

Florian Matthes

# Persistente Objektsysteme

Integrierte Datenbankentwicklung  
und Programmerstellung

Mit 39 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York

London Paris Tokyo

Hong Kong Barcelona

Budapest

# Inhaltsverzeichnis

|       |                                                                    |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Einführung und Motivation . . . . .                                | 1  |
| 1.1   | Anforderungen an persistente Objektsysteme . . . . .               | 1  |
| 1.2   | Ansätze zur Verbesserung der Qualität persistenter Objektsysteme   | 2  |
| 2     | Sprachen und Systeme zur Programmierung persistenter Objektsysteme | 7  |
| 2.1   | Datenbankprogrammierung: Sprachen und Konzepte . . . . .           | 7  |
| 2.1.1 | Typorientierte Datenbankprogrammiersprachen . . . . .              | 8  |
| 2.1.2 | Logikbasierte und funktionale Datenbanksprachen . . . . .          | 10 |
| 2.1.3 | Objekt-orientierte Sprachen und Systeme . . . . .                  | 12 |
| 2.2   | Programmierungsumgebungen für persistente Objektsysteme . . . . .  | 12 |
| 2.2.1 | Lose Kopplung durch Wirtspracheneinbettung . . . . .               | 13 |
| 2.2.2 | Systemintegration in Datenbankprogrammiersprachen . . . . .        | 14 |
| 2.2.3 | Systemtechnische Vereinfachungen in persistenten Systemen          | 15 |
| 3     | Tycoon: Ein Modell- und Systemüberblick . . . . .                  | 19 |
| 3.1   | Das Tycoon System und seine Komponenten . . . . .                  | 20 |
| 3.2   | Zur sprachlichen Ausgestaltung der Sprache TL . . . . .            | 23 |
| 3.3   | Das Tycoon Programmierszenario . . . . .                           | 27 |
| 4     | Ein Sprachkern zur generischen Benennung, Bindung und Typisierung  | 33 |
| 4.1   | Lexikalische und syntaktische Regeln . . . . .                     | 33 |
| 4.2   | Benennung und Typisierung vordefinierter Werte und Funktionen      | 34 |
| 4.3   | Benennung, Bindung und Typisierung benutzerdefinierter Werte       | 37 |
| 4.3.1 | Statische Bindungen . . . . .                                      | 37 |
| 4.3.2 | Dynamische Bindungen . . . . .                                     | 41 |
| 4.3.3 | Funktionen höherer Ordnung . . . . .                               | 42 |
| 4.4   | Vordefinierte Wertkonstruktoren und Wertselektoren . . . . .       | 43 |
| 4.4.1 | Tupel und Feldselektion . . . . .                                  | 44 |
| 4.4.2 | Varianten und Variantenprojektion . . . . .                        | 46 |
| 4.4.3 | Records, Recorderweiterung und Recordfeldselektion . . . . .       | 48 |
| 4.5   | Typkompatibilität und Subtypbeziehungen . . . . .                  | 49 |
| 4.5.1 | Subtypisierung zwischen Tupeltypen . . . . .                       | 51 |
| 4.5.2 | Subtypisierung zwischen Funktionstypen . . . . .                   | 53 |
| 4.5.3 | Subtypisierung zwischen Recordtypen . . . . .                      | 54 |

|         |                                                                            |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.6     | Benennung, Bindung und Metatypisierung benutzerdefinierter Typen . . . . . | 57  |
| 4.6.1   | Statische Bindungen und Typabstraktion . . . . .                           | 57  |
| 4.6.2   | Dynamische Bindungen . . . . .                                             | 61  |
| 4.6.2.1 | Polymorphe Funktionen und generische Module . . . . .                      | 62  |
| 4.6.2.2 | Typoperatoren . . . . .                                                    | 63  |
| 4.6.2.3 | Dynamische Typisierung . . . . .                                           | 68  |
| 4.6.3   | Rekursive Typbindungen: Korrektheit und Entscheidbarkeit . . . . .         | 71  |
| 4.6.3.1 | Beispiele rekursiver Typbindungen . . . . .                                | 71  |
| 4.6.3.2 | Nicht-parametrisierte rekursive Typen . . . . .                            | 73  |
| 4.6.3.3 | Rekursive Typoperatoren . . . . .                                          | 77  |
| 5       | Generische Programmierung persistenter Objektsysteme . . . . .             | 81  |
| 5.1     | Imperative Programmierung . . . . .                                        | 81  |
| 5.1.1   | Mutabilität und Zuweisungen . . . . .                                      | 81  |
| 5.1.2   | Kontrollstrukturen und Ausnahmebehandlung . . . . .                        | 85  |
| 5.1.3   | Subtypisierungsregeln für veränderliche Bindungen . . . . .                | 88  |
| 5.1.4   | Felder und Feldindizierung . . . . .                                       | 90  |
| 5.2     | Objekt-orientierte Programmierung . . . . .                                | 91  |
| 5.2.1   | Von modularer zu objekt-orientierter Programmierung . . . . .              | 92  |
| 5.2.2   | Inkrementelle Softwareentwicklung, Subtypisierung und Vererbung . . . . .  | 96  |
| 5.2.3   | Objektidentität . . . . .                                                  | 99  |
| 5.2.4   | Dynamische Bindung von Selbstnachrichten . . . . .                         | 100 |
| 5.3     | Logikbasierte Programmierung . . . . .                                     | 102 |
| 5.4     | Programmierung im Großen . . . . .                                         | 105 |
| 5.4.1   | Module, Schnittstellen und Importbeziehungen . . . . .                     | 106 |
| 5.4.2   | Typbindungen in Signaturen . . . . .                                       | 109 |
| 5.4.3   | Bindung an externe Funktionen . . . . .                                    | 111 |
| 5.4.4   | Ein Persistenzmodell für TL . . . . .                                      | 113 |
| 6       | Definition der statischen TL Sprachsemantik . . . . .                      | 117 |
| 6.1     | Zur Formalisierung der TL Sprachdefinition . . . . .                       | 117 |
| 6.2     | Konsistenzbedingungen auf TL Programmen . . . . .                          | 120 |
| 6.3     | Normalisierung von TL Programmen . . . . .                                 | 121 |
| 6.4     | Die abstrakte Syntax für TL . . . . .                                      | 123 |
| 6.5     | Überblick über die verwendeten Notationen . . . . .                        | 127 |
| 6.5.1   | Substitutionen . . . . .                                                   | 130 |
| 6.5.2   | Qualifizierte Typvariablen . . . . .                                       | 131 |
| 6.5.3   | Kontraktive Typen . . . . .                                                | 131 |
| 6.6     | Ausgewählte Beispiele und Diskussion der TL Typregeln . . . . .            | 132 |
| 6.7     | Sichtbarkeitsregeln in de Bruijn Notation . . . . .                        | 138 |
| 6.8     | Ein Algorithmus zur Typüberprüfung . . . . .                               | 142 |

|       |                                                                       |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 7     | Eine portable untypisierte Zwischensprache . . . . .                  | 147 |
| 7.1   | Überblick über das TML Maschinenmodell . . . . .                      | 148 |
| 7.2   | Syntaktische Objekte in TML . . . . .                                 | 150 |
| 7.3   | Semantische Objekte und Objektspeicherstrukturen . . . . .            | 152 |
| 7.4   | Strukturelle operationale Semantik von TML . . . . .                  | 154 |
| 7.5   | Transformation von TL Termen in TML Terme . . . . .                   | 159 |
| 7.5.1 | Variablenallokation . . . . .                                         | 159 |
| 7.5.2 | Übersetzung von Ausdrücken . . . . .                                  | 163 |
| 7.6   | Eine portable Abstrakte Maschine für TML . . . . .                    | 164 |
| 7.7   | Übersetzung von TML Termen in Maschinenkode . . . . .                 | 167 |
| 8     | Eine modellunabhängige Objektspeicherschnittstelle . . . . .          | 171 |
| 8.1   | Portable Datenrepräsentation . . . . .                                | 171 |
| 8.2   | Portable Programmrepräsentation . . . . .                             | 174 |
| 8.3   | Interaktion zwischen TML Evaluatoren und dem Objektspeicher . . . . . | 174 |
| 9     | Innovative Tycoon Bibliotheksabstraktionen . . . . .                  | 177 |
| 9.1   | Iterationsabstraktion über generalisierte Massendaten . . . . .       | 177 |
| 9.2   | Transaktionale Datenbankprogrammierung . . . . .                      | 180 |
| 9.3   | Direkte graphische Manipulation komplexer Objekte . . . . .           | 182 |
| 9.4   | Eine strikt typisierte generische SQL Schnittstelle . . . . .         | 184 |
| 9.5   | Benutzerdefinierte Grammatiken . . . . .                              | 185 |
| 9.6   | Implementierung der Tycoon Sprachprozessoren . . . . .                | 187 |
| A     | Die Programmiersprache TL . . . . .                                   | 191 |
| A.1   | Syntaktische Konventionen . . . . .                                   | 191 |
| A.2   | Symbole . . . . .                                                     | 191 |
| A.3   | Reservierte Schlüsselworte . . . . .                                  | 193 |
| A.4   | Produktionen . . . . .                                                | 193 |
| A.4.1 | Kompilationseinheiten . . . . .                                       | 193 |
| A.4.2 | Bindungen . . . . .                                                   | 193 |
| A.4.3 | Werte . . . . .                                                       | 194 |
| A.4.4 | Signaturen . . . . .                                                  | 195 |
| A.4.5 | Typen . . . . .                                                       | 195 |
| A.4.6 | Bezeichner . . . . .                                                  | 195 |
| A.5   | Die TL Typregeln . . . . .                                            | 196 |
| A.5.1 | Wohlgeformte Signaturen . . . . .                                     | 196 |
| A.5.2 | Wohlgeformte Typen . . . . .                                          | 197 |
| A.5.3 | Wert- und Typsignaturen . . . . .                                     | 197 |
| A.5.4 | Subsignaturen . . . . .                                               | 198 |
| A.5.5 | Subtypen . . . . .                                                    | 198 |
| A.5.6 | Signaturen von Bindungen . . . . .                                    | 200 |
| A.5.7 | Typen von Werten . . . . .                                            | 201 |
| A.5.8 | Restriktionen . . . . .                                               | 203 |
| B     | Ausgewählte Schnittstellen der Tycoon Standardbibliothek . . . . .    | 205 |

|     |                                                      |     |
|-----|------------------------------------------------------|-----|
| C   | Die Tycoon Maschine                                  | 217 |
| C.1 | Datenrepräsentation (Modul "data")                   | 217 |
| C.2 | Programmrepräsentation (Modul "code")                | 218 |
| C.3 | Objektspeicherschnittstelle (Modul "store")          | 221 |
| C.4 | Evaluatoren und Evaluationszustände (Modul "thread") | 225 |
|     | Literaturverzeichnis                                 | 227 |