

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	13
Über die Autoren	19

## Teil 1 Grundkonzepte

21

<b>Kapitel 1 Datenbanken und Datenbanknutzer</b>	23
1.1 Einführung	24
1.2 Ein Beispiel	25
1.3 Merkmale des Datenbanksatzes	28
1.4 Akteure auf der Bühne	32
1.5 Akteure hinter der Bühne	34
1.6 Vorteile eines DBMS	35
1.7 Vorteile des Datenbankeinsatzes *	39
1.8 Wann ein DBMS nicht benutzt werden sollte	40
1.9 Zusammenfassung	41
<b>Kapitel 2 Datenbanksystemkonzepte und Architektur</b>	45
2.1 Datenmodelle, Schemas und Instanzen *	46
2.2 DBMS-Architektur und Datenunabhängigkeit	49
2.3 Datenbanksprachen und -schnittstellen	52
2.4 Die Datenbanksystemumgebung	55
2.5 Klassifikation von Datenbankmanagementsystemen	58
2.6 Zusammenfassung	60
<b>Kapitel 3 Datenmodellierung mit Hilfe des Entity-Relationship-Modells</b>	63
3.1 Verwendung konzeptueller Datenmodelle für den Datenbankentwurf *	64
3.2 Beispiel für eine Datenbankanwendung	66
3.3 Entitätstypen, Entitätsmengen, Attribute und Schlüssel *	68
3.4 Beziehungen, Beziehungstypen, Rollen und *	75
strukturelle Einschränkungen	
3.5 Schwache Entitätstypen	81
3.6 Verfeinerung des ER-Entwurfs der Datenbank FIRMA	82
3.7 ER-Diagramme, Namenskonventionen und Entwurfsfragen *	83
3.8 Zusammenfassung	88

<b>Kapitel 4 Erweitertes Entity-Relationship-Modell und Objektmodellierung</b>	97
4.1 Subklassen, Superklassen und Vererbung	98
4.2 Spezialisierung und Generalisierung	99
4.3 Einschränkungen und Merkmale von Spezialisierung und Generalisierung	103
4.4 Modellierung von UNION-Typen mittels Kategorien	110
4.5 Beispiel des EER-Schemas UNIVERSITY und formale Definitionen für das EER-Modell	113
4.6 Konzeptuelle Objektmodellierung mittels UML-Klassendiagrammen(*)	116
4.7 Beziehungstypen höheren Grades	119
4.8 Datenabstraktion und Wissensdarstellungskonzepte (*)	123
4.9 Zusammenfassung	128
<b>Kapitel 5 Datensatzspeicherung und primäre Dateilorganisation</b>	137
5.1 Einleitung	138
5.2 Sekundäre Speichergeräte	141
5.3 Parallelisierung des Plattenzugriffs mit Hilfe der RAID-Technologie	148
5.4 Zwischenspeicherung von Blöcken	153
5.5 Schreiben von Datensätzen auf Platte	154
5.6 Operationen auf Dateien	159
5.7 Dateien mit ungeordneten Datensätzen (Heap-Dateien)	162
5.8 Dateien mit geordneten Datensätzen (sortierte Dateien)	163
5.9 Hash-Techniken	166
5.10 Andere primäre Dateilorganisationen	175
5.11 Zusammenfassung	176
<b>Kapitel 6 Indexstrukturen für Dateien</b>	185
6.1 Einstufige geordnete Indextypen	186
6.2 Mehrstufige Indexe	195
6.3 B- und B <sup>+</sup> -Bäume	198
6.4 Indexe auf Mehrfachschlüssel	212
6.5 Andere Indexarten	216
6.6 Zusammenfassung	217

## **Teil 2 Das relationale Modell, seine Sprachen und Systeme**

**223**

<b>Kapitel 7 Das relationale Datenmodell, relationale Einschränkungen und relationale Algebra</b>	225
7.1 Konzepte des relationalen Modells *	226
7.2 Einschränkungen auf Datenbankschemas	232
7.3 Update-Operationen und Behandlung von Einschränkungsverletzungen	239
7.4 Relationale Algebra-Operationen	242
7.5 Weitere relationale Operationen	256
7.6 Beispiele von Anfragen in relationaler Algebra	260
7.7 Zusammenfassung	262

<b>Kapitel 8 SQL – der relationale Datenbankstandard</b> ✦	273
8.1 Datendefinition, Einschränkungen und Schemaänderungen in SQL2	274
8.2 Anfragen in SQL	281
8.3 Komplexe SQL-Anfragen	290
8.4 Insert-, Delete- und Update-Anweisungen in SQL	304
8.5 Views (virtuelle Tabellen) in SQL	307
8.6 Spezifikation allgemeiner Einschränkungen als Zusicherungen	311
8.7 Weitere SQL-Merkmale	312
8.8 Zusammenfassung	313
<b>Kapitel 9 Abbildung der ER- und EER-Modelle in das relationale Modell und andere relationale Sprachen</b>	319
9.1 Relationaler Datenbankentwurf ✦	320
9.2 Überführung von Konzepten des EER-Modells in Relationen	325
9.3 Das relationale Tupel-Kalkül	329
9.4 Das relationale Domänenkalkül	338
9.5 Übersicht über die Sprache QBE	341
9.6 Zusammenfassung	347
<b>Kapitel 10 Beispiele relationaler Datenbankmanagementsysteme: Oracle und Microsoft Access</b>	353
10.1 Relationale Datenbankmanagementsysteme: Rückblick	354
10.2 Die Grundstruktur des Oracle-Systems	355
10.3 Datenbankstruktur und -manipulation in Oracle	360
10.4 Speicherorganisation in Oracle	364
10.5 Programmierung von Oracle-Anwendungen	368
10.6 Oracle-Werkzeuge	374
10.7 Übersicht über Microsoft Access	375
10.8 Merkmale und Funktionen von Access	382
10.9 Zusammenfassung	386

### **Teil 3 Objektorientierte und erweiterte relationale Datenbanksysteme 387**

<b>Kapitel 11 Konzepte für objektorientierte Datenbanken</b>	389
11.1 Objektorientierte Konzepte: Übersicht ✦	391
11.2 Objektidentität, Objektstruktur und Typkonstruktoren	394
11.3 Kapselung von Operationen, Methoden und Persistenz	399
11.4 Typhierarchien und Vererbung	404
11.5 Komplexe Objekte	407
11.6 Weitere objektorientierte Konzepte	409
11.7 Zusammenfassung	413
<b>Kapitel 12 Objektdatenbanken: Standards, Sprachen und Entwurf</b>	417
12.1 Übersicht über das ODMG-Objektmodell	418
12.2 Die Objektdefinitionssprache (ODL)	431
12.3 Die Objktanfragesprache (OQL)	436
12.4 Übersicht über das C++-Binding	445
12.5 Konzeptueller Objektdatenbankentwurf	446

12.6 ODBMS-Beispiele	449
12.7 Übersicht über den CORBA-Standard	460
12.8 Zusammenfassung	463
<b>Kapitel 13 Objektrelationale und erweiterte relationale Datenbanksysteme</b>	<b>467</b>
13.1 Evolution und Trends der Datenbanktechnologie	468
13.2 Der Informix Universal Server	469
13.3 Objektrelationale Features in Oracle 8	480
13.4 Übersicht über SQL3	483
13.5 Implementierung und verwandte Themen über erweiterte Typsysteme	490
13.6 Das verschachtelte relationale Datenmodell	491
13.7 Zusammenfassung	494
<b>Teil 4 Methoden und Techniken des Datenbankentwurfs 497</b>	
<b>Kapitel 14 Funktionale Abhängigkeiten und Normalisierung</b>	<b>499</b>
14.1 Informelle Richtlinien für den Entwurf eines Relationsschemas *	501
14.2 Funktionale Abhängigkeiten *	510
14.3 Normalformen auf der Grundlage von Primärschlüsseln *	517
14.4 Allgemeine Definitionen der zweiten und dritten Normalformen *	525
14.5 Boyce-Codd-Normalform	528
14.6 Zusammenfassung	530
<b>Kapitel 15 Algorithmen für den relationalen Datenbankentwurf und weitere Abhängigkeiten</b>	<b>537</b>
15.1 Algorithmen für den Entwurf relationaler Datenbankschemas (*)	538
15.2 Mehrwertige Abhängigkeiten und vierte Normalform	550
15.3 JOIN-Abhängigkeiten und fünfte Normalform	555
15.4 Inklusionsabhängigkeiten	557
15.5 Weitere Abhängigkeiten und Normalformen	558
15.6 Zusammenfassung	560
<b>Kapitel 16 Datenbankentwurf und Tuning</b>	<b>565</b>
16.1 Die Rolle von Informationssystemen in Unternehmen *	566
16.2 Der Datenbankentwurfsprozess *	571
16.3 Physischer Datenbankentwurf in relationalen Datenbanken	591
16.4 Übersicht über das Datenbank-Tuning in relationalen Systemen	595
16.5 Entwurfsautomatisierungswerkzeuge *	601
16.6 Zusammenfassung	605

**Teil 5 Implementierung von Datenbanksystemen 609**

<b>Kapitel 17 Datenbanksystemarchitekturen und der Systemkatalog</b>	<b>611</b>
17.1 Systemarchitekturen für DBMS *	612
17.2 Kataloge für RDBMS	615
17.3 Systemkataloginformationen in Oracle	619

17.4	Andere Kataloginformationen, auf die DBMS-Softwarekomponenten zugreifen	623
17.5	Datenwörterbuch- und Daten-Repository-Systeme	624
17.6	Zusammenfassung	625
<b>Kapitel 18</b>	<b>Anfragenverarbeitung und -optimierung</b>	<b>629</b>
18.1	Übersetzung von SQL-Anfragen in relationale Algebra	631
18.2	Basisalgorithmen für die Ausführung von Anfrageoperationen	632
18.3	Verwendung von Heuristiken in der Anfrageoptimierung	648
18.4	Verwendung von Selektivität und Kostenschätzungen in der Anfragenoptimierung	659
18.5	Übersicht über die Anfragenoptimierung in Oracle	669
18.6	Semantische Anfragenoptimierung	670
18.7	Zusammenfassung	671
<b>Kapitel 19</b>	<b>Konzepte der Transaktionsverarbeitung</b>	<b>675</b>
19.1	Einführung in die Transaktionsverarbeitung	676
19.2	Transaktionen und Systemkonzepte	683
19.3	Wünschenswerte Eigenschaften von Transaktionen	687
19.4	Ausführungspläne und Fehlererholung	688
19.5	Serialisierbarkeit von Ausführungsplänen	691
19.6	Transaktionsunterstützung in SQL	702
19.7	Zusammenfassung	704
<b>Kapitel 20</b>	<b>Techniken zur Nebenläufigkeitskontrolle</b>	<b>709</b>
20.1	Sperrtechniken zur Nebenläufigkeitskontrolle	710
20.2	Nebenläufigkeitskontrolle durch Zeitstempelordnung	720
20.3	Multiversionstechniken für Nebenläufigkeitskontrolle	723
20.4	(Optimistische) Validierungstechniken für Nebenläufigkeitskontrolle	726
20.5	Granularität von Datenobjekten und mehrfache Granularitätssperre	728
20.6	Verwendung von Sperren für Nebenläufigkeitskontrolle mit Indexen	731
20.7	Weitere Fragen zur Nebenläufigkeitskontrolle	733
20.8	Zusammenfassung	735
<b>Kapitel 21</b>	<b>Techniken zur Fehlererholung</b>	<b>739</b>
21.1	Fehlererholungskonzepte	740
21.2	Fehlererholungstechniken mit Deferred Update	746
21.3	Fehlererholungstechniken mit Immediate Update	751
21.4	Schattenspeicherung	753
21.5	Der Fehlererholungsalgorithmus ARIES	755
21.6	Fehlererholung in Multidatenbanksystemen	758
21.7	Datenbanksicherung und Fehlererholung nach katastrophalen Fehlern	760
21.8	Zusammenfassung	760

<b>Kapitel 22 Datenbanksicherheit und Autorisierung</b>	767
22.1 Einführung in Datenbanksicherheitsaspekte	767
22.2 Zugriffskontrolle nach eigenem Ermessen durch Vergabe/Widerruf von Privilegien	771
22.3 Verbindlich vorgeschriebene Zugriffskontrolle für mehrstufige Sicherheit	776
22.4 Sicherheit in statistischen Datenbanken	779
22.5 Zusammenfassung	780

## **Teil 6 Fortschrittliche Datenbankkonzepte und -anwendungen 785**

<b>Kapitel 23 Erweiterte Datenmodelle für anspruchsvolle Anwendungen</b>	787
23.1 Konzepte für aktive Datenbanken	788
23.2 Konzepte für temporale Datenbanken	799
23.3 Räumliche und multimediale Datenbanken	812
23.4 Zusammenfassung	815
<b>Kapitel 24 Verteilte Datenbanken und Client/Server-Architektur</b>	821
24.1 Konzepte für verteilte Datenbanken	822
24.2 Datenfragmentierung, Replikation und Allokation im verteilten Datenbankentwurf	828
24.3 Verteilte Datenbanksysteme	833
24.4 Anfragenverarbeitung in verteilten Datenbanksystemen	837
24.5 Nebenläufigkeitskontrolle und Fehlererholung in verteilten Datenbanken	843
24.6 Client/Server-Architektur in Zusammenhang mit verteilten Datenbanken	846
24.7 Verteilte Datenbanken in Oracle	848
24.8 Künftige Neuerungen der Client/Server-Technologie	851
24.9 Zusammenfassung	853
<b>Kapitel 25 Deduktive Datenbanken</b>	859
25.1 Einführung in deduktive Datenbanken	860
25.2 Prolog/Datalog-Notation	861
25.3 Regelinterpretationen	866
25.4 Grundlegende Inferenzmechanismen für Logikprogramme	868
25.5 Datalog-Programme und ihre Auswertung	871
25.6 Deduktive Datenbanksysteme	886
25.7 Deduktive objektorientierte Datenbanken	891
25.8 Kommerzielle deduktive Datenbanksysteme	893
25.9 Zusammenfassung	895
<b>Kapitel 26 Data-Warehousing und Data-Mining</b>	901
26.1 Data-Warehousing	902
26.2 Data-Mining	916
26.3 Zusammenfassung	932

<b>Kapitel 27 Neue Datenbanktechnologien und -anwendungen</b>	937
27.1 Datenbanken im World Wide Web	938
27.2 Multimedia-Datenbanken	944
27.3 Mobile Datenbanken	950
27.4 Geografische Informationssysteme	956
27.5 Genomdatenmanagement	963
27.6 Digitale Bibliotheken	970

<b>Anhang</b>	<b>973</b>
---------------	------------

<b>Anhang A Alternative Diagrammnotationen</b>	975
<b>Anhang B Plattenparameter</b>	979
<b>Anhang C Übersicht über das Netzwerkdatenmodell</b>	983
C.1 Netzwerkdatenmodellierungskonzepte	983
C.2 Einschränkungen im Netzwerkmodell	992
C.3 Datenmanipulation in einer Netzwerkdatenbank	997
C.4 Netzwerk-DML	1001
<b>Anhang D Übersicht über das hierarchische Datenmodell</b>	1009
D.1 Hierarchische Datenbankstrukturen	1009
D.2 Integritätseinschränkungen und Datendefinition im hierarchischen Modell	1016
D.3 Datenmanipulationssprache für das hierarchische Modell	1019
<b>Literaturverzeichnis</b>	1025
<b>Register</b>	1067