

---

# Datenbanken im Unternehmen

---

Analyse, Modellbildung und Einsatz

---

von  
Prof. Dr. Günther Pernul,  
Prof. Dr. Rainer Unland  
Universität Essen

---

2., korrigierte Auflage

---

Oldenbourg Verlag München Wien

---



# Inhalt

|          |                                                        |           |
|----------|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung und Übersicht</b>                        | <b>1</b>  |
| 1.1      | Anforderungserhebung und -analyse .....                | 6         |
| 1.2      | Konzeptuelle Modellbildung .....                       | 7         |
| 1.3      | Logischer Entwurf .....                                | 8         |
| 1.4      | Implementationsphase .....                             | 9         |
| 1.5      | Allgemeine Datenbankbegriffe .....                     | 10        |
| 1.6      | Zusammenfassung .....                                  | 12        |
| 1.7      | Literatur .....                                        | 13        |
| 1.8      | Kontrollaufgaben .....                                 | 13        |
| <b>2</b> | <b>Anforderungserhebung und -analyse</b>               | <b>15</b> |
| 2.1      | Dateisystem vs. Datenbankmanagementsystem .....        | 18        |
| 2.1.1    | Isolierte Dateiverwaltung .....                        | 19        |
| 2.1.2    | Integrierte Dateiverwaltung .....                      | 19        |
| 2.1.3    | Architektur von Datenbankmanagementsystemen .....      | 21        |
| 2.2      | Anforderungserhebung .....                             | 25        |
| 2.2.1    | Dokumentenanalyse .....                                | 27        |
| 2.2.2    | Fragebogentechnik .....                                | 27        |
| 2.2.3    | Interviewmethode .....                                 | 28        |
| 2.2.4    | Berichtsmethode .....                                  | 29        |
| 2.2.5    | Selbstaufschreibung .....                              | 30        |
| 2.2.6    | Beobachtungsmethode .....                              | 30        |
| 2.3      | Anforderungsdokument .....                             | 31        |
| 2.3.1    | Informationsanforderungen .....                        | 33        |
| 2.3.2    | Funktionale Anforderungen .....                        | 42        |
| 2.3.3    | Bearbeitungsanforderungen und dynamische Aspekte ..... | 56        |
| 2.4      | Zusammenfassung .....                                  | 60        |
| 2.5      | Literatur .....                                        | 61        |
| 2.6      | Kontrollaufgaben .....                                 | 61        |

|          |                                                                |            |
|----------|----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>3</b> | <b>Konzeptueller Datenbankentwurf</b>                          | <b>65</b>  |
| 3.1      | Strukturorientierte Modellbildung .....                        | 68         |
| 3.1.1    | Grundlagen des Entity-Relationship-Modells .....               | 69         |
| 3.1.2    | Weiterentwicklungen des Entity-Relationship-Modells .....      | 79         |
| 3.1.3    | Literatur .....                                                | 84         |
| 3.1.4    | Kontrollaufgaben.....                                          | 85         |
| 3.2      | Struktur- und funktionsorientierte Modellbildung .....         | 88         |
| 3.2.1    | Gründe für die Verwendung der Kombinationsmethode.....         | 88         |
| 3.2.2    | Kombination von ERM und DFD .....                              | 89         |
| 3.2.3    | Kontrollaufgaben.....                                          | 95         |
| 3.3      | Objektorientierte Modellbildung .....                          | 95         |
| 3.3.1    | Konzepte der Objektorientierung .....                          | 97         |
| 3.3.2    | Unified Modeling Language (UML) .....                          | 100        |
| 3.4      | Weitere Formen der Modellbildung .....                         | 113        |
| 3.4.1    | Geschäftsprozessorientierte Modellbildung.....                 | 113        |
| 3.5      | Sichtenintegration und Schemakonsolidierung .....              | 118        |
| 3.5.1    | Prozess der Sichtenintegration.....                            | 121        |
| 3.5.2    | Kontrollaufgaben.....                                          | 132        |
| 3.6      | Formaler Datenbankentwurf .....                                | 133        |
| 3.6.1    | Das relationale Datenbankmodell .....                          | 133        |
| 3.6.2    | Grundlagen des formalen Datenbankentwurfs .....                | 140        |
| 3.6.3    | Relationentheorie und Normalisierung .....                     | 145        |
| 3.6.4    | Kontrollaufgaben.....                                          | 158        |
| 3.7      | Zusammenfassung .....                                          | 162        |
| 3.8      | Literatur .....                                                | 164        |
| <b>4</b> | <b>Logischer Entwurf</b>                                       | <b>165</b> |
| 4.1      | Transformation von Entitytypen .....                           | 165        |
| 4.2      | Transformation von Beziehungstypen .....                       | 167        |
| 4.2.1    | Transformation rekursiver Beziehungstypen .....                | 167        |
| 4.2.2    | Transformation binärer Beziehungstypen.....                    | 168        |
| 4.2.3    | Transformation n-ärer Beziehungstypen .....                    | 172        |
| 4.3      | Transformation von Generalisierung und Subtypenhierarchie..... | 173        |
| 4.4      | Zusammenfassung .....                                          | 177        |
| 4.5      | Literatur .....                                                | 178        |
| 4.6      | Kontrollaufgaben.....                                          | 178        |

|          |                                                               |            |
|----------|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>5</b> | <b>Einführung in Datenbankmanagementsysteme</b>               | <b>181</b> |
| 5.1      | Architektur eines Datenbankmanagementsystems .....            | 181        |
| 5.1.1    | Die Schemaarchitektur .....                                   | 181        |
| 5.1.2    | Die Systemarchitektur .....                                   | 183        |
| 5.2      | Die Verwaltung von Metadaten .....                            | 186        |
| 5.3      | Literatur .....                                               | 189        |
| <b>6</b> | <b>Grundlagen von Anfragesprachen</b>                         | <b>191</b> |
| 6.1      | Formale Einführung der Grundlagen von Datenbankmodellen ..... | 191        |
| 6.2      | Typen von Relationen .....                                    | 199        |
| 6.3      | Anforderungen an Anfragesprachen .....                        | 200        |
| 6.4      | Sprachansätze .....                                           | 205        |
| 6.5      | Relationale Algebra .....                                     | 208        |
| 6.5.1    | Mengenoperationen .....                                       | 208        |
| 6.5.2    | Zusätzliche relationale Operationen .....                     | 213        |
| 6.5.3    | Beispiele .....                                               | 226        |
| 6.5.4    | Eigenschaften der Relationenalgebra .....                     | 227        |
| 6.5.5    | Zusammenfassung .....                                         | 230        |
| 6.5.6    | Literatur .....                                               | 230        |
| 6.6      | Relationenkalkül .....                                        | 230        |
| 6.6.1    | Tupelkalkül .....                                             | 232        |
| 6.6.2    | Bereichskalkül .....                                          | 242        |
| 6.6.3    | Mächtigkeit der Relationenkalküle .....                       | 248        |
| 6.6.4    | Zusammenfassung .....                                         | 249        |
| 6.6.5    | Literatur .....                                               | 249        |
| 6.7      | Funktionen auf Mengen von Tupeln .....                        | 250        |
| 6.8      | Zusammenfassung .....                                         | 251        |
| 6.9      | Kontrollaufgaben .....                                        | 252        |
| <b>7</b> | <b>Die relationale Datenbanksprache SQL</b>                   | <b>255</b> |
| 7.1      | Einführung in SQL .....                                       | 255        |
| 7.2      | Die Datendefinitionssprache (DDL) .....                       | 264        |
| 7.2.1    | Anlegen einer Datenbank .....                                 | 264        |
| 7.2.2    | Datentypen in SQL-92 .....                                    | 265        |
| 7.2.3    | Anlegen einer Tabelle .....                                   | 287        |
| 7.2.4    | Integritätsbedingungen .....                                  | 289        |
| 7.2.5    | Ändern des Datenbankschemas .....                             | 304        |
| 7.2.6    | Beispiel eines Datenbankschemas für eine Unternehmung .....   | 307        |
| 7.2.7    | Kontrollaufgaben .....                                        | 313        |

---

|          |                                                            |            |
|----------|------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3      | Die Datenbankabfragesprache (DRL).....                     | 316        |
| 7.3.1    | Die SELECT-Klausel (Projektion).....                       | 317        |
| 7.3.2    | Die FROM-Klausel (Ausgangstabelle) .....                   | 328        |
| 7.3.3    | Die WHERE-Klausel (Selektion) .....                        | 354        |
| 7.3.4    | Die GROUP BY-Klausel (Bilden von Untertabellen) .....      | 363        |
| 7.3.5    | Geschachtelte Anfragen .....                               | 376        |
| 7.3.6    | Mengenoperationen in SQL .....                             | 391        |
| 7.3.7    | Die ORDER BY-Klausel (Sortieren der Ergebnistabelle) ..... | 395        |
| 7.3.8    | Zusammenfassung .....                                      | 396        |
| 7.3.9    | Kontrollaufgaben.....                                      | 399        |
| 7.4      | Die Datenmanipulationssprache (DML) .....                  | 403        |
| 7.4.1    | Einfügen von Zeilen .....                                  | 403        |
| 7.4.2    | Ändern von Zeilen.....                                     | 406        |
| 7.4.3    | Löschen von Zeilen .....                                   | 408        |
| 7.5      | Datensichten .....                                         | 409        |
| 7.5.1    | Motivation .....                                           | 409        |
| 7.5.2    | Vorteile von Sichten.....                                  | 414        |
| 7.5.3    | Probleme mit Sichten.....                                  | 415        |
| 7.5.4    | Änderungen auf Sichten .....                               | 417        |
| 7.6      | Die Datenkontrollsprache (DCL).....                        | 421        |
| 7.7      | Die Speicherungsstrukturdefinitionssprache (SSL) .....     | 427        |
| 7.8      | Datenschutz, Datensicherung und Datenkonsistenz .....      | 428        |
| 7.9      | Kritische Würdigung von SQL-92 .....                       | 437        |
| 7.10     | Charakteristika relationaler DBMS .....                    | 439        |
| 7.11     | Einbettung von SQL in Wirtssprachen (Embedded SQL).....    | 442        |
| 7.12     | Programmgeneratoren .....                                  | 446        |
| 7.13     | Anfragebearbeitung und -optimierung.....                   | 449        |
| 7.13.1   | Anfragebearbeitung .....                                   | 449        |
| 7.13.2   | Anfrageoptimierung.....                                    | 452        |
| 7.14     | Zusammenfassung .....                                      | 456        |
| 7.15     | Literatur .....                                            | 457        |
| 7.16     | Kontrollaufgaben.....                                      | 458        |
| <b>8</b> | <b>SQL:1999</b>                                            | <b>461</b> |
| 8.1      | Struktur von SQL:1999 .....                                | 461        |
| 8.2      | Datentypen und Typkonstruktoren .....                      | 463        |
| 8.2.1    | Vordefinierte Datentypen .....                             | 463        |

| Inhalt   | XV                                                                                                  |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.2.2    | Typkonstruktoren .....467                                                                           |
| 8.2.3    | Individualisierte Datentypen (distinct data type).....480                                           |
| 8.2.4    | Benutzerdefinierte strukturierte Datentypen<br>bzw. benannte Zeilentypen.....481                    |
| 8.3      | Objektorientierte Konzepte in SQL:1999 .....483                                                     |
| 8.3.1    | Beziehungsarten zwischen Vaterobjekten und eingebundenen Objekten in<br>komplexen Objekten .....484 |
| 8.3.2    | Objektidentität .....490                                                                            |
| 8.3.3    | Datenabstraktion/Kapselung .....495                                                                 |
| 8.3.4    | Vererbung.....508                                                                                   |
| 8.3.5    | Polymorphismus.....513                                                                              |
| 8.3.6    | Einige Anmerkungen zu komplexen Objekten<br>in SQL:1999 .....516                                    |
| 8.3.7    | Zusammenfassung .....517                                                                            |
| 8.4      | Trigger .....519                                                                                    |
| 8.5      | Weitere Neuerungen im Überblick .....522                                                            |
| 8.5.1    | Sichten .....522                                                                                    |
| 8.5.2    | Benennung von SFW-Blöcken .....523                                                                  |
| 8.5.3    | Rekursion.....523                                                                                   |
| 8.5.4    | Datenschutz und Datensicherheit.....524                                                             |
| 8.5.5    | Online Analytical Processing (OLAP).....525                                                         |
| 8.5.6    | Sicherungspunkte .....527                                                                           |
| 8.5.7    | SQL/MM (Multimedia-Unterstützung) .....527                                                          |
| 8.5.8    | SQL/MED (Management of External Data) .....528                                                      |
| 8.5.9    | Java Sprachanbindung.....530                                                                        |
| 8.6      | Literatur .....532                                                                                  |
| <b>9</b> | <b>Transaktionsverarbeitung und Fehlertoleranz .....535</b>                                         |
| 9.1      | Transaktionsmanagement .....535                                                                     |
| 9.1.1    | Probleme bei der Parallelarbeit auf der DB .....536                                                 |
| 9.1.2    | Das Transaktionskonzept.....540                                                                     |
| 9.1.3    | Serialisierbarkeit .....542                                                                         |
| 9.1.4    | Literatur .....550                                                                                  |
| 9.2      | Synchronisationsverfahren.....550                                                                   |
| 9.2.1    | Klassifikation .....550                                                                             |
| 9.2.2    | Sperrverfahren .....551                                                                             |
| 9.2.3    | Zeitstempelverfahren .....565                                                                       |
| 9.2.4    | Optimistische Synchronisationsverfahren .....566                                                    |
| 9.2.5    | Synchronisation in SQL-92.....571                                                                   |
| 9.2.6    | TP-Monitor.....573                                                                                  |
| 9.2.7    | Literatur .....576                                                                                  |

---

|                        |                                             |            |
|------------------------|---------------------------------------------|------------|
| 9.3                    | Fehlertoleranz .....                        | 576        |
| 9.3.1                  | Fehler in Transaktionssystemen.....         | 578        |
| 9.3.2                  | Maßnahmen zur Fehlerbehandlung .....        | 580        |
| 9.3.3                  | Literatur .....                             | 595        |
| 9.4                    | Geschachtelte Transaktionen.....            | 595        |
| 9.4.1                  | Geschlossen geschachtelte Transaktion ..... | 599        |
| 9.4.2                  | Offen geschachtelte Transaktion.....        | 600        |
| 9.4.3                  | Entwicklungstransaktion .....               | 601        |
| 9.4.4                  | Literatur .....                             | 601        |
| 9.5                    | Kontrollaufgaben.....                       | 602        |
| <b>Literatur</b>       |                                             | <b>605</b> |
| <b>Sachverzeichnis</b> |                                             | <b>619</b> |