

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	19
Datenbankanwendungen und Beispiele	21
Ein Lehrbuch über Datenbanksysteme	21
Mögliche Lehrpläne	22
Anwendungsprogrammierung für Datenbanken in Java	24
Zusätzliches Material	25
Anmerkung des Übersetzers	26
Danksagungen	26
Über den Autor	27
1 Informationsmanagement und Datenbanksysteme	29
1.1 Die wirtschaftliche Bedeutung von Datenbanken	30
1.2 Wie Datenbanken Informationen darstellen	32
1.3 Die Menschen im Umfeld der Datenbanksysteme	35
1.4 Informationsmanagement	36
1.4.1 Die Unabhängigkeit von Programmen und Daten	36
1.4.2 Zugriffsverwaltung, Sicherheit und Zuverlässigkeit	39
1.5 Datenbanken und das World Wide Web	39
1.6 Begriffe und Architekturen	40
1.6.1 Datenmodelle	41
1.6.2 Schemata und Instanzen	42
1.6.3 Die Ebenen der Datenbankschemata	44
1.6.4 Datenbanksprachen	45
1.6.5 Abfrageoperationen	46
1.7 Die Phasen im Lebenszyklus eines Informationssystems	47
1.8 Die Geschichte der Datenbanksysteme	48
1.8.1 Zusammenfassung	50
1.8.2 Schlüsselbegriffe	51
1.9 Übungen	53
1.10 Literatur	55

Teil I: Informationsmodelle und relationale Datenbanken	57
2 Darstellen von Informationen durch Datenmodelle	59
2.1 Erkennen und Spezifizieren der Anforderungen	60
2.2 Das Ordnen von Informationen	61
2.3 Entity-Relationship-Modellierung	63
2.3.1 Entitätsklassen und Attribute	63
2.3.2 Instanzen von Entitäten und Attributwerte	68
2.3.3 Beziehungstypen und Instanzen	70
2.3.4 Beziehungen sind keine Attribute	71
2.3.5 Einschränkungen für Beziehungen	72
2.3.6 Beziehungen höheren Grades	75
2.4 Entity-Relationship-Diagramme	75
2.5 Ein ER-Modell für BigHit Video	80
2.5.1 Aufzeichnen der Entleihvorgänge	81
2.5.2 Die Rollen der Mitarbeiter und ihre Kardinalitäten	84
2.5.3 Einkaufsbestellungen und die Bedeutung von Videotape	85
2.5.4 Mitarbeiter, Stempelkarten und Gehälter	87
2.5.5 Zusammenfassung	88
2.5.6 Schlüsselbegriffe	89
2.6 Übungen	91
2.7 Literatur	95
3 Erweiterte Datenmodelle	97
3.1 ER-Modellierung	97
3.1.1 Vererbung und Klassenhierarchien	97
3.1.2 Einschränkungen und Merkmale von Spezialisierungshierarchien	101
3.1.3 Modellieren von Vereinigungen mit Hilfe von Kategorien	102
3.2 Objektorientierte Datenmodellierung	103
3.2.1 Darstellen von Entitätsklassen als Schnittstellen	104
3.2.2 Festlegen von Beziehungstypen	105
3.2.3 Unterklassen und Vererbung	106
3.3 Ein objektorientiertes Modell für BigHit Video	107

Inhaltsverzeichnis

3.4	Zusammenfassung	108
3.5	Schlüsselbegriffe	109
3.6	Übungen	110
3.7	Literatur	112
4	Das relationale Datenmodell	113
4.1	Einführung in das relationale Modell	114
4.2	Relationsschemata	115
4.2.1	Darstellen von Entitätsklassen als Relationsschemata	116
4.2.2	Die Wertebereiche atomarer Attribute	116
4.2.3	Darstellen von Beziehungen als Attribute	120
4.2.4	Darstellen von Beziehungen als Tabellen	123
4.2.5	Darstellen von Beziehungen durch das Zusammenführen von Entitäten	124
4.2.6	Darstellen von schwachen Entitätsklassen	125
4.2.7	Darstellen einer einfachen Spezialisierungshierarchie als Tabellen	126
4.2.8	Darstellen komplexerer Spezialisierungen und Generalisierungen als Tabellen	128
4.2.9	Darstellen von Kategorien	129
4.3	Übersetzung des ER-Modells in Relationsschemata	131
4.3.1	Starke Entitätsklassen	131
4.3.2	Zusammengesetzte Attribute	131
4.3.3	1:M-Beziehungen	132
4.3.4	1:1-Beziehungen	132
4.3.5	M:N-Beziehungen	132
4.3.6	Schwache Entitätsklassen	133
4.3.7	Spezialisierung und Generalisierung	133
4.3.8	Kategorien	134
4.3.9	Mehrwertige Attribute	135
4.4	Aufbau von Datenbanken in Microsoft Access	135
4.5	Zusammenfassung	137
4.6	Schlüsselbegriffe	139
4.7	Übungen	139
4.8	Literatur	141

5	Qualitative Verbesserungen im Datenbankdesign	143
5.1	Funktionale Abhängigkeiten zwischen Attributen	145
5.1.1	Superschlüssel und Schlüssel	147
5.1.2	Ableiten funktionaler Abhängigkeiten	148
5.1.3	Bestimmen der Schlüssel aus den funktionalen Abhängigkeiten	150
5.2	Normalformen	151
5.2.1	Die erste Normalform: atomare Attribute	153
5.2.2	Die zweite Normalform: keine partiellen Schlüsselabhängigkeiten	153
5.2.3	Die dritte Normalform: keine transitiven Abhängigkeiten	155
5.2.4	Die Boyce-Codd-Normalform: keine Nichtschlüsselabhängigkeiten	157
5.2.5	Weitere Abhängigkeiten und Normalformen	159
5.3	Beispiele für die Normalisierung	160
5.3.1	Kfz-Zulassung	160
5.3.2	Der Umgang mit Abhängigkeiten	162
5.3.3	Ein formales Beispiel	164
5.4	Referenzielle Integrität und andere Einschränkungen	166
5.5	Zusammenfassung	167
5.6	Schlüsselbegriffe	168
5.7	Übungen	169
5.8	Literatur	171
Teil II:	Das Bearbeiten von relationalen Daten	173
6	Techniken für die Bearbeitung von relationalen Daten	175
6.1	Bearbeiten von Informationen mit Hilfe der relationalen Algebra	176
6.1.1	Der Auswahloperator	180
6.1.2	Der Projektionsoperator	181
6.1.3	Mengenoperatoren	181
6.1.4	Verknüpfungs- und Produktoperatoren	183
6.1.5	Kombinationen von relationalen Operatoren	186
6.1.6	Zuweisungen und Umbenennungen in der relationalen Algebra	187

Inhaltsverzeichnis

6.1.7	Weitere relationale Operatoren	188
6.1.8	Die algebraische Bearbeitung relationaler Ausdrücke	190
6.2	Beschreiben von Abfragen im relationalen Kalkül	191
6.3	Definieren von Abfragen mit QBE und Microsoft Access	192
6.4	Zusammenfassung	195
6.5	Schlüsselbegriffe	196
6.6	Übungen	198
6.7	Literatur	203
7	Structured Query Language (SQL)	205
7.1	Verwenden der Auswahlanweisungen von SQL für Abfragen	206
7.1.1	Die einfachsten Auswahlanweisungen	206
7.1.2	Einfache Verknüpfungsabfragen	208
7.1.3	Abfragen mit mehreren relationalen Operatoren	210
7.1.4	Teilketten und Anordnung	211
7.1.5	Ausdrücke, Literale und Aggregate	212
7.1.6	Die Klauseln group by und having	214
7.1.7	Verschachtelte Auswahlanweisungen	217
7.1.8	Mengenoperationen	218
7.2	Verändern des Datenbankinhalts mit SQL	220
7.2.1	Einfüganweisungen	220
7.2.2	Aktualisierungsanweisungen	222
7.2.3	Löschanweisungen	223
7.3	Erstellen und Bearbeiten von Schemata mit SQL	223
7.3.1	Spezifizieren der Attribute und ihres Typs	223
7.3.2	Spezifizieren der Bedingungen für Schlüssel und Fremdschlüssel	225
7.3.3	Vorgabewerte, Null-Werte und Bedingungen	226
7.3.4	Schemata und Kataloge	227
7.3.5	Die Anweisung drop table	227
7.3.6	Weitere SQL-Anweisungen	227
7.4	Zusammenfassung	228
7.5	Schlüsselbegriffe	229
7.6	Übungen	230
7.7	Literatur	232

Teil III: Datenbank Anwendungen im World Wide Web	233
8 Anwendungsprogrammierung für relationale Datenbanken	235
8.1 Ein Überblick über die Programmierung von Datenbank Anwendungen	236
8.1.1 Client/Server-Architekturen für Informationssysteme	236
8.1.2 Datenbankinteraktionen mit Microsoft Access	238
8.1.3 Datenbankinteraktion in Java	241
8.1.4 Datenbankinteraktion mit Embedded SQL	242
8.2 JDBC-Pakete und Datenbankverbindungen	243
8.3 Datenbankverbindungen mit JDBC	246
8.3.1 JDBC-Treiber und Treiber-Manager	246
8.3.2 Verbindungen	247
8.3.3 Anweisungen	248
8.3.4 Metadaten	249
8.4 Datenbankverbindungen mit Hilfe der Klasse DBConnect	249
8.5 Ausführen von Select-Anweisungen	251
8.5.1 Extrahieren und Bearbeiten der Metadaten von Resultsets	252
8.5.2 Verarbeiten der Ergebnisse von Select-Anweisungen	253
8.6 Eine einfache Java-SQL-Anwendung	254
8.7 Ausführen von Insert- und Update-Anweisungen	257
8.8 Ausführen von anderen Anweisungen	258
8.9 Eine Beispielanwendung für BigHit Video in Java	259
8.10 Die Benutzerschnittstellen von Microsoft Access	260
8.10.1 Zusammenfassung	264
8.10.2 Schlüsselbegriffe	265
8.10.3 Übungen	267
8.11 Literatur	270
9 Unterstützung für Datenbankinteraktionen im World Wide Web	271
9.1 Eine Einführung in HTML	272
9.1.1 Ein Beispiel für ein HTML-Dokument	273
9.1.2 Erweiterung von HTML mit neuen Tags	276
9.2 Aktive URLs und Formulare in HTML	277
9.2.1 Analyse eines HTML-Beispielformulars	277
9.2.2 Common Gateway Interface (CGI)	280

Inhaltsverzeichnis

9.2.3	Kodieren von CGI-Formulardaten	281
9.2.4	CGI-Eingabe	281
9.2.5	CGI-Ergebnisse	283
9.3	Generieren von HTML mit Hilfe von Java	283
9.3.1	Methoden zur Erstellung von HTML-Standardelementen	285
9.3.2	Methoden zum Erstellen von Formularen und Formularelementen	286
9.3.3	Methoden zum Erzeugen von HTML-Seiten aus Resultsets	292
9.4	Programmierung mit Java	294
9.4.1	Kodieren von Abfragezeichenketten und URLs	294
9.4.2	Dekodieren von Abfragezeichenketten	294
9.5	Java-Servlets	296
9.6	Servlet-Anwendungen für BigHit Video	299
9.6.1	Eine Strategie für die Verarbeitung von Anfragen	299
9.7	Zusammenfassung	301
9.8	Schlüsselbegriffe	302
9.9	Übungen	303
9.10	Literatur	305
10	Verbessern von objektorientierten Anwendungen durch JDBC	307
10.1	Transaktionen in JDBC	308
10.2	Vorbereitete und aufrufbare Anweisungen	310
10.3	Erweiterte Merkmale von JDBC	311
10.4	Resultsets in JDBC 2.0	312
10.4.1	Typen von Resultsets und Parallelverarbeitung	313
10.4.2	Erstellen von Resultsets mit besonderen Eigenschaften	315
10.4.3	Scrollen in Resultsets	318
10.4.4	Ändern der Datenbank mit Hilfe von Resultsets	318
10.5	Integrieren von Resultsets und HTML-Formularen	320
10.5.1	Ein Servlet zur Verarbeitung von Kundeneingaben	321
10.5.2	Verfolgen des Kontexts mit Hilfe von Servlet-Sitzungen	322
10.6	Zusammenfassung	324
10.7	Schlüsselbegriffe	325
10.8	Übungen	326
10.9	Literatur	327

Teil IV: Physische Merkmale von Datenbanken	329
11 Verwalten von Informationen in Dateien	331
11.1 Hardware-Charakteristika von Dateisystemen	332
11.1.1 Festplattenlaufwerke	334
11.1.2 Die Architektur der Hardware von Speichersystemen	335
11.1.3 Die Architektur der Software von Dateisystemen	337
11.2 Bearbeiten von Streams und Dateien in Java	341
11.2.1 Java-Klassen für die Ein- und Ausgabe	341
11.2.2 Die Klassen Reader und Writer	344
11.2.3 Dateiklassen	346
11.3 Methoden zur Darstellung von Werten in Streams	347
11.3.1 Längenbasierte Felder	347
11.3.2 Felder mit fester Länge	348
11.3.3 Bezeichnete Felder	348
11.4 Lesen und Schreiben von binären Werten mit Datenstreams	349
11.4.1 Die Portierbarkeit von Datenstreams	350
11.4.2 Eine Java-Klasse mit längenbasierten Feldern	351
11.4.3 Lesen und Schreiben von Objekten in Objektstreams	353
11.4.4 Vorteile und Grenzen von serialisierten Objekten	356
11.5 Darstellen von relationalen Tabellen als Dateien	357
11.6 Dateien aus Datensätzen	359
11.6.1 Organisieren von Datensätzen variabler Länge	360
11.6.2 Unterstützung für die Ein- und Ausgabe von Movie-Datensätzen	361
11.6.3 Allgemeine Unterstützung für die Ein- und Ausgabe von Datensätzen	362
11.7 Direkter Zugriff auf Datensätze über die Adresse	364
11.8 Aktualisieren und Löschen von Datensätzen	366
11.9 Zusammenfassung	367
11.10 Schlüsselbegriffe	369
11.11 Übungen	371
11.12 Literatur	374

12 Techniken für den verbesserten Zugriff auf Informationen anhand von Werten	375
12.1 Verwenden von Indizes für den Zugriff auf Datensätze anhand ihres Inhalts	376
12.1.1 Ein Index für eine Datei aus Movie-Datensätzen	377
12.1.2 Die Implementierung von einfachen Indizes und indizierten Dateien in Java	379
12.1.3 Grenzen des Einsatzes von einfachen Indizes	381
12.2 Sekundärindizes	382
12.2.1 Zuordnen von Nichtschlüselfeldern zu Primärschlüsseln	382
12.2.2 Unterstützung von unterschiedlichen Schlüsseltypen	383
12.2.3 Unterstützung von unterschiedlichen Schlüsseltypen	384
12.3 Indizes mit mehreren Ebenen und B+-Bäume	385
12.3.1 Darstellung eines Indexes als geordnete Liste von einfachen Indexdatensätzen	386
12.3.2 Indizes mit mehreren Ebenen	387
12.3.3 Definition und Leistung von B+-Bäumen	389
12.3.4 Einfügen und Löschen bei B+-Bäumen	390
12.3.5 Indizierte sequenzielle Dateien und B+-Bäume	393
12.4 Darstellen von Indizes durch Hashtabellen	397
12.4.1 Hashfunktionen	398
12.4.2 Einfügungen in Hashtabellen	399
12.4.3 Durchsuchen einer Hashtabelle	401
12.4.4 Hashtabellen zur Partitionierung	401
12.5 Festlegen der physischen Merkmale von Datenbanken	402
12.5.1 Organisieren von Datenbankdateien	402
12.5.2 Verwenden von SQL zum Erstellen von Indizes	404
12.6 Zusammenfassung	405
12.7 Schlüsselbegriffe	407
12.8 Übungen	409
12.9 Literatur	412

Teil V: Leistung und Zuverlässigkeit von relationalen Datenbanksystemen	413
13 Abfrageverarbeitung und -optimierung	415
13.1 Verarbeiten von Auswahlabfragen	416
13.1.1 Eine Auswahl aufgrund eines einzelnen Attributs	417
13.1.2 Eine Auswahl aufgrund von UND-Bedingungen	423
13.1.3 Eine Auswahl aufgrund von ODER-Bedingungen	426
13.2 Verarbeiten von Projektionsabfragen und Entfernen von Duplikaten	429
13.2.1 Entfernen von Duplikaten durch Sortierung	429
13.2.2 Entfernen von Duplikaten durch Anwenden einer Hashfunktion	430
13.3 Verarbeiten von Verknüpfungsabfragen	431
13.3.1 Die einfache Nested-Loops-Verknüpfung	431
13.3.2 Die Block-Nested-Loops-Verknüpfung	432
13.3.3 Die Indexed-Nested-Loops-Verknüpfung	433
13.3.4 Die Sort-Merge-Verknüpfung	435
13.3.5 Die Hashverknüpfung	436
13.3.6 Die linke, rechte und äußere Verknüpfung	437
13.4 Abfragepläne und Abfrageoptimierung bei komplexen relationalen Ausdrücken	438
13.4.1 Formulieren von relationalen Ausdrücken	438
13.4.2 Ausführen von Abfragen in Pipelines	441
13.4.3 Konstruieren von Abfrageplänen aus Ausdrücken	441
13.4.4 Abschätzen der Plankosten	442
13.5 Abfrageoptimierung und Datenbankanalyse bei Oracle8	443
13.6 Zusammenfassung	445
13.7 Schlüsselbegriffe	446
13.8 Übungen	448
13.9 Literatur	451
14 Transaktionsverarbeitung	453
14.1 Grundlegende Transaktionsverarbeitung	454
14.1.1 Die Aktionen einer Transaktion	455
14.1.2 Die Unteilbarkeit von Transaktionen	456
14.1.3 Gewährleisten der Konsistenz	459

Inhaltsverzeichnis

14.2	Parallele Transaktionsverarbeitung	462
14.2.1	Probleme bei nicht isolierten Transaktionen	463
14.2.2	Sperren zur Steuerung von Transaktionen	469
14.2.3	Deadlocks bei der Transaktionsverarbeitung	471
14.3	Wiederherstellbare Transaktionspläne	473
14.4	Serialisierbare Transaktionspläne	475
14.4.1	Erkennen von nicht serialisierbaren Plänen	477
14.4.2	Die Zwei-Phasen-Sperrung zur Gewährleistung der Serialisierbarkeit	477
14.4.3	Implizite Sperren in SQL	481
14.5	Zusammenfassung	483
14.6	Schlüsselbegriffe	485
14.7	Übungen	488
14.8	Literatur	491
15	Zuverlässigkeit und Sicherheit von Datenbankservern	493
15.1	Sicherung und Wiederherstellung nach Fehlern	494
15.1.1	Sicherungen und Prüfpunkte	496
15.1.2	Transaktionsprotokolle	497
15.1.3	Wiederherstellung durch erneute Verarbeitung	498
15.1.4	Wiederherstellung durch Rollforward	498
15.1.5	Wiederherstellung durch Rollback	499
15.1.6	Wiederherstellung nach einer Beschädigung des Datenträgers	500
15.1.7	Unterstützung für die automatische Wiederherstellung	500
15.2	Sicherheit von relationalen Datenbanksystemen	501
15.2.1	Benutzerautorisierung	502
15.2.2	Der Schutz von Datenbankobjekten	503
15.2.3	Überwachung der Datenbank	505
15.3	Gespeicherte Prozeduren und Funktionen	507
15.4	Verteilte Datenbanken	508
15.4.1	Die Grundlagen von verteilten Datenbanken	509
15.4.2	Die Unterstützung für verteilte Datenbanken in Oracle8	511
15.4.3	Verteilte Transaktionsverarbeitung	513
15.5	Zusammenfassung	514

Inhaltsverzeichnis

15.6	Schlüsselbegriffe	515
15.7	Übungen	517
15.8	Literatur	519
Teil VI: Objektorientierte und verteilte Informationssysteme		521
16 Entwickeln von objektorientierten verteilten Anwendungen		523
16.1	Erstellen von verteilten Anwendungen	524
16.1.1	Übertragen von Objekten zwischen verschiedenen Java-Programmen	525
16.1.2	Remote Method Invocation in Java	527
16.1.3	Die Verwendung von RMI in der Servlet-Anwendung	529
16.1.4	Ein Beispiel für die Ausführung von RMI	534
16.2	Enterprise JavaBeans	536
16.2.1	Anpassen der Klasse CustomerEditor an EJB	538
16.2.2	Die Weitergabe von EJB-Objekten auf Servern	539
16.2.3	Clientzugriff auf EJB-Objekte	541
16.2.4	Vorteile von EJB	541
16.3	Transaktionen in Java	543
16.3.1	Transaktionen in JDBC	543
16.3.2	Enterprise-Transaktionen in Java	545
16.4	Zusammenfassung	546
16.5	Schlüsselbegriffe	547
16.6	Übungen	549
16.7	Literatur	550
17 Darstellen von Informationen mit objektorientierten Datenmodellen		551
17.1	Darstellen von Informationen und Operationen im Datenmodell von Java	552
17.1.1	Darstellen von Schnittstellen und Attributen	552
17.1.2	Darstellen von Beziehungen	555
17.1.3	Definieren von Zugriffsmethoden für Attribute	556
17.1.4	Festlegen von Zugriffsmethoden für Beziehungen	558
17.1.5	Verwendung von inneren Klassen für Beziehungen	560
17.2	Die Java-Implementierung der Vererbung im konzeptuellen Modell	561

Inhaltsverzeichnis

17.2.1	Einfache Vererbung	562
17.2.2	Mehrfache Vererbung	563
17.3	Erstellung persistenter Objekte	566
17.3.1	Sammlungen von persistenten Objekten	568
17.3.2	Erstellen, Speichern und Wiederherstellen von Extent-Sammlungen	569
17.3.3	Unterhalten von Extent-Sammlungen	571
17.3.4	Welche Extents sollen erstellt und unterhalten werden?	572
17.3.5	Extents und Vererbung	573
17.4	Übersetzung des ER-Modells ins Objektmodell von Java	574
17.4.1	Entitätsklassen	574
17.4.2	Zusammengesetzte und mehrwertige Attribute	575
17.4.3	Zu-eins-Rollen in Beziehungen	575
17.4.4	Zu-viele-Rollen in Beziehungen	575
17.4.5	Vererbung	576
17.4.6	Definieren von Extents	576
17.4.7	Zugriffsmethoden	577
17.5	Verwenden von Java für die Fallstudie BigHit Video	577
17.6	Objektdatenbanken	579
17.6.1	ODMG-Objektmodelle	580
17.6.2	Die Persistenz in ODMG-Datenbanken	582
17.6.3	Verwalten der Verweise auf persistente Objekte	584
17.6.4	Object Query Language (OQL)	589
17.7	Objektrelationale Datenbanken	590
17.8	Zusammenfassung	592
17.9	Schlüsselbegriffe	594
17.10	Übungen	595
17.11	Literatur	597
18	Eine kurze Einführung in Java	599
A.1	Java und C++: Ähnlichkeiten und Unterschiede	600
A.1.1	String-Objekte in Java	600
A.1.2	Objekte und Objektvariablen in Java	601
A.1.3	Arrays in Java	603
A.1.4	Stilrichtlinien und Dokumentationen zu Java	605
A.1.5	Weitere Merkmale von Java	606

Inhaltsverzeichnis

A.1.6	In Java nicht mehr enthaltene Elemente von C++	608
A.2	Kompilierung und Ausführung	608
A.3	Pakete und Namen	609
A.3.1	Die Namen von Klassen und Methoden	610
A.3.2	Importieren von Namen	611
A.4	Die Hierarchie von Klassen und virtuellen Methoden	612
A.4.1	Vererbung	612
A.4.2	Virtuelle Methoden und Schnittstellen	612
A.4.3	Runtime-Typinformation	614
A.5	Ausnahmen und ihre Behandlung	615
A.5.1	Ausnahme-Handler: Die Anweisungen try, catch und finally	616
A.5.2	Deklarieren von Ausnahmen	617
A.5.3	Auslösen von Ausnahmen	618
A.5.4	Erstellen von Ausnahmeklassen	619
A.6	Anwendungsprogrammierschnittstellen (APIs)	620
A.6.1	Literatur	622
Literaturhinweise		623
Stichwortverzeichnis		631