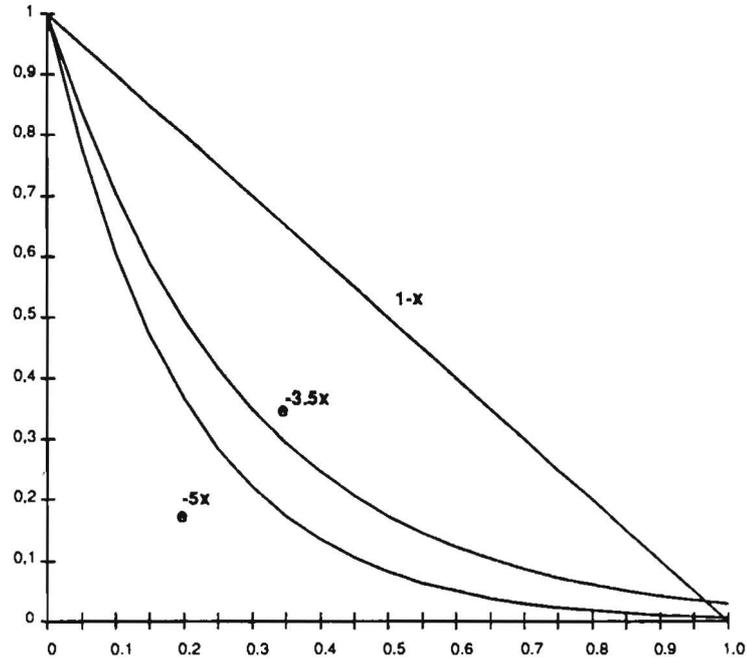


Abbildung 6.8: Lineare und nichtlineare Bewertungsfunktionen

$P \in \text{POINT}$  und Rechtecke  $R \in \text{RECT}$  bedeutet dies:

$$\begin{aligned} \forall l \in \text{YLOK} & : \text{eval}_y((x\text{-mitte}, l), P, R) = 0 \quad \text{bzw.} \\ \forall l \in \text{XLOK} & : \text{eval}_x((l, y\text{-mitte}), P, R) = 0 \end{aligned}$$

Um die Bewertungsfunktion für zusammengesetzte Lokalisationen wie bei den absoluten Lokalisationen auch zu einer Bewertungsfunktion für elementare Lokalisationen erweitern zu können, werden beide Bewertungen,  $\text{eval}_x$  und  $\text{eval}_y$ , zu einer Bewertung  $\text{eval}$  gebündelt. Erst bei der Berechnung der elementaren Lokalisationen wird entschieden, welcher Wert genommen wird.

$$\begin{aligned} \text{eval} & : \text{ZLOK} \times \text{POINT} \times \text{RECT} \mapsto \mathbb{R} \times \mathbb{R} \\ \text{eval}(l, p, r) & = (\text{eval}_x(l, p, r), \text{eval}_y(l, p, r)) \end{aligned}$$

### 6.2.3 Zusammengesetzte Lokalisationen

Während bei den absoluten Lokalisationen für die Bewertung der Anwendbarkeit eine Flächenanteilsregel maßgebend war, steht bei den relativen Lokalisationen das Ergebnis der Punkt-Rechteck-Lokalisation im Vordergrund. Der Flächenanteil wird jedoch dazu verwendet, eine Punkt-Rechteck-Bewertung angemessen zu gewichten.

Für die formale Beschreibung der Bewertungsfunktion werden die notationellen Vereinbarungen aus Abschnitt 6.1.2 bis auf eine Modifikation übernommen.  $TR$  berechnet immer noch die einer zusammengesetzten Lokalisation entsprechenden Teilrechtecke. Da das Bezugssystem jedoch nicht mehr durch eine statische Bildmitte sondern durch ein variables Referenzobjekt induziert wird, ist ein weiterer Parameter für  $TR$  notwendig:

$$TR : ZLOK \times POLY \mapsto POLY$$

Neu hinzu kommen folgende Funktionen:

- $SP : POLY \mapsto POINT$  bestimmt den Schwerpunkt eines Polygons und
- $UR : POLY \mapsto RECT$  liefert für ein Polygon das umschreibende Rechteck.

Zusammen mit der Funktion  $eval$  des vorigen Abschnitts kann nun die Bewertungsfunktion  $A_z$  für eine zusammengesetzte Lokalisation angegeben werden. Es ist

$$A_z : ZLOK \times POLY \times POLY \mapsto \mathfrak{R}$$

$$A_z(l, LO, REFO) = w \max(e_x, e_y)$$

$$\text{mit } (e_x, e_y) = eval(l, SP(LO), UR(REFO))$$

$$w = \frac{f(TR(l, REFO) \cap LO)}{f(LO)}$$

Durch den Faktor  $w$  wird die Gewichtung der Punkt-Rechteck-Bewertung entsprechend des sich im betreffenden Teilrechteck befindlichen Flächenanteils vorgenommen. Für eine (,links' / ,rechts', ,oben' / ,unten')-Lokalisation liefern  $eval_x$  und  $eval_y$  unterschiedliche Werte. Die Maximumbildung , $\max(e_x, e_y)$ ' bewirkt, daß der größere Wert genommen wird.

Für das Beispiel der Abbildung 6.9 ergibt sich:

$$\begin{aligned} eval((x\text{-mitte, oben}), P_1, UR(REFO)) &= (0.7, 0) \\ A_z((x\text{-mitte, oben}), LO, REFO) &= w_1 \max(0.7, 0) = \frac{1}{3} * 0.7, \\ eval((rechts, oben), P_2, UR(REFO)) &= (0.55, 0.65) \\ A_z((rechts, oben), LO, REFO) &= w_2 \max(0.55, 0.65) = \frac{2}{3} * 0.65 \end{aligned}$$

Dabei sind  $P_1$  und  $P_2$  die Schwerpunkte der Schnittpolygone von  $LO$  mit den entsprechenden Teilrechtecken des durch  $REFO$  induzierten Bezugssystems. Für alle anderen  $l \in ZLOK$  ist:

$$w = \frac{f(TR(l, REFO) \cap LO)}{f(LO)} = 0$$

und somit auch

$$A_z(l, LO, REFO) = 0.$$

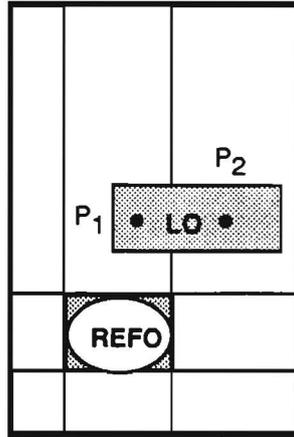


Abbildung 6.9: Die Bewertung zusammengesetzter Lokalisationen

#### 6.2.4 Elementare Lokalisationen

Wie bei den absoluten Lokalisationen wird die Berechnung der Anwendbarkeit  $A_e$  einer elementaren Lokalisation auf die Berechnung der Anwendbarkeit einer zusammengesetzten Lokalisation zurückgeführt.  $A_e$  wird bestimmt, indem die gewichteten Bewertungen der zusammengesetzten Lokalisation für die  $A_e$  entsprechende Zeile oder Spalte des Bezugssystems aufaddiert werden. Während bei CITYTOUR nur der Schwerpunkt als Repräsentant des zu lokalisierenden Rechtecks genommen wird, sind es bei diesem Verfahren je nach Objektgröße zwischen eins und drei Punkten.

*eval* wird auf folgende Weise zu einer Bewertung für elementare Lokalisationen erweitert:

$$A_e^x : \text{XLOK} \times \text{POLY} \times \text{POLY} \mapsto \mathfrak{R}$$

$$A_e^x(l_x, \text{LO}, \text{REFO}) = \sum_{l_y \in \text{YLOK}} (w e_x)$$

$$A_e^y : \text{YLOK} \times \text{POLY} \times \text{POLY} \mapsto \mathfrak{R}$$

$$A_e^y(l_y, \text{LO}, \text{REFO}) = \sum_{l_x \in \text{XLOK}} (w e_y)$$

$$w = \frac{f(\text{TR}((l_x, l_y), \text{REFO}) \cap \text{LO})}{f(\text{LO})}$$

$$(e_x, e_y) = \text{eval}((l_x, l_y), P, R)$$

mit

$$P = \text{SP}(\text{LO} \cap \text{TR}((l_x, l_y), \text{REFO}))$$

$$R = \text{UR}(\text{REFO})$$

$$A_e : \text{GLOK} \times \text{POLY} \times \text{POLY} \mapsto \mathfrak{R}$$

$$A_e(l_{xy}, \text{LO}, \text{REFO}) = \begin{cases} A_e^x(l_{xy}, \text{LO}, \text{REFO}) & \text{falls } l_{xy} \in \text{XLOK} \\ A_e^y(l_{xy}, \text{LO}, \text{REFO}) & \text{falls } l_{xy} \in \text{YLOK} \end{cases}$$

Der Sinn der Bündelung von  $\text{eval}_x$  und  $\text{eval}_y$  durch *eval* wird nun deutlich: Bei der

Aufsummierung für  $A_e^x$  bzw.  $A_e^y$  wird gerade der Teil von  $eval$  genommen, der  $eval_x$  bzw.  $eval_y$  entspricht.

Bei Abbildung 6.9 ergeben sich für LO folgende Bewertungen:

$$\begin{aligned}
 & A_e(\text{oben}, \text{LO}, \text{REFO}) \\
 = & \frac{1}{3} \text{First}(eval((x\text{-mitte}, \text{oben}), P_1, UR(\text{REFO}))) \\
 & + \frac{2}{3} \text{First}(eval((\text{rechts}, \text{oben}), P_2, UR(\text{REFO}))) \\
 = & \frac{1}{3} * 0.7 + \frac{2}{3} * 0.55 \\
 = & 0.6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & A_e(\text{rechts}, \text{LO}, \text{REFO}) \\
 = & \frac{2}{3} \text{Second}(eval((\text{rechts}, \text{oben}), P_2, UR(\text{REFO}))) \\
 = & \frac{2}{3} * 0.65 \\
 = & 0.43
 \end{aligned}$$

Dabei projizieren die Funktionen *First* bzw. *Second* auf das erste bzw. zweite Element eines Tupels. Summanden, die 0 ergeben, wurden weggelassen.

## 6.3 Grenzfälle der Anwendbarkeit

In diesem Abschnitt werden verschiedene Grenzfälle diskutiert, bei denen die Bestimmung einer geeigneten Lokalisation nicht mehr allein mit den in den letzten beiden Abschnitten vorgestellten Bewertungsfunktionen möglich ist. Es werden drei Problemklassen vorgestellt, die mit jeweils unterschiedlichen Methoden behandelt werden:

- Statisch vorgegebene Dimensionspräferenzen lösen Konflikte zwischen konkurrierenden elementaren Lokalisationen.
- Kriterien über den Anteil an der Gesamtfläche und Gesamtbewertung eines Objekts prüfen die Anwendbarkeit zusammengesetzter Lokalisationen.
- Durch Beschreibungen unzulässiger Muster können Objekte mit besonders ungewöhnlicher Form als nicht lokalisierbar zurückgewiesen.

### 6.3.1 Dimensionspräferenzen für elementare Lokalisationen

Versucht man für die Objekte A und B in Abbildung 6.10 die zugehörige absolute elementare Lokalisation zu bestimmen, dann stehen für A zwei und für B sogar vier elementare Lokalisationen mit einem Anwendbarkeitsgrad von jeweils 0.5 zur Auswahl. Für A sind

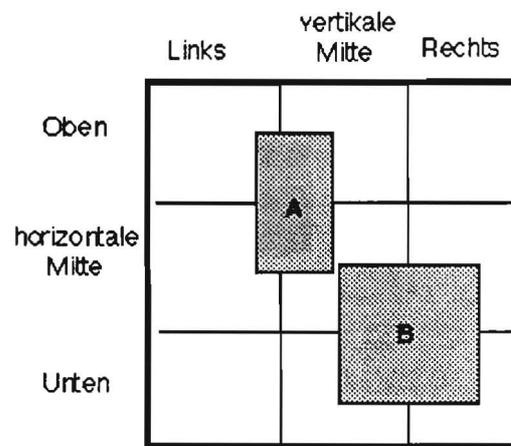


Abbildung 6.10: Dimensionskonflikte bei elementaren Lokalisationen

es ‚oben‘ und ‚horizontale Mitte‘, für B ‚links‘, ‚vertikale Mitte‘, ‚oben‘ und ‚horizontale Mitte‘.

Welcher Alternative soll der Vorzug gegeben werden? Dieses auch für Menschen schwierige Lokalisationsproblem wird bei den Lokalisationsverfahren durch die Vorgabe von Dimensionspräferenzen gelöst. Motiviert durch Ergebnisse der Wahrnehmungspsychologie nach denen der Bildmitte eine besonders hohe Aufmerksamkeit zukommt, wird bei

Dimensionskonflikten, d.h. gleich hohen Anwendbarkeitsgraden elementarer Lokalisationen, der horizontalen bzw. vertikalen Mitte der Vorzug gegeben.

Für Objekt A wird somit der Konflikt zwischen ‚oben‘ und ‚horizontale Mitte‘ zugunsten von ‚horizontale Mitte‘ entschieden<sup>11</sup>. Bei Objekt B scheiden zunächst ‚links‘ und ‚oben‘ aus. Die Lokalisationen ‚vertikale Mitte‘ und ‚horizontale Mitte‘ sind beide gleichwertig. Um dennoch das Verfahren deterministisch zu gestalten, wird der vertikalen Dimension eine höhere Präferenz eingeräumt. Die gleiche Überlegung führt dazu, ‚links‘ gegenüber ‚rechts‘ und ‚oben‘ gegenüber ‚unten‘ vorzuziehen.

Somit gelten folgende Präferenzen:

1. ‚vertikale Mitte‘ < ‚links‘ < ‚rechts‘
2. ‚horizontale Mitte‘ < ‚oben‘ < ‚unten‘
3. ‚vertikale Mitte‘ < ‚horizontale Mitte‘

### 6.3.2 Die Anwendbarkeit absoluter zusammengesetzter Lokalisationen

Betrachtet man Abbildung 6.11, und versucht man die Objekte absolut zu lokalisieren, so stellt man fest, daß Objekt A gleichmäßig über die vier den zusammengesetzten Lokalisationen entsprechenden Teilrechtecke verteilt ist. Hier ist es demnach völlig unangemessen, eine zusammengesetzte Lokalisation anzuwenden. Selbst bei Objekt B, bei dem nur zwei Möglichkeiten zur Auswahl stehen, ist eine zusammengesetzte Lokalisation nur schwer vertretbar, da beide Teilflächen annähernd gleich groß sind. Erst bei den Objekten C und D erscheinen die zusammengesetzten Lokalisationen „links unten“ bzw. „unten in der Mitte“ akzeptabel. Es bietet sich an, das Kriterium für die Anwendbarkeit einer zusammengesetzten Lokalisation mit Hilfe einer Flächenanteilregel zu realisieren: Eine zusammengesetzte Lokalisation kann nur dann angewendet werden, wenn ein ausreichend großer Flächenanteil des Objektes innerhalb des der zusammengesetzten Lokalisation entsprechenden Teilrechtecks liegt. Durch eigene Tests wurde 0.7 als Anwendbarkeitsgrenze bestimmt.

Gegeben sei ein Objekt LO und eine absolute zusammengesetzte Lokalisation  $l$ .  $l$  wird als anwendbar angesehen genau dann, wenn

$$\frac{f(TR(l) \cap LO)}{f(LO)} > 0.7$$

---

<sup>11</sup>Diese Konfliktauflösung sagt noch nichts über das endgültige Resultat des Lokalisationsverfahrens aus. Aufgrund der höheren Anwendbarkeit der ‚vertikale Mitte‘-Lokalisation (0.75 gegenüber 0.5) wird letztendlich die ‚vertikale Mitte‘-Lokalisation der ‚horizontale Mitte‘-Lokalisation vorgezogen.

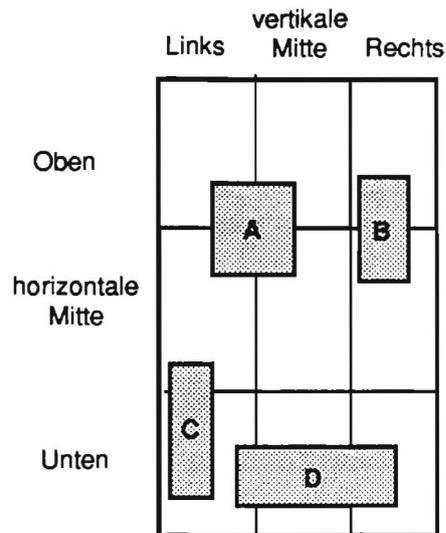


Abbildung 6.11: Zusammengesetzte oder elementare Lokalisationen?

### 6.3.3 Die Anwendbarkeit relativer zusammengesetzter Lokalisationen

Wie bei den absoluten Lokalisationen läßt sich auch bei den relativen Lokalisationen dafür argumentieren, die Anwendbarkeit einer zusammengesetzten Lokalisation von einem Flächenanteilkriterium abhängig zu machen. Neu bei den relativen Lokalisationen ist, daß auch der Anteil an der Bewertung der elementaren Lokalisationen zur Beurteilung herangezogen wird. Dadurch kann verhindert werden, daß eine zusammengesetzte Lokalisation für anwendbar gehalten wird, obwohl sie aufgrund einer großen Distanz nur einen kleinen Anwendbarkeitsgrad besitzt.

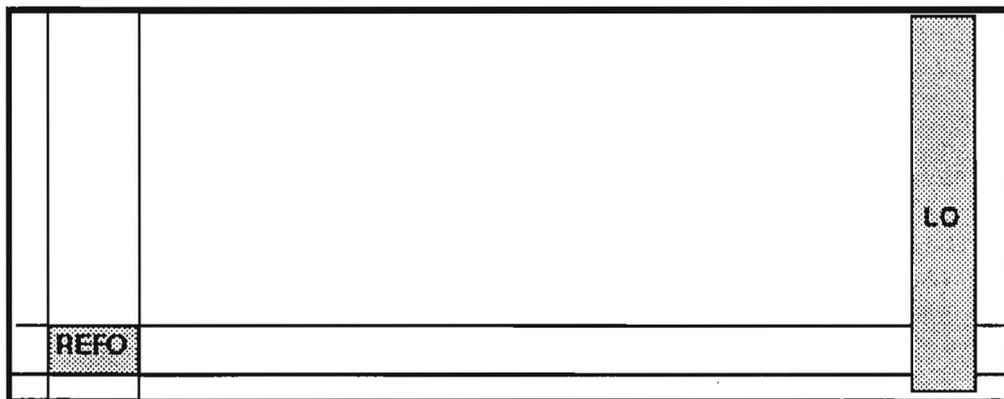


Abbildung 6.12: Zusammengesetzte Lokalisationen bei großer Distanz

So erfüllt LO in Abbildung 6.12 für eine (rechts,oben)-Lokalisation zwar die 70%-Flächenanteilregel, obwohl diese aufgrund des großen Abstandes nicht angemessen

ist. Die Beurteilung des Anteils der zusammengesetzten Lokalisation an der elementaren Lokalisation kann hier verhindern, daß eine zusammengesetzte Lokalisation genommen wird, da aufgrund der schlechteren Bewertung von Sekundärdistanzen  $A_z$  ((rechts,oben), LO, REFO) sehr klein ist.

Das Flächenanteilkriterium der absoluten Lokalisationen wird übernommen:

$$\frac{f(TR(l, REFO) \cap LO)}{f(LO)} > 0.7.$$

Die Regel bzgl. des Anteils an der Bewertung der elementaren Lokalisation lautet:

$$\frac{A_z(l, LO, REFO)}{A_e(l, LO, REFO)} > 0,5$$

Der Wert 0.5 wurde durch eigene Tests ermittelt.

#### 6.3.4 Objekte mit ungewöhnlicher Form

Wurden in den bisherigen Beispielen nur rechteckige Objekte verwendet, so zeigt Abbildung 6.13 einen Extremfall. Das U-förmige Objekt A ist so ungünstig in der Abbildung

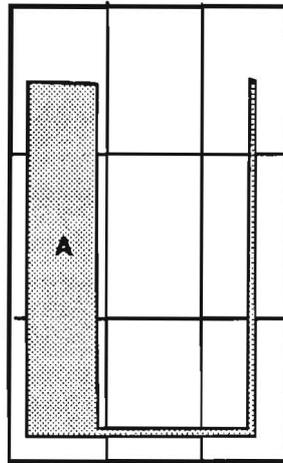


Abbildung 6.13: Ein U-förmiges Objekt

plaziert, daß selbst Menschen Schwierigkeiten haben, A zu lokalisieren, ohne auf komplizierte Beschreibungen über Form und Verteilung des Objekts auszuweichen. Während ein Mensch jedoch die Grenzen seiner Lokalisationsfähigkeit kennt und auf eine Lokalisation von A verzichtet, würde beim Aufruf des absoluten Lokalisationsverfahrens A als „links im Bild“ lokalisiert. Um solche Extreme erkennen und die Lokalisation in diesen Fällen zurückweisen zu können, wurde eine Musterbeschreibungssprache entwickelt. Der

Rest des Abschnitt wird darauf verwendet, das Prinzip der Musterbeschreibungssprache deutlich zu machen. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Sprachkonstrukte findet sich in Abschnitt 7.3.

Die Grundidee ist, eine Vergrößerung der Abbildung vorzunehmen, und Musterbeschreibungen auf der weniger komplexen Ergebnisstruktur durchzuführen. Bei der Vergrößerung wird nur noch festgehalten in welchen Teilrechtecken der Abbildung ein nicht leerer Schnitt mit dem zu lokalisierenden Objekt vorliegt (vgl. Abbildung 6.14). Das Erkennen

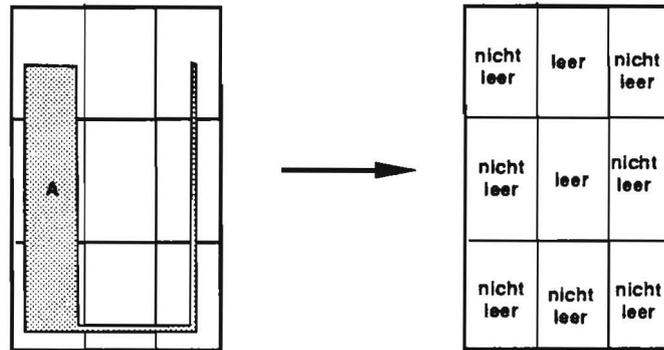


Abbildung 6.14: Das Vergrößerungsmuster einer Abbildung

von Extremfällen wird dadurch auf die Beschreibung unzulässiger Muster reduziert. Die einfachste Lösung, alle unzulässigen Muster aufzuzählen, wird als zu umständlich verworfen, da insgesamt  $2^9 = 512$  Muster möglich sind, und selbst für einen Anteil von nur 10% unzulässiger Muster eine Aufzählung schwer überschaubar ist. Stattdessen werden Sprachkonstrukte eingeführt, mit denen Klassen von unzulässigen Mustern beschrieben werden können. Paßt eine Musterbeschreibung auf die aktuelle Abbildung, so wird die Lokalisation zurückgewiesen.

Formal wird die Vergrößerung der Abbildung durch die Konstruktion einer booleschen  $3 \times 3$  Matrix  $M^B$  erfaßt, deren Elemente **true** für den Fall nichtleerer Schnittobjekte sind und ansonsten **false** (vgl. Abbildung 6.15):

$$M_{x,y}^B = (TR((x,y), LO, REFO) \neq P_\emptyset) \quad \text{mit } x \in XLOK, y \in YLOK.$$

Die Sprachkonstrukte zur Musterbeschreibung bestehen folglich aus Funktionen und Prädikaten auf  $M^B$ .

Ein typisches Problem bei der Musterbeschreibung ist die unter Umständen nicht absehbare Mächtigkeit eines Ausdrucks, d.h. die Anzahl der durch ihn beschriebenen Muster. So könnte eine erste Beschreibung der Nichtanwendbarkeit des absoluten Lokalisationsverfahrens bei Objekt A wie folgt lauten: „Wenn die rechte und linke Spalte von  $M^B$  **true**-Werte enthalten, ist das absolute Lokalisationsverfahren nicht anwendbar.“ Daß diese Regel jedoch zu weit greift, sieht man in Abbildung 6.16: Das Objekt LO kann ohne weiteres als „oben im Bild“ lokalisiert werden, obwohl in der linken und

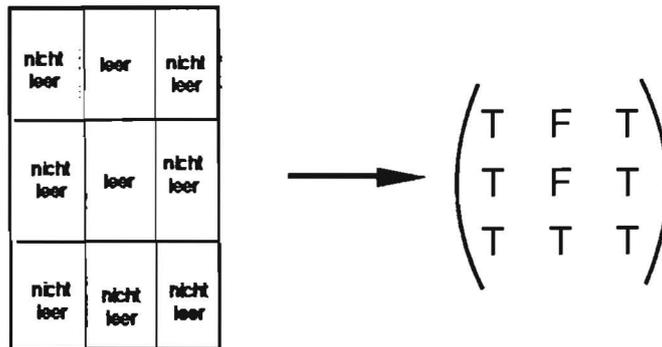


Abbildung 6.15: Die Konstruktion von  $M^B$

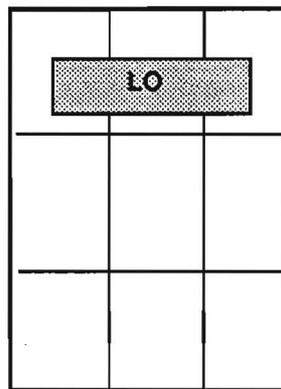


Abbildung 6.16: Die Mächtigkeit von Musterbeschreibungen

rechten Spalte der entsprechend konstruierten Matrix  $M^B$  **true** -Werte zu finden sind. Zusätzlich muß nämlich noch berücksichtigt werden, ob an den betreffenden Stellen der vertikalen Mitte **true** -Werte vorhanden sind oder nicht.

Die entwickelten Sprachkonstrukte erlauben die Beschreibung der erweiterten Regel als  
`(not (horizontally-connected (vertical-pairs left right)))`

Eine ausführliche Darstellung der Musterbeschreibungssprache findet sich, wie bereits erwähnt, in Abschnitt 7.3.

## 7 Eine allgemeine Prozedur für absolute und relative Lokalisationen

Die Ausführungen des letzten Kapitels sollten die Ähnlichkeiten bei der Berechnung von relativen und absoluten Lokalisationen hinreichend deutlich gemacht haben. In diesem Kapitel geht es nun darum, ein allgemeines Lokalisationsverfahren zu entwerfen, das durch geeignete Parameter zu einem Verfahren für absolute oder relative Lokalisationen instanziiert werden kann. Zunächst wird das Verfahren mit den entsprechenden Parametern vorgestellt. Der nächste Abschnitt befaßt sich mit den Anforderungen an einen abstrakten Datentyp für Objekte in Lokalisationsverfahren. Zuletzt wird die in Abschnitt 6.3.4 eingeführte Musterbeschreibungssprache spezifiziert.

### 7.1 Das Verfahren

Die allgemeine Lokalisationsprozedur hat vier Parameter:

1. das zu lokalisierende Objekt LO
2. das Referenzobjekt REFO,
3. eine Bewertungsfunktion *eval* ,

$$eval : \text{POLY} \times \text{POLY} \times \text{POLY} \mapsto \mathfrak{R} \times \mathfrak{R}$$

4. und eine Funktion *ZLOK -Test* ,

$$\text{ZLOK -Test} : \mathfrak{R} \times \mathfrak{R} \times \text{POLY} \times \text{POLY} \mapsto \text{BOOL} ,$$

welche die Anwendbarkeit einer zusammengesetzten Lokalisation prüft.

Das Ergebnis der Berechnung ist ein Verbund aus der besten elementaren und der besten zusammengesetzten Lokalisation sowie deren Anwendbarkeitsgrade und einem Flag, das anzeigt, ob die zusammengesetzte Lokalisation anwendbar ist:

```
loc-result = record
    le           : GLOK ;
    Ae           :  $\mathfrak{R}$ ;
    lz           : ZLOK ;
    Az           :  $\mathfrak{R}$ ;
    ZLOK -Flag : BOOL ;
end
```

Zu Beginn des Verfahrens wird in Abhängigkeit von LO und REFO eine Schnittpolygon-Matrix  $M^\cap$  bestimmt. Die Anwendung von *eval* auf  $M^\cap$  liefert die Bewertungsmatrix  $M^{\text{eval}}$ . Danach folgt die Berechnung der besten elementaren bzw. zusammengesetzten Lokalisation  $\max_e$  bzw.  $\max_z$ , und abschließend wird die Anwendbarkeit von  $\max_z$  mittels ZLOK -Test geprüft. Im Detail wird folgendermaßen verfahren:

1. Die  $3 \times 3$  Matrix  $M^\cap$ , welche die Schnittpolygone des zu lokalisierenden Objektes mit den Teilrechten der Abbildung enthält, wird berechnet:

$$M_{x,y}^\cap = TR((x,y), \text{REFO}) \cap \text{LO} \quad \text{für alle } x \in \text{XLOK}, y \in \text{YLOK}.$$

2. Die  $3 \times 3$  Matrix  $M^{\text{eval}}$ , welche die Bewertungen der zusammengesetzten Lokalisationen enthält, ergibt sich durch Anwendung von *eval* auf  $M^\cap$ :

$$M_{x,y}^{\text{eval}} = \text{eval}(M_{x,y}^\cap, \text{LO}, \text{REFO})$$

3. Für die Bestimmung der besten zusammengesetzten Lokalisation  $\max_z$  wird zunächst eine Matrix  $M'$  berechnet:

$$M'_{x,y} = \max(e_x, e_y) \quad \text{mit } (e_x, e_y) = M_{x,y}^{\text{eval}}$$

Nun ergibt sich  $\max_z$  als die Lokalisation  $(l_x, l_y)$  für die  $M'$  maximal ist, d.h.

$$M'_{l_x, l_y} = \max(\{M'_{x,y} \mid x \in \text{XLOK}, y \in \text{YLOK}\})$$

Der Anwendbarkeitsgrad  $A_z$  der zusammengesetzten Lokalisation ist gleich  $M'_{l_x, l_y}$ .

Erreichen zwei Elemente  $M'_{x,y}$  und  $M'_{v,w}$  den maximalen Wert, so wird der entstehende Konflikt entsprechend der in Abschnitt 6.3.1 beschriebenen Dimensionspräferenzen aufgelöst.

4. Bei der Bestimmung von  $\max_e$  werden zunächst zwei dreielementige Vektoren  $\vec{X}$  und  $\vec{Y}$  bestimmt, so daß

$$\vec{X}_x = \sum_{y \in \text{YLOK}} \text{First}(M_{x,y}^{\text{eval}}) \quad \text{bzw.}$$

$$\vec{Y}_y = \sum_{x \in \text{XLOK}} \text{Second}(M_{x,y}^{\text{eval}})$$

Für  $\vec{X}$  und  $\vec{Y}$  werden unter Beachtung der Präferenzregeln aus Abschnitt 6.3.1 die Lokalisationen  $\max_x$  und  $\max_y$  so bestimmt, daß  $\vec{X}_{\max_x}$  und  $\vec{Y}_{\max_y}$  jeweils maximal sind. Ist  $\vec{X}_{\max_x}$  größer als  $\vec{Y}_{\max_y}$ , so wird für  $\max_e$   $\max_x$  und für den Anwendbarkeitsgrad  $A_e$   $\vec{X}_{\max_x}$  genommen, ansonsten  $\max_y$  bzw.  $\vec{Y}_{\max_y}$ .

5. Die Anwendbarkeit von  $\max_z$  wird durch den Aufruf von

$$\text{ZLOK -Test}(A_z, A_e, M_{\max_x}^\cap, \text{LO})$$

abgeprüft.

### 7.1.1 Die Parameter für relative Lokalisationen

Für die Lokalisation des Objekts LO bzgl. des Referenzobjekts REFO in der in Abschnitt 6.2 beschriebenen Weise ist folgende Parametrisierung vorzunehmen:

1. LO und REFO werden unverändert übergeben
2. *eval* ergibt sich wie folgt:

$$\begin{aligned} eval(M_{x,y}^\cap, LO, REFO) &= w \, eval^{rel}((x, y), SP(M_{x,y}^\cap), UR(REFO)) \\ \text{mit } w &= \frac{f(TR((x, y), REFO) \cap LO)}{f(LO)} \end{aligned}$$

Dabei bezeichnet  $eval^{rel}$  die Funktion *eval* aus Abschnitt 6.2.2.

3. *ZLOK-Test* prüft gemäß der in Abschnitt 6.3.3 genannten Kriterien die Anwendbarkeit der zusammengesetzten Lokalisationen. Die beiden ersten Parameter von *ZLOK-Test* werden für die Bewertungsanteilregel und die beiden letzten für die Flächenanteilregel verwendet.

### 7.1.2 Die Parameter für absolute Lokalisationen

Soll ein Objekt LO in der in Abschnitt 6.1 beschriebenen Weise absolut lokalisiert werden, so sind die Parameter wie folgt zu wählen:

1. LO wird unverändert übergeben.
2. Als Referenzobjekt wird die rechteckige Mitteregion MR genommen, deren Ausdehnung jeweils ein Drittel der horizontalen bzw. vertikalen Ausdehnung der Abbildung beträgt (vgl. Abschnitt 6.1.1).
3. *eval* ergibt sich wie folgt:

$$\begin{aligned} eval(M_{x,y}^\cap, LO, MR) &= (w, w) \\ \text{mit } w &= \frac{f(TR((x, y), MR) \cap LO)}{f(LO)} \end{aligned}$$

$w$  entspricht der Definition der Funktion  $A_z$  aus Abschnitt 6.1.2. Die Verdopplung von  $w$  ist auf der syntaktischen Ebene nötig, weil *eval* in  $\mathfrak{R} \times \mathfrak{R}$  und nicht in  $\mathfrak{R}$  abbildet. Semantisch gesehen bedeutet dies, daß im Gegensatz zu den relativen Lokalisationen bei den absoluten Lokalisationen identische horizontale und vertikale Bewertungsfunktionen gewählt wurden (vgl. dazu die Ausführungen bzgl.

$eval_x$  und  $eval_y$  in Abschnitt 6.2.2). Da die allgemeine Lokalisationsprozedur dem allgemeineren Fall der relativen Lokalisationen genügen muß, bleibt nichts anderes übrig, als die Spezialisierung bei der Definition der Bewertungsfunktion für die absoluten Lokalisationen vorzunehmen.

- Anhand der letzten beiden Parameter prüft ZLOK -Test gemäß der in Abschnitt 6.3.2 genannten Flächenanteilsregel, ob eine zusammengesetzte Lokalisation anwendbar ist.

### 7.1.3 Die Parameter für ‚Ecke‘-Lokalisationen

Die Parameter für ‚Ecke‘-Lokalisationen sind bis auf die Mitteregion mit den Parametern für absolute Lokalisationen identisch. Wie bereits in Abschnitt 6.1.4 beschrieben, wird eine erweiterte Mitteregion EMR, deren Ausdehnung jeweils  $3/5$  der horizontalen bzw. vertikalen Ausdehnung der Abbildung beträgt, als Referenzobjekt übergeben. Ist eine zusammengesetzte (‚links‘/‚rechts‘, ‚oben‘/‚unten‘)-Lokalisation anwendbar, so auch die entsprechende ‚Ecke‘-Lokalisation. Der Anwendbarkeitsgrad ist gleich dem Anwendbarkeitsgrad der zusammengesetzten Lokalisation.

### 7.1.4 Ein ausführliches Beispiel

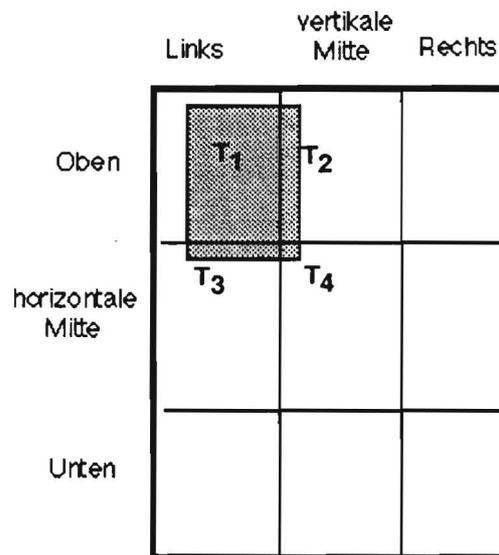


Abbildung 7.1: Die absolute Lokalisation eines Objekts

Am Beispiel der absoluten Lokalisation des Objekts in Abbildung 7.1 wird das Lokalisationsverfahren demonstriert. Zunächst wird  $M^\cap$  berechnet:

$$M^\cap = \begin{pmatrix} T_1 & T_2 & P_\emptyset \\ T_3 & T_4 & P_\emptyset \\ P_\emptyset & P_\emptyset & P_\emptyset \end{pmatrix}$$

Die vertikale Ausdehnung von  $T_1$  beträgt  $9/10$  der vertikalen Ausdehnung, die horizontale Ausdehnung  $5/6$  der horizontalen Ausdehnung des zu lokalisierenden Objekts. Die Maße von  $T_2, T_3$  und  $T_4$  sind entsprechend. Die Anwendung von *eval* liefert:

$$M^{\text{eval}} = \begin{pmatrix} (45/60, 45/60) & (9/60, 9/60) & (0, 0) \\ (5/60, 5/60) & (1/60, 1/60) & (0, 0) \\ (0, 0) & (0, 0) & (0, 0) \end{pmatrix}$$

Weiter ist

$$M' = \begin{pmatrix} 45/60 & 9/60 & 0 \\ 5/60 & 1/60 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Die zusammengesetzte Lokalisation mit der höchsten Bewertung ist (links,oben), d.h. es ergibt sich

$$\begin{aligned} \max_z &= (\text{links,oben}) && \text{und} \\ A_z &= 45/60. \end{aligned}$$

Für die Bestimmung der besten elementaren Lokalisation werden zuerst

$$\begin{aligned} \vec{X} &= (50/60 \ 10/60 \ 0) && \text{und} \\ \vec{Y} &= (54/60 \ 6/60 \ 0) \end{aligned}$$

bestimmt. Das Maximum der beiden Vektoren findet sich in  $\vec{Y}$  an der Stelle ‚oben‘. Somit ist

$$\begin{aligned} \max_e &= \text{oben} && \text{und} \\ A_e &= 54/60. \end{aligned}$$

Als letztes folgt der Test der Anwendbarkeit der zusammengesetzten Lokalisation. Er fällt positiv aus, denn  $A_z = 45/60 = 0.75 > 0.7$ .

## 7.2 Ein abstrakter Datentyp für Objekte in Lokalisationsverfahren

In diesem Abschnitt wird ein abstrakter Datentyp (ADT) für Objekte im Hinblick auf die vorgestellten Lokalisationsverfahren entwickelt. Die Vorzüge eines ADT's betreffen nicht nur allein die softwaretechnische Realisierung. Da das für das Lokalisationsverfahren relevante Wissen über die Objektgeometrie *vollständig expliziert* und an einem Ort *konzentriert* wird, gewinnt die Beschreibung des Lokalisationsverfahrens an zusätzlicher Präzision.

Die softwaretechnischen Vorzüge betreffen zwei Aspekte:

1. Wurden in den bisherigen Beispielen die zu lokalisierenden Objekte immer durch umschreibende Rechtecke approximiert, so bietet ein abstrakter Datentyp die Möglichkeit, beliebig genaue Näherungen der Objekte zu implementieren, ohne am eigentlichen Lokalisationsverfahren Änderungen vornehmen zu müssen.
2. Ein bisher nicht behandeltes Problem der beschriebenen Lokalisationsverfahren ist die variable Abbildungsgröße. Die Größe von Abbildungen und der darin befindlichen Objekte variiert im allgemeinen über ein Dokument hinweg. Durch die Einführung eines abstrakten Datentyps können Skalierungstransformationen aus dem Lokalisationsverfahren herausgenommen und in den abstrakten Datentyp hinein verlagert werden.

### 7.2.1 Die für Objekte erforderlichen Geometrie-Operationen

Die vom CITYTOUR-Ansatz übernommene Vorgehensweise, die Objekte durch ein umschreibendes Rechteck zu approximieren, ist nur beim Referenzobjekt zwingend, da mit Hilfe des umschreibenden Rechtecks das horizontale und vertikale Bezugssystem konstruiert wird. Beim zu lokalisierenden Objekt hingegen erfordert das beschriebene Lokalisationsverfahren eine solche Approximation nicht.

Soll das schraffierte Objekt in Abbildung 7.2 absolut lokalisiert werden, so braucht keine vergrößernde Rechteckapproximation vorgenommen zu werden. Für das Lokalisationsverfahren ist es ausreichend, wenn für die Teilpolygone  $T_1, \dots, T_4$  Fläche und Schwerpunkt bestimmt werden. Das Resultat einer solchen Lokalisation ist genauer, als wenn vorher die Rechteckapproximation angewendet wird.

So reicht es für das Lokalisationsverfahren aus, wenn folgende Operationen zur Verfügung stehen:

1. die Bestimmung des umschreibenden Rechtecks zur Konstruktion des Bezugssystems bei Referenzobjekten,

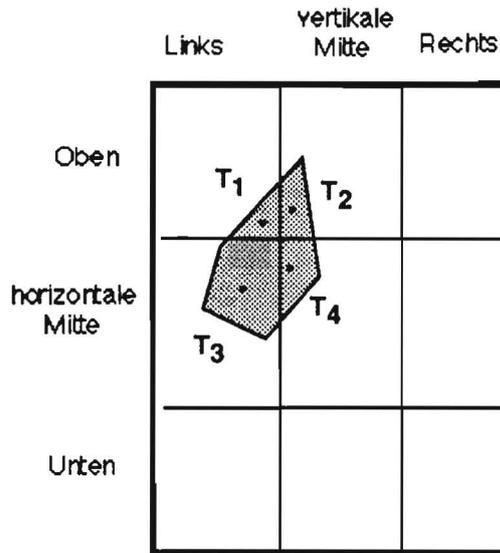


Abbildung 7.2: Eine absolute Lokalisation ohne Rechteckapproximation

2. die Bestimmung des Schnittpolygons, wenn ein Objekt mit einem Rechteck geschnitten wird, sowie
3. die Bestimmung von Fläche und Schwerpunkt der Schnittpolygone.

### 7.2.2 Die Behandlung variabler Abbildungsgrößen

Das Problem der Behandlung unterschiedlicher Abbildungsgrößen wird durch eine Normalformtransformation gelöst. Diese Transformation wird durch die ADT-Funktionen vorgenommen, so daß das eigentliche Lokalisationsverfahren nur auf der Normalform zu arbeiten braucht. Als Normalform für Abbildungen fungiert das Einheitsquadrat, d.h. die vertikale und horizontale Ausdehnung der Einheitsabbildung betragen jeweils eine Längeneinheit.

Abbildung 7.3 zeigt, wie eine rechteckige Abbildung, deren Ausdehnung  $180 \times 300$  Längeneinheiten beträgt, zum Einheitsquadrat normalisiert wird. Die für die Koordinatentransformationen des in der Abbildung gezeigten Rechtecks benötigten Skalierungsfaktoren ergeben sich aus den Abbildungsdimensionen. Ein Punkt  $P = (x \ y)$  wird zu  $P' = (x/xdim \ y/ydim)$  transformiert, wobei  $xdim$  bzw.  $ydim$  die horizontale bzw. vertikale Ausdehnung der Abbildung bezeichnen.

### 7.2.3 Die konkreten Schnittstellen-Operationen

Unter Berücksichtigung obiger Überlegungen können nun die verschiedenen ADT-Operationen angegeben werden. Das Zeichen  $\simeq$  meint ‚entspricht‘ und wird im fol-

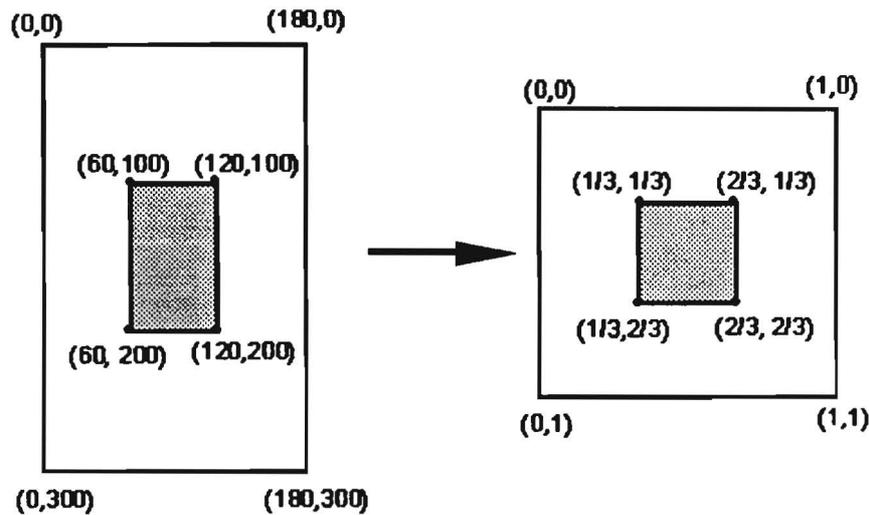


Abbildung 7.3: Die Transformation zum Einheitsquadrat

genden verwendet, um die Beziehung der jeweiligen ADT-Operationen zur Spezifikation der Lokalisationsverfahren aufzuzeigen.

Es gibt folgende ADT-Operationen:

- `empty-obj` :  $\mapsto$  POLY  
`empty-obj`  $\simeq P_\emptyset$   
`empty-obj` entspricht dem leeren Polygon und wird bei der Berechnung von  $M^\cap$  benötigt (vgl. Abschnitt 7.1.4).
- `center-obj` :  $\mapsto$  RECT  
`center-obj`  $\simeq$  MR  
`center-obj` entspricht der Mitteregion einer Abbildung.
- `ext-center-obj` :  $\mapsto$  RECT  
`ext-center-obj`  $\simeq$  EMR  
`ext-center-obj` entspricht der erweiterten Mitteregion einer Abbildung.
- `get-obj-normed-area` : POLY  $\mapsto$   $\mathfrak{R}$   
`get-obj-normed-area`  $\simeq f$   
`get-obj-normed-area` berechnet die genormte, d.h. entsprechend der Einheitsabbildung skalierte Fläche eines Objektes.
- `get-obj-normed-centroid` : POLY  $\mapsto$  POINT  
`get-obj-normed-centroid`  $\simeq SP$

`get-obj-normed-centroid` berechnet den genormten Schwerpunkt eines Objektes.

- `obj-with-normed-rect-intersection` : `POLY`  $\times$  `NORMED-RECT`  $\mapsto$  `POLY`  
`obj-with-normed-rect-intersection`  $\simeq$   $\cap$

Die bei der Definition von  $\cap$  verlangte Allgemeinheit, den Schnitt *zweier beliebiger* Polygone berechnen zu können, ist für das Lokalisationsverfahren nicht nötig. Es reicht für die Berechnung von  $M^\cap$  aus, wenn ein Rechteck mit einem beliebigen Polygon geschnitten werden kann.

Da das Lokalisationsverfahren nur die Einheitsabbildung kennt, beziehen sich die Koordinaten des jeweiligen Rechtecks auch auf das Einheitsquadrat. Bei der Schnittbildung muß deshalb zuvor das normierte Rechteck entsprechend der Originalabbildungsgröße skaliert werden, um den selben Maßstab wie das Objekt der Originalabbildung zu haben. Auf diese Weise wird verhindert, daß neben `get-obj-normed-area` und `get-obj-normed-centroid` zwei zusätzliche Funktionen eingeführt werden müssen, die die Fläche und den Schwerpunkt normierter Polygone berechnen. Diese Schnittstellenminimierung wird durch den etwas größeren Rechenaufwand auf der ADT-Seite erkaufte.

- `object-to-normed-rectangle` : `POLY`  $\mapsto$  `NORMED-RECT`  
`object-to-normed-rectangle`  $\simeq$  `UR`  
`object-to-normed-rectangle` bestimmt das kleinste umschreibende und normierte Rechteck eines Polygons.

Der Zweck der nachfolgenden Operationen wird erst in Abschnitt 8.1.1 deutlich. Der Vollständigkeit halber sind sie jedoch schon an dieser Stelle aufgeführt:

- `obj-is-between-objs` : `POLY`  $\times$  `POLY`  $\times$  `POLY`  $\mapsto$  `BOOL`  
`obj-is-between-objs(obj1, between-obj, obj2)` ist genau dann erfüllt, wenn `between-obj` zwischen `obj1` und `obj2` liegt.
- `equal-objs` : `POLY`  $\times$  `POLY`  $\mapsto$  `BOOL`  
`equal-objs(obj1, obj2)`  $\simeq$  `obj1 = obj2`  
`equal-objs` testet zwei Objekte auf Gleichheit.

## 7.3 Die Musterbeschreibungssprache

Im folgenden werden die Sprachkonstrukte der in Abschnitt 6.3.4 eingeführten Musterbeschreibungssprache vorgestellt. Der Auswertungsmechanismus wird denotational spezifiziert. Als ein größeres Anwendungsbeispiel werden die Musterbeschreibungen für relative Lokalisationen aufgeführt.

### 7.3.1 Die Sprachkonstrukte

Die zur Musterbeschreibung verfügbaren Sprachkonstrukte bestehen aus

- Konstanten zur Benennung der Zeilen und Spalten der boolschen Matrix  $M^B$  (z.B. `left`),
- Funktionen zur Berechnung ausgewählter Koordinaten von  $M^B$  (z.B. `vertical-pairs`),
- Prädikaten auf Koordinatenmengen (z.B. `horizontally-connected`),
- logischen Junktoren (z.B. `not`) sowie
- einem eingeschränkten Metaregelmechanismus, der es gestattet, Gruppen von Regeln zu beschreiben, die bis auf Achsensymmetrie identisch sind.

Im Detail sieht die Musterbeschreibungssprache wie folgt aus:

1. Die Benennung der Spalten von  $M^B$  geschieht durch  
`left, x-middle, right,`  
die der Zeilen durch  
`top, y-middle, bottom`  
und die der Mitte durch  
`center.`

Die horizontale Dimension wird durch `xdim`, die vertikale durch `ydim` bezeichnet.

2. Für Spalten wird die Menge der miteinander korrespondierenden y-Koordinaten an denen sich `true` -Werte befinden durch die Funktion  
`vertical-pairs`  
bestimmt. Die Berechnung der miteinander korrespondierenden x-Koordinaten bei Reihen geschieht durch  
`horizontal-pairs.`



### 7.3.2 Die Spezifikation des Auswertungsmechanismus

Die Auswertung der wichtigsten Sprachkonstrukte wird im folgenden denotational spezifiziert (vgl. [Fehr 89]). Von der Spezifikation ausgelassen wurden die logischen Junktoren, Standardoperationen der Mengenalgebra, sowie der Metaregelmechanismus; hierfür gelten die Standardinterpretationen.

Die Semantik der Konstanten, Funktionen und Prädikate wird durch mengenalgebraische Konzepte formalisiert. Diese Formalisierung kommt der tatsächlichen Implementation des Interpreters in LISP sehr nahe, da dort Sprachkonstrukte für die Mengenalgebra existieren.

Die Regelsyntax ist die folgende:

```

v-dim      = top | y-middle | bottom
h-dim      = left | x-middle | right
dim        = h-dim | v-dim | center

ver-func   = (vertical-pairs h-dim h-dim)
hor-func   = (horizontal-pairs v-dim v-dim)
set        = ver-func | hor-func | xdim | ydim |
            (isect-set set set) | (xcoords set) | (ycoords set)

ver-pred   = (vertically-connected set)
hor-pred   = (horizontally-connected set)
predicate  = ver-pred | hor-pred |
            (empty-set-p set) | (equal-set-p set)

rule       = predicate |
            (not rule) | (or rule rule) | (and rule rule)
meta-rule  = (t-b-l-r-pattern rule)

```

Für die Formalisierung werden noch folgende Funktionen gebraucht:

- $XP$  und  $YP$  bestimmen alle Stellen einer Spalte bzw. einer Zeile von  $M^B$  die ungleich  $P_\emptyset$  sind.

$$\begin{aligned}
 XP &: \text{XLOK} \mapsto 2^{\text{ZLOK}} \\
 XP(x) &= \{(x, y) \mid (x, y) \in \text{ZLOK} \wedge M_{x,y}^B\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 YP &: \text{YLOK} \mapsto 2^{\text{ZLOK}} \\
 YP(y) &= \{(x, y) \mid (x, y) \in \text{ZLOK} \wedge M_{x,y}^B\}
 \end{aligned}$$

- Für Teilmengen  $M \subseteq \text{ZLOK}$  bestimmen  $XC$  und  $YC$  die entsprechenden Mengen

der x- bzw. y-Koordinaten.

$$\begin{aligned} XC : 2^{\text{ZLOK}} &\mapsto 2^{\text{XLOK}} \\ XC(M) &= \{x \mid (x, y) \in M\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} YC : 2^{\text{ZLOK}} &\mapsto 2^{\text{YLOK}} \\ YC(M) &= \{y \mid (x, y) \in M\} \end{aligned}$$

Die Dimensionsbezeichner werden durch die Funktion  $\mathcal{K}^{12}$  ausgewertet:

$$\mathcal{K} : \text{dim} \mapsto 2^{\text{ZLOK}}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{K}[\text{top}] &= YP(\text{oben}) \\ \mathcal{K}[\text{y-middle}] &= YP(\text{y-mitte}) \\ \mathcal{K}[\text{bottom}] &= YP(\text{unten}) \\ \\ \mathcal{K}[\text{left}] &= XP(\text{links}) \\ \mathcal{K}[\text{x-middle}] &= XP(\text{x-mitte}) \\ \mathcal{K}[\text{right}] &= YP(\text{rechts}) \\ \\ \mathcal{K}[\text{center}] &= XP(\text{x-mitte}) \cap YP(\text{y-mitte}) \end{aligned}$$

set-Konstrukten wird durch  $\mathcal{S}$  eine Bedeutung zugeordnet:

$$\mathcal{S} : \text{set} \mapsto 2^{\text{GLOK}}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{S}[(\text{horizontal-pairs } v\text{-dim}_1 \ v\text{-dim}_2)] &= XC(\mathcal{K}[v\text{-dim}_1]) \cap XC(\mathcal{K}[v\text{-dim}_2]) \\ \mathcal{S}[(\text{vertical-pairs } h\text{-dim}_1 \ h\text{-dim}_2)] &= YC(\mathcal{K}[h\text{-dim}_1]) \cap YC(\mathcal{K}[h\text{-dim}_2]) \\ \mathcal{S}[\text{xdim}] &= \text{XLOK} \\ \mathcal{S}[\text{ydim}] &= \text{YLOK} \\ \mathcal{S}[(\text{xcoords } \text{set})] &= XC(\mathcal{K}[\text{set}]) \\ \mathcal{S}[(\text{ycoords } \text{set})] &= YC(\mathcal{K}[\text{set}]) \end{aligned}$$

Die Semantik der Prädikate wird durch  $\mathcal{P}$  bestimmt:

$$\mathcal{P} : \text{predicate} \mapsto \text{BOOL}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{P}[(\text{horizontally-connected } \text{set})] &= \mathcal{S}[\text{set}] \subseteq XC(\text{x-mitte}) \\ \mathcal{P}[(\text{vertically-connected } \text{set})] &= \mathcal{S}[\text{set}] \subseteq YC(\text{y-mitte}) \end{aligned}$$

---

<sup>12</sup>Um Funktionen, die auf syntaktischen Einheiten der Objektsprache operieren, besser von Funktionen unterscheiden zu können, die auf den semantischen Bereichen definiert sind, werden bei den Funktionen der ersten Kategorie die üblichen Funktionsklammern durch Doppelklammern ersetzt.

Am Beispiel der Regel

```
(not (horizontally-connected (vertical-pairs left right)))
```

wird die Auswertung für Abbildung 6.13 gemäß obiger Semantik demonstriert. Die Bestimmung von  $M^B$  liefert:

$$M^B = \begin{pmatrix} T & F & T \\ T & F & T \\ T & T & T \end{pmatrix}$$

Dann ist

$$\begin{aligned} \mathcal{K}[\text{left}] &= \{(\text{links, oben}), (\text{links, y-mitte}), (\text{links, unten})\} \\ \mathcal{K}[\text{right}] &= \{(\text{rechts, oben}), (\text{rechts, y-mitte}), (\text{rechts, unten})\} \end{aligned}$$

Und weiter

$$\begin{aligned} &\mathcal{S}[(\text{vertical-pairs left right})] \\ &= YC(\mathcal{K}[\text{left}] \cap YC(\mathcal{K}[\text{right}])) \\ &= \{\text{oben, y-mitte, unten}\} \end{aligned}$$

Schließlich ergibt sich

$$\begin{aligned} &\mathcal{P}[(\text{horizontally-connected (vertical-pairs left right)})] \\ &= \mathcal{S}[(\text{vertical-pairs left right})] \subseteq XC(\text{x-mitte}) \\ &= \{\text{oben, y-mitte, unten}\} \subseteq \{\text{unten}\} \\ &= \text{false} \end{aligned}$$

Somit ist

```
(not (horizontally-connected (vertical-pairs left right)))
```

erfüllt, und die Lokalisation von Objekt A wird zurückgewiesen, da ein unzulässiges Muster vorliegt.

### 7.3.3 Die Anwendbarkeitsregeln für relative Lokalisation

Als Beispiel für eine größere Regelmenge werden in Abbildung 7.4 die Anwendbarkeitsregeln für das relative Lokalisationsverfahren aufgeführt. Durch `(def-error-patterns <pattern-name> <pattern-list>)` kann die Regelmenge `<pattern-list>` an den Namen `<pattern-name>` gebunden werden. Beim Aufruf der abstrakten Lokalisationsprozedur muß dann ein durch `def-error-patterns` definierter Regelmengenbezeichner als weiterer Parameter mit übergeben werden. Die Regeln werden sequentiell ausgewertet. Sobald die Auswertung einer Regel `true` liefert, wird das Lokalisationsverfahren abgebrochen.

Das in Abschnitt 5.1.3 beschriebene Verbot von ‚Mitte‘-, ‚Mitte‘-Lokalisation wird durch die Regel

```
(not (empty-set-p center))
```

realisiert.

```

;;;-----
;;; error patterns for rel-loc
;;;-----
(def-error-patterns 'rel-loc-error-pattern
  '(
    ;; 0 0 0
    ;; 0 x 0
    ;; 0 0 0
    (not (empty-set-p center))

    ;; x 0 x left right 0 x 0 top bottom
    ;; 0 0 0          0 0 0
    ;; 0 0 0          0 x 0
    (not (vertically-connected (horizontal-pairs top bottom)))
    (not (horizontally-connected (vertical-pairs left right)))

    ;; x x x left top
    ;; x 0 0
    ;; x 0 0
    (t-b-l-r-pattern
      (and (equal-set-p (x-coords t-b) x-dim)
           (equal-set-p (y-coords l-r) y-dim)))

    ;; x 0 0 top bottom
    ;; 0 0 0
    ;; 0 x 0
    (and (empty-set-p (horizontal-pairs top bottom))
         (not (empty-set-p top))
         (not (empty-set-p bottom)))
    (and (empty-set-p (vertical-pairs left right))
         (not (empty-set-p left))
         (not (empty-set-p right)))

    ;; 0 x 0 top left
    ;; x 0 0
    ;; 0 0 0
    (t-b-l-r-pattern
      (and (not (empty-set-p (isect-set t-b x-middle)))
           (not (empty-set-p (isect-set l-r y-middle)))
           (empty-set-p (isect-set t-b l-r))))
  ))

```

Abbildung 7.4: Die Beschreibung unzulässiger Muster für relative Lokalisationen

## 8 Erweiterungen der Lokalisationsverfahren

In diesem Kapitel wird untersucht, wie die im vorigen Kapitel dargestellten Lokalisationsverfahren benutzt werden können, um komplexere Aufgabenstellungen zu lösen. Abschnitt 8.1 behandelt die Lokalisation von Objekten in komplexen graphischen Darstellungen. In Abschnitt 8.2 werden sogenannte ‚Gruppenlokalisierungen‘ eingeführt.

### 8.1 Lokalisationen in graphischen Darstellungen mit komplexen Objektkonfigurationen

Bisher wurden bei der Lokalisation von Objekten nur graphische Darstellungen betrachtet, bei denen eine Minimalkonfiguration von Objekten vorlag. In diesem Abschnitt wird untersucht, welche Probleme auftreten, wenn in einer Graphik mit komplexen Objektkonfigurationen Lokalisationen vorzunehmen sind. Zunächst wird diskutiert, wie bei relativen Lokalisationen der Suchraum für Referenzobjekte eingeschränkt werden kann. Dann wird das Problem der ambigen Referenzobjekte erörtert, und abschließend folgt der Pseudo-Code für den Lokalisationsalgorithmus.

#### 8.1.1 Eine Suchraumeinschränkung für Referenzobjekte

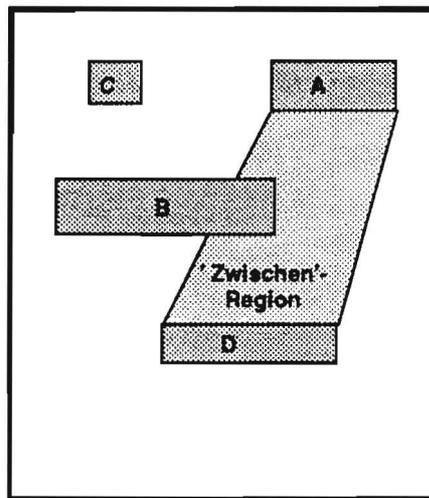


Abbildung 8.1: Suchraumeinschränkung bei komplexen Objektkonfigurationen

Versucht man Objekt A in Abbildung 8.1 relativ zu einem der anderen Objekte zu lokalisieren, so wird man nach dem geeignetsten Referenzobjekt, d.h. das mit dem höchsten Anwendbarkeitsgrad, suchen. Um jedoch nicht für alle möglichen Referenzobjekte eine

relative Lokalisation durchführen zu müssen, wird nach einem Ausschlußkriterium für Referenzobjekte gesucht, das effizienter als das eigentliche Lokalisationsverfahren ist.

Ein einfacher Entfernungstest, der das am nächsten gelegene Referenzobjekt bestimmt, ist nicht angemessen, da nicht nur die Nähe zum zu lokalisierenden Objekt eine Rolle spielt, sondern auch das in Abhängigkeit von der Form und Größe des Referenzobjekts induzierte Bezugssystem. Ein solcher Test würde also zu viele, möglicherweise geeignetere Referenzobjekte ausschließen. Weniger restriktiv ist hingegen ein Test auf die Existenz von Objekten, die zwischen dem zu lokalisierenden Objekt und dem vermeintlichen Referenzobjekt liegen. Bei diesem ‚Zwischen‘-Test wird in der in Abbildung 8.1 dargestellten Weise eine rechteckige ‚Zwischen‘-Region konstruiert: Ist das Schnittpolygon aus der ‚Zwischen‘-Region und dem betreffenden Objekt nicht leer, dann wird das Objekt als Referenzobjekt ausgeschlossen. In Abbildung 8.1 wird Objekt D von vorneherein als Referenzobjekt für A ausgeschlossen, weil Objekt B zwischen A und D liegt.

Eine Funktion, die einen solchen ‚Zwischen‘-Test durchführt, hängt eng mit der zugrundeliegenden Objektgeometrie zusammen. Aus diesem Grund wird eine solche `obj-is-between-objs`-Funktion in den die Objektgeometrie realisierenden abstrakten Datentyp verlagert (vgl. Abschnitt 7.2.3).

### 8.1.2 Ambige Referenzobjekte

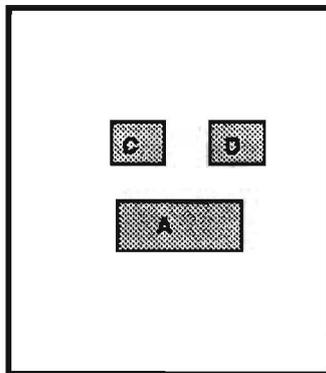


Abbildung 8.2: Ambige Referenzobjekte

Nicht allein die Höhe des Anwendbarkeitsgrades ist bei der Bestimmung eines geeigneten Referenzobjekts maßgebend. Darüberhinaus ist wichtig, daß die mit einem Referenzobjekt verbundene Lokalisation das zu lokalisierende Objekt eindeutig identifiziert. So kann Objekt D als „rechts von C“ wie auch als „über A“ lokalisiert werden. Die letzte Lokalisation scheidet jedoch aus, da C ebenfalls als „über A“ lokalisiert werden kann.

Ein Referenzobjekt heißt **ambig** genau dann, wenn neben dem Lokationsverbund<sup>13</sup>  $L_1$  für das zu lokalisierende Objekt ein weiteres Objekt mit dem Lokationsverbund  $L_2$  existiert, so daß  $L_1$  ähnlich zu  $L_2$  ist.

Zwei Lokationsverbunde  $L_1$  und  $L_2$  heißen **ähnlich** genau dann, wenn einer der folgenden Fälle erfüllt ist:

- (1) Für  $L_1$  ist die zusammengesetzte Lokalisation  $(x_1, y_1)$  anwendbar, für  $L_2$  die zusammengesetzte Lokalisation  $(x_2, y_2)$ , und es gilt:

$$(x_1, y_1) = (x_2, y_2)$$

- (2) Für  $L_1$  ist die zusammengesetzte Lokalisation  $(x_1, y_1)$  anwendbar, für  $L_2$  ist keine zusammengesetzte Lokalisation möglich, sondern nur die elementare Lokalisation  $x \in \text{XLOK}$  bzw.  $y \in \text{YLOK}$ , und es gilt:

$$\begin{aligned} x_1 &= x \quad \text{bzw.} \\ y_1 &= y \end{aligned}$$

- (3) Für  $L_1$  und  $L_2$  sind nur die elementaren Lokalisationen  $x_1 \in \text{XLOK}$  bzw.  $y_1 \in \text{YLOK}$  und  $x_2 \in \text{XLOK}$  bzw.  $y_2 \in \text{YLOK}$  anwendbar, und es gilt:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_2 \quad \text{bzw.} \\ y_1 &= y_2 \end{aligned}$$

In Teil A der Abbildung 8.3 ergibt sich sowohl für Objekt C als auch für Objekt D bzgl. A eine zusammengesetzte (,vertikale Mitte', ,oben')-Lokalisation. Somit ist Objekt A ambig aufgrund von Kriterium (1). In Teilabbildung B ergibt sich für Objekt C eine zusammengesetzte (,vertikale Mitte', ,oben')-Lokalisation und für D eine elementare ,oben'-Lokalisation. Also greift Kriterium (2). In Teilabbildung C ergibt sich für Objekt C und D eine elementare ,oben'-Lokalisation. Objekt A scheidet hier aufgrund von Kriterium (3) aus.

### 8.1.3 Der Lokalisationsalgorithmus für komplexe Objektkonfigurationen

Das Lokalisationsverfahren für komplexe Objektkonfigurationen hat drei Eingabeparameter:

1. das zu lokalisierende Objekt  $L_0$ ,

---

<sup>13</sup>Mit ,Lokationsverbund' ist die Ergebnisstruktur des Lokalisationsverfahren gemeint (vgl. Abschnitt 7.1).

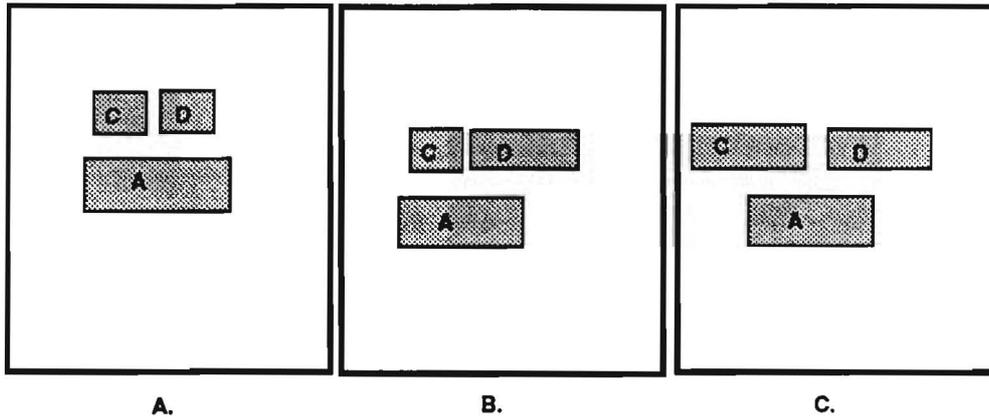


Abbildung 8.3: Ähnlichkeit von Lokalisation

2. die Menge der für die relative Lokalisation zulässigen Referenzobjekte `allowed-Refos` und
3. die Menge aller in der Graphik sichtbaren Objekte `all-Obj`s. Dabei gelte  $LO \in \text{all-Obj}$ s sowie  $\text{allowed-Refos} \subseteq \text{all-Obj}$ s.

Das Ergebnis ist eine Menge `best-Refos`  $\subseteq \text{allowed-Refos}$ , welche die optimalen Referenzobjekte enthält. Im schlechtesten Fall ist auch `best-Refos` =  $\emptyset$  möglich, d.h. alle Referenzobjekte aus `allowed-Refos` sind in diesem Fall ambig.

Zunächst wird der Suchraum `allowed-Refos` eingeschränkt, indem durch `obj-is-between-objs` solche Referenzobjekte ausgeschlossen werden, die durch ein dazwischen liegendes Objekt blockiert sind:

$$\begin{aligned} & \text{possible-Refos} \\ = & \{ \text{Refo} \in \text{allowed-Refos} \\ & \mid \neg \exists \text{between-Obj} \in \text{all-Obj}s : \\ & \quad \text{obj-is-between-objs}(LO, \text{between-Obj}, \text{Refo}) \} \end{aligned}$$

Dann gilt es, die Menge der nicht ambigen Referenzobjekte zu bestimmen. Für zwei Objekte `LO` und `Refo` bestimmt die Funktion `rel-loc` einen Lokalisationsverbund gemäß Abschnitt 7.1. Das Prädikat `loc-rels-are-similar` testet die Ähnlichkeit zweier Lokalisationsverbunde. Man erhält:

$$\begin{aligned} & \text{unambiguous-Refos} \\ = & \{ \text{Refo} \in \text{possible-Refos} \\ & \mid \forall \text{Rival} \in \text{all-Obj}s : \\ & \quad \neg \text{loc-rels-are-similar}(\text{rel-loc}(LO, \text{Refo}), \text{rel-loc}(LO, \text{Rival})) \} \end{aligned}$$

Aus der Menge der nicht ambigen Referenzobjekte kann nun die Menge der besten Referenzobjekte bestimmt werden. Zuvor wird allerdings erst der höchste Anwendbarkeitsgrad `best-evidence` bestimmt. Für einen Lokalisationsverbund liefert die Funktion `evidence` den Anwendbarkeitsgrad, wobei zusammengesetzten Lokalisationen bei Anwendbarkeit der Vorzug gegenüber den elementaren Lokalisationen gegeben wird:

```
evidence(loc-struct) == if loc-struct.ZLOK -Flag
                        then loc-struct.Az
                        else loc-struct.Ae
```

Dann ist

```
best-evidence = max({evidence(rel-loc(LO, Refo))
                    | Refo ∈ unambiguous-Refos})
```

und

```
best-Refos = {Refo ∈ unambiguous-Refos
              | evidence(rel-loc(LO, Refo)) = best-evidence}
```

Die obige Beschreibung entspricht nicht direkt der Implementation des Lokalisationsverfahrens. Die Intention war, das Verfahren soweit wie möglich deklarativ zu beschreiben, um den Leser von operationalistischem Ballast wie Anweisungsreihenfolge, minimale Anzahl von `rel-loc`-Aufrufen, etc. zu verschonen, und das Ergebnis als solches klarer zu beschreiben.

Das Problem der absoluten Lokalisation bei einer komplexen Objektkonfiguration ist einfacher, weil nur ein Referenzobjekt, die Bildmitte, zur Verfügung steht. Alle Objekte aus `all-objs` werden zunächst absolut lokalisiert. Dann wird getestet, ob ein Objekt existiert, dessen Lokationsverbund dem Lokationsverbund des zu lokalisierenden Objekts ähnlich ist. Wenn ja, dann ist die absolute Lokalisation ambig.

## 8.2 Gruppenlokalisationen

Im folgenden wird der in HAM-RPM (vgl. Abschnitt 3.3.1) vorgefundene Ansatz der Gruppenlokalisationen aufgegriffen. Das bei HAM-RPM verwendete Konzept einer hierarchischen Gruppenstruktur wird auch für diese Arbeit übernommen. Begriffsbildungen wie ‚Gruppenkonsistenz‘, ‚Gruppenregion‘ oder ‚Lokalisationskette‘ sind Eigenentwicklungen. Die verfügbaren Literaturstellen ([Wahlster et al. 78, S. 62-63], [v. Hahn et al. 80, S. 230]) geben keine Auskunft darüber, ob in HAM-RPM ähnlich verfahren wurde.

Es wird hier nicht im Sinne einer Bildanalyse versucht, Gruppen in einer gegebenen Abbildung anhand gestaltpsychologischer Kriterien zu bestimmen. Vielmehr wird davon ausgegangen, daß die jeweilige Gruppenstruktur einer Abbildung bekannt ist und für das Gruppenlokalisationsverfahren verwendet werden kann.

Im ersten Teil der Darstellung wird kurz auf die Verbindung der Gruppenlokalisierung zur Wahrnehmungspsychologie eingegangen. Im zweiten Teil wird das Lokalisationsverfahren vorgestellt.

### 8.2.1 Gruppenlokalisationen und Wahrnehmungspsychologie

Versucht man Objekt B in Abbildung 8.4 relativ zu den anderen in der Abbildung befindlichen Objekte zu lokalisieren, so ist es naheliegend nicht ein einzelnes der anderen Objekte als Referenzobjekt auszuwählen, sondern die vier anderen Objekte zu einer Gruppe zusammenzufassen und B als „rechts neben der Gruppe der anderen Objekte“ zu beschreiben.

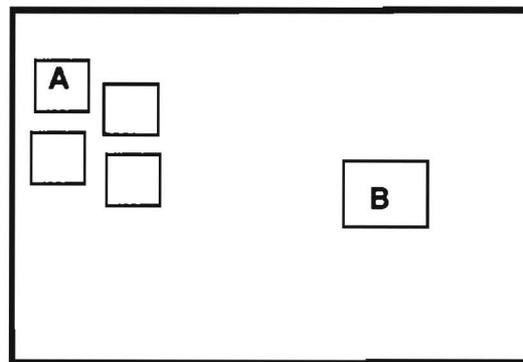


Abbildung 8.4: Zusammenfassung mehrerer Elemente zu einer Wahrnehmungseinheit

Die wahrnehmungspsychologische Erklärung für eine solche Gruppenlokalisierung liegt in den Gestaltfaktoren der Nähe und Gleichartigkeit (siehe [Murch/Woodworth 78, Kap. 4.4]): Ein bestimmter Teil in der Abbildung hebt sich als *Figur* hervor und wird vor

dem Rest der Abbildung, dem sogenannten *Grund*, als differenzierte Einheit, als *Gestalt* wahrgenommen. Dabei können nach dem *Gesetz der guten Gestalt* auch benachbarte oder gleichartige Objekte zu einer Wahrnehmungseinheit zusammengefaßt werden.

Für die Lokalisationsproblematik bedeutet dies:

1. Gruppen können, wie oben gezeigt, als Referenzobjekt fungieren.
2. Zusätzlich können Gruppen auch als Gesamtheit der sie konstituierenden Objekte lokalisiert werden: „Die Gruppe von Objekten links neben Objekt B“.
3. Schließlich ist es möglich, Objekte innerhalb einer Gruppe absolut zu lokalisieren. So kann Objekt A als „das Objekt links oben innerhalb der Objektgruppe, die sich links von Objekt B befindet“ identifiziert werden.

Bei technischen Geräten sind oftmals Bedienungselemente (z.B. Schalter) und Anzeigen (z.B. Kontrolleuchten) räumlich benachbart, so daß Gruppenlokalisierungen die Natürlichkeit einer Lokalisation deutlich erhöhen können.

### 8.2.2 Das Verfahren

Wurde in Abbildung 8.4 nur eine einfach strukturierte Gruppe gezeigt, so wird für das Lokalisationsverfahren von der Möglichkeit beliebig verschachtelter Gruppen ausgegangen. Eine solche Gruppenhierarchie kann durch einen Baum dargestellt werden. In Abbildung 8.5 ist ein Beispiel für eine Gruppenhierarchie mit der Tiefe 3 dargestellt: Die Abbildung enthält auf der obersten Ebene ein terminales Objekt und eine Gruppe,

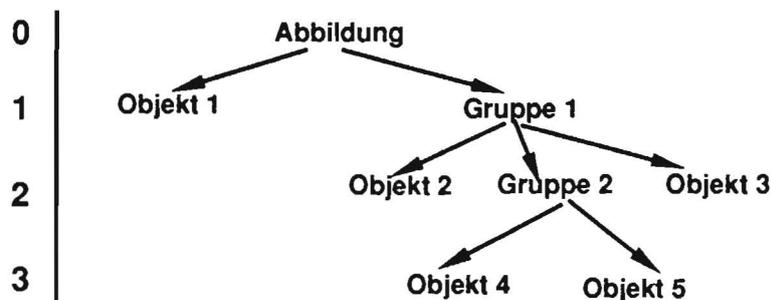


Abbildung 8.5: Eine Beispiel für Gruppenhierarchie

welche wiederum zwei Objekte und eine Gruppe enthält, die aus zwei Objekten zusammengesetzt ist.

Als geometrischer Repräsentant einer Gruppe wird bei den Lokalisationsverfahren die **Gruppenregion** konstruiert: Die einer Gruppe entsprechende 2D-Region wird definiert

aus dem kleinsten umschreibenden Rechteck, das alle zur Gruppe gehörigen Objekte umfaßt. Diese Gruppenregion dient als Grundlage für die absolute oder relative Lokalisation einer Gruppe innerhalb ihrer direkten Vorgängergruppe. Abbildung 8.6 zeigt

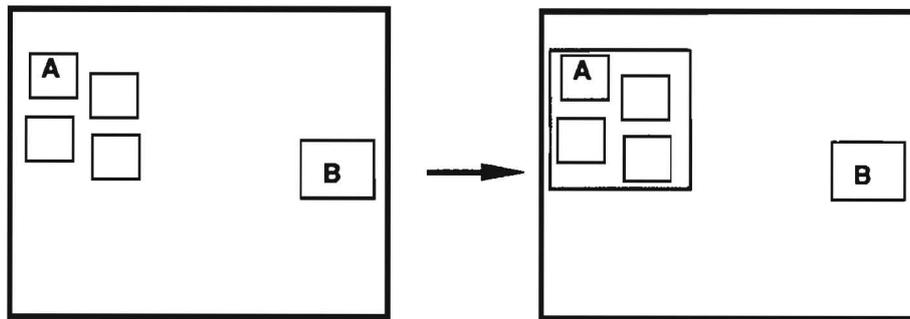


Abbildung 8.6: Die Konstruktion der Gruppenregion

die Region für die Objektgruppe aus Abbildung 8.4 als gepunktetes Rechteck. Wird Objekt A absolut lokalisiert, so geschieht dies bzgl. der Position innerhalb dieser Gruppenregion. Wird Objekt B relativ zur Gruppe lokalisiert, so erfolgt die Induktion des vertikalen und horizontalen Bezugssystems bzgl. der Gruppenregion.

Die durch eine Gruppenhierarchie spezifizierte, logische Objektstruktur kann ohne jede Verbindung zur geometrischen Objektkonfiguration und somit auch widersprüchlich sein. Werden beispielsweise in Abbildung 8.7 Objekt A und C aufgrund funktionaler Merk-

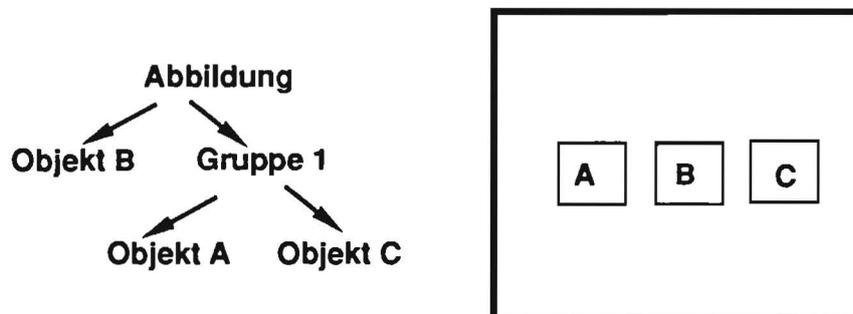


Abbildung 8.7: Eine inkonsistente Gruppierung

male zusammengruppiert, so ist dies nicht sinnvoll, da in der graphischen Darstellung Objekt B zwischen A und C liegt. Solche Problemfälle werden durch folgendes Konsistenzkriterium ausgeschlossen: Eine Gruppe ist **konsistent** genau dann, wenn die Regionen der direkten Gruppenmitglieder einander nicht überlappen.

Jedes Objekt bzw. jede Gruppe kann bzgl. ihrer direkten Vorgängergruppe absolut lokalisiert werden. Somit kann für ein Objekt mit der Verschachtelungstiefe  $n$  die absolute Lokalisation bis zu  $n$ -mal 'hoch'-iteriert werden. Die Gesamtheit der absoluten Lokalisationen wird **Lokalisationskette der Länge  $n$**  genannt. Objekt A in Abbildung 8.6

befindet sich links oben bzgl. seiner Vorgängergruppe, diese Gruppe wiederum ist links in der Abbildung. Die entsprechende Lokalisationskette ist [(links, oben), links].

Bei einer relativen Lokalisation sollte die Verschachtelungstiefe des zu lokalisierenden Objekts größer oder gleich der Verschachtelungstiefe des Referenzobjekts sein. So kann Objekt A in Abbildung 8.6 mit „das Objekt links oben innerhalb der Objektgruppe, die sich links von Objekt B befindet“ lokalisiert werden. Der umgekehrte Versuch A als Referenzobjekt für B zu verwenden schlägt jedoch fehl: „das Objekt rechts von Objekt A“. Die A enthaltende Gruppe, welche die gleiche Verschachtelungstiefe wie B besitzt, kann jedoch als Referenzobjekt verwendet werden: „das Objekt rechts neben der Gruppe der anderen Objekte“.

Entsprechend der obigen Überlegungen hat das Verfahren für Gruppenlokalisierungen drei Parameter:

1. das zu lokalisierende Objekt bzw. die zu lokalisierende Objektgruppe  $L_0$ ,
2. das Referenzobjekt bzw. die Referenzgruppe  $REF_0$  und
3. die zugehörige Objekthierarchie.

Das Ergebnis ist ein Tupel, bestehend aus

1. einer Kette von absoluten Lokalisationen, sowie
2. einer relativen Lokalisation.

Bei der Gruppenlokalisierung wird folgendermaßen vorgegangen:

1. Es wird die Konsistenz der Gruppenhierarchie geprüft.
2. Es wird die Differenz  $level-diff$  bestimmt, die den Unterschied der Verschachtelungstiefen von  $L_0$  und  $REF_0$  angibt:

$$level-diff = level(L_0) - level(REF_0)$$

Ist  $level-diff < 0$ , so wird das Verfahren abgebrochen, da die Verschachtelungstiefe von  $REF_0$  größer als die von  $L_0$  ist.

3. Von  $L_0$  ausgehend wird  $level-diff$ -mal eine absolute Lokalisation von  $L_0$  bzw. einer Vorgängergruppe von  $L_0$  bzgl. der jeweils umgebenden Gruppe ausgeführt, um so eine Lokalisationskette der Länge  $level-diff$  zu bestimmen. Die zuletzt lokalisierte Gruppe  $L$ , der  $level-diff$ -te Vorgänger von  $L_0$ , besitzt nun die gleiche Verschachtelungstiefe wie  $REF_0$ .
4.  $L$  wird relativ zu  $REF_0$  lokalisiert. Für den Fall, daß  $L = REF_0$ , d.h.  $REF_0$  ist  $level-diff$ -ter Vorgänger von  $L_0$ , unterbleibt die relative Lokalisation.

## 9 Die Implementation

Die in den vorhergehenden Kapiteln beschriebenen Lokalisationsverfahren wurden in Common Lisp unter dem Betriebssystem Genera auf einem MacIvory implementiert. Über die Lokalisationsverfahren hinaus wurde eine Testumgebung entwickelt, die das Erstellen und Verändern von Objektkonfigurationen auf der Basis von Rechtecken erlaubt und es somit ermöglicht, auf einfache Weise das Lokalisationsverhalten der Funktionen unter den verschiedensten Objektkonfigurationen zu beobachten. Der Umfang der Quelltexte beträgt ca. 82K, wovon 22K auf die Testumgebung entfallen.

Im ersten Teil des Kapitels werden die Top-Level-Funktionen mit ihren Ergebnisstrukturen beschrieben. Der zweite Teil wird auf die Beschreibung der Testumgebung verwendet.

### 9.1 Die Schnittstellenfunktionen und Ergebnisstrukturen

#### 9.1.1 Relative und absolute Lokalisationen

Die für absolute und relative Lokalisationen zentrale Ergebnisstruktur ist `location-struct`:

```
(defstruct (location-struct
           (:conc-name get-))
  loc-type           ; absolute | relative

  applicability      ; t | nil according to
                    ; applicability-check

  violated-rule      ; nil | <rule> according to applicability

  elementary-loc-rel ; (xdim <val>) | (ydim <val>)
  elementary-loc-str ; <string>
  elementary-evidence-val ; <number>

  composite-loc-possible ; t | nil
  composite-loc-rel      ; (<x-val> <y-val>)
  composite-loc-str      ; <string>
  composite-evidence-val ; <number>
)
```

Ob es sich um eine relative oder eine absolute Lokalisation handelt, erkennt man am Inhalt der Komponente `loc-type`. Die Anwendbarkeit des Lokalisationsverfahrens bzgl. der jeweiligen Anwendbarkeitsregeln geht aus `applicability` hervor.

Ist `applicability = nil`, so enthält `violated-rule` die aktivierte Musterbeschreibung. Die `-loc-rel-` bzw. `-evidence-val-`Komponenten enthalten die elementaren bzw. zusammengesetzten Lokalisationen und ihre Anwendbarkeitsgrade. `XLOK` und `YLOK` werden jeweils durch die Werte 0 (= oben/links), 1 (= x-mitte/y-mitte) und 2 (= unten/rechts) repräsentiert. Die `-loc-str-`Komponente enthält einen englischsprachigen String, der die jeweilige Lokalisation beschreibt (z.B. „left“ oder „(right, bottom)“). Die Anwendbarkeit der zusammengesetzten Lokalisation geht aus `composite-loc-possible` hervor.

Die abstrakte Lokalisationsfunktion heißt `generate-loc` und erhält 5 Parameter:

```
(defun generate-loc (obj ref-obj
                    eval-func
                    composite-loc-test-func
                    error-pattern-name)
  :
  :
)
```

das zu lokalisierende Objekt, das Referenzobjekt, die Bewertungsfunktion, die Testfunktion sowie den Bezeichner für die Anwendbarkeitsregeln.

Die Definition der Funktionen für absolute bzw. relative Lokalisationen lassen sich somit auch auf Quelltextebene knapp und übersichtlich vornehmen. So lautet die Definition für die absolute Lokalisationsfunktion:

```
(defun generate-abs-loc (obj)
  (let (loc-struct)
    (setf loc-struct (generate-loc obj center-obj
                                   #'abs-loc-eval
                                   #'composite-abs-loc-test
                                   'abs-loc-error-pattern)
          (get-loc-type loc-struct) 'absolute)
    loc-struct))
```

Die Ergebnisstruktur wird von `generate-loc` bis auf die `loc-type`-Komponente vollständig berechnet. Dieser Eintrag wird nachträglich von `generate-abs-loc` bzw. `generate-rel-loc` vorgenommen.

Relative Lokalisationen werden durch `generate-rel-loc` erzeugt. Die beiden Parameter sind das zu lokalisierende Objekt und das Referenzobjekt.

### 9.1.2 ‚Ecke‘-Lokalisationen

‚Ecke‘-Lokalisationen werden durch die Funktion `generate-edge-loc` erzeugt. Einziger Parameter ist das zu lokalisierende Objekt. Die Ergebnisstruktur lautet:

```
(defstruct (edge-loc-struct
  (:conc-name get-))

  applicability
  loc-type
  edge-loc-rel
  edge-loc-str
  edge-evidence-val
)
```

Die Verwendung der Komponenten entspricht der Verwendung der Komponenten von `location-struct`. Die `applicability`-Komponente ist je nach Anwendbarkeit der ‚Ecke‘-Lokalisation `t` oder `nil`. `loc-type` ist immer auf den Wert `'edge` gesetzt. Die drei anderen Komponenten enthalten die interne Repräsentation der ‚Ecke‘-Lokalisation, das englischsprachige Äquivalent als Zeichenkette sowie den Anwendbarkeitsgrad.

### 9.1.3 Lokalisation in komplexen Objektkonfigurationen

Die relative Lokalisation in komplexen Objektkonfigurationen wird durch `rel-localisation` durchgeführt.

```
(defun rel-localisation (obj allowed-refos all-objs)
  :
  :
)
```

Das Ergebnis ist `nil`, wenn keine Lokalisation möglich ist, d.h. `best-Refos = ∅` oder eine Liste aus einem optimalen Referenzobjekt  $R \in \text{best-Refos}$  und der entsprechenden `location-struct`.

Bei der absoluten Lokalisation fehlt der `allowed-refos`-Parameter, da die Bildmitte implizit ist:

```
(defun abs-localisation (obj all-objs)
  :
  :
)
```

Das Ergebnis ist `nil` bei Nichtanwendbarkeit oder die entsprechende `location-struct`.

### 9.1.4 Gruppenlokalisationen

Gruppenlokalisationen werden mit

```
(defun generate-group-loc (obj-node refo-node obj-hierarchy )
  :
  :
)
```

durchgeführt. Der `obj-hierarchy`-Parameter muß eine verschachtelte Liste sein, durch die die Objekthierarchie der Abbildung repräsentiert wird. Die für `obj-node` und `refo-node` eingesetzten Parameter müssen Teillisten bzw. Elemente von `obj-hierarchy` sein und stehen für das zu lokalisierende Objekt bzw. das Referenzobjekt.

Die Ergebnisstruktur ist

```
(defstruct (group-loc-struct
  (:conc-name get-))
  error-msg
  abs-loc-chain
  rel-loc)
```

`error-msg` enthält `nil` im Fall einer erfolgreichen Lokalisation oder eine Fehlermeldung, die auf mögliche Inkonsistenzen der Parameter hinweist. `abs-loc-chain` wird an die bei der Gruppenlokalisierung errechnete Kette von absoluten Lokalisationen gebunden, und `rel-loc` wird auf die Ergebnisstruktur der relativen Lokalisation des entsprechenden Vorgängers von `obj-node` bzgl. `refo-node` gesetzt.

Die `abs-loc-chain` entsprechende Listenstruktur wird durch

```
(defstruct (abs-loc-node
  (:conc-name get-))

  objs
  loc-rel
  pred-node
)
```

realisiert. `objs` enthält die bzgl. der Gruppenregion der Vorgangergruppe `pred-node` absolut lokalisierte Objektgruppe. Das Ergebnis findet sich in `loc-rel`. Beim ersten Listenknoten enthält `objs` demnach `obj-node`. Das Ende der Lokalisationskette wird durch einen `nil`-Eintrag in `pred-node` signalisiert.

## 9.2 Die Testumgebung LOC-SYS

Das LOC-SYS-Programm ermöglicht die Manipulation ausgewählter Objektkonfigurationen auf der Basis von Rechtecken. Anhand dieser Objektkonfigurationen können die Lokalisationsfunktionen getestet werden.

Zwei Betriebsmodi erlauben das gezielte Testen der Bewertungsfunktionen für absolute, relative und ‚Ecke‘-Lokalisationen anhand einer Minimalkonfiguration von Objekten. Zwei weitere Betriebsarten dienen dazu, das Verhalten der absoluten und relative Lokalisationsverfahren in komplexeren Objektkonfigurationen zu beobachten. Ein fünfter Modus zeigt die Möglichkeiten der Gruppenlokalisierung.

Anhand einiger Bildschirmabzüge werden die verschiedenen Betriebsmodi im folgenden genauer beschrieben. Um die Lesbarkeit zu bewahren, mußten die üblichen Ausmaße der Bildschirmfenster auf die Hälfte reduziert werden. Die Bildschirmabzüge finden sich ab Seite 92.

### 9.2.1 Der Initialzustand

Nach dem Starten des Programms ergibt sich der in Abbildung 9.1 gezeigte Bildschirmaufbau: Der Bildschirm ist in zwei Fenster aufgeteilt. Die Objekte, d.h. die Rechtecke, sind im linken Fenster dargestellt und können dort mit der Maus positioniert und in der Größe modifiziert werden. Das Ergebnis der entsprechenden Lokalisationsfunktion wird auf einen Mausklick hin im rechten Fenster angezeigt. Mit einem Pop-Up-Menü werden die einzelnen Betriebsmodi angewählt (linke Spalte des Pop-Up-Menüs). Darüber hinaus kann für das Testen der Lokalisationsverfahren in komplexeren Objektkonfigurationen in einen Trace-Modus geschaltet werden. Eine mittels Mausklick auslösbare Help-Funktion gibt Auskunft über die möglichen Kommandos (vgl. die Ausgabe im rechten Fenster). Als Voreinstellung wird beim Start der Modus zum Testen des relativen Lokalisationsverfahrens angewählt.

### 9.2.2 Absolute Lokalisationen und ‚Ecke‘-Lokalisationen

Beim gezielten Testen der absoluten Lokalisationen und der ‚Ecke‘-Lokalisationen (vgl. Abbildung 9.2) kann das Objekt LO in der Größe manipuliert und positioniert werden. Die Hilfslinien zeigen das Bezugssystem für die absoluten Lokalisationen an. Es wird das Ergebnis der absoluten Lokalisation und der ‚Ecke‘-Lokalisation ausgegeben: Die elementare Lokalisation ist ‚bottom‘, die zusammengesetzte Lokalisation ‚(bottom, right)‘. Beide haben den Anwendbarkeitsgrad 1.0. Die ‚Ecke‘-Lokalisation wird mit 0.94 bewertet. Die unterschiedliche Bewertung von zusammengesetzter Lokalisation und ‚Ecke‘-Lokalisation resultiert aus den verschiedenen großen Mitteregionen, die bei den Verfahren angewendet werden.

In Abbildung 9.3 ist nur eine elementare Lokalisation möglich, die zusammengesetzte Lokalisation und die ‚Ecke‘-Lokalisation sind nicht anwendbar.

### 9.2.3 Relative Lokalisationen

Bei der Minimalkonfiguration zum Testen relativer Lokalisationen (vgl. Abbildung 9.4) können die Objekte LO und REFO manipuliert und positioniert werden. Hilfslinien zeigen das durch REFO induzierte Bezugssystem an. Die Lokalisation von LO ergibt ‚left‘ mit einer Bewertung von 0.52.

In Abbildung 9.5 überlappt LO REFO, was zu einem unzulässigem Anwendbarkeitsmuster führt (vgl. Abschnitt 6.3.4). Die Lokalisation wird zurückgewiesen, und es wird die betreffende Musterbeschreibung ausgegeben.

### 9.2.4 Absolute Lokalisationen in komplexen Objektkonfigurationen

Beim Testen der absoluten Lokalisationen für komplexe Objektkonfigurationen (vgl. Abbildung 9.6) können sechs Objekte manipuliert und positioniert werden. Genau ein Objekt kann markiert werden, was durch eine fette Umrandung gekennzeichnet ist. Das markierte Objekt wird absolut lokalisiert, wobei die durch den Objektkontext unter Umständen entstehende Mehrdeutigkeit einer Lokalisation berücksichtigt wird. Objekt 6 kann ohne Mehrdeutigkeit als ‚(bottom, right)‘ lokalisiert werden. Bei eingeschaltetem Trace werden die konkurrierenden Objekte angezeigt. In Abbildung 9.7 sieht man, daß Objekt 4 aufgrund von Objekt 5 nicht eindeutig lokalisiert werden kann.

### 9.2.5 Relative Lokalisationen in komplexen Objektkonfigurationen

Die Objektkonfiguration für relative Lokalisationen entspricht der für absolute Lokalisationen: Bei der Lokalisation von Objekt 6 in Abbildung 9.8 werden durch den ‚Zwischen‘-Test die Objekte 1 und 5 von vorneherein als mögliche Referenzobjekte ausgeschlossen. Von den verbleibenden, unblockierten Objekten 2, 3 und 4 scheidet keines aufgrund einer Mehrdeutigkeit aus. Allein durch die Höhe des Anwendbarkeitsgrades wird Objekt 3 als bestes Referenzobjekt ausgewählt.

Bei der Lokalisation von Objekt 3 in Abbildung 9.9 sind alle unblockierten Objekte mehrdeutig: „links von Objekt 6“ paßt auch auf die Objekte 2 und 4. „über Objekt 4“ kann auch auf Objekt 1 oder 2 hindeuten, und bei „unter Objekt 2“ sind die Objekte 4 und 5 mit erfaßt.

### 9.2.6 Gruppenlokalisationen

Abbildung 9.10 zeigt den Betriebsmodus zum Testen der Gruppenlokalisationen. Es existieren zwei Gruppen. Die Gruppenzugehörigkeit wird durch gestrichelte bzw. durchgezogene Umrandungen gekennzeichnet und kann per Mausklick gewechselt werden. Das

jeweils markierte Objekt wird bzgl. der eingestellten Gruppenstruktur lokalisiert. Objekt 1 befindet sich oben in der Gruppe der gestrichelten Objekte, welche sich wiederum links von der Gruppe der durchgezogenen Objekte befindet.

In Abbildung 9.11 wurde eine inkonsistente Gruppierung entdeckt: Das durchgezogene Objekt 5 befindet sich innerhalb der gestrichelten Objektgruppe.

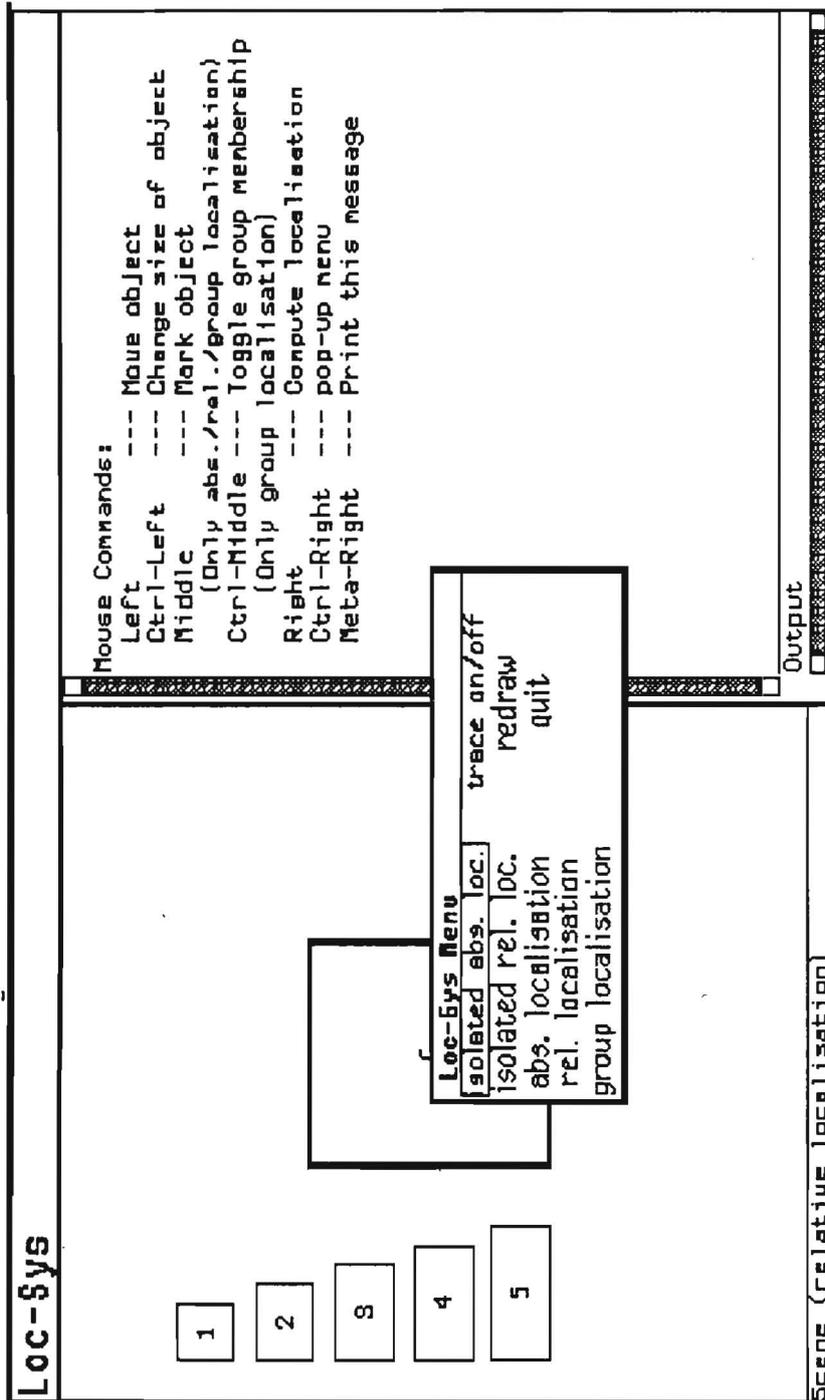


Abbildung 9.1: Der Initialzustand

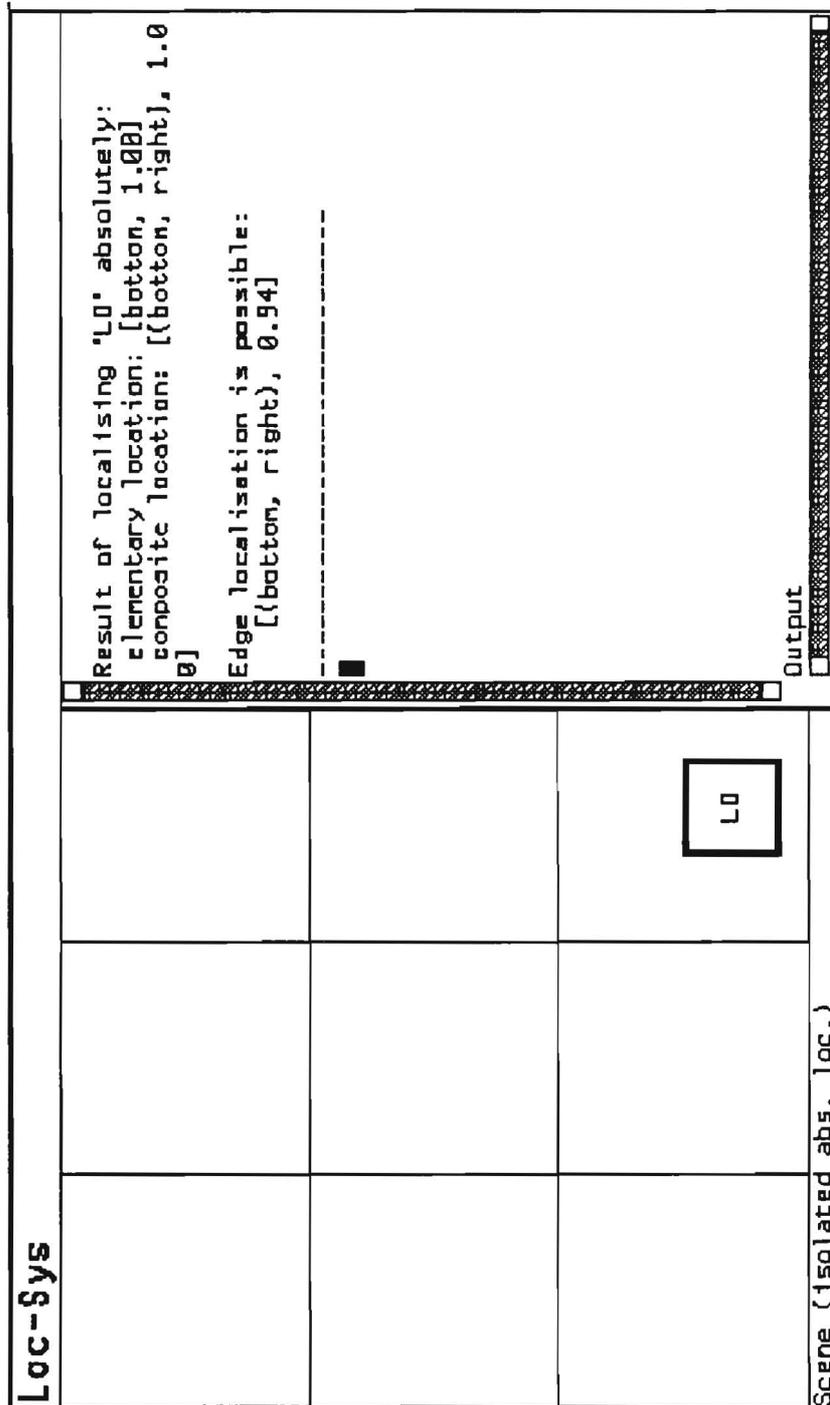


Abbildung 9.2: Die Minimalkonfiguration zum Testen absoluter Lokalisationen I

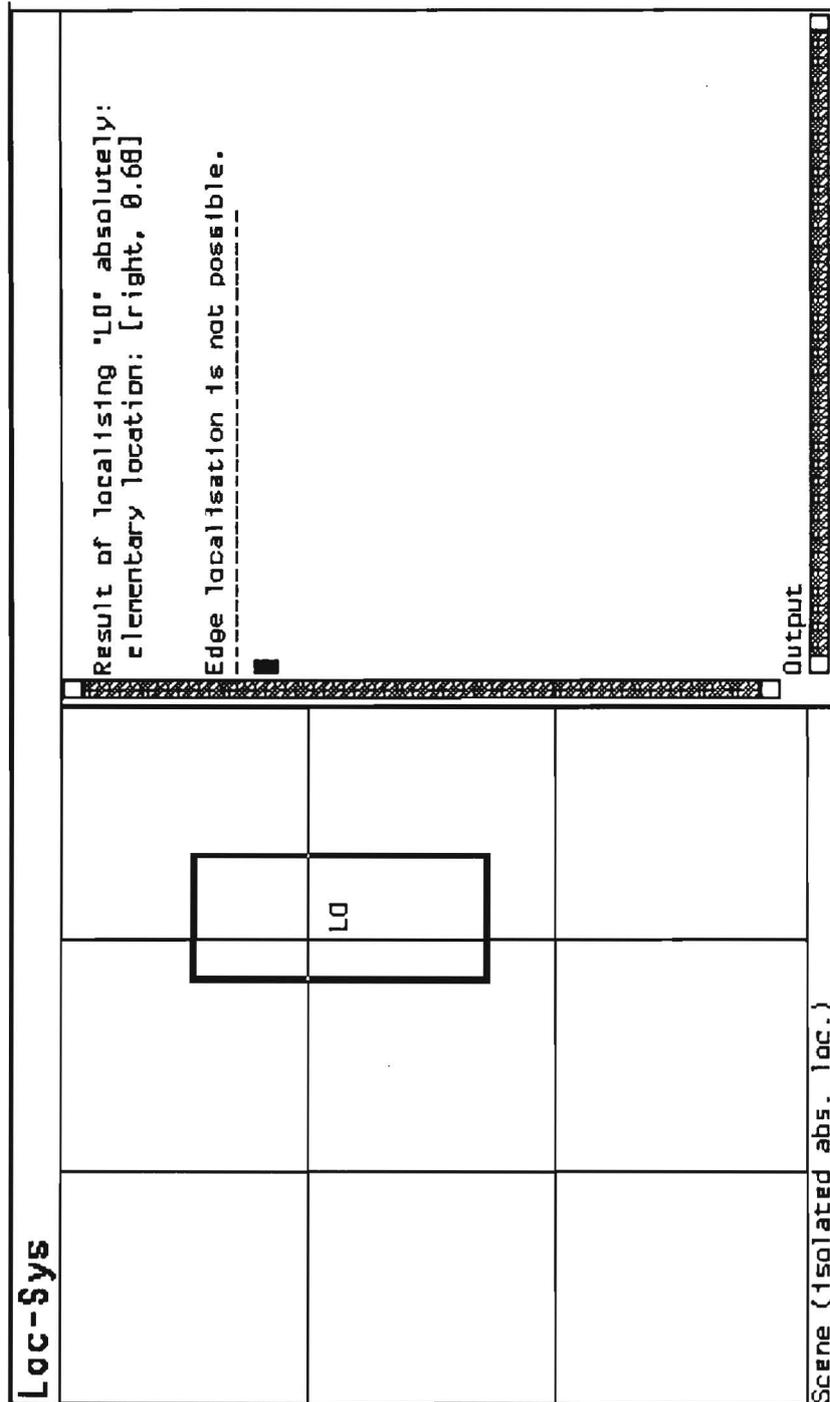


Abbildung 9.3: Die Minimalkonfiguration zum Testen absoluter Lokalisationen II

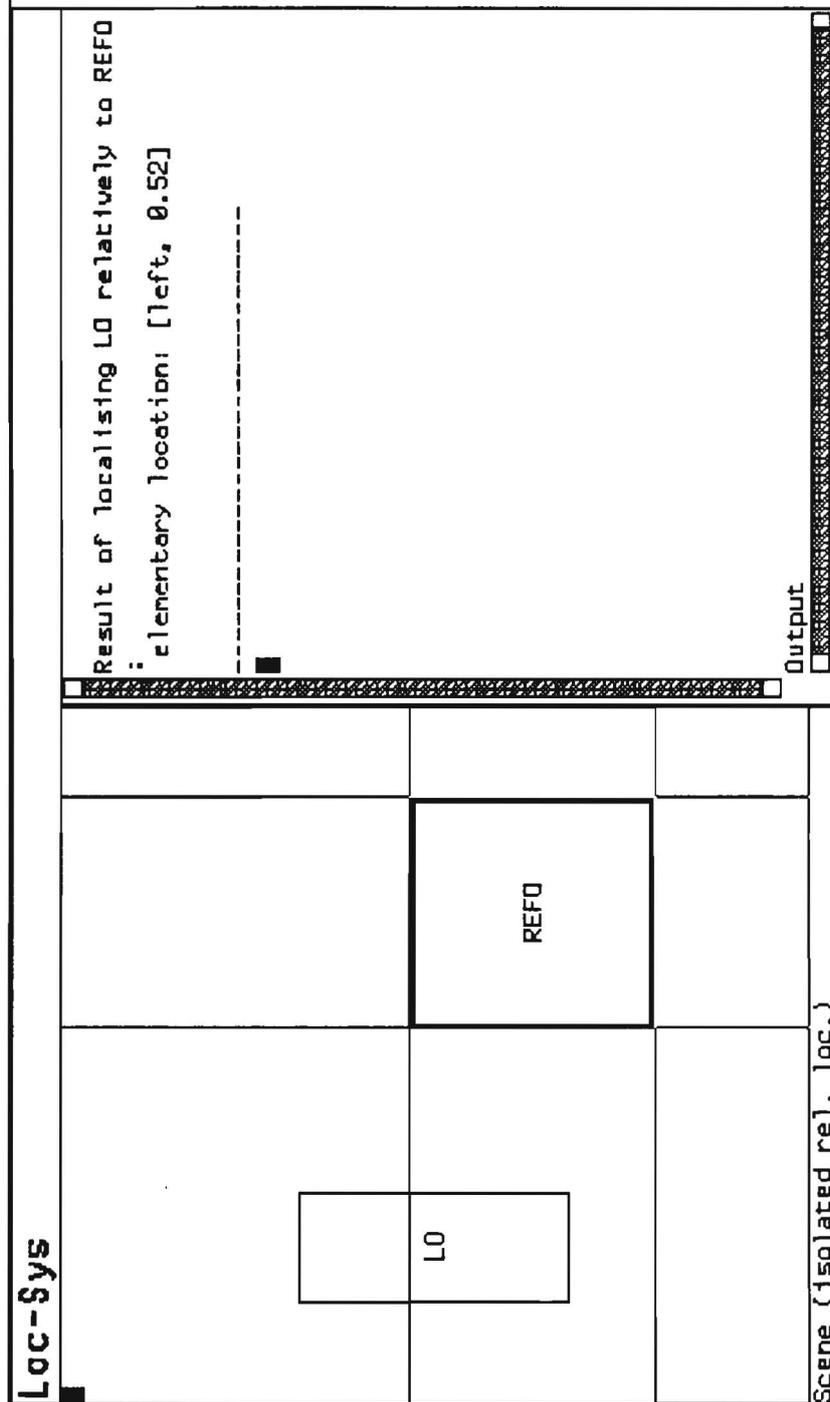


Abbildung 9.4: Die Minimalkonfiguration zum Testen relativer Lokalisationen I

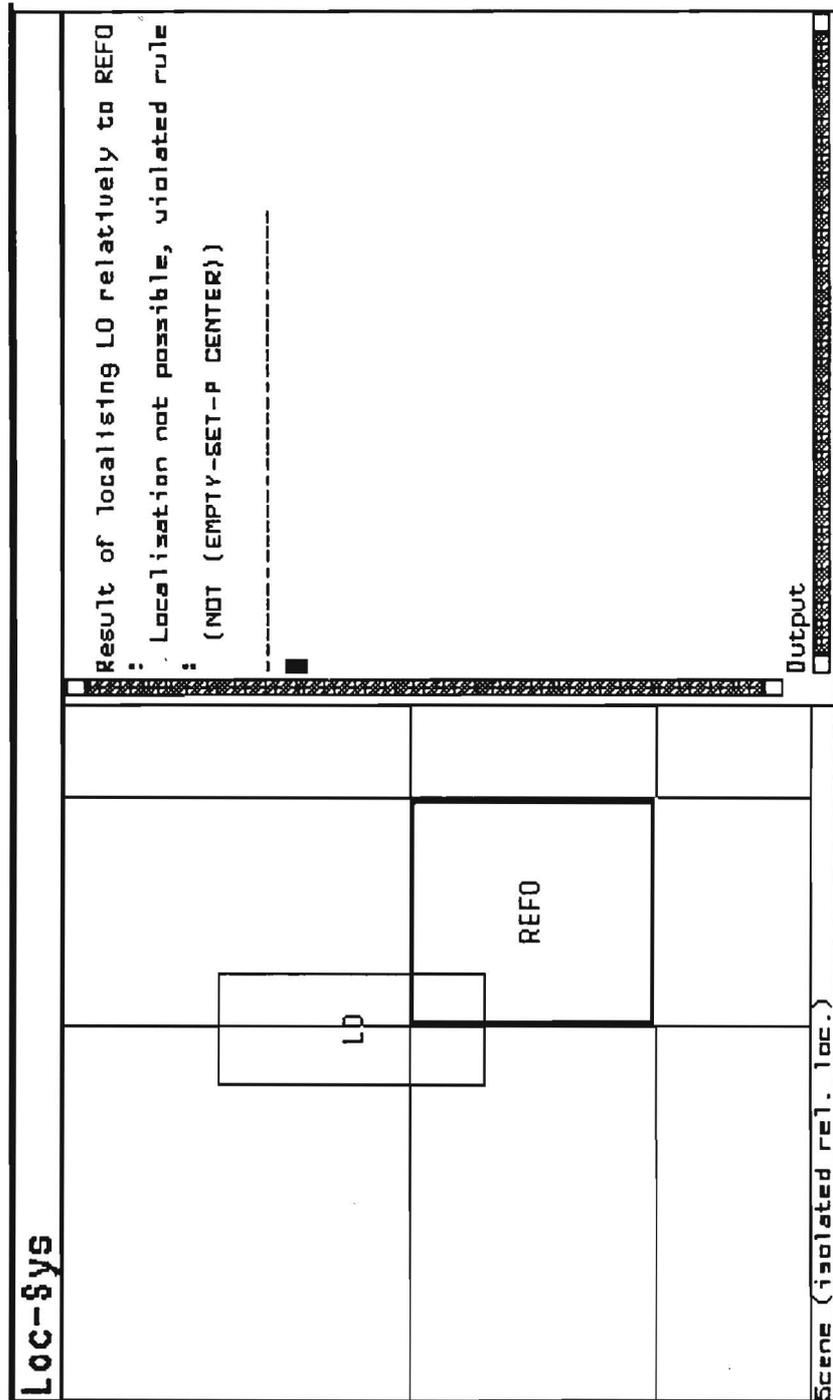


Abbildung 9.5: Die Minimalkonfiguration zum Testen relativer Lokalisationen II

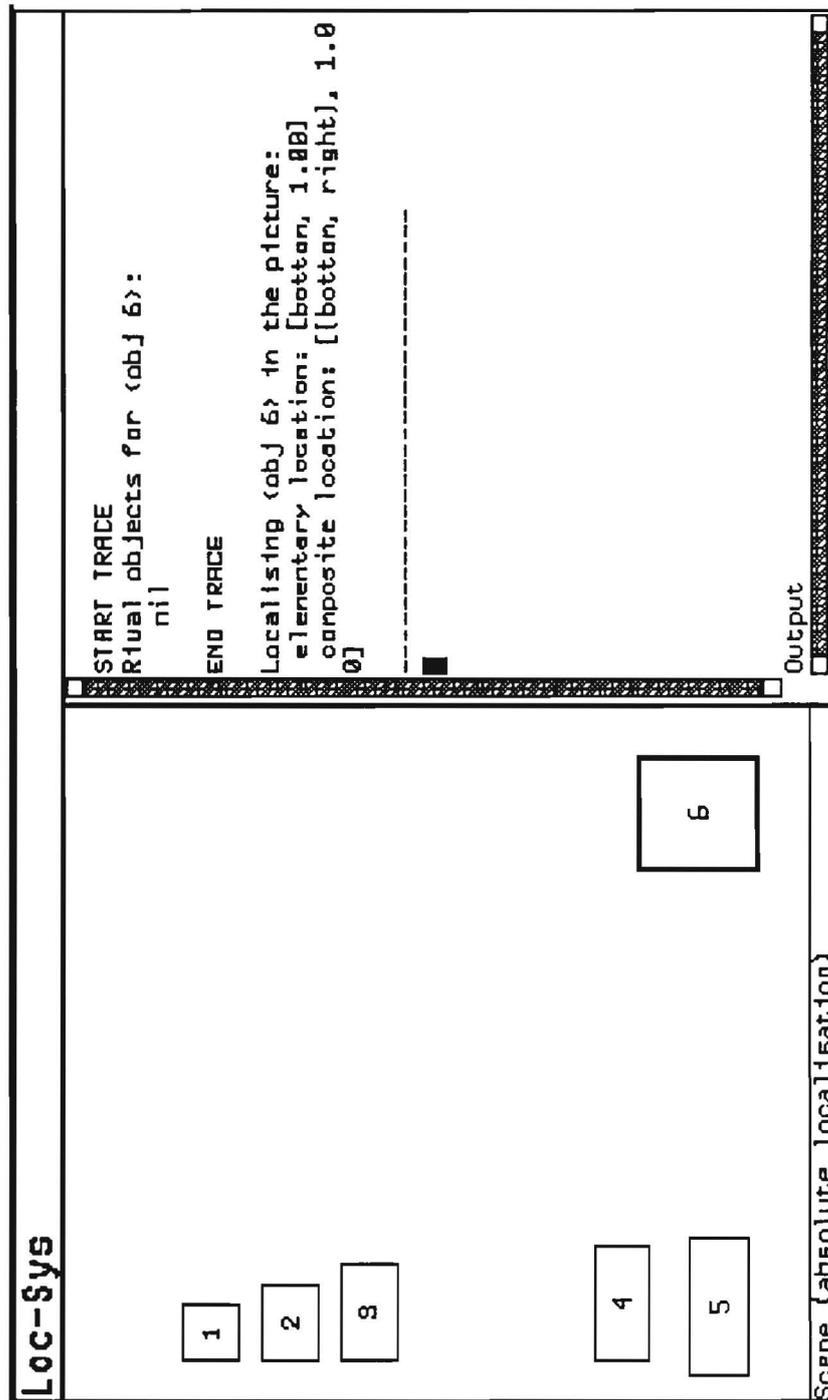


Abbildung 9.6: Absolute Lokalisationen in komplexen Objektkonfigurationen I

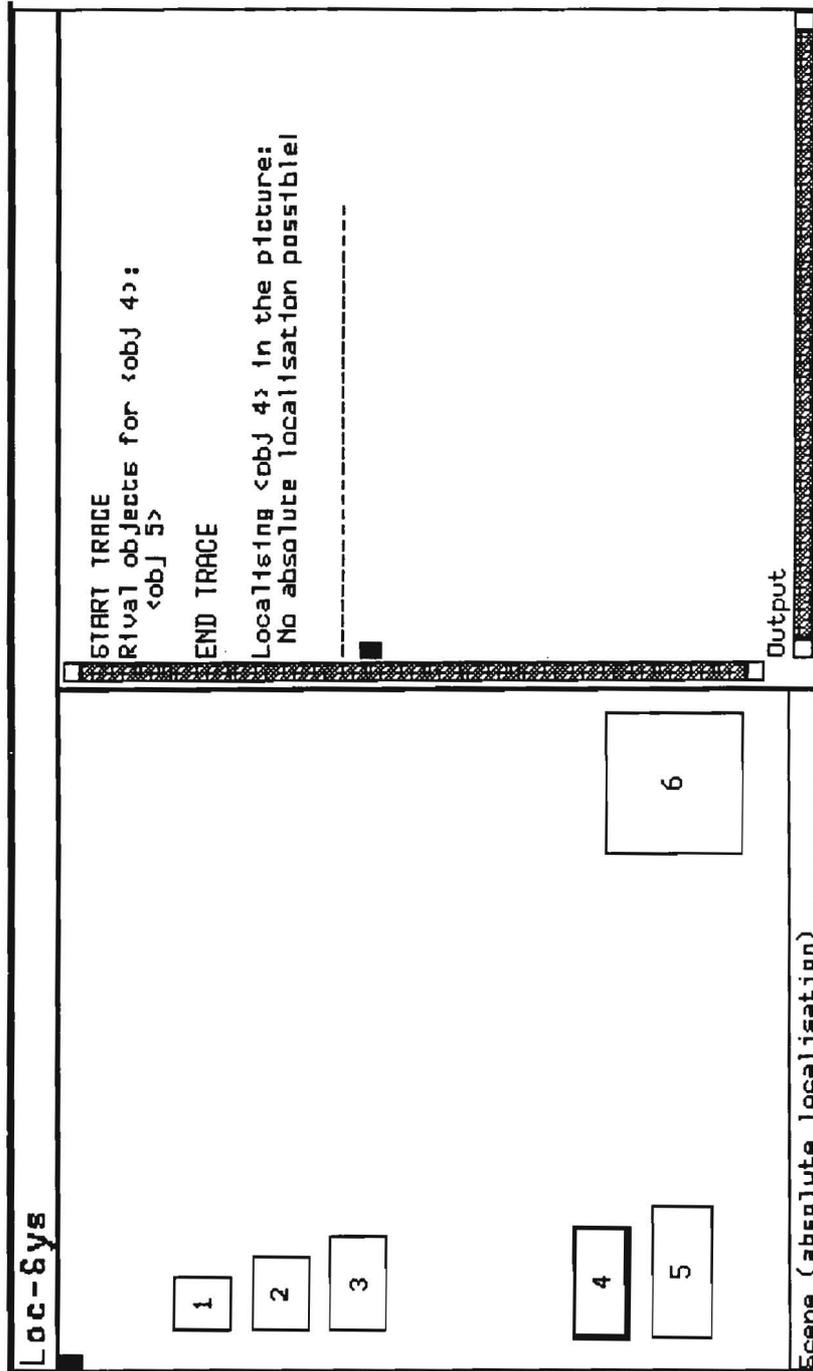


Abbildung 9.7: Absolute Lokalisationen in komplexe Objektkonfigurationen II

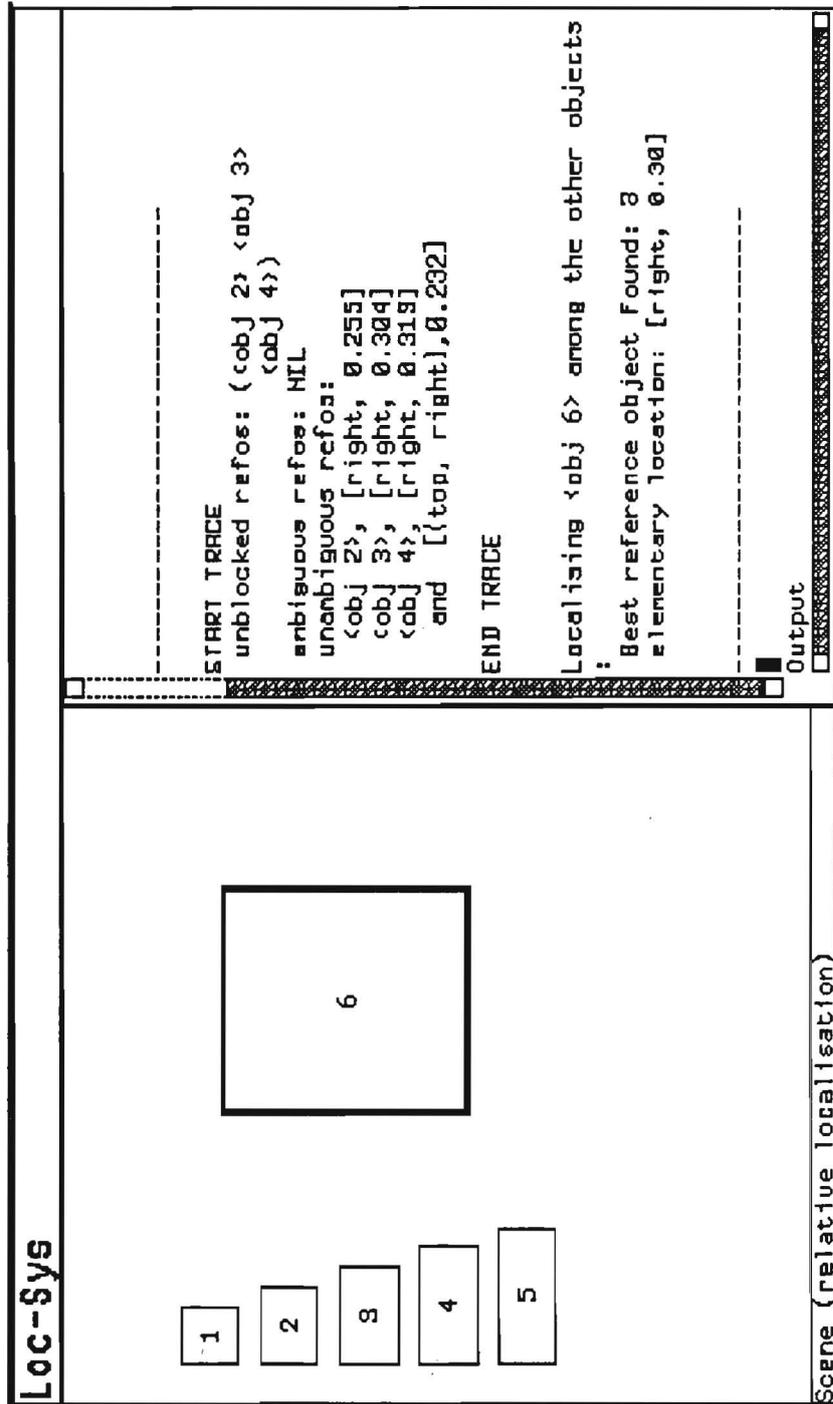


Abbildung 9.8: Relative Lokalisationen in komplexen Objektkonfigurationen I

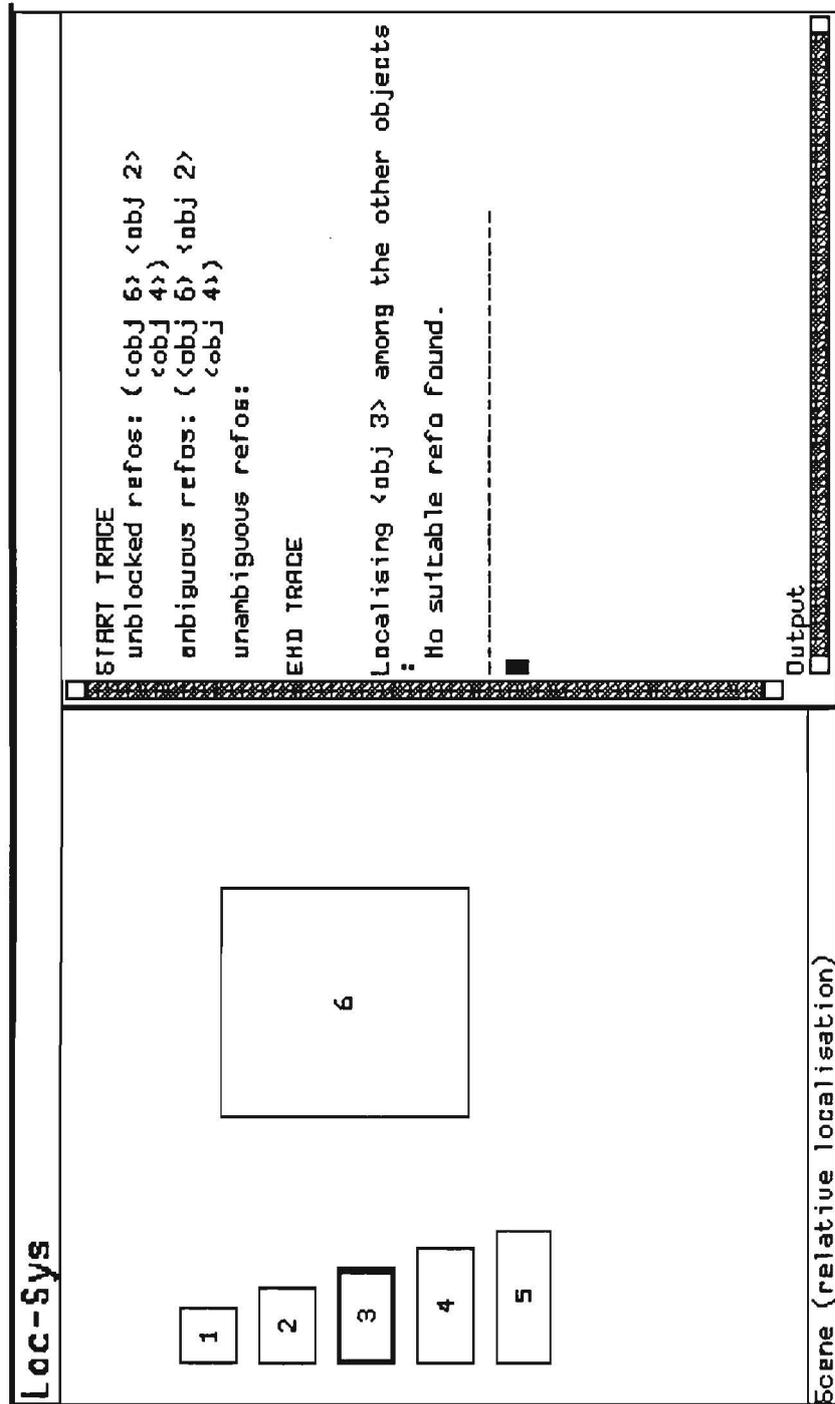


Abbildung 9.9: Relative Lokalisationen in komplexen Objektkonfigurationen II.

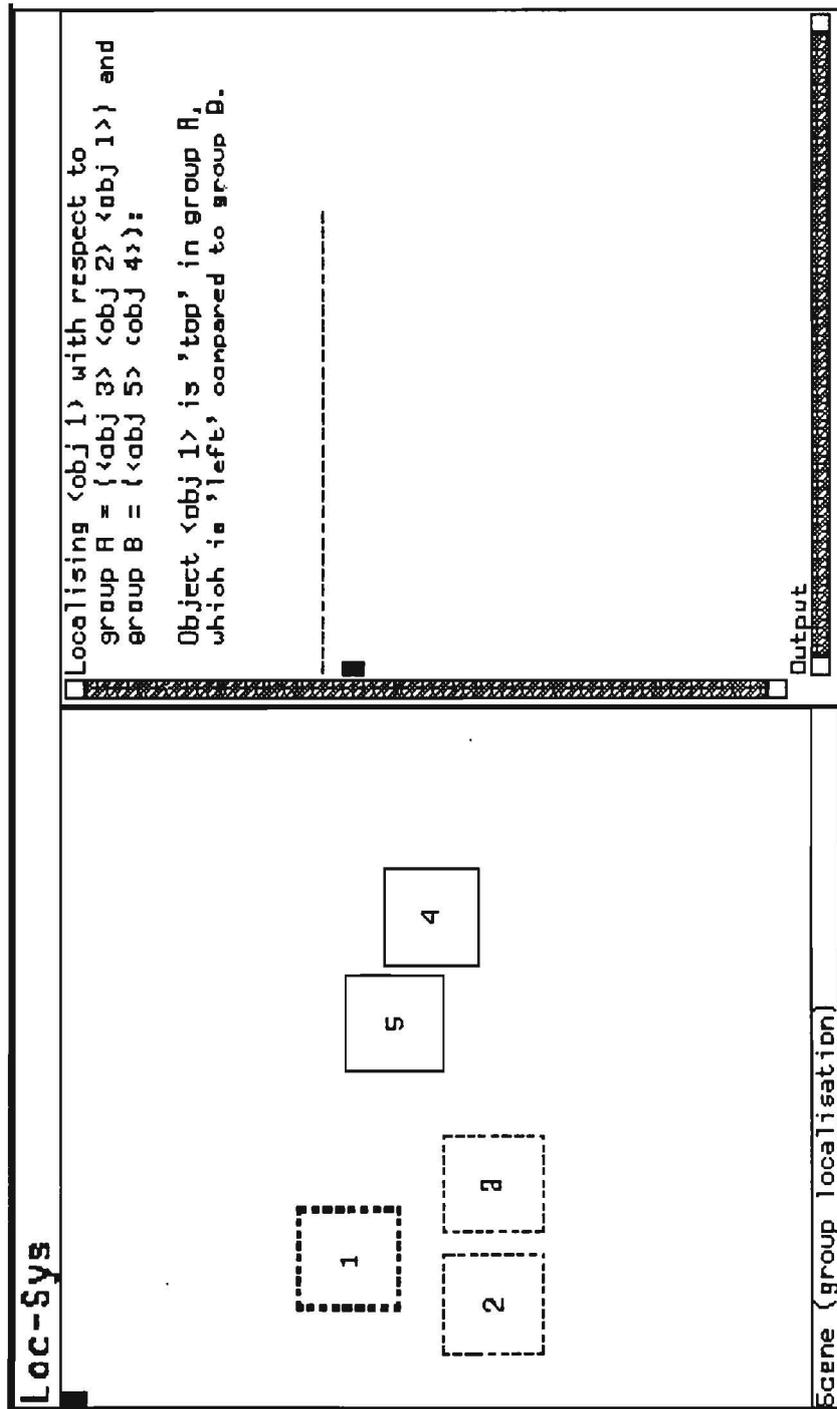


Abbildung 9.10: Gruppenlokalisationen I

**Loc-Sys**

Localising <obj 1> with respect to  
 group A = (<obj 3> <obj 2> <obj 1>) and  
 group B = (<obj 5> <obj 4>):

No localisation possible.  
 Error: 'Inconsistent hierarchy with respect  
 to overlapping regions'

Output

Scene (group localisation)

Abbildung 9.11: Gruppenlokalisationen II

## 10 Schlußbemerkungen

Ausgehend vom Problem der Referenz auf Objekte in graphischen Darstellungen wurden in den vorangegangenen Kapiteln Verfahren zur Lokalisation von Objekten entwickelt. Im Vergleich zu bisherigen Ansätzen konnte durch eine Dreiteilung des vertikalen und horizontalen Bezugssystems eine feinere Lokalisationsgranularität in Form der zusammengesetzten Lokalisationen realisiert werden. Eine weitere Neuerung betrifft die Verwendung abbildungsinhärenter Referenzobjekte: Absolute Lokalisationen können mit Hilfe der als implizites Referenzobjekt angenommenen Bildmitte analog zu den relativen Lokalisationen behandelt werden. Durch diese vereinheitlichende Sichtweise konnte ein abstraktes Lokalisationsverfahren entworfen werden, das durch geeignete Parameter zu jeweils einem Verfahren für relative, für absolute und für ‚Ecke‘-Lokalisationen instanziiert werden kann.

Ein weiteres Problem bei Lokalisationsverfahren wurde durch die Einführung einer Musterbeschreibungssprache angegangen: Grenzfälle, bei denen Objekte aufgrund ihrer ungewöhnlichen Form nicht mehr angemessen lokalisiert werden können, lassen sich als Muster auf booleschen Matrizen beschreiben.

Schließlich konnte das Grundinventar an Lokalisationsverfahren erfolgreich eingesetzt werden, um die verfügbaren Lokalisationsoptionen in zweierlei Hinsicht zu erweitern:

1. die Lokalisation von Objekten für den Fall komplexer räumlicher Anordnungen und
2. die Lokalisation von Objekten im Hinblick auf die Gruppenhierarchie der jeweiligen Abbildung.

Nicht behandelt wurde in dieser Arbeit das Problem der 3D-Lokalisationen. Bei graphischen Darstellungen von dreidimensionalen Objekten beziehen sich die Lokalisationen somit immer nur auf die zweidimensionale Projektion der Objekte und nicht auf ihre dreidimensionalen Modelle. Bei absoluten Lokalisationen und ‚Ecke‘-Lokalisationen bereitet dies keine Probleme, da diese sich per se auf die zweidimensionale Projektion beziehen. Für relative Lokalisationen hat dies jedoch zur Folge, daß das Verfahren nur bei Objekten eingesetzt werden kann, die sich bzgl. des Betrachterpunktes alle auf gleicher Höhe befinden. Anderfalls kann der Verlust der Tiefeninformation zu einer falschen Lokalisation führen. Eine wichtige Fortführung der bisherigen Arbeit stellt somit die Entwicklung von 3D-Lokalisationen dar, um so auch beliebige 3D-Szenen ohne die o.g. Einschränkung handhaben zu können.

Eine weiterer Ansatzpunkt für Änderungen und Erweiterungen auf der Grundlage der geleisteten Arbeit betrifft die Spezialisiertheit der abstrakten Lokalisationsprozedur. Bei den absoluten Lokalisationen wurde als Parameter für die Bewertungsfunktion *eval* eine

Funktion genommen, die den Flächenanteil des entsprechenden Teilobjekts an der Gesamtfläche des Objekts berücksichtigt. Bei den relativen Lokalisationen wird dieser Flächenanteil noch zusätzlich mit der Entfernungsbewertung des Schwerpunkts des entsprechenden Teilobjekts verrechnet. Analog verhält es sich beim Parameter *ZLOK -Test* zur Prüfung der Anwendbarkeit zusammengesetzter Lokalisationen. Es besteht demzufolge die Möglichkeit, den gemeinsamen Faktor ‚Flächenanteil‘ in die abstrakte Lokalisationsprozedur hinein zu verlagern und so den Aufwand bei der Beschreibung der verschiedenen Parameter zu verringern. Bei der Konzeption der gegenwärtigen Lokalisationsprozedur wurde hingegen dem entgegengerichteten Ziel, die Lokalisationsprozedur möglichst allgemein zu halten, der Vorrang gegeben, um so eine größere Flexibilität bei etwaigen Änderungen der Lokalisationsparameter zu haben.

Zusammenfassend lassen sich die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeit auf vier Punkte bringen:

1. Die Dreiteilung des vertikalen und horizontalen Bezugssystems ermöglicht eine feinere Lokalisationsgranularität als bisher.
2. Durch die Verwendung abbildungsinhärenter Referenzobjekte gelingt es, zu einer vereinheitlichenden Sichtweise von absoluten und relativen Lokalisationen zu kommen.
3. Die vereinheitlichende Sichtweise von absoluten und relativen Lokalisationen kann ausgenutzt werden, um eine abstrakte Lokalisationsprozedur zu entwerfen, die unter Verwendung geeigneter Parameter zu einem Verfahren für absolute, relative und ‚Ecke‘-Lokalisationen instanziiert werden kann.
4. Die wichtigste Fortführung der geleisteten Arbeit besteht in der Entwicklung von Verfahren für 3D-Lokalisationen.

## Literatur

[André et al. 85]

André, E./ Bosch, G./Herzog, G./Rist, Th.: CITYTOUR. Ein natürlichsprachliches Anfragesystem zur Evaluierung räumlicher Präpositionen. Abschlußbericht des Fortgeschrittenenpraktikums im WS 1984/85, Universität des Saarlandes, 1985.

[André 88]

André, E.: Generierung natürlichsprachlicher Äußerungen zur simultanen Beschreibung von zeitveränderlichen Szenen: Das System SOCCER. Memo Nr. 26, SFB 314, Universität des Saarlandes, 1988.

[André et al. 88]

André, E./Herzog, G./Rist, Th.: „On the Simultaneous Interpretation and Natural Language Description of Real World Image Sequences“. Proc. of the 8th ECAI, S. 449 - 454, 1988.

[André/Rist 90]

André, E./Rist, Th.: „Generating Illustrated Documents: A Plan-Based Approach“. In: InfoJapan 90, Vol. 2, S. 163-170, 1990.

[Appelt 85]

Appelt, D.: „Planning English Referring Expressions“. Artificial Intelligence 26, S. 1-33, 1985.

[Arens et al. 88]

Arens, Y./Miller, L./Shapiro, S.C./Sondheimer, N.K.: „Automatic Construction of User-Interface Displays“. Proc. of the 7th National Conference of the AAAI, S. 808-813, 1988.

[Bandyopadhyay 90]

Bandyopadhyay, S.: „Towards an Understanding of Coherence in Multimodal Discourse“. Technical Memo TM-90-01. DFKI Saarbrücken, 1990.

[Clark/Marshall 81]

Clark, H.H./Marshall, C.R.: „Definite Reference and Mutual Knowledge“. In: Joshi, A.K./Webber, B.L./Sag, I.A. (Hrsg.): Elements of Discourse Understanding. S. 10-63, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1981.

[Dale 88]

Dale, R.: Generating Referring Expressions in a Domain of Objects and Processes. PhD-Thesis. University of Edinburgh, 1988.

- [Elhadad et al. 89]  
 Elhadad, M./Seligmann, D.D./Feiner, S./McKeown, K.R.: „A Common Intention Description Language for Interactive Multi-Media Systems“. Proc. of the IJCAI-89 Workshop *A New Generation of Intelligent Interfaces*, Detroit, Michigan, S. 46-52, 1989.
- [Ehrich 85]  
 Ehrich, V.: „Zur Linguistik und Psycholinguistik der sekundären Raumdeixis“. In: H. Schweitzer (Hrsg.): *Sprache und Raum*. S. 130 - 161, Stuttgart: Metzler, 1985.
- [Fehr 89]  
 Fehr, E.: *Semantik von Programmiersprachen*. Berlin: Springer, 1989.
- [Geller/Shapiro 87]  
 Geller, J./Shapiro, S.C.: „Graphical Deep Knowledge for Intelligent Machine Drafting“, Proc. of the IJCAI 87, S. 545-541, 1987.
- [Graf 90]  
 Graf, W.: „Spezielle Aspekte des automatischen Layout-Design bei der koordinierten Generierung von multimodalen Dokumenten“. Beitrag zum GI-Workshop *Multimediale elektronische Dokumente*, 1990.
- [Green 85]  
 Green, M.: „The University of Alberta User Interface Management System“. Proc. SIGGRAPH '85. In *Computer Graphics 19:3*, S. 205-213, 1985.
- [Grewendorf et al. 87]  
 Grewendorf, G./Hamm, F./Sternefeld, W.: *Sprachliches Wissen*. Frankfurt: Suhrkamp, 1987.
- [Habel 86]  
 Habel, Ch.: *Prinzipien der Referentialität*. Berlin: Springer, 1986.
- [Habel/Pribbenow 88]  
 Habel, Ch./ Pribbenow, S.: „Gebietskonstituierende Prozesse“, LILOG-Report 18, IBM Deutschland GmbH, 1988.
- [v. Hahn et al. 78]  
 v. Hahn, W./Hoepfner, W./Jameson, A./Wahlster, W.: „HAM-RPM: Natural Dialogues with an Artificial Partner“. Proc. of the AISB/GI Conference on Artificial Intelligence, S. 122-131, Hamburg, 1978.
- [v. Hahn et al. 80]  
 v. Hahn, W./Hoepfner, W./Jameson, A./Wahlster, W.: „The Anatomy of the Natural Language Dialogue System HAM-RPM“. In: Bolc, L. (Hrsg.): *Natural Language Based Computer Systems*. S. 119-254, München: Hanser, 1980.

[Hanßmann 80]

Hanßmann, K.-J.: Sprachliche Bildinterpretation für ein Frage - Antwort - System. Institut für Informatik, Universität Hamburg, Mitteilung Nr. 74, 1980.

[Heim 83]

Heim, I.: „File Change Semantics and the Familiarity Theory of Definiteness“. In: Bäuerle, R./Schwarze, Ch./v. Stechow, A. (Hrsg.): *Meaning, Use and Interpretation of Language*. Berlin: de Gruyter, S. 164-189, 1983.

[Hernández 90]

Hernández, D.: „Using Comparative Relations to Represent Spatial Knowledge“. In: W. Hoepfner (Hrsg.): *Workshop Räumliche Alltagsumgebungen des Menschen*, Oktober 1990. *Fachberichte Informatik*, Nr. 9/90, Universität Koblenz-Landau, S. 69-80, 1990.

[Herrmann/Deutsch 76]

Herrmann, Th./Deutsch, W.: *Psychologie der Objektbenennung*. Bern: Huber, 1976.

[Herrmann 89]

Herrman, Th.: Vor, Hinter, Rechts, Links: Das 6H - Modell. Psychologische Studien zum sprachlichen Lokalisieren. Bericht Nr. 15, SFB 245, *Sprechen und Sprachverstehen im sozialen Kontext*, Universität Mannheim, 1989.

[Herskovits 85]

Herskovits, A.: „Semantics and Pragmatics of Locative Expressions“. *Cognitive Science* 9, S. 341-378, 1985.

[Herskovits 86]

Herskovits, A.: *Language and Spatial Cognition*. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1986.

[Herzog et al. 89]

Herzog, G./Rist, Th./André, E.: *Sprache und Raum: Natürlichsprachlicher Zugang zu visuellen Daten*. Bericht Nr. 60, SFB 314, Universität des Saarlandes, 1989.

[Hovy/Arens 90]

Hovy, E./Arens, Y.: „Allocating of Modalities in Multimedia Communication“. *AAAI Symposium on Human-Computer Interfaces*, Stanford, CA, S. 55-59, 1990.

[Hußmann/Schefe 84]

Hußmann, M./Schefe, P.: „The Design of SWYSS, a Dialogue System for Scene Analysis“. In: Bolc, L.: (Hrsg.): *Natural Language Communication with Pictorial Information Processing*. S. 143-201, München: Hanser McMillan, 1984.

[Kamp 81]

Kamp, H.: „A Theory of Truth and Semantic Representation“. In: Groenendijk, J./Janssen, T./Stokhof, M. (Hrsg.): *Formal Methods in the Study of Language*. S. 277-322. Amsterdam: Mathematisch Centrum, 1981.

[Korn 82]

Korn, M.: „Untersuchungen zur graphischen Darstellung wissenschaftlicher Theorie. Dargestellt am Beispiel von Kommunikationsmodellen.“. *Wissenschaftliche Hausarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines Magister Artium der Universität Hamburg*, 1982.

[Mangold 87]

Mangold, R.: „Schweigen kann Gold sein — über förderliche aber auch nachteilige Effekte der Überspezifizierung“. *Sprache & Kognition* 4, S. 165-176, 1987.

[McDonald 78]

McDonald, D.D.: „Subsequent Reference: Syntactic and Rhetorical Constraints“. In: Waltz, D.L. (Hrsg.): *Theoretical Issues in Natural Language Processing*. S. 64-72. University of Illinois at Urbana Champaign, Urbana, Illinois, 1978.

[Miller/Johnson-Laird 76]

Miller, G.A./Johnson-Laird, P.N.: *Language and Perception*. Cambridge, Mass: Cambridge University Press, 1976.

[Murch/Woodworth 78]

Murch, G.M./Woodworth, G.L.: *Wahrnehmung*. Stuttgart: Kohlhammer, 1978.

[Pfaff 85]

Pfaff, G.E. (Hrsg.): *User Interface Management Systems. Proceedings of the Workshop on User Interface Management Systems held in Seeheim, FRG, Nov. 1-3, 1983*. Berlin: Springer, 1985.

[Pribbenow 88]

Pribbenow, S.: „Verträglichkeitsprüfungen für die Verarbeitung räumlichen Wissens“ in: W. Hoepfner (Hrsg.): *Proc. of the GWAI 88*, S. 226-235. Berlin: Springer, 1988.

[Pribbenow 90]

Pribbenow, S.: „Interaktion von propositionalen und bildhaften Repräsentationen“. In: Ch. Habel/C. Freksa (Hrsg.): *Repräsentation und Verarbeitung räumlichen Wissens*. S. 156-174, Berlin: Springer, 1990.

[Rehkämper 87]

Rehkämper, K.: „Mentale Bilder und Wegbedeutungen“. In: Morik, K. (Hrsg.): *Proc. of the GWAI 87*, S. 296-305. Berlin: Springer, 1987.

- [Retz-Schmidt 86]  
Retz-Schmidt, G.: „Various Views on Spatial Prepositions“. Bericht Nr. 33, SFB 314, Universität des Saarlandes, 1986.
- [Roth/Mattis 90]  
Roth, S.F./Mattis, J.P.: „Data Characterisation for Intelligent Graphics Presentation“. Erscheint in: Proc. CHI 90, Seattle Washington, 1990.
- [Rosch et al. 76]  
Rosch, E.H./Morris C.B./Gray, W.D./Johnson, D.M./Boyes-Braehm, S.: „Basic Objects in Natural Categories“. Cognitive Psychology 8, Vol. 3, S. 382-439, 1976.
- [Searle 68]  
Searle, J.R.: Speech acts. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, 1969.
- [Schlieben-Lange 79]  
Schlieben-Lange, B.: Linguistische Pragmatik. Stuttgart: Kohlhammer, 1979.
- [Stachowiak 73]  
Stachowiak, H.: Allgemeine Modelltheorie. Wien: Springer, 1973.
- [Stern 30]  
Stern, W.: Studien zur Personwissenschaft. Erster Teil: Personalistik als Wissenschaft. Leipzig: Barth, 1930.
- [Wahlster et al. 78]  
Wahlster, W./Jameson, A./Hoeppner, W.: „Glancing, Referring and Explaining in the Dialogue System HAM-RPM“, American Journal of Computer Linguistics, Microfiche 77, S. 53-67, 1978.
- [Wahlster et al. 91a]  
Wahlster, W./André, E./Bandyopadhyay, S./Graf, W./ Rist, Th.: „WIP: The Coordinated Generation of Multimodal Presentations from a Common Representation“. Erscheint in O. Stock (Hrsg.): NATO-Workshop Computational Theories of Communication and their Applications, Castel Juano, Trento, Italy, 5.11.-10.11. 1990. Berlin: Springer, 1991.
- [Wahlster et al. 91b]  
Wahlster, W./André, E./Graf, W./ Rist, Th.: „Designing Illustrated Texts: How Language Production is Influenced by Graphics Generation“. Erscheint in: Proceedings Fifth Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL), Berlin, Germany, 9.- 11. April 1991.
- [Wunderlich 82]  
Wunderlich, D.: „Sprache und Raum“. Studium Linguistik 12, S. 1-19, 1982.

[Wunderlich/Herweg]

Wunderlich, D./Herweg, M.: „Lokale und Direktionale“. Universität Düsseldorf, Manuskript. Erscheint in: v. Stechow, A./Wunderlich, D. (Hrsg.): Handbuch der Semantik. Königstein Ts.: Athenäum Verlag.

[Zadeh 76]

Zadeh, L.A.: „A Fuzzy-Algorithmic Approach to the Definition of Complex or Imprecise Concepts“. Int. Journal of Man - Machine Studies 8, S. 249-291, 1976.



Deutsches  
Forschungszentrum  
für Künstliche  
Intelligenz GmbH

DFKI  
-Bibliothek-  
PF 2080  
D-6750 Kaiserslautern  
FRG

## DFKI Publikationen

Die folgenden DFKI Veröffentlichungen sowie die aktuelle Liste von allen bisher erschienenen Publikationen können von der oben angegebenen Adresse bezogen werden.

Die Berichte werden, wenn nicht anders gekennzeichnet, kostenlos abgegeben.

## DFKI Publications

The following DFKI publications or the list of all published papers so far can be ordered from the above address.

The reports are distributed free of charge except if otherwise indicated.

### DFKI Research Reports

#### RR-90-07

*Elisabeth André, Thomas Rist:*

Wissensbasierte Informationspräsentation:

Zwei Beiträge zum Fachgespräch Graphik und KI

1. Ein planbasierter Ansatz zur Synthese illustrierter Dokumente
2. Wissensbasierte Perspektivenwahl für die automatische Erzeugung von 3D-Objektdarstellungen

24 Seiten

#### RR-90-08

*Andreas Dengel:* A Step Towards Understanding Paper Documents

25 pages

#### RR-90-09

*Susanne Biundo:* Plan Generation Using a Method of Deductive Program Synthesis

17 pages

#### RR-90-10

*Franz Baader, Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard Hollunder, Werner Nutt, Jörg H. Siekmann:* Concept Logics

26 pages

#### RR-90-11

*Elisabeth André, Thomas Rist:* Towards a Plan-Based Synthesis of Illustrated Documents

14 pages

#### RR-90-12

*Harold Boley:* Declarative Operations on Nets

43 pages

#### RR-90-13

*Franz Baader:* Augmenting Concept Languages by Transitive Closure of Roles: An Alternative to Terminological Cycles

40 pages

#### RR-90-14

*Franz Schmalhofer, Otto Kühn, Gabriele Schmidt:*

Integrated Knowledge Acquisition from Text,

Previously Solved Cases, and Expert Memories

20 pages

#### RR-90-15

*Harald Trost:* The Application of Two-level

Morphology to Non-concatenative German

Morphology

13 pages

#### RR-90-16

*Franz Baader, Werner Nutt:* Adding Homomorphisms to Commutative/Monoidal Theories, or: How Algebra Can Help in Equational Unification

25 pages

#### RR-90-17

*Stephan Busemann:*

Generalisierte Phasenstrukturgrammatiken und ihre Verwendung zur maschinellen Sprachverarbeitung

114 Seiten

#### RR-91-01

*Franz Baader, Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard*

*Nebel, Werner Nutt, Gert Smolka:* On the

Expressivity of Feature Logics with Negation,

Functional Uncertainty, and Sort Equations

20 pages

#### RR-91-02

*Francesco Donini, Bernhard Hollunder, Maurizio*

*Lenzerini, Alberto Marchetti Spaccamela, Daniele*

*Nardi, Werner Nutt:* The Complexity of Existential

Quantification in Concept Languages

22 pages

#### RR-91-03

*B.Hollunder, Franz Baader:* Qualifying Number

Restrictions in Concept Languages

34 pages

**RR-91-04**

*Harald Trost: X2MORF: A Morphological Component Based on Augmented Two-Level Morphology*  
19 pages

**RR-91-05**

*Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Winfried Graf, Thomas Rist: Designing Illustrated Texts: How Language Production is Influenced by Graphics Generation.*  
17 pages

**RR-91-06**

*Elisabeth André, Thomas Rist: Synthesizing Illustrated Documents: A Plan-Based Approach*  
11 pages

**RR-91-07**

*Günter Neumann, Wolfgang Finkler: A Head-Driven Approach to Incremental and Parallel Generation of Syntactic Structures*  
13 pages

**RR-91-08**

*Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Som Bandyopadhyay, Winfried Graf, Thomas Rist: WIP: The Coordinated Generation of Multimodal Presentations from a Common Representation*  
23 pages

**RR-91-09**

*Hans-Jürgen Bürckert, Jürgen Müller, Achim Schupeta: RATMAN and its Relation to Other Multi-Agent Testbeds*  
31 pages

**RR-91-10**

*Franz Baader, Philipp Hanschke: A Scheme for Integrating Concrete Domains into Concept Languages*  
31 pages

**RR-91-11**

*Bernhard Nebel: Belief Revision and Default Reasoning: Syntax-Based Approaches*  
37 pages

**RR-91-12**

*J.Mark Gawron, John Nerbonne, Stanley Peters: The Absorption Principle and E-Type Anaphora*  
33 pages

**RR-91-13**

*Gert Smolka: Residuation and Guarded Rules for Constraint Logic Programming*  
17 pages

**RR-91-14**

*Peter Breuer, Jürgen Müller: A Two Level Representation for Spatial Relations, Part I*  
27 pages

**RR-91-15**

*Bernhard Nebel, Gert Smolka: Attributive Description Formalisms ... and the Rest of the World*  
20 pages

**RR-91-16**

*Stephan Busemann: Using Pattern-Action Rules for the Generation of GPSG Structures from Separate Semantic Representations*  
18 pages

**RR-91-17**

*Andreas Dengel, Nelson M. Mattos: The Use of Abstraction Concepts for Representing and Structuring Documents*  
17 pages

**RR-91-18**

*John Nerbonne, Klaus Netter, Abdel Kader Diagne, Ludwig Dickmann, Judith Klein: A Diagnostic Tool for German Syntax*  
20 pages

**RR-91-19**

*Munindar P. Singh: On the Commitments and Precommitments of Limited Agents*  
15 pages

**RR-91-20**

*Christoph Klauck, Ansgar Bernardi, Ralf Legleitner: FEAT-Rep: Representing Features in CAD/CAM*  
48 pages

**RR-91-21**

*Klaus Netter: Clause Union and Verb Raising Phenomena in German*  
38 pages

**RR-91-22**

*Andreas Dengel: Self-Adapting Structuring and Representation of Space*  
27 pages

**RR-91-23**

*Michael Richter, Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner: Akquisition und Repräsentation von technischem Wissen für Planungsaufgaben im Bereich der Fertigungstechnik*  
24 Seiten

**RR-91-24**

*Jochen Heinsohn: A Hybrid Approach for Modeling Uncertainty in Terminological Logics*  
22 pages

**RR-91-25**

*Karin Harbusch, Wolfgang Finkler, Anne Schauder: Incremental Syntax Generation with Tree Adjoining Grammars*  
16 pages

**RR-91-26**

*M. Bauer, S. Biundo, D. Dengler, M. Hecking, J. Koehler, G. Merziger:*  
 Integrated Plan Generation and Recognition  
 - A Logic-Based Approach -  
 17 pages

**RR-91-27**

*A. Bernardi, H. Boley, Ph. Hanschke, K. Hinkelmann, Ch. Klauck, O. Kühn, R. Legleitner, M. Meyer, M. M. Richter, F. Schmalhofer, G. Schmidt, W. Sommer:*  
 ARC-TEC: Acquisition, Representation and Compilation of Technical Knowledge  
 18 pages

**RR-91-28**

*Rolf Backofen, Harald Trost, Hans Uszkoreit:*  
 Linking Typed Feature Formalisms and Terminological Knowledge Representation Languages in Natural Language Front-Ends  
 11 pages

**RR-91-29**

*Hans Uszkoreit:* Strategies for Adding Control Information to Declarative Grammars  
 17 pages

**RR-91-30**

*Dan Flickinger, John Nerbonne:*  
 Inheritance and Complementation: A Case Study of Easy Adjectives and Related Nouns  
 39 pages

**RR-91-31**

*H.-U. Krieger, J. Nerbonne:*  
 Feature-Based Inheritance Networks for Computational Lexicons  
 11 pages

**RR-91-32**

*Rolf Backofen, Lutz Euler, Günther Görz:*  
 Towards the Integration of Functions, Relations and Types in an AI Programming Language  
 14 pages

**RR-91-33**

*Franz Baader, Klaus Schulz:*  
 Unification in the Union of Disjoint Equational Theories: Combining Decision Procedures  
 33 pages

**RR-91-34**

*Bernhard Nebel, Christer Bäckström:*  
 On the Computational Complexity of Temporal Projection and some related Problems  
 35 pages

**RR-91-35**

*Winfried Graf, Wolfgang Maaß:* Constraint-basierte Verarbeitung graphischen Wissens  
 14 Seiten

**DFKI Technical Memos****TM-91-01**

*Jana Köhler:* Approaches to the Reuse of Plan Schemata in Planning Formalisms  
 52 pages

**TM-91-02**

*Knut Hinkelmann:* Bidirectional Reasoning of Horn Clause Programs: Transformation and Compilation  
 20 pages

**TM-91-03**

*Otto Kühn, Marc Linster, Gabriele Schmidt:*  
 Clamping, COKAM, KADS, and OMOS: The Construction and Operationalization of a KADS Conceptual Model  
 20 pages

**TM-91-04**

*Harold Boley (Ed.):*  
 A sampler of Relational/Functional Definitions  
 12 pages

**TM-91-05**

*Jay C. Weber, Andreas Dengel, Rainer Bleisinger:*  
 Theoretical Consideration of Goal Recognition Aspects for Understanding Information in Business Letters  
 10 pages

**TM-91-06**

*Johannes Stein:* Aspects of Cooperating Agents  
 22 pages

**TM-91-08**

*Munindar P. Singh:* Social and Psychological Commitments in Multiagent Systems  
 11 pages

**TM-91-09**

*Munindar P. Singh:* On the Semantics of Protocols Among Distributed Intelligent Agents  
 18 pages

**TM-91-10**

*Béla Buschauer, Peter Poller, Anne Schauder, Karin Harbusch:* Tree Adjoining Grammars mit Unifikation  
 149 pages

**TM-91-11**

*Peter Wazinski:* Generating Spatial Descriptions for Cross-modal References  
 21 pages

**TM-91-12**

*Klaus Becker, Christoph Klauck, Johannes Schwagereit:* FEAT-PATR: Eine Erweiterung des D-PATR zur Feature-Erkennung in CAD/CAM  
 33 Seiten

**TM-91-13***Knut Hinkelmann:*

Forward Logic Evaluation: Developing a Compiler  
from a Partially Evaluated Meta Interpreter  
16 pages

**TM-91-14***Rainer Bleisinger, Rainer Hoch, Andreas Dengel:*

ODA-based modeling for document analysis  
14 pages

---

**DFKI Documents****D-91-03**

*Harold Boley, Klaus Elsbernd, Hans-Günther Hein,  
Thomas Krause:* RFM Manual: Compiling  
RELFUN into the Relational/Functional Machine  
43 pages

**D-91-04**

DFKI Wissenschaftlich-Technischer Jahresbericht  
1990  
93 Seiten

**D-91-06**

*Gerd Kamp:* Entwurf, vergleichende Beschreibung  
und Integration eines Arbeitsplanerstellungssystems  
für Drehteile  
130 Seiten

**D-91-07**

*Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner*  
TEC-REP: Repräsentation von Geometrie- und  
Technologieinformationen  
70 Seiten

**D-91-08**

*Thomas Krause:* Globale Datenflußanalyse und  
horizontale Compilation der relational-funktionalen  
Sprache RELFUN  
137 Seiten

**D-91-09**

*David Powers, Lary Reeker (Eds.):*  
Proceedings MLNLO'91 - Machine Learning of  
Natural Language and Ontology  
211 pages

**Note:** This document is available only for a  
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

**D-91-10**

*Donald R. Steiner, Jürgen Müller (Eds.):*  
MAAMAW'91: Pre-Proceedings of the 3rd  
European Workshop on „Modeling Autonomous  
Agents and Multi-Agent Worlds“  
246 pages

**Note:** This document is available only for a  
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

**D-91-11**

*Thilo C. Horstmann:* Distributed Truth Maintenance  
61 pages

**D-91-12***Bernd Bachmann:*

HieraCon - a Knowledge Representation System  
with Typed Hierarchies and Constraints  
75 pages

**D-91-13**

International Workshop on Terminological Logics  
*Organizers: Bernhard Nebel, Christof Peltason,  
Kai von Luck*  
131 pages

**D-91-14**

*Erich Achilles, Bernhard Hollunder, Armin Laux,  
Jörg-Peter Mohren:* KRJS: Knowledge  
Representation and Inference System  
- Benutzerhandbuch -  
28 Seiten

**D-91-15**

*Harold Boley, Philipp Hanschke, Martin Harm,  
Knut Hinkelmann, Thomas Labisch, Manfred  
Meyer, Jörg Müller, Thomas Oltzen, Michael  
Sintek, Werner Stein, Frank Steinle:*  
µCAD2NC: A Declarative Lathe-Worplanning  
Model Transforming CAD-like Geometries into  
Abstract NC Programs  
100 pages

**D-91-16**

*Jörg Thoben, Franz Schmalhofer, Thomas Reinartz*  
Wiederholungs-, Varianten- und Neuplanung bei der  
Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile  
134 Seiten

**D-91-17**

*Andreas Becker:*  
Analyse der Planungsverfahren der KI im Hinblick  
auf ihre Eignung für die Arbeitsplanung  
86 Seiten

**D-91-18**

*Thomas Reinartz:* Definition von Problemklassen  
im Maschinenbau als eine Begriffsbildungsaufgabe  
107 Seiten

**D-91-19**

*Peter Wazinski:* Objektlokalisierung in graphischen  
Darstellungen  
110 Seiten

**Objektlokalisierung in graphischen Darstellungen**

**Peter Wazinski**

**D-91-19**

Document