

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Motivation</b> .....	<b>1</b>
1.1	Grundlegende Begriffe .....	1
1.2	Aufgaben eines Datenbanksystems .....	4
1.3	Akteure in Datenbanksystemen .....	5
1.4	Historie von Datenbanksystemen .....	6
1.5	Evolution von Datenmodellen .....	7
1.6	Anwendungen von Datenbanksystemen .....	9
1.7	Objektrelationale Datenbanksysteme .....	11
1.8	Objektrelationale Konzepte .....	11
1.9	Beispielanwendung .....	16
1.10	Gliederung des Buches .....	19
<b>2</b>	<b>Architektur von Datenbanksystemen</b> .....	<b>23</b>
2.1	Anforderungen .....	23
2.2	Schichtenarchitektur .....	27
2.3	Komponenten eines DBMS .....	29
2.4	Client/Server-Architekturen .....	31
2.5	Erweiterbare Architekturen .....	35
2.6	Architekturen für Datenbankanwendungen .....	38
2.7	Schnittstellen zu DBMS .....	41
2.8	Literaturhinweise .....	42
2.9	Übungsaufgaben .....	42
<b>3</b>	<b>Evolution von Datenmodellen</b> .....	<b>43</b>
3.1	Grundkonzepte von Datenmodellen .....	45
3.1.1	Komplexe Werte .....	46
3.1.2	Objekte und Referenzen .....	52
3.2	Relationenmodell und Erweiterungen .....	55
3.2.1	Das Grundmodell .....	55
3.2.2	SQL-92-Datenmodell .....	57
3.2.3	NF2-Modell .....	59
3.2.4	Komplex-Objekt-Modell .....	64
3.2.5	Erweitertes NF2-Modell .....	65

3.3	Objektmodelle .....	66
3.3.1	Basisobjektmodell .....	66
3.3.2	ODMG-Modell .....	73
3.3.3	UML-Modell .....	78
3.4	Semistrukturierte Datenmodelle .....	86
3.4.1	Merkmale semistrukturierter Datenmodelle .....	87
3.4.2	Modelle für semistrukturierte Daten .....	87
3.4.3	XML-Datenmodell .....	89
3.5	Abschließende Bemerkungen .....	94
3.6	Literaturhinweise .....	97
3.7	Übungsaufgaben .....	97
<b>4</b>	<b>Objektrelationale Konzepte .....</b>	<b>99</b>
4.1	Objektrelationales Typsystem .....	99
4.1.1	Basisdatentypen .....	100
4.1.2	Typumwandlungen und benutzerdefinierte Casts .....	101
4.1.3	Typkonstruktoren .....	103
4.1.4	Benutzerdefinierte Datentypen .....	106
4.1.5	Distinct-Typen .....	108
4.1.6	Strukturdatentypen .....	109
4.1.7	Typhierarchien .....	111
4.1.8	Methoden .....	114
4.1.9	Objektidentifikatoren und Referenzen .....	117
4.1.10	Benutzerdefinierte Ordnungen .....	120
4.2	Objektrelationale Tabellen .....	120
4.2.1	Tupeltabellen .....	122
4.2.2	Typisierte Tabellen .....	123
4.2.3	Tabellenhierarchien .....	126
4.3	Objektrelationale Sichten .....	129
4.3.1	Tupelsichten .....	130
4.3.2	Typisierte Sichten .....	131
4.3.3	Sichtenhierarchien .....	133
4.4	Weitere Konzepte .....	134
4.4.1	Benutzerdefinierte Prozeduren und Funktionen .....	134
4.4.2	Trigger .....	136
4.5	Abschließende Bemerkungen .....	136
4.6	Literaturhinweise .....	139
4.7	Übungsaufgaben .....	140
<b>5</b>	<b>Objektrelationales SQL .....</b>	<b>141</b>
5.1	Objektrelationales Typsystem .....	141
5.1.1	Basisdatentypen .....	142
5.1.2	Tupeltypkonstruktor .....	147

5.1.3	Arraytypkonstruktor .....	148
5.1.4	Multimengentypkonstruktor .....	149
5.1.5	Referenztypkonstruktor .....	151
5.2	Datendefinition .....	152
5.2.1	Distinct-Typen .....	152
5.2.2	Strukturierte Typen und Typhierarchien .....	153
5.2.3	Tupeltabellen .....	158
5.2.4	Tupelsichten .....	160
5.2.5	Typisierte Tabellen und Tabellenhierarchien .....	160
5.2.6	Typisierte Sichten und Sichtenhierarchien .....	164
5.2.7	Benutzerdefinierte Routinen .....	168
5.2.8	Benutzerdefinierte Konstruktoren .....	173
5.2.9	Trigger .....	175
5.2.10	Benutzerdefinierte Casts .....	176
5.2.11	Benutzerdefinierte Ordnungen .....	177
5.3	Anfragen .....	179
5.3.1	Anfragespezifikation .....	179
5.3.2	Verbundoperatoren .....	183
5.3.3	Mengenoperatoren .....	185
5.3.4	Sortierung .....	185
5.3.5	Navigierende Anfragen .....	187
5.3.6	Anfragen mit Methodenaufrufen .....	187
5.3.7	Anfragen auf Kollektionen .....	188
5.3.8	Anfragen auf flachen Tabellenextensionen .....	189
5.3.9	Typspezifische Anfragen .....	189
5.3.10	Anfragen mit temporärer Typanpassung .....	190
5.3.11	Anfragen auf Tabellenfunktionen .....	191
5.3.12	Rekursive Anfragen .....	191
5.4	Datenmanipulation .....	192
5.4.1	Einfügen von Tabellenzeilen .....	193
5.4.2	Ändern von Tabellenspaltenwerten .....	194
5.4.3	Löschen von Tabellenzeilen .....	197
5.5	Schemamanipulation .....	198
5.6	Abschließende Bemerkungen .....	200
5.7	Literaturhinweise .....	204
5.8	Übungsaufgaben .....	205
<b>6</b>	<b>Objektrelationaler Datenbankentwurf .....</b>	<b>209</b>
6.1	Aspekte des Datenbankentwurfs .....	209
6.2	Anforderungsanalyse .....	211
6.3	Konzeptioneller Entwurf mit UML .....	212
6.3.1	Entwurf von Klassen .....	213
6.3.2	Entwurf von Assoziationen .....	216

6.3.3	Entwurf von Spezialisierungshierarchien	219
6.3.4	Generierung von Spezialisierungshierarchien	228
6.4	Logischer Entwurf mit objektrelationalem SQL	234
6.4.1	Abbildung von Klassen	234
6.4.2	Abbildung von Assoziationen	237
6.4.3	Abbildung von Spezialisierungshierarchien	241
6.4.4	Abbildung von abstrakten Klassen	246
6.5	Normalisierung	246
6.5.1	Anomalien	247
6.5.2	Funktionale Abhängigkeiten und Normalformen	248
6.6	Abschließende Bemerkungen	258
6.7	Literaturhinweise	259
6.8	Übungsaufgaben	259
<b>7</b>	<b>Relationale Umsetzung objektrelationaler Konzepte</b>	<b>261</b>
7.1	Umsetzung von Objektidentifikatoren und Referenzen	261
7.2	Umsetzung von Kollektionen	267
7.2.1	Kollektionstabellenansatz	267
7.2.2	Kollektionsspaltenansatz	275
7.3	Umsetzung von Spezialisierungshierarchien	280
7.3.1	Virtuelle Fragmentierung	281
7.3.2	Vertikale Fragmentierung	287
7.3.3	Horizontale Fragmentierung	292
7.3.4	Unterstützung von Anfragen	297
7.3.5	Unterstützung von Schemamanipulationen	305
7.3.6	Gegenüberstellung der Fragmentierungsarten	308
7.4	Umsetzung von Objektverhalten	310
7.5	Abschließende Bemerkungen	312
7.6	Literaturhinweise	314
7.7	Übungsaufgaben	315
<b>8</b>	<b>Objektrelationale Datenbankprogrammierung</b>	<b>317</b>
8.1	JDBC: Dynamische SQL-Einbettung in Java	318
8.1.1	Registrierung von JDBC-Treibern	320
8.1.2	Aufbau einer Datenbankverbindung	320
8.1.3	Senden von SQL-Anweisungen	321
8.1.4	Verarbeitung von Anfrageergebnissen	325
8.1.5	Fehlerbehandlung	329
8.1.6	Transaktionsanweisungen	330
8.1.7	Verarbeitung von SQL-LOBs	331
8.1.8	Verarbeitung von SQL-Arrays	333
8.1.9	Verarbeitung von SQL-Referenz	336
8.1.10	Verarbeitung von SQL-Tupeln	338

8.1.11	Verarbeitung von Instanzen benutzerdefinierter Typen . . .	340
8.1.12	Benutzerdefinierte Typabbildung . . . . .	341
8.2	SQLJ: Statische SQL-Einbettung in Java . . . . .	349
8.2.1	Architektur von SQLJ . . . . .	351
8.2.2	SQLJ-Anweisungen . . . . .	352
8.2.3	Hostvariablen und -ausdrücke . . . . .	354
8.2.4	Iteratoren . . . . .	355
8.2.5	Verbindungskontexte . . . . .	357
8.2.6	Ausführungskontexte . . . . .	359
8.2.7	Interoperation zwischen JDBC und SQLJ . . . . .	360
8.3	Abschließende Bemerkungen . . . . .	362
8.4	Literaturhinweise . . . . .	363
8.5	Übungsaufgaben . . . . .	363
<b>9</b>	<b>Interne Strukturen und Tuning . . . . .</b>	<b>365</b>
9.1	Speicherung . . . . .	365
9.1.1	Grundlagen der Speicherung . . . . .	365
9.1.2	Speicherung von LOBs . . . . .	368
9.1.3	Speicherung von OIDs und Referenzen . . . . .	371
9.1.4	Speicherung von Kollektionen . . . . .	371
9.1.5	Speicherung von Spezialisierungshierarchien . . . . .	373
9.2	Indexstrukturen . . . . .	375
9.2.1	Klassische Indexstrukturen . . . . .	376
9.2.2	Indexstrukturen für benutzerdefinierte Routinen . . . . .	380
9.2.3	Indexstrukturen für Referenzen . . . . .	382
9.2.4	Indexstrukturen für LOBs . . . . .	387
9.2.5	Indexstrukturen für Kollektionen . . . . .	388
9.2.6	Indexstrukturen für Spezialisierungshierarchien . . . . .	390
9.2.7	Indexstrukturen für benutzerdefinierte Typen . . . . .	392
9.3	Tuning der internen Strukturen . . . . .	393
9.4	Optimierung von Anfragen . . . . .	396
9.4.1	Motivation der Optimierung . . . . .	396
9.4.2	Phasen der Anfragebearbeitung . . . . .	397
9.4.3	Übersetzung und Sichtexpansion . . . . .	398
9.4.4	Logische Optimierung . . . . .	399
9.4.5	Effiziente Basisalgorithmen . . . . .	403
9.4.6	Kosten von Plänen . . . . .	406
9.4.7	Kostenbasierte Auswahl . . . . .	407
9.5	Abschließende Bemerkungen . . . . .	409
9.6	Literaturhinweise . . . . .	411
9.7	Übungsaufgaben . . . . .	412

<b>10</b>	<b>Erweiterbarkeit</b> .....	<b>413</b>
10.1	Der Begriff der Erweiterbarkeit .....	413
10.2	Erweiterbarkeit in Standard-SQL .....	414
10.2.1	Java-Methoden als externe Routinen .....	415
10.2.2	Java-Klassen als externe Datentypen .....	422
10.3	Erweiterbarkeit in kommerziellen ORDBMS .....	431
10.3.1	Informix DataBlades .....	431
10.3.2	Oracle Data Options .....	456
10.4	Abschließende Bemerkungen .....	463
10.5	Literaturhinweise .....	464
10.6	Übungsaufgaben .....	465
<b>11</b>	<b>XML und objektrelationale Datenbanken</b> .....	<b>467</b>
11.1	XML-Grundlagen .....	468
11.1.1	Struktur von XML-Dokumenten .....	468
11.1.2	Darstellung und Navigation in einem Dokumentbaum ...	471
11.1.3	Typisierung von XML-Dokumenten .....	475
11.2	Speicherung von XML-Dokumenten .....	480
11.2.1	Textbasierte Speicherung von XML-Dokumenten .....	481
11.2.2	Modellbasierte Speicherung von XML-Dokumenten .....	482
11.2.3	Strukturbasierte Speicherung von XML-Dokumenten .....	486
11.3	XML-Support in Oracle .....	493
11.3.1	Abbildung von XML auf Oracle-Datenbanken .....	493
11.3.2	Behandlung von XML-Schemata .....	494
11.3.3	Anfragen und Änderungen .....	498
11.3.4	XML-Sichten .....	503
11.3.5	Generierung von XML-Dokumenten .....	504
11.3.6	Indexierung .....	506
11.4	XML-Support in DB2 .....	508
11.4.1	Abbildung von XML auf DB2-Datenbanken .....	508
11.4.2	Abbildung von DB2-Datenbanken auf XML .....	518
11.4.3	Anfragen und Änderungen .....	521
11.4.4	Indexierung .....	522
11.5	Abschließende Bemerkungen .....	523
11.6	Literaturhinweise .....	524
11.7	Übungsaufgaben .....	525
<b>12</b>	<b>Resümee</b> .....	<b>527</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>529</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>531</b>
	<b>Index</b> .....	<b>539</b>