

Universität Ulm  
Abteilung Künstliche Intelligenz

**Synthese *versus* Analyse  
in modellbasierten KI-Planungssystemen?**

**DIAKON -  
ein auto-adaptiver diagnostischer Lösungsansatz für Aktionsplanungs- und  
Konfigurierungsprobleme**

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr. rer. nat.  
der Fakultät für Informatik der Universität Ulm

Dipl.-Inform. Friedemann A. Kienzler  
geboren in 88605 Meßkirch

1999

*Amtierender Dekan:*

**Prof. Dr. Uwe Schöning**

Universität Ulm  
Fakultät für Informatik  
Abteilung Theoretische Informatik

*Erstgutachter:*

**Prof. Dr. Friedrich W. von Henke**

Universität Ulm  
Fakultät für Informatik  
Abteilung Künstliche Intelligenz

*Zweitgutachterin:*

**Prof. Dr. Susanne Biundo-Stephan**

Universität Ulm  
Fakultät für Informatik  
Abteilung Künstliche Intelligenz

*Tag der Promotion:*

**30.11.1999**

Berichte aus der Informatik

**Friedemann Kienzler**

**Synthese versus Analyse in  
modellbasierten KI-Planungssystemen?**

DIAKON - ein auto-adaptiver diagnostischer Lösungsansatz  
für Aktionsplanungs- und Konfigurierungssysteme

Shaker Verlag  
Aachen 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Kienzler, Friedemann:*

Synthese versus Analyse in modellbasierten KI-Planungssystemen?:

DIAKON - ein auto-adaptiver diagnostischer Lösungsansatz für

Aktionsplanungs- und Konfigurierungssysteme / Friedemann Kienzler.

- Als Ms. gedr. - Aachen : Shaker, 2000

(Berichte aus der Informatik)

Zugl.: Ulm, Univ., Diss., 1999

ISBN 3-8265-6896-6

Copyright Shaker Verlag 2000

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-6896-6

ISSN 0945-0807

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# VORWORT

## Überblick

Gegenstand dieser Arbeit ist die Integration von DIAGNOSTIK und KONSTRUKTION in einem Planungsansatz DIAKON, um eine zielgerichtete Lösungsgenerierung mit weitestgehendem Selbstregulativ auf der Basis einer flexiblen, adaptiven Planungskontrolle zu ermöglichen.

Diese Arbeit nimmt sich der Fragestellung an, wie sich ein synthetisierendes, wissensbasiertes Konstruktionssystem analytische Diagnosetechniken zunutze machen kann. Es wird eine Analysemethodik beschrieben, die es erlaubt, in Konstruktionssystemen bzw. -shells auch schwächere, d.h. weniger spezifische Problemlösungsmethoden - mit dem entscheidenden Vorteil eines breiteren Einsatzspektrums - anzuwenden und damit dennoch ein Leistungsniveau zu erreichen, das es ermöglicht, konkrete Problemstellungen aus der Praxis zu lösen; dedizierte Systeme hingegen operieren mittels stärkerer Problemlösungsmethoden, aber dafür eingeschränkt nur für spezielle Domänen. Durch die Unterstützung eines übergeordneten, sekundären Analyseprozesses auf Metaplanungsebene, welcher in den primären Konstruktionsprozeß eingebettet ist, wird der eigentliche Syntheseprozess auf Planungsebene insbesondere adaptiv, flexibel und ökonomisch gesteuert. Die Aufgabe dieses Analyseprozesses besteht darin, das jeweils aktuelle Stadium, den Verlauf und den Fortschritt des Konstruktionsprozesses dynamisch iterativ zu untersuchen. Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen in Form etablierter Diagnosen wird die Kontrollstruktur den jeweiligen Bedürfnissen und Gegebenheiten während des Konstruktionsprozesses adäquat parametrisiert bzw. konfiguriert. Die Anpassung der Kontrollstruktur basiert auf instantiierbaren Strategien, zugehörigen Steueroperatoren und letzteren zuzuordnenden Methodengruppen.

Als Implementierungsbeispiele für den in dieser Arbeit beschriebenen Metaplanungsansatz sind zu nennen: DIAKON, eine Expertensystemshell bzw. ein -Baukasten für Konstruktionssysteme, und zwei mittels dieser Shell realisierte Systeme, HORA, ein Konfigurierungssystem zur Stundenplanungsgenerierung, und ACTIO, ein nichtlineares Aktionsplanungssystem. Die objektorientierte und hardware-unabhängige Implementierung erfolgte durch mich in Common LISP und CLOS (Common Lisp Object System).

## Danksagung

Die vorliegende Arbeit habe ich in den Jahren 1993 - 1999 ausschließlich in meiner "Freizeit" berufsbegleitend zu meiner Tätigkeit als Systemanalytiker, Software-Entwickler und Projektleiter im Unternehmensbereich Informatik und Organisation der Bayerischen Landesbank erstellt.

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Friedrich W. von Henke, möchte ich für die Übernahme der Betreuungstätigkeit, seine wohlwollende Unterstützung dieser Arbeit, die ich als externer Doktorand erstellt habe, und der freien Arbeitsweise danken.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau Verena und meiner Tochter Assunta für ihr Verständnis und ihre Geduld bezüglich der zur Erarbeitung und Fertigstellung dieser Arbeit erforderlichen Zeit. Meine Frau ist mir stets mit pädagogisch kompetentem Rat zur Seite gestanden und hat jede Zeile der Dissertation - z.T. mehrfach - korrekturgelesen.

Meinen Eltern danke ich für ihren ständigen Zuspruch, der mir immer viel Kraft gespendet hat, und für das hundertprozentige Vertrauen in meine Fähigkeiten. Im übrigen verdanke ich es auch meinen Eltern, daß ich überhaupt die Voraussetzungen für eine Promotion erfüllen konnte: Erziehung, schulische Ausbildung und Studium.

Meinen Geschwistern Ute und Ingo mit Familien danke ich für ihre moralische Unterstützung und fürs Daumen Drücken. Mein Dank geht auch an Frau Graser, die Dekanatssekretärin, die mir eine große Hilfe u.a. bei der Einhaltung universitärer Richtlinien gewesen ist.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Kap. 1:</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
	1.1 Zielsetzung der Arbeit .....	3
	1.2 Motivation .....	4
	1.3 Erster Streifzug durch die Planungswelt DIAKONs .....	7
	1.3.1 Terminologie .....	8
	1.3.2 Verschiedene Ebenen der Planung .....	8
	1.3.3 Plandiagnostik als Basis für die Metaplanung .....	10
	1.3.4 Konfigurierung der Steuerebene .....	13
	1.3.5 Einheitliche Darstellung von Planungs- und Metaplanungswissen .....	13
	1.4 Übersicht .....	14
<b>Kap. 2:</b>	<b>Stand der Technik</b> .....	<b>15</b>
	2.1 Problemklassen .....	16
	2.1.1 Konstruktion .....	17
	2.1.2 Diagnostik .....	18
	2.2 Planerstellungsmethoden .....	18
	2.2.1 Einstufige Planung .....	20
	2.2.2 Mehrstufige Planung .....	21
	2.2.3 Metaplanung .....	22
	2.3 Diagnostikmethoden .....	23
	2.3.1 Statistische Diagnostik .....	25
	2.3.2 Heuristische Diagnostik .....	25
	2.3.3 Modellbasierte Diagnostik .....	26
	2.4 Integrationsansätze .....	27
	2.5 Zusammenfassung .....	28
<b>Kap. 3:</b>	<b>DIAKONs Architektur</b> .....	<b>31</b>
	3.1 Gesamtarchitektur .....	32
	3.2 Architektur der Wissensbasis .....	35
	3.3 Architektur des Steuersystems .....	37
	3.4 Zusammenfassung .....	40

<b>Kap. 4:</b>	<b>Planobjektrepräsentation in DIAKON</b> .....	<b>41</b>
4.1	Repräsentation einer Objekteigenschaft und ihrer Komponenten .....	45
4.1.1	Name	47
4.1.2	Argumente	47
4.1.3	Wertdeskriptoren	47
4.1.4	Eigenschaftsattribute	51
4.1.5	Gewichtung einer Eigenschaft	51
4.2	Gruppierung der Merkmale eines Planobjekts .....	52
4.2.1	Vorbedingungen eines Planobjekts	53
4.2.2	Nachbedingungen eines Planobjekts	54
4.2.3	Ergänzende Beschreibungen eines Planobjekts	55
4.3	Zusammenfassung .....	55
<b>Kap. 5:</b>	<b>Konzepthierarchie zur Wissensstrukturierung</b> .....	<b>57</b>
5.1	Verschiedene Konzepthierarchietypen .....	58
5.1.1	Konzepthierarchie der Planobjekte	61
5.1.2	Konzepthierarchie der Constraints	63
5.1.3	Konzepthierarchie der Domänenobjekte	65
5.1.4	Konzepthierarchie der Strategien	66
5.2	Konzepthierarchie als Planungs-Steuerungsinstrument .....	68
5.2.1	Implizite Steuerung durch die Plan- und Domänenobjekt-Konzepthierarchien	68
5.2.2	Explizite Steuerung durch die Strategie- Konzepthierarchie	69
5.3	Zusammenfassung .....	69
<b>Kap. 6:</b>	<b>DIAKONs Kontrollmechanismen</b> .....	<b>71</b>
6.1	Auto-konfigurierbarer Kontrollstruktur-Rahmen .....	73
6.1.1	Planverwaltung	76
	- Planselektion	76
6.1.2	Metaplanung	77
	- Symptomerhebung	78
	- Plandiagnostik	78
	- Phasenablaufplanung	79
6.1.3	Zielbearbeitung	81
	- Zielanalyse	82
	- Zielselektion	83
	- Zielerfüllung	84
6.1.4	Constraint-Auswertung	90
	- Constraint-Propagierung	91
6.1.5	Konfliktbearbeitung	92
	- Konfliktanalyse	94
	- Konfliktselektion	95
	- Konfliktbehandlung	96



6.2	Auto-adaptive Kontrolle durch Plandiagnostik .....	100
6.2.1	Rückkopplung aus dem Planungsprozess: Heuristische Plandiagnostik	100
6.2.2	Repräsentation von Symptomen, Diagnosen und diagnostischem Kontrollwissen	107
6.2.3	Symptome bei der Plandiagnostik: Primär- und Sekundärsymptome	108
6.2.4	Diagnosen bei der Plandiagnostik: Zwischen- und Enddiagnosen	108
6.3	Zusammenfassung .....	110
<b>Kap. 7:</b>	<b>Constraint-Repräsentation, -Verwendung und -Auswertung in DIAKON .....</b>	<b>113</b>
7.1	Constraints: Typen, Konzepte, Instanzen .....	117
7.1.1	Constraint-Typen	117
7.1.2	Constraint-Konzepte und -Instanzen	124
7.2	Repräsentation einer Objektabhängigkeit und ihrer Komponenten .....	125
7.2.1	Name	126
7.2.2	Argumente	128
7.2.3	Wertdeskriptoren	128
7.2.4	Abhängigkeitsattribute	129
7.2.5	Gewichtung einer Abhängigkeit	129
7.3	Setzen von Constraints (Constraint-Posting) .....	129
7.3.1	Nichtlineares Planen, Commitment-Strategien, Constraint-Posting	130
7.3.2	Zeitpunkt des Constraint-Posting im Planungsablauf	130
7.4	Auswertung von Constraints (Constraint-Propagation) .....	131
7.4.1	Zeitpunkte und Gültigkeitsbereiche der Constraint-Propagierung	133
7.4.2	Strategie-gesteuerte Propagierungsalgorithmen	137
7.5	Zusammenfassung .....	138
<b>Kap. 8:</b>	<b>Auf der Basis DIAKONs implementierte Planungssysteme .....</b>	<b>139</b>
8.1	HORA - ein Konfigurierungssystem zur Stundenplanerstellung .....	141
8.2	ACTIO - ein nichtlineares Aktionsplanungssystem .....	145
<b>Kap. 9:</b>	<b>Zusammenfassung, Bewertung, Perspektiven .....</b>	<b>149</b>
9.1	Zusammenfassung: Was ist die Problemstellung? Was ist neu? .....	151

9.2	Validierung DIAKONs als Planungssystemkern von HORA und ACTIO .....	153
9.3	Abgrenzung zu anderen integrativen Ansätzen aus dem KI-Bereich .....	156
9.4	Kritische Anmerkungen, Ausblick .....	159
<b>Anhang A - Symptome bei der Plandiagnostik .....</b>		<b>161</b>
<b>Anhang B - Diagnosen bei der Plandiagnostik .....</b>		<b>166</b>
<b>Anhang C - Beispiel für Problemstellung, Planungsverlauf und Lösungsfindung mit HORA (- Stundenplanungsproblem -) .....</b>		<b>181</b>
<b>Anhang D - Beispiel für Problemstellung, Planungsverlauf und Lösungsfindung mit ACTIO (- Sussman-Problem -) .....</b>		<b>207</b>
<b>Anhang E - Weiteres Beispiel für Problemstellung und zugehörige Lösung mit ACTIO (- Job-Ablaufplanungsproblem -) .....</b>		<b>231</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>		<b>244</b>
<b>Glossar .....</b>		<b>254</b>
<b>Definitionenverzeichnis .....</b>		<b>260</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>		<b>261</b>