

Heide Faeskorn-Woyke  
Bir'9't Bertelsmeier  
Petra Riemer  
Elena Bauer

# Datenbanksysteme

Theorie und Praxis mit  
SQL2003, Oracle und MySQL



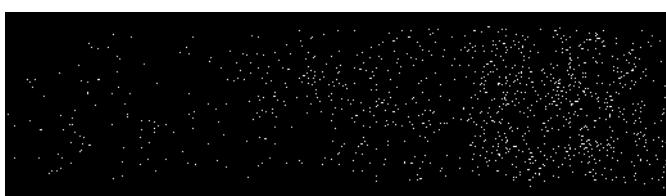
**PEARSON**

**Studium**



# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>13</b>
<b>Kapitel 1 Einführung in die Grundbegriffe der Datenbanken</b>	<b>17</b>
1.1 Weshalb brauchen wir Datenbanken? . . . . .	19
1.2 Datenbankgrundbegriffe . . . . .	21
1.3 Datenbankbeispiele . . . . .	23
1.4 Klassifizierung von Datenbanksystemen . . . . .	26
1.4.1 Klassifizierung nach Art der Anwendung . . . . .	27
1.4.2 Klassifizierung nach Art des Datenmodells . . . . .	29
1.5 Phasen in der Geschichte der Datenbanken . . . . .	33
1.6 Grundlegende Eigenschaften von Datenbanken . . . . .	35
1.7 Kategorien der Datenbankbenutzer . . . . .	38
1.7.1 Datenbankadministrator . . . . .	38
1.7.2 Datenbankentwickler . . . . .	40
1.7.3 Datenbankendbenutzer . . . . .	40
1.8 Datenbankarchitektur . . . . .	41
1.8.1 Datenbankarchitektur aus Systemsicht . . . . .	41
1.8.2 ANSI-3-Ebenen-Modell . . . . .	43
1.8.3 Sprachebenen und Sprachklassen . . . . .	46
1.9 Vergleich der Datenbanksysteme Oracle und MySQL . . . . .	47
1.9.1 Historische Entwicklung . . . . .	47
1.9.2 Marktübersicht . . . . .	48
1.9.3 Vergleichskriterien für Datenbanken . . . . .	50
Zusammenfassung . . . . .	58
Weiterführende Literatur . . . . .	58
Übungsaufgaben . . . . .	59
<b>Kapitel 2 Ein Phasenmodell der Datenbankentwicklung</b>	<b>61</b>
2.1 Einführung in das Phasenmodell . . . . .	63
2.2 Die Analysephase und der Datenbankentwurf . . . . .	64
2.2.1 Analysephase: Aufbau eines Lastenhefts . . . . .	65
2.2.2 Lastenheft zur Modellierung der Daten der Firma Byce & Co . . . . .	66
2.2.3 Vom Entwurf zur Implementierung: Wie erstellt man eine Datenbank? . . . . .	70
Zusammenfassung . . . . .	73
Weiterführende Literatur . . . . .	73
Übungsaufgaben . . . . .	74



<b>Kapitel 3</b>	<b>Das ER-Modell (Analysephase)</b>	<b>77</b>
1.1	Grundlegende Begriffe des ER-Modells . . . . .	79
3.1.1	Die grafischen Elemente des ER-Modells in der Krähenfußnotation . . . . .	81
3.1.2	Künstliche Schlüssel . . . . .	82
3.1.3	Checkliste zur Festlegung von Entity-Mengen . . . . .	84
3.2	Beziehungen im ER-Modell . . . . .	85
3.2.1	1:1-Beziehung als Beziehungsart . . . . .	86
3.2.2	1:n-Beziehung als Beziehungsart . . . . .	87
3.2.3	n:m-Beziehung als Beziehungsart . . . . .	87
3.2.4	Rekursive Beziehungen . . . . .	89
3.2.5	Erweiterungen der Beziehungsarten durch Optionalität . . . . .	89
3.2.6	Identifizierende und nicht identifizierende Beziehungen . . . . .	91
3.2.7	Ternäre Beziehungen . . . . .	93
3.2.8	Semantik von Beziehungen . . . . .	94
3.2.9	Checkliste zum Finden von Beziehungen . . . . .	97
3.3	Ergänzungen zum ER-Modell . . . . .	97
3.3.1	Aufbauschritte eines ER-Modells . . . . .	97
3.3.2	ER-Modell des Fahrradherstellers Byce & Co . . . . .	98
3.3.3	Andere Notationen von ER-Modellen . . . . .	103
3.4	Erweitertes Entity-Relationship-Modell (EERM) mit objektrelationaler Modellierung . . . . .	103
3.4.1	Unterschiede zwischen relationaler und objektorientierter Modellierung . . . . .	103
3.4.2	IS-A-Beziehungen und Vererbung . . . . .	106
3.4.3	Aggregation . . . . .	110
	Zusammenfassung . . . . .	111
	Weiterführende Literatur . . . . .	111
	Übungsaufgaben . . . . .	112
<b>Kapitel 4</b>	<b>Grundlagen des relationalen Modells (Entwurfsphase)</b>	<b>119</b>
4.1	Das relationale Datenmodell und die relationale Algebra . . . . .	121
4.1.1	Das Konzept des Datenmodells . . . . .	121
4.1.2	Das relationale Datenmodell . . . . .	122
4.1.3	Relationale Algebra . . . . .	125
4.2	Funktionale Abhängigkeiten, Schlüssel und Datenintegrität . . . . .	145
4.2.1	Funktionale Abhängigkeit . . . . .	145
4.2.2	Verschiedene Schlüsselbegriffe . . . . .	146
4.2.3	Datenintegrität . . . . .	149
4.3	Normalformen . . . . .	151
4.3.1	Die erste Normalform . . . . .	152
4.3.2	Die zweite Normalform . . . . .	154
4.3.3	Die dritte Normalform . . . . .	156
4.4	Von der Analyse zum Entwurf im relationalen Datenmodell . . . . .	159
4.4.1	Transformation des ER-Modells auf ein relationales Datenmodell..	161
4.4.2	Transformation des EERM auf ein relationales Datenmodell....	164
4.4.3	Das Datenbankschema der Beispieldatenbank Byce & Co . . . . .	166

4.5	Anfrageverarbeitung . . . . .	170
4.5.1	Programmiersprachen der dritten und vierten Generation . . . . .	170
4.5.2	Die Anfrageverarbeitung in einem RDBMS . . . . .	172
4.5.3	Anfrageoptimierung . . . . .	176
	Zusammenfassung . . . . .	181
	Weiterführende Literatur . . . . .	181
	Übungsaufgaben . . . . .	182
<b>Kapitel 5 Die Datenbanksprache SQL2003: relationale Bestandteile (Implementierungsphase)</b>		<b>191</b>
5.1	Einführung in SQL . . . . .	193
5.1.1	Historisches . . . . .	193
5.1.2	Das SQL-Datenmodell und die Implementierungsphase . . . . .	195
5.1.3	Konventionen zur Schreibweise von SQL-Befehlen . . . . .	196
5.2	Datentypen, Operatoren, Funktionen und Systemvariablen . . . . .	196
6.2.1	Datentypen . . . . .	196
5.2.2	Operatoren . . . . .	201
5.2.3	Funktionen . . . . .	203
5.2.4	Systemvariablen und Wildcards . . . . .	206
5.3	Die Datendefinitionssprache (DDL, Data Definition Language) . . . . .	208
5.3.1	Die CREATE TABLE-Anweisung . . . . .	208
5.3.2	Integritätsbedingungen in SQL . . . . .	210
5.3.2.1	Tabellen- und Spaltenbedingungen . . . . .	211
5.3.2.2	Domänenbedingungen . . . . .	214
5.3.2.3	ASSERTIONS . . . . .	214
5.3.3	Integritätsprüfung und Integritätsmonitor . . . . .	216
5.3.3.1	Integritätskonzept bei Oracle . . . . .	221
5.3.3.2	Integritätskonzept bei MySQL . . . . .	221
5.3.3.3	Nachteile kommerzieller Datenbanksysteme (Oracle, MySQL) . . . . .	225
5.3.4	Die CREATE INDEX-Anweisung . . . . .	225
5.3.5	Die Anweisungen CREATE VIEW und CREATE TABLE AS SELECT . . . . .	226
5.3.6	Die CREATE SEQUENCE-Anweisung . . . . .	230
5.3.7	Weitere CREATE-Anweisungen . . . . .	231
5.3.8	Die DROP-Anweisung . . . . .	232
5.3.9	Die RENAME-Anweisung . . . . .	233
5.3.10	Die ALTER TABLE-Anweisung . . . . .	233
5.3.11	Oracle-Besonderheiten in der SQL-DDL-Syntax . . . . .	235
5.3.12	MySQL-Besonderheiten in der SQL-DDL-Syntax . . . . .	236
5.4	Die Datenmanipulationssprache (DML, Data Manipulation Language) . . . . .	237
5.4.1	Die INSERT-Anweisung . . . . .	237
5.4.2	Die UPDATE-Anweisung . . . . .	238
5.4.3	Die DELETE-Anweisung . . . . .	239
5.4.4	Oracle-Besonderheiten in der SQL-DML-Syntax . . . . .	239
5.4.5	MySQL-Besonderheiten in der SQL-DML-Syntax . . . . .	240

5.5	Die Datenabfragesprache (DQL, Data Query Language) . . . . .	240
5.5.1	Die SELECT-Anweisung in der Grundform . . . . .	240
5.5.2	Spalten projizieren mit der SELECT-Klausel . . . . .	242
5.5.3	Daten aus (mehreren) Tabellen auswählen mit der FROM-Klausel . . . . .	243
5.5.4	Mehrere Tabellen mit JOIN-Operatoren abfragen . . . . .	244
5.5.5	Datensätze selektieren mit der WHERE-Klausel . . . . .	247
5.5.5.1	Einfache Vergleiche . . . . .	248
5.5.5.2	Logische Operatoren . . . . .	248
5.5.5.3	Der BETWEEN-Operator . . . . .	252
5.5.5.4	Der LIKE-Operator . . . . .	253
5.5.5.5	Der IN-Operator . . . . .	253
5.5.5.6	Das NULL-Prädikat . . . . .	254
5.5.6	SQL-Gruppenfunktionen . . . . .	254
5.5.7	Gruppierung mit den GROUP BY- und HAVING-Klauseln . . . . .	256
5.5.8	Sortieren mit der ORDER BY-Klausel . . . . .	260
* • 5.5.9	Unterabfragen in einer SELECT-Anweisung . . . . .	261
5.5.9.1	Die ANY I ALL-Bedingung . . . . .	261
5.5.9.2	Die IN-Bedingung . . . . .	263
5.5.9.3	Die EXISTS-Bedingung . . . . .	264
5.5.9.4	Unterabfragen in der FROM-Klausel . . . . .	265
5.5.9.5	Unterabfragen in der UPDATE-Anweisung . . . . .	265
5.5.9.6	Unterschiedliche SELECT-Abfragen mit dem gleichen Ergebnis . . . . .	266
5.5.10	Mengenoperationen auf Tabellen . . . . .	267
5.5.11	Anfrageausdruck mit WITH-Klausel . . . . .	268
5.5.12	SQL-Tuning-Maßnahmen von SELECT-Anweisungen . . . . .	270
5.5.13	Oracle-Besonderheiten in der SQL-DQL-Syntax . . . . .	272
5.5.13.1	Rekursivität in der SELECT-Anweisung . . . . .	272
5.5.13.2	Weitere Besonderheiten . . . . .	274
5.5.14	MySQL-Besonderheiten in der SQL-DQL-Syntax . . . . .	275
5.6	Die Datenadministrationssprache (DAL, Data Administration Language).. . . . .	275
5.6.1	Anlegen und Löschen von Benutzerrechten . . . . .	275
5.6.1.1	Die GRANT-Anweisung . . . . .	275
5.6.1.2	Die REVOKE-Anweisung . . . . .	276
5.6.1.3	Andere DAL-Anweisungen . . . . .	276
5.6.1.4	Oracle- und MySQL-Besonderheiten der DAL-Sprache . . . . .	276
5.7	SQL und die Objekte der Relationalen Algebra . . . . .	277
5.8	Data-Dictionarys . . . . .	279
5.8.1	Oracle-Dictionary . . . . .	279
5.8.2	MySQL: INFORMATION_SCHEMA . . . . .	281
	Zusammenfassung . . . . .	282
	Weiterführende Literatur . . . . .	282
	Übungsaufgaben . . . . .	283

Kapitel 6	Objektrelationale Erweiterungen von SQL2003	293
6.1	Objektrelationales SQL . . . . .	295
6.1.1	Anwendungsfelder objektrelationaler Datenbanken . . . . .	295
6.1.2	Basisdatentypen . . . . .	296
6.1.3	Objektrelationale Typkonstruktoren und Regeln . . . . .	297
6.1.4	Tupeltabellen . . . . .	298
6.1.5	Strukturierte Typen und Vererbung . . . . .	300
6.1.6	Typisierte Tabellen und Tabellenhierarchien . . . . .	302
6.1.7	Datenmanipulation mit INSERT, UPDATE und DELETE . . . . .	303
6.1.8	Objektrelationale Anfragen . . . . .	304
6.1.9	Objektrelationales SQL unter Oracle . . . . .	304
6.1.9.1	Basisdatentypen (LOB und XMLType) . . . . .	304
6.1.9.2	Objektrelationale Typkonstruktoren und Regeln . . . . .	305
6.1.9.3	Strukturierte Typen und Vererbung . . . . .	306
6.1.9.4	Typisierte Tabellen und Tabellenhierarchien . . . . .	309
6.1.9.5	Tupeltabellen . . . . .	311
6.1.9.6	Datenmanipulation mit INSERT, UPDATE und DELETE . . . . .	312
6.1.9.7	Objektrelationale Anfragen und SELECT-Anweisungen... . . . . .	313
6.1.10	Objektrelationales SQL unter MySQL . . . . .	315
6.1.11	Objektrelationale Abbildung . . . . .	316
6.1.11.1	Abbildung von OID-Spalten auf Primärschlüssel . . . . .	316
6.1.11.2	Abbildung von Kollektionen auf relationale Konstrukte . . . . .	317
6.1.11.3	Abbildung von Vererbungshierarchien auf relationale Konstrukte . . . . .	318
6.2	Objektrelationale Anwendungsprogrammierung: JDBC und SQLJ . . . . .	318
6.2.1	JDBC . . . . .	318
6.2.1.1	SQL/CLI - ein Standardisierungsvorhaben . . . . .	318
6.2.1.2	Sieben Schritte bei der Datenbankanbindung mit JDBC ... . . . . .	323
6.2.1.3	Statement-Arten in JDBC . . . . .	326
6.2.1.4	Verarbeitung der Ergebnismenge im ResultSet . . . . .	328
6.2.1.5	Transaktionsverwaltung . . . . .	330
6.2.1.6	Metadaten eines DBMS . . . . .	331
6.2.1.7	Ausnahmebehandlung in JDBC . . . . .	333
6.2.2	SQLJ . . . . .	333
6.2.2.1	SQLJ-Klauseln und HOST-Variablen (Part 0) . . . . .	334
6.2.2.2	Iteratoren (Part 0) . . . . .	336
6.2.2.3	Kontexte (Part 0) . . . . .	337
6.2.2.4	Gespeicherte Funktionen und Prozeduren (Part 1) . . . . .	338
6.2.2.5	Java-Klassen und SQL-Datentypen (Part 2) . . . . .	338
6.2.2.6	Vergleich von JDBC und SQLJ . . . . .	339
	Zusammenfassung . . . . .	341
	Weiterführende Literatur . . . . .	341
	Übungsaufgaben . . . . .	342

<b>Kapitel 7 Anwendungsprogrammierung in (objekt )relationilen Datenbanksystemen</b>	<b>J4.</b>
7.1 Die Datenbankprogrammiersprache Oracle-PL/SQL . . . . .	34H
7.1.1 Datentypen und andere Grundlagen . . . . .	349
7.1.2 PL/SQL-Blöcke . . . . .	351
7.1.2.1 Gespeicherte Routinen . . . . .	354
7.1.2.2 Pakete . . . . .	35Ö
7.1.3 Ablaufsteuerung und Kontrollstrukturen . . . . .	36. <sup>r</sup>
7.1.3.1 Bedingte Verzweigungen . . . . .	365
7.1.3.2 Schleifen . . . . .	36(
7.1.4 Datenbankzugriffe innerhalb von PL/SQL . . . . .	368
7.1.4.1 SQL-Anweisungen . . . . .	368
7.1.4.2 Das CURSOR-Konzept . . . . .	371
7.1.4.3 Dynamisches SQL mit Native Dynamic SQL (NDS) . . . . .	376
7.1.5 Fehlerbehandlung . . . . .	37S
7.2 Die Datenbankprogrammiersprache bei MySQL . . . . .	381.
7.2.1 Datentypen und andere Grundlagen . . . . .	383
7.2.2 MySQL-Routinen . . . . .	384
7.2.3 Ablaufsteuerung und Kontrollstrukturen . . . . .	389
7.2.4 Datenbankzugriffe innerhalb von MySQL . . . . .	391
7.2.5 Fehlerbehandlung . . . . .	39(
7.3 Aktive Datenbanksysteme . . . . .	398
7.3.1 Klassische Anwendungsfälle für aktive Regeln . . . . .	398
7.3.2 Theorie der ECMA-Regeln . . . . .	400
7.3.3 Trigger in SQL . . . . .	403
7.3.4 Trigger bei Oracle . . . . .	410
7.3.5 Trigger bei MySQL . . . . .	413
7.3.6 Ausführungsmodelle: ein Vergleich für SQL, Oracle, MySQL . . . . .	41f
7.3.7 Integritätsprüfung: ein Vergleich für SQL, Oracle, MySQL . . . . .	423
Zusammenfassung . . . . .	421
Weiterführende Literatur . . . . .	427
Übungsaufgaben . . . . .	428
<b>Kapitel 8 Transaktionen und verwandte Konzepte</b>	<b>437</b>
8.1 Motivation und Definition . . . . .	439
8.2 Integritätsprüfung in SQL . . . . .	443
8.3 Mehrbenutzerbetrieb . . . . .	44!)
8.3.1 Nebenläufigkeitskontrolle in Theorie und Praxis . . . . .	44f
8.3.2 Leseconsistenz in SQL . . . . .	451
8.4 Fehlererholung in Theorie und Praxis . . . . .	453
8.5 Transaktionen unter Oracle . . . . .	45f
8.6 Transaktionen unter MySQL . . . . .	459
Zusammenfassung . . . . .	463
Weiterführende Literatur . . . . .	463
Übungsaufgaben . . . . .	464

<b>Kapitel 9 Physische Speicherstrukturen</b>	<b>467</b>
9.1 Grundlagen . . . . .	469
9.2 Die Speicherstruktur HEAP . . . . .	469
9.3 Die Speicherstruktur ISAM . . . . .	470
9.4 Die B-Bäume. . . . .	473
9.4.1 B-Baum . . . . .	473
9.4.2 B <sup>+</sup> -Bäume . . . . .	478
9.5 Das Hash-Verfahren . . . . .	480
9.6 Vergleich der verschiedenen Speicherstrukturen . . . . .	482
9.7 Speicherstrukturen bei Oracle . . . . .	482
9.8 Speicherstrukturen bei MySQL . . . . .	484
Zusammenfassung . . . . .	486
Weiterführende Literatur . . . . .	486
Übungsaufgaben . . . . .	487
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>489</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>499</b>
<b>Register</b>	<b>501</b>