

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Datenbanken: Grundlagen und Überblick</b>	<b>19</b>
1.1	<i>Dateien und Dateisysteme</i>	19
1.2	<i>Terminologie</i>	20
1.3	<i>Merkmale eines DBMS</i>	23
1.3.1	Aufgaben eines DBMS	23
1.3.2	Vorteile des Datenbankeinsatzes	24
1.3.3	Nachteile von Datenbanksystemen	25
1.3.4	Produkte	25
1.4	<i>Architektur eines Datenbanksystems</i>	26
1.4.1	Architekturen	26
1.4.2	Schemaarchitektur	27
1.4.2.1	Datenbankschema	27
1.4.2.2	Drei-Ebenen-Architektur	28
1.4.3	Datenunabhängigkeit	29
1.5	<i>Benutzerrollen bei Entwurf und Betrieb von Datenbanken</i>	30
1.6	<i>Datenbanken und Informationssysteme</i>	32
1.7	<i>Fachgebiet Datenbanken im Überblick</i>	33
1.7.1	Themenbereiche und Zusammenhänge	33
1.7.2	Einordnung des Fachs innerhalb der Informatik	35
1.8	<i>Historische Entwicklung</i>	37
1.8.1	Frühzeit	38
1.8.2	Prärelationale DBMS	38
1.8.3	Durchbruch der relationalen Datenbanken	39
1.8.4	Neue Anwendungsfelder für Datenbanken	40
1.8.5	Neuzeit	40
1.9	<i>Datenbanken in der Forschung</i>	41
1.9.1	Fachverbände	41
1.9.2	Aktuelle Forschungstrends	42
<b>2</b>	<b>Informationsmodellierung</b>	<b>44</b>
2.1	<i>Datenbankentwurf</i>	44
2.1.1	Phasenmodell	44
2.1.2	Anforderungsanalyse	45
2.1.3	Konzeptioneller Entwurf	46
2.1.4	Logischer Entwurf	47
2.1.5	Datendefinition	48
2.1.6	Physischer Entwurf	49
2.1.7	Implementierung und Wartung	49
2.2	<i>Grundlagen des Entity-Relationship-Modells (ERM)</i>	49
2.2.1	Semantische Datenmodelle	50
2.2.2	Grundkonzepte des klassischen ERM	50
2.2.2.1	Konzepte auf der Instanzebene	51

2.2.2.2	Konzepte auf der Typebene	52
2.2.2.3	Rollenmodellierung	53
2.2.3	Kardinalitäten von Beziehungstypen	54
2.2.3.1	Kardinalitäten im klassischen ERM	54
2.2.3.2	Intervalle und Komplexitätsgrade	54
2.2.4	Existenzabhängigkeit vs. Optionalität	55
2.2.5	Rekursive und $n$ -äre Beziehungstypen	56
2.2.5.1	Rekursive Beziehungstypen	56
2.2.5.2	$N$ -äre Beziehungstypen	57
2.2.6	Attribute	58
2.2.7	Modellierungsbeispiel	59
2.3	Erweiterungen des ERM	60
2.3.1	Erweiterungen bei Attributen	60
2.3.2	Generalisierung und Spezialisierung	61
2.3.3	Aggregation	64
2.3.4	Modellierung zeitlicher Aspekte	65
<b>3</b>	<b>Relationales Datenmodell</b>	<b>67</b>
3.1	Konzepte und Grundbegriffe des relationalen Datenmodells	67
3.1.1	Relationen, Tupel, Attribute und Wertebereiche	67
3.1.2	Eigenschaften von Relationen	69
3.2	Integritätsbedingungen	70
3.2.1	Grundbegriffe	70
3.2.2	Entitätsintegrität	71
3.2.3	Referenzielle Integrität	71
3.2.3.1	Begriff	71
3.2.3.2	Regeln für Fremdschlüssel	72
3.2.3.3	Gewährleistung der referenziellen Integrität bei kritischen DML-Operationen	73
3.3	Abbildung des EERM auf das relationale Datenmodell	75
3.3.1	Problemstellung	75
3.3.2	Abbildungsregeln für Attribute und Entitytypen	75
3.3.3	Abbildungsregeln für Beziehungstypen	76
3.3.4	Abbildungsregeln für die Generalisierung	79
3.4	Optimierung von Relationen	80
3.4.1	Problemstellung	80
3.4.2	Anomalien bei DML-Operationen auf Relationen	81
3.4.3	Abhängigkeiten	82
3.4.3.1	Funktionale Abhängigkeiten	82
3.4.3.2	Mehrwertige Abhängigkeiten	83
3.4.4	Verbundtreue und Abhängigkeitstreue	84
3.4.5	Normalformenlehre	85
3.4.5.1	Erste Normalform (1NF)	85
3.4.5.2	Zweite Normalform (2NF)	86
3.4.5.3	Dritte Normalform (3NF)	87
3.4.5.4	Boyce-Codd-Normalform (BCNF)	88
3.4.5.5	Vierte Normalform (4NF)	89

3.4.5.6	Fünfte Normalform (5NF)	90
3.4.5.7	Denormalisierung	92
3.5	<i>Operationen der Relationalenalgebra</i>	92
3.5.1	Einführung	92
3.5.2	Relationenorientierte Operationen	93
3.5.3	Mengenoperationen	95
3.5.4	Relationenalgebra und relationale Sprachen	96
3.5.5	Relationenkalkül	97
4	<b>Die Datenbanksprache SQL</b>	99
4.1	<i>Grundkonzepte</i>	99
4.2	<i>Historie</i>	101
4.3	<i>Spezifikationsdokumente</i>	102
4.4	<i>Beispieldatenbank</i>	103
4.5	<i>Datenbankanfragen</i>	103
4.5.1	Einführende Beispielanfragen	104
4.5.2	Grundgerüst von Anfragen	105
4.5.3	Anfragen mit Aggregatfunktionen	107
4.5.4	Anfragen mit Tabellenfunktionen	108
4.5.5	Anfragen mit Mengenoperationen	108
4.5.6	Anfragen mit Verbundoperationen	110
4.5.7	Verschachtelte Anfragen	112
4.5.8	Rekursive Anfragen	114
4.5.9	Anfragen mit sortierter Ausgabe	115
4.6	<i>Datenmanipulation</i>	116
4.6.1	Einfügen von Tabellenzeilen	116
4.6.2	Ändern von Tabellenzeilen	117
4.6.3	Löschen von Tabellenzeilen	118
4.6.4	Zusammenführen von Tabellenzeilen	118
4.7	<i>Datendefinition</i>	119
4.7.1	SQL-Datentypen	119
4.7.2	Erzeugen und Löschen von Schemata	124
4.7.3	Erzeugen, Ändern und Löschen von Tabellen	124
4.7.4	Erzeugen und Löschen von Domänen	127
4.7.5	Erzeugen und Löschen von Integritätsbedingungen	128
4.7.6	Erzeugen und Löschen von Sichten	130
4.7.7	Erzeugen und Löschen von Routinen	131
4.7.7.1	Prozedurale SQL-Konstrukte	131
4.7.7.2	Erzeugen von SQL-Routinen	135
4.7.7.3	Erzeugen von externen Routinen	136
4.7.7.4	Löschen von Routinen	136
4.7.8	Erzeugen und Löschen von Triggern	137
4.7.9	Erzeugen und Löschen von Sequenzgeneratoren	138
4.8	<i>Transaktionssteuerung</i>	138
4.8.1	Transaktionsanweisungen	139
4.8.2	Isolationsebenen	140
4.8.3	Überprüfung von Integritätsbedingungen	141

4.9	<b>Zugriffskontrolle</b> .....	141
4.9.1	Vergabe von Zugriffsrechten .....	141
4.9.2	Zurücknahme von Zugriffsrechten .....	143
4.9.3	Erzeugen und Löschen von Rollen .....	143
<b>5</b>	<b>Datenbank-Anwendungsprogrammierung</b> .....	<b>144</b>
5.1	<b>Grundlagen der Datenbank-Anwendungsprogrammierung</b> .....	144
5.1.1	Impedance Mismatch .....	144
5.1.2	Einbettungstechniken .....	145
5.1.3	Einbettungsarten .....	145
5.1.3.1	Statische Programmierspracheneinbettung .....	145
5.1.3.2	Dynamische Programmierspracheneinbettung .....	146
5.1.4	Architekturansätze .....	147
5.1.4.1	Fat-Client-Architektur .....	148
5.1.4.2	Thin-Client-Architektur .....	148
5.1.4.3	Thin-Client-Architektur mit Applikationsserver .....	150
5.2	<b>Embedded SQL</b> .....	151
5.2.1	Grundidee und Architektur .....	151
5.2.2	Syntax .....	152
5.2.3	Host-Variablen .....	152
5.2.4	Das Cursor-Konzept .....	152
5.2.5	Statische Einbettung .....	154
5.2.6	Dynamische Einbettung .....	155
5.2.7	Indikatorvariablen .....	156
5.2.8	SQLJ .....	156
5.3	<b>Aufrufchnittstellen</b> .....	158
5.3.1	Überblick .....	158
5.3.2	SQL/CLI .....	158
5.3.3	JDBC .....	160
5.3.3.1	Treibertypen .....	161
5.3.3.2	Verbindung aufbauen .....	161
5.3.3.3	Verbindung schließen .....	163
5.3.3.4	Transaktionen .....	163
5.3.3.5	Leseanweisungen – das ResultSet .....	164
5.3.3.6	Änderungen .....	165
5.3.3.7	Zugriff auf Metadaten .....	167
5.4	<b>Relationale Datenbankprogrammiersprachen</b> .....	168
5.4.1	Datenbankinterne Ansätze .....	168
5.4.1.1	SQL/PSM .....	168
5.4.1.2	Benutzerdefinierte Routinen .....	169
5.4.1.3	Trigger .....	170
5.4.2	4GL-Programmiersprachen .....	174
5.4.2.1	Überblick .....	174
5.4.2.2	Beispiel: ABAP .....	174
5.5	<b>Objektrelationale Abbildung</b> .....	177
5.5.1	Java Persistence API (JPA) .....	179
5.5.1.1	Schemaabbildung .....	180

---

5.5.1.2	Datenzugriff	181
5.5.1.3	Formulieren von Anfragen	183
5.5.2	JDO – Java Data Objects	184
5.5.3	Entity Beans	188
<b>6</b>	<b>Datenbanken im Web</b>	<b>189</b>
6.1	<i>Grundlagen des Web</i>	189
6.2	<i>Eigenschaften von Webanwendungen</i>	191
6.2.1	Anforderungen	192
6.2.2	Webseiten	192
6.2.3	Dynamische Webseiten	195
6.2.4	Adressierung	197
6.2.5	Kommunikation	198
6.3	<i>Datenbankanbindung im Web</i>	200
6.3.1	Architekturen	201
6.3.2	Programmierung	202
6.3.3	Überblick	204
6.4	<i>Datenbankanbindung über Datenexport</i>	206
6.5	<i>Clientseitige Datenbankanbindung</i>	206
6.5.1	Skripteinbettung	207
6.5.2	Programmeinbettung	209
6.5.3	Weitere Techniken	212
6.6	<i>Serverseitige Datenbankanbindung</i>	212
6.6.1	Webseitengeneratoren	212
6.6.2	Skripteinbettung	215
6.6.3	Programmeinbettung	219
6.6.4	Applikationsserver	221
6.6.5	Webservices	223
<b>7</b>	<b>Komponenten eines Datenbankmanagementsystems</b>	<b>227</b>
7.1	<i>Architektur von DBMS</i>	227
7.1.1	Schichtenmodell	227
7.1.2	Prozessarchitektur	229
7.2	<i>Pufferverwaltung</i>	230
7.2.1	Notwendigkeit und Aufgabe	231
7.2.2	Speicherzuteilung	232
7.2.3	Seitenersetzung	233
7.3	<i>Speicher- und Zugriffssystem</i>	234
7.3.1	Aufgabe	235
7.3.2	Seiten und Sätze	235
7.3.3	Adressierung von Sätzen	237
7.4	<i>Anfrageprozessor</i>	238
7.4.1	Basisoperatoren	238
7.4.1.1	Unäre Operatoren	239
7.4.1.2	Binäre Operatoren	241
7.4.2	Anfrageplanung und -optimierung	242
7.4.3	Kosten und Statistiken	247

7.5	<i>Transaktionsverwaltung</i> . . . . .	249
7.5.1	Aufgabe . . . . .	249
7.5.2	Serialisierbarkeit . . . . .	251
7.5.3	Sperrverfahren . . . . .	253
7.5.4	Nicht sperrende Verfahren . . . . .	257
7.6	<i>Recovery</i> . . . . .	259
7.6.1	Fehlerklassen . . . . .	259
7.6.2	Recovery-Strategien . . . . .	260
7.6.3	Logging . . . . .	261
7.6.4	Wiederanlauf im Fehlerfall . . . . .	264
7.6.5	Schattenspeicherverfahren . . . . .	266
7.7	<i>Datenbanktechniken für moderne Hardware-Architekturen</i> . . . . .	266
<b>8</b>	<b>Dateiorganisation und Indexe</b> . . . . .	<b>269</b>
8.1	<i>Organisation von Dateien</i> . . . . .	269
8.1.1	Formen der Dateiorganisation . . . . .	269
8.1.2	Dateiorganisationsformen im Vergleich . . . . .	269
8.1.2.1	Basisoperationen . . . . .	270
8.1.2.2	Kosten . . . . .	270
8.2	<i>Zugriffsstrukturen</i> . . . . .	271
8.2.1	Grundlagen von Zugriffsverfahren . . . . .	271
8.2.2	Eigenschaften von Indexten . . . . .	272
8.3	<i>Baumbasierte Verfahren</i> . . . . .	274
8.3.1	ISAM-Bäume . . . . .	274
8.3.2	Balancierte Mehrwegbäume . . . . .	275
8.3.3	Digitale Bäume . . . . .	277
8.4	<i>Hash-Verfahren</i> . . . . .	278
8.4.1	Prinzip des Hashing . . . . .	278
8.4.2	Erweiterbares Hashing . . . . .	279
8.4.3	Weitere Hash-Verfahren . . . . .	280
8.5	<i>Mehrdimensionale Zugriffsverfahren</i> . . . . .	281
8.5.1	Mehrdimensionale Baumverfahren . . . . .	281
8.5.2	Grid-File . . . . .	281
8.6	<i>Clustering und Partitionierung</i> . . . . .	283
8.6.1	Clustering . . . . .	283
8.6.2	Partitionierung . . . . .	283
8.7	<i>Umsetzung in SQL-Systemen</i> . . . . .	284
8.7.1	Definition von Tabellen . . . . .	285
8.7.2	Definition von Indexten . . . . .	285
<b>9</b>	<b>Optimierung von Datenbanken und Leistungsbewertung</b> . . . . .	<b>287</b>
9.1	<i>Motivation der Datenbankoptimierung</i> . . . . .	287
9.1.1	Kosten von Datenbankabfragen . . . . .	288
9.1.2	Optimierungspotenzial . . . . .	289
9.1.3	Zielbestimmung der Datenbankoptimierung . . . . .	290
9.2	<i>Phasen der Datenbankoptimierung</i> . . . . .	292

9.3	<i>Phase 1.1 – Optimierung des Datenbankschemas</i>	293
9.3.1	Konzeptuelles Schema	294
9.3.1.1	Attribute	294
9.3.1.2	Tabellen	294
9.3.1.3	Redundanz	296
9.3.2	Externes Schema	297
9.3.2.1	Sichten	298
9.3.2.2	Prozedurale SQL-Erweiterungen	298
9.3.3	Internes Schema	298
9.3.3.1	Materialisierte Sichten	298
9.3.3.2	Zugriffspfadstrukturen	299
9.4	<i>Phase 1.2 – Anwendungsoptimierung</i>	301
9.4.1	Optimierung von Unternehmensfunktionen	301
9.4.2	Optimierung der Anwendung	301
9.4.3	Optimierungen im Mehrbenutzerbetrieb	302
9.4.4	Formulierung von SQL-Anweisungen	304
9.5	<i>Phase 2 – Hauptspeicheroptimierung</i>	306
9.5.1	Gestaltung des Datenbankpuffers	306
9.5.1.1	Komponenten des Datenbankpuffers	307
9.5.1.2	Größe des Datenbankpuffers	308
9.5.1.3	Blockfüllgrad	308
9.5.2	Schreiben des Datenbankpuffers	309
9.5.2.1	Sicherungspunkt-Intervalle	309
9.5.2.2	Protokolldatei	310
9.5.3	Optimierer	310
9.5.3.1	Statistiken	311
9.5.3.2	Planhinweise (Hints)	311
9.6	<i>Phase 3 – Optimierung der Sekundärspeicherzugriffe</i>	312
9.6.1	Zusammenspiel mit dem Betriebssystem	312
9.6.2	Verteilung der Eingabe-/Ausgabelast	313
9.6.2.1	Verteilung der Daten- und Indexdateien	313
9.6.2.2	Verteilung der Daten	313
9.6.2.3	Verteilung der Protokolldatei	314
9.6.2.4	RAID-Level	314
9.6.3	Optimierung physischer Speicherstrukturen	315
9.6.3.1	Blockgröße	315
9.6.3.2	Cluster-Techniken	316
9.6.3.3	Kompressions-Techniken	317
9.6.3.4	Reorganisation	317
9.7	<i>Leistungsbewertung</i>	318
9.7.1	Transaction Processing Performance Council	319
9.7.2	Vergleichbarkeit der Benchmark-Ergebnisse	320
10	<b>Objektrelationale Datenbanken</b>	322
10.1	<i>Objektorientierte Konzepte</i>	322
10.1.1	Objekte	322
10.1.2	Methoden	323

10.1.3	Kapselung	323
10.1.4	Objektidentität	323
10.1.5	Klassen	324
10.1.6	Spezialisierung	325
10.2	Objektorientierung in Datenbanken	326
10.3	Objektrelationale Standard-SQL-Konzepte	327
10.3.1	Typkonstruktoren	328
10.3.2	Distinct-Typen	330
10.3.3	Strukturierte Typen	330
10.3.4	Methoden	333
10.3.5	Benutzerdefinierte Konstruktoren	335
10.3.6	Benutzerdefinierte Casts	336
10.3.7	Benutzerdefinierte Ordnungen	337
10.3.8	Typisierte Tabellen	338
10.3.9	Typisierte Sichten	339
10.4	Objektrelationale Anfragen	341
10.4.1	Anfragen auf Kollektionen	341
10.4.2	Anfragen mit Pfadausdrücken	342
10.4.3	Anfragen mit Methodenaufrufen	342
10.4.4	Anfragen auf flachen Tabellenextensionen	343
10.4.5	Typspezifische Anfragen	343
10.4.6	Anfragen mit temporärer Typanpassung	343
11	XML und Datenbanken	345
11.1	Überblick über XML	345
11.1.1	Der XML-Standard und verwandte Standards	345
11.1.2	XML Schema	347
11.2	Anfragesprachen für XML	350
11.2.1	Pfadausdrücke (XPath und XQuery)	351
11.2.2	XQuery	352
11.3	XML und relationale Datenbanksysteme	356
11.3.1	Relationale Speicherung von XML	356
11.3.2	SQL/XML	358
11.3.3	Realisierung in kommerziellen Systemen	361
11.4	Reine XML-Datenbanksysteme	366
12	NoSQL-Datenbanksysteme	368
12.1	Motivation und Grundbegriffe	368
12.2	Klassifikation	369
12.2.1	Key-Value-Datenbanksysteme	370
12.2.1.1	Datenmodell und Schema	370
12.2.1.2	Anfragen und Datenmanipulation	371
12.2.1.3	Einsatzbereiche und Systeme	371
12.2.2	Dokumentenorientierte Datenbanksysteme	372
12.2.2.1	Datenmodell und Schema	372
12.2.2.2	Anfragen und Datenmanipulation	373
12.2.2.3	Einsatzbereiche und Systeme	374

12.2.3	Column-Family-Datenbanksysteme	374
12.2.3.1	Datenmodell und Schema	374
12.2.3.2	Anfragen und Datenmanipulation	377
12.2.3.3	Einsatzbereiche und Systeme	377
12.2.4	Weitere NoSQL-Datenbanksysteme	378
12.3	Datenmodellierung	378
12.3.1	Generelle Aspekte der Datenmodellierung in NoSQL-Datenbanksystemen	378
12.3.2	Datenmodellierung für dokumentenorientierte Datenbanken	380
12.3.3	Datenmodellierung für Column-Family-Datenbanken	382
12.3.3.1	Eingebettete Speicherung in Column-Family-Datenbanksystemen	382
12.3.3.2	Spaltenfamilien	384
12.3.4	Datenmodellierung für Key-Value-Datenbanken	385
12.4	Anwendungsentwicklung mit NoSQL-Datenbanksystemen	385
12.4.1	MapReduce	386
12.4.1.1	MapReduce-Prinzip	387
12.4.1.2	MapReduce-Beispiel	388
12.4.1.3	MapReduce-Frameworks	389
12.4.1.4	MapReduce-Trends	389
12.4.2	Schema-Management	389
12.5	Skalierbarkeit, Verfügbarkeit und Konsistenz	390
12.6	Auswahl eines geeigneten Datenbanksystems	392
12.6.1	Kriterienkatalog	392
12.6.2	Performance	392
12.6.3	Polyglotte Persistenz	393
13	Verteilte und föderierte Datenbanksysteme	394
13.1	Überblick, Grundbegriffe, Abgrenzung	394
13.1.1	Verteilte vs. parallele Datenbanksysteme	395
13.1.2	Verteilte vs. föderierte Datenbanksysteme	397
13.2	Schemaarchitektur und Entwurf verteilter Datenbanksysteme	400
13.3	Fragmentierung	401
13.3.1	Horizontale Fragmentierung	401
13.3.2	Vertikale Fragmentierung	403
13.3.3	Kombinierte Fragmentierung	403
13.4	Verteilungstransparenz	404
13.4.1	Vorteile verteilter Datenbanksysteme	404
13.4.2	Transparenzeigenschaften verteilter Datenbanksysteme	404
13.5	Verteilte Anfrageverarbeitung	405
13.5.1	Datenlokalisierung	407
13.5.2	Globale Optimierung der Join-Auswertung	409
13.6	Transaktionsverwaltung in verteilten Datenbanksystemen	412
13.6.1	Koordination	412
13.6.2	Synchronisation	414
13.6.3	Deadlock-Behandlung	415
13.6.4	Synchronisation bei Replikation	416

13.7	<i>Föderierte Datenbanksysteme</i>	417
13.7.1	Autonomie und Heterogenität	418
13.7.2	Architektur föderierter DBS	419
13.7.3	Integrationsprozess	420
13.7.4	Anfrageverarbeitung in föderierten DBS	421
13.7.5	Synchronisation in föderierten DBS	422
13.8	<i>Cloud-Datenbanken</i>	423
13.8.1	Cloud Data Management und Big Data	423
13.8.2	Das CAP-Theorem	424
13.8.3	Database as a Service (DBaaS)	425
13.8.4	Skalierbarkeit und Verfügbarkeit	426
13.9	<i>Trends</i>	428
<b>14</b>	<b>Data Warehouse</b>	<b>430</b>
14.1	<i>Architektur</i>	430
14.1.1	Datenquellen	430
14.1.2	Back-End-Bereich	430
14.1.2.1	Monitore	431
14.1.2.2	Extraktionskomponenten	432
14.1.2.3	Transformationskomponente	433
14.1.2.4	Ladekomponente	434
14.1.3	Datenbank	434
14.1.3.1	Data Warehouse	434
14.1.3.2	Data Marts	436
14.1.3.3	Archiv-Datenbank	437
14.1.4	Front-End-Werkzeuge	437
14.1.4.1	Berichts- und Abfragewerkzeuge	437
14.1.4.2	OLAP-Werkzeuge	438
14.1.4.3	Data-Mining-Werkzeuge	438
14.1.4.4	Sonstige Front-End-Werkzeuge	438
14.1.5	Sonstige Werkzeuge	439
14.1.5.1	DWS-Manager	439
14.1.5.2	Metadaten-Repository	439
14.2	<i>Multidimensionale Datenmodelle</i>	440
14.2.1	Statische Aspekte	440
14.2.2	Dynamische Aspekte	444
14.3	<i>Speicherung und Schemagestaltung</i>	446
14.3.1	Relationale Speicherung	446
14.3.2	Multidimensionale Speicherung	447
14.3.3	Spaltenorientierte Speicherung	448
14.4	<i>Erweiterung relationaler Datenbanken</i>	451
14.4.1	Materialisierte Sichten	452
14.4.2	Partitionierung	453
14.4.3	Bitmap-Index	455
14.4.4	SQL-Erweiterungen zum Einfügen	456
14.4.5	Komplexes Gruppieren	457

---

14.4.6	Star Query	458
14.4.7	Bulk Loader	460
<b>15</b>	<b>Data Mining</b>	<b>461</b>
15.1	<i>KDD-Prozess</i>	461
15.2	<i>Clustering</i>	462
15.2.1	Definition und Beispiele	462
15.2.2	Anforderungen und Probleme	463
15.2.3	Verfahren	463
15.2.3.1	Partitionierende Verfahren	464
15.2.3.2	Hierarchische Verfahren	465
15.2.3.3	Dichtebasierte Methoden	468
15.3	<i>Assoziationsanalyse</i>	468
15.3.1	Definition und Beispiel	468
15.3.2	Anforderungen und Probleme	468
15.3.3	Verfahren	469
15.4	<i>Klassifikation</i>	472
15.4.1	Definition und Beispiele	472
15.4.2	Anforderungen	472
15.4.3	Verfahren	473
15.4.3.1	Entscheidungsbaum-Klassifikatoren	473
15.4.3.2	Regelbasierte Klassifikatoren	473
15.4.3.3	Weitere Verfahren	474
15.5	<i>Anomalieentdeckung</i>	474
15.5.1	Definition und Beispiele	474
15.5.2	Anforderungen und Probleme	475
15.5.3	Verfahren	475
15.5.3.1	Grafische und statistikbasierte Verfahren	476
15.5.3.2	Distanzbasierte Ansätze	476
<b>16</b>	<b>Multimedia-Datenbanken</b>	<b>478</b>
16.1	<i>Einführung</i>	478
16.2	<i>Mediendaten</i>	482
16.3	<i>Suche nach Mediendaten</i>	485
16.3.1	Textsuche	485
16.3.2	Bildsuche	487
16.3.3	Audiosuche	488
16.3.4	Videosuche	489
16.4	<i>Mediendatentypen</i>	490
16.5	<i>Einbettung in Datenbankssysteme</i>	494
16.5.1	Schemastrukturen	494
16.5.2	Anfrageformulierung	496
16.6	<i>Einsatz</i>	497
<b>17</b>	<b>Geodatenbanken</b>	<b>499</b>
17.1	<i>Geodaten</i>	499
17.1.1	Eigenschaften von Geodaten	499
17.1.2	Metadaten	501

<b>17.2 Datenschemata</b> .....	<b>502</b>
17.2.1 Standardisierung .....	502
17.2.2 ISO 19107 Spatial Schema .....	502
17.2.3 ISO 19125 Simple Feature Access .....	504
17.2.3.1 Datenschema .....	504
17.2.3.2 Datenrepräsentationen .....	506
17.2.4 ISO/IEC 13249-3 SQL/MM Spatial .....	507
17.2.5 Räumliche Bezugssysteme .....	508
17.2.5.1 EPSG-Bezugssysteme .....	510
17.2.5.2 Lineare Bezugssysteme .....	510
<b>17.3 Funktionen</b> .....	<b>510</b>
17.3.1 Geometrische Funktionen .....	511
17.3.2 Topologische Prädikate .....	512
17.3.2.1 Boolesches Modell .....	512
17.3.2.2 Dimensionsmodell .....	513
<b>17.4 Räumliche Anfragen</b> .....	<b>515</b>
17.4.1 Räumliche Basisanfragen .....	515
17.4.1.1 Räumliche Selektion .....	515
17.4.1.2 Räumlicher Verbund .....	516
17.4.1.3 Nächste-Nachbarn-Anfrage .....	517
17.4.2 Mehrstufige Anfragebearbeitung .....	517
17.4.3 Approximationen .....	518
<b>17.5 Räumliche Indexe</b> .....	<b>520</b>
17.5.1 Grundtechniken .....	520
17.5.1.1 Clipping .....	520
17.5.1.2 Punkttransformationen .....	521
17.5.1.3 Raumfüllende Kurven .....	521
17.5.1.4 Überlappende Blockregionen .....	522
17.5.2 Quadrees .....	523
17.5.3 R-Bäume .....	525
<b>17.6 Geodatenbanksysteme</b> .....	<b>527</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>529</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>534</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	<b>554</b>