

**Xpert.press**

Die Reihe **Xpert.press** vermittelt Professionals  
in den Bereichen Softwareentwicklung,  
Internettechnologie und IT-Management aktuell  
und kompetent relevantes Fachwissen über  
Technologien und Produkte zur Entwicklung  
und Anwendung moderner Informationstechnologien.

Gerhard Weiß · Ralf Jakob

# Agentenorientierte Softwareentwicklung

Methoden und Tools

Mit 93 Abbildungen und 78 Tabellen

 Springer

Gerhard Weiß  
e-mail: [weissg@in.tum.de](mailto:weissg@in.tum.de)

Ralf Jakob  
e-mail: [jakob@in.tum.de](mailto:jakob@in.tum.de)

Institut für Informatik  
Technische Universität München  
Boltzmannstr. 3  
85748 Garching

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISSN 1439-5428  
ISBN 3-540-00062-3 Springer Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media  
[springer.de](http://springer.de)

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005  
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Text und Abbildungen wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Verlag und Autor können jedoch für eventuell verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Werbeagentur, Heidelberg  
Satz: durch die Autoren unter Benutzung eines Springer L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Makropakets  
Herstellung: LE-TeX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig  
Gedruckt auf säurefreiem Papier 33/3142/YL - 5 4 3 2 1 0

---

# Vorwort

*Softwareentwicklung wird zwar immer  
komplexer – aber auch immer faszinierender.*

B. Oestereich

## *Gegenstand dieses Buches*

Agentenorientierte Softwareentwicklung findet aufgrund ihres Potentials seit einigen Jahren wachsende Aufmerksamkeit in Forschung und Praxis. Charakteristisch für diese junge Art der Softwareentwicklung ist es, dass die Struktur und Funktionalität von Softwaresystemen unter dem Blickwinkel einer Menge von Agenten entworfen, implementiert und analysiert wird. Unter einem Agent wird dabei eine abgrenzbare Einheit verstanden, die in der Lage ist, die ihr zugewiesenen Aufgaben autonom, flexibel und bei Bedarf in kooperativer und kompetitiver Interaktion mit anderen Agenten und menschlichen Benutzern zu bewältigen. Agentenorientierung ist kompatibel mit anderen Ansätzen wie beispielsweise Objekt- und Komponentenorientierung, bietet jedoch auf einer qualitativ unterschiedlichen Abstraktionsebene – nämlich der Ebene von Organisation, Sozialität und Wissen – eine neue, intuitiv klare und innovative Systemsicht, die sich in besonderem Maß eignet für die Handhabung von Systemkomplexität und die Realisierung von verteilten, offenen und eingebetteten Anwendungen. Solchen Anwendungen kommt mit zunehmender Rechnervernetzung und Plattforminteroperabilität in den verschiedensten industriellen, kommerziellen und wissenschaftlichen Bereichen, und generell im Rahmen von zukunftssträchtigen Informationsverarbeitungsparadigmen wie Grid Computing, Pervasive Computing und Mobile Computing, eine zentrale Bedeutung bei. Ein Schwerpunkt im Bereich der agentenorientierten Softwareentwicklung liegt auf Entwicklungsmethoden und -tools, die eine softwaretechnische Umsetzung der agentenorientierten Systemsicht unterstützen. Eine sorgfältige Auswahl solcher Methoden und Tools bildet den Gegenstand dieses Buches.

### *Ziele des Buches*

Das vorliegende Buch will eine methoden- und toolzentrierte Einführung in die agentenorientierte Softwareentwicklung bieten, die in anschaulicher Weise zweierlei vermittelt:

- ▶ den Aufbau, die Verwendung und die Leistungsmerkmale von derzeit verfügbaren agentenorientierter Methoden und Tools; und
- ▶ die Systemsichtweise und die grundlegendenen Konzepte, die für die agentenorientierte Softwareentwicklung charakteristisch sind.

Mit dieser inhaltlichen Konzeption zielt das dieses Buch vor allem darauf ab, seinen Leserinnen und Lesern bei ihren Einstieg in den Bereich der agentenorientierten Software, bei ihrer kritischen Einordnung von Agentenorientierung als Softwareentwicklungsansatz, und bei ihrer Entscheidung über den Einsatz dieses Ansatzes im Rahmen eigener Entwicklungsarbeiten – seien dies studienbegleitende Softwarepraktika oder kommerzielle Softwareprojekte – behilflich zu sein. Last but not least will dieses Buch Neugier wecken und zur weiteren Exploration dieses jungen und vielversprechenden Ansatzes ermuntern.

### *Angesprochener Leserkreis*

Das Buch richtet sich grundsätzlich an alle, die sich für agentenorientierte Softwareentwicklung interessieren. Besonders eignet es sich für

- ▶ Studierende, als Ergänzungstext für Veranstaltungen zu Themenkomplexen wie „Softwareentwicklung“, „(Multi-)Agententechnologie“ und „Künstliche Intelligenz“.
- ▶ Dozenten, als Materialquelle für ihre Veranstaltungen zu diesen Themenkomplexen; und
- ▶ Softwareentwickler, als Entscheidungshilfe bei der Auswahl von agentenorientierten Methoden oder Tools.

### *Webseite zum Buch*

Unter <http://www7.in.tum.de/~weissg/AOSE-MT> sind die in diesem Buch enthaltenen Abbildungen und Tabellen sowie Verweise auf weiterführendes Material rund um „agentenorientierte Softwareentwicklung“ verfügbar.

*Danksagung*

Wir danken allen Kollegen, die sich die mühevollen Arbeit des Korrektur- und Probelesens gemacht haben. Die Fertigstellung dieses Buches hat weitaus mehr Wochenenden und Freizeit beansprucht, als wir ursprünglich vorgesehen hatten; für das dafür entgegengebrachte Verständnis bedanken wir uns ganz herzlich bei unseren Freunden und Familien. Schließlich möchten wir uns verlagsseitig bei Herrn Dr. Hermann Engesser, Frau Pannewig-Vogt und Herrn Holzwarth bedanken für die hervorragende (und auch überaus geduldige!) Zusammenarbeit.

Garching,  
Juli 2004

*Gerhard Weiß*  
*Ralf Jakob*

---

# Inhaltsverzeichnis

---

## Teil I Einführung

---

<b>1</b>	<b>Agentenorientierung in der Softwaretechnik</b>	<b>3</b>
1.1	Das Agentenkonzept	3
1.2	Merkmale und Potential	7
1.3	Schwerpunkte in Forschung und Anwendung	15
1.4	Weitere Verweise auf Literatur und Web-Ressourcen	22
<b>2</b>	<b>Auswahl und Evaluierung der vorgestellten Methoden und Tools</b>	<b>23</b>
2.1	Auswahlkriterien	23
2.2	Evaluierungskriterien	24
2.2.1	Vorbemerkungen	24
2.2.2	Liste der Kriterien	25
2.3	Agentenspezifische Softwareattribute	28
2.3.1	Vorbemerkungen	28
2.3.2	Individualistische Attribute	28
2.3.3	Interaktionistische Attribute	29
2.4	Evaluierungsschema und -tabellen	30
<b>3</b>	<b><i>Howdini</i> – Ein gemeinsames Anwendungsszenario</b>	<b>33</b>
3.1	Zur Wahl dieses Szenarios	33
3.2	Problemstellung	33
3.3	Zum Zweck der Anwendungsstudien	36

---

## Teil II Methoden

---

<b>4</b>	<b><i>Gaia</i></b>	<b>41</b>
4.1	Beschreibung	41
4.1.1	Analysephase	43



4.1.2	Entwurfsphase .....	45
4.1.3	Verwandte Methoden .....	47
4.2	Anwendungsstudie .....	50
4.2.1	Analysephase .....	51
4.2.2	Entwurfsphase .....	66
4.3	Evaluierungsergebnisse .....	72
<b>5</b>	<b>MASSIVE</b> .....	81
5.1	Beschreibung .....	81
5.1.1	Das Produktmodell .....	82
5.1.2	Prozessmodell .....	89
5.1.3	Erfahrungswerstatt .....	90
5.2	Anwendungsstudie .....	92
5.3	Evaluierungsergebnisse .....	99
<b>6</b>	<b>Zeus-Methode</b> .....	105
6.1	Beschreibung .....	105
6.1.1	Analyse .....	105
6.1.2	Entwurf .....	109
6.1.3	Realisierung .....	111
6.1.4	Test .....	113
6.2	Anwendungsstudie .....	114
6.2.1	Analyse .....	114
6.2.2	Entwurf .....	120
6.3	Evaluierungsergebnisse .....	132
<b>7</b>	<b>MaSE</b> .....	137
7.1	Beschreibung .....	137
7.1.1	Analyse .....	137
7.1.2	Entwurf .....	141
7.2	Anwendungsstudie .....	144
7.2.1	Analyse .....	144
7.2.2	Entwurf .....	151
7.3	Evaluierungsergebnisse .....	163
<b>8</b>	<b>Aalaadin</b> .....	169
8.1	Beschreibung .....	169
8.1.1	Konkrete Ebene .....	170
8.1.2	Abstrakte Ebene .....	172
8.2	Anwendungsstudie .....	173
8.2.1	Konkrete Ebene .....	173
8.2.2	Abstrakte Ebene .....	174
8.3	Evaluierungsergebnisse .....	175

<b>9</b>	<b>Zusammenfassung der Methoden</b> .....	181
9.1	Eigenschaften im Überblick .....	181
9.2	Bewertungen im Überblick .....	182

---

**Teil III Tools**


---

<b>10</b>	<b><i>FIPA-OS Toolkit</i></b> .....	189
10.1	Beschreibung .....	189
10.1.1	Agentenplattform .....	189
10.1.2	Tools .....	191
10.1.3	Weitere Funktionalitäten und Merkmale ...	195
10.2	Evaluierungsergebnisse .....	196
<b>11</b>	<b><i>JADE</i></b> .....	201
11.1	Beschreibung .....	201
11.1.1	Agentenplattform .....	201
11.1.2	Tools .....	203
11.1.3	Weitere Funktionalitäten und Merkmale ...	204
11.1.4	<i>LEAP</i> .....	208
11.2	Evaluierungsergebnisse .....	208
<b>12</b>	<b><i>Zeus-Toolkit</i></b> .....	213
12.1	Beschreibung .....	213
12.1.1	Entwicklungswerkzeuge .....	213
12.1.2	Visualisierungswerkzeuge .....	222
12.1.3	Weitere Funktionalitäten und Merkmale ...	225
12.2	Evaluierungsergebnisse .....	226
<b>13</b>	<b><i>MadKit</i></b> .....	231
13.1	Beschreibung .....	231
13.1.1	Agentenplattform .....	232
13.1.2	Tool-Agenten .....	234
13.1.3	Skript-Agenten .....	239
13.1.4	Synchronous Engine .....	239
13.1.5	Weitere Funktionalitäten und Merkmale ...	240
13.2	Evaluierungsergebnisse .....	240
<b>14</b>	<b><i>agentTool</i></b> .....	245
14.1	Beschreibung .....	245
14.1.1	Panels für die Analyse .....	246
14.1.2	Panels für den Entwurf .....	248
14.1.3	Weitere Funktionalitäten und Merkmale ...	251
14.2	Evaluierungsergebnisse .....	254

<b>15</b>	<b><i>JACK</i></b> .....	261
15.1	Beschreibung .....	261
15.1.1	Kernkomponenten .....	261
15.1.2	Tools .....	266
15.1.3	Weitere Funktionalitäten und Merkmale ...	269
15.2	Evaluierungsergebnisse .....	273
<b>16</b>	<b>Zusammenfassung der Tools</b> .....	279
16.1	Eigenschaften im Überblick .....	279
16.2	Bewertungen im Überblick .....	281
<b>A</b>	<b>Der FIPA Standard</b> .....	285
	<b>Literatur</b> .....	289
	<b>Index</b> .....	309

## **Teil I**

---

### **Einführung**