

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	v
Vorwort	xiii
1 Was sind Datenbanken?	1
1.1 Warum Datenbanken?	1
1.2 Datenbanksysteme	3
1.3 Anforderungen: Die Codd'schen Regeln	6
1.4 DBMS-Architektur	8
1.5 Datenunabhängigkeit	10
1.6 Transaktionen	13
1.7 Konkrete Datenbankmanagementsysteme	14
1.8 Einsatzgebiete und Grenzen	15
1.9 Beispielanwendungen	16
1.10 Übersicht über die Kapitel des Buches	16
1.11 Übungsaufgaben	17
2 Relationale Datenbanken – Daten als Tabellen	19
2.1 Relationen für tabellarische Daten	20
2.2 Integritätsbedingungen: Schlüssel und Fremdschlüssel	21
2.3 Tabellendefinition in SQL	23
2.4 Anfrageoperationen auf Tabellen	25
2.4.1 Selektion σ	25
2.4.2 Projektion π	26
2.4.3 Natürlicher Verbund \bowtie	27
2.4.4 Umbenennung β	29
2.4.5 Mengenoperationen $\cup, \cap, -$	30
2.5 Anfragen in SQL	33
2.6 Änderungsoperationen in SQL	35
2.7 Zusammenfassung	36
2.8 Übungsaufgaben	36

3	Das Entity-Relationship-Modell	39
3.1	Eigenschaften von Datenbankmodellen	39
3.2	Einführung in das Entity-Relationship-Modell	40
3.2.1	Grundkonzepte	40
3.2.2	Ein einfaches Beispiel für ein ER-Schema	41
3.3	ER-Modellierungskonzepte	43
3.3.1	Wert und Attribut	43
3.3.2	Entity und Entity-Typ	44
3.3.3	Beziehung und Beziehungstyp	44
3.3.4	Identifizierung durch Schlüssel	45
3.4	Kardinalitäten	46
3.4.1	n:m-Beziehung	47
3.4.2	1:n-Beziehung	47
3.4.3	1:1-Beziehung	48
3.4.4	Optionale und zwingende Beziehungen	49
3.4.5	Abhängige Entity-Typen	49
3.4.6	Die IST-Beziehung	50
3.4.7	Alternative Notationen für Kardinalitäten	51
3.5	Zusammenfassung	53
3.6	Übungsaufgaben	54
4	Datenbankentwurf	57
4.1	Der Datenbankentwurfsprozess	57
4.1.1	Ziele des Datenbankentwurfs	57
4.1.2	Das Phasenmodell	58
4.2	Formalisierung des Relationenmodells	60
4.3	Logischer Datenbankentwurf: Abbildung auf Relationen	62
4.3.1	Übersicht über die Abbildungsregeln	64
4.3.2	Abbildung von Entity-Typen	64
4.3.3	Abbildung von Beziehungstypen	65
4.3.4	Abbildung eines abhängigen Entity-Typs	70
4.3.5	Abbildung der IST-Beziehung	71
4.3.6	Komplexere Beispiele	72
4.4	Zusammenfassung	75
4.5	Übungsaufgaben	76
5	Normalisierung für eine redundanzfreie Datenbank	79
5.1	Funktionale Abhängigkeiten	80
5.2	Schema-Eigenschaften	81
5.2.1	Update-Anomalien	82
5.2.2	Erste Normalform	83
5.2.3	Zweite Normalform	84
5.2.4	Dritte Normalform	85

5.2.5	Boyce-Codd-Normalform	88
5.2.6	Minimalität	88
5.3	Transformationseigenschaften	89
5.3.1	Abhängigkeitstreue	89
5.3.2	Verbundtreue	91
5.4	Mehrwertige Abhängigkeiten	92
5.4.1	Definition der mehrwertigen Abhängigkeit	93
5.4.2	Vierte Normalform	93
5.5	Zusammenfassung	95
5.6	Übungsaufgaben	96
6	Datendefinition und Updates in SQL	99
6.1	Datendefinition in SQL	99
6.1.1	Die create table-Klausel	100
6.1.2	Die create domain-Klausel	102
6.1.3	Die Klauseln alter und drop	103
6.2	Änderungsoperationen in SQL	103
6.2.1	Die insert-Klausel	104
6.2.2	Die update-Klausel	105
6.2.3	Die delete-Klausel	107
6.3	Zusammenfassung	108
6.4	Übungsaufgaben	108
7	Anfragen in SQL	109
7.1	Kriterien für Anfragesprachen	110
7.2	Der SFW-Block	111
7.3	Auswahl von Tabellen: Die from-Klausel	112
7.3.1	Kartesisches Produkt	112
7.3.2	Verbunde als explizite Operatoren	113
7.4	Projektionsattribute: Die select-Klausel	114
7.5	Selektionsbedingungen: Die where-Klausel	118
7.5.1	Verbundbedingung	118
7.5.2	Schachtelung von Anfragen	119
7.6	Mengenoperationen	120
7.7	Mächtigkeit des SQL-Kerns	123
7.8	Weitere Verbunde in SQL	124
7.8.1	Äußere Verbunde	124
7.8.2	Selbstverbunde	125
7.9	Weitere Selektionen in SQL	126
7.9.1	Bereichsselektion	126
7.9.2	Muster in Zeichenketten: Ungewissheitsselektion	127
7.9.3	Selektionen nach Nullwerten	128
7.9.4	Bedingungen mit Quantoren	129

7.9.5	exists-Prädikat	130
7.10	Skalare Ausdrücke: Funktionen zeilenweise	131
7.11	Aggregatfunktionen und Gruppierung: Funktionen spaltenweise	134
7.11.1	Aggregatfunktionen	134
7.11.2	Die group by- und having-Klausel	137
7.12	Sortierung mit der order by-Klausel	142
7.13	SQL-Standards und ihr Funktionsumfang	143
7.13.1	Teilsprachen von SQL	143
7.13.2	Entwicklung der SQL-Standards	145
7.14	Zusammenfassung	150
7.15	Übungsaufgaben	150
8	Sichten und Datenschutz	153
8.1	Sichten	153
8.1.1	Definition von Sichten	154
8.1.2	Definition von Sichten in SQL	155
8.1.3	Vorteile von Sichten	157
8.1.4	Probleme mit Sichten	158
8.1.5	Effektkonformität bei Updates auf Sichten	161
8.1.6	Behandlung von Sichten in SQL	165
8.2	Rechtevergabe und Zugriffskontrolle	167
8.2.1	Datensicherheit, Datenschutz, Integrität	168
8.2.2	Rechtevergabe in Datenbanksystemen	168
8.2.3	Rechtevergabe in SQL	169
8.2.4	Zurücknahme von Rechten	171
8.2.5	Authentifikation und Autorisierung	172
8.3	Datenschutz	173
8.3.1	Privatsphäre und Datenbanken	173
8.3.2	Statistische Auswertungen	174
8.3.3	Anonymisierung und Pseudonymisierung	176
8.3.4	Quasi-Identifizierer	178
8.3.5	Datensparsame Anfrageverarbeitung	180
8.4	Zusammenfassung	181
8.5	Übungsaufgaben	182
9	Integrität und Trigger	183
9.1	Integritätsbedingungen	184
9.1.1	Integritätsbedingungen in SQL	184
9.1.2	Die check-Klausel	186
9.1.3	Die assertion-Klausel	188
9.2	Trigger	190
9.2.1	Grundprinzipien von Triggern	190
9.2.2	Trigger in SQL	193

9.2.3	Integritätssicherung durch Trigger	194
9.3	Zusammenfassung	196
9.4	Übungsaufgaben	196
10	Arbeitsweise eines DBMS und Tuning	199
10.1	Schichten-Architektur für Datenbanken	199
10.2	Interne Datenstrukturen und Zugriffspfade	204
10.2.1	Organisation von Dateien	204
10.2.2	Dateiorganisationsformen	204
10.2.3	Indexdateien als Zugriffspfade	208
10.2.4	Weitere Unterstützungen des Zugriffs	212
10.2.5	Indexdateien in SQL: create index	216
10.2.6	Pufferverwaltung	217
10.3	Optimierung von Anfragen	217
10.3.1	Motivation der Optimierung	217
10.3.2	Phasen der Anfrageverarbeitung	218
10.3.3	Logische Optimierung	219
10.3.4	Interne Optimierung: Effiziente Basisalgorithmen	221
10.3.5	Kostenbasierte Auswahl	223
10.4	Transaktionen und Mehrbenutzerbetrieb	225
10.4.1	Motivation für Transaktionen	226
10.4.2	Eigenschaften von Transaktionen: Das ACID-Prinzip	227
10.4.3	Isolation im Mehrbenutzerbetrieb	228
10.4.4	Verfahren zur Synchronisation	229
10.4.5	Transaktionen in SQL	232
10.5	Datensicherheit: Recovery und Logbuch	234
10.5.1	Fehlerklassifikation	235
10.5.2	Aufbau des Logbuchs	238
10.5.3	Recovery: UNDO und REDO	239
10.6	Tuning von Datenbanksystemen	240
10.6.1	Tuning von Schemata	240
10.6.2	Tuning der internen Strukturen	241
10.6.3	Tuning von Anfragen und Transaktionen	242
10.6.4	Tuning-Werkzeuge in SQL-Systemen	244
10.7	Zusammenfassung	244
10.8	Übungsaufgaben	245
11	OLTP- und OLAP-Systeme	247
11.1	OLTP-Systeme	248
11.1.1	Anfragen in OLTP-Anwendungen	248
11.1.2	Transaktionen und Updates in OLTP-Anwendungen	249
11.2	OLAP-Systeme	249
11.2.1	Datenanalysen in OLAP-Anwendungen	250

11.2.2	Vergleich OLTP und OLAP	250
11.3	Data Warehouses und OLAP	252
11.3.1	Konzepte und Modelle für OLAP und Data Warehouses	252
11.3.2	Prinzipien von Data Warehouses und OLAP-Systemen	255
11.3.3	Data Warehouses und klassische Datenbanken	258
11.3.4	SQL-Unterstützung für Data Warehouses	261
11.4	Data Mining in Datenbanken	266
11.4.1	Data Mining im Vergleich zu OLAP	267
11.4.2	Mining-Probleme und -Verfahren	268
11.4.3	Data Mining in SQL	272
11.5	Zusammenfassung	273
11.6	Übungsaufgaben	274
12	Row und Column Stores, NoSQL und NewSQL	275
12.1	Einführung in Big Data	276
12.2	Speicherung und Verarbeitung von Tabellen	279
12.2.1	Zeilenorientierte Verarbeitung von Tabellen	279
12.2.2	Spaltenorientierte Analyse von Tabellen	280
12.2.3	Kompression von Spalten	282
12.3	Semistrukturierte Datenbankmodelle	283
12.4	NoSQL-Datenbankmodelle	285
12.4.1	Schlüssel-Wert-Paare	285
12.4.2	Wide Column	286
12.4.3	Dokumenten-Modell und JSON	287
12.5	NewSQL: SQL und JSON	288
12.6	Zusammenfassung	292
12.7	Übungsaufgaben	292
13	Ausblick	293
13.1	Objektorientiertes Datenbankmodell	294
13.2	Objektrelationales Datenbankmodell	296
13.2.1	Typkonstruktoren: row, array und multiset	297
13.2.2	Untertabellen und Untertypen	301
13.3	Multimediale Daten	304
13.3.1	Multimedia in Datenbanken	304
13.3.2	Der SQL/MM-Standard	306
13.3.3	Texte in Datenbanken: SQL/MM Full Text	307
13.3.4	Bilder in Datenbanken: SQL/MM Still Image	309
13.4	Verarbeitung von Big Data	310
13.4.1	Verteilte Datenbanken	310
13.4.2	Parallele Datenbanken	312
13.4.3	Big-Data-Frameworks	316

A Hotel-Beispiel	319
A.1 ER-Modellierung	319
A.2 Relationale Repräsentation	321
B Universitäts-Beispiel	323
B.1 ER-Modellierung	324
B.2 Relationale Repräsentation	326
B.3 Beispiel-Datenbank	328
Literaturverzeichnis	331
Sachindex	335