
Datenbanken und SQL

Edwin Schicker

Datenbanken und SQL

Eine praxisorientierte Einführung mit
Anwendungen in Oracle, SQL Server und
MySQL

6. Auflage

Edwin Schicker
Fakultät Informatik und Mathematik
OTH Regensburg
Regensburg, Deutschland

ISBN 978-3-662-70455-4 ISBN 978-3-662-70456-1 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-70456-1>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 1999, 2000, 2014, 2017, 2025

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jede Person benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des/der jeweiligen Zeicheninhaber*in sind zu beachten.

Der Verlag, die Autor*innen und die Herausgeber*innen gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autor*innen oder die Herausgeber*innen übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Wenn Sie dieses Produkt entsorgen, geben Sie das Papier bitte zum Recycling.

Vorwort

Datenbanken entstanden ab etwa 1960 aus der Notwendigkeit, die logischen Zugriffe auf die immer größer werdenden Datenmengen der Großrechner zu vereinfachen und zu normieren. Inzwischen haben Datenbanken längst ihren Siegeszug in nahezu allen Anwendungsbereichen angetreten. Für diese rasante Entwicklung zeichnen vor allem drei Gründe verantwortlich: Erstens stieg die Rechnerleistung in den letzten Jahrzehnten extrem an. Zweitens ermöglichen die seit 1980 eingesetzten relationalen Datenbanken ein intuitives Erstellen von Datenbanken mit einfachen Zugriffen. Und drittens unterstützen grafische Oberflächen den Anwender und Datenbankdesigner dank einer durchdachten Benutzerführung.

Damit wird das Erstellen einer kleinen Datenbank fast zum Kinderspiel. Doch nur ein korrektes Design, gepaart mit wohlüberlegten strukturierten Zugriffen garantieren Flexibilität, Zuverlässigkeit und eine problemlose spätere Erweiterung der Datenbank. Erst ein optimiertes Design, basierend auf theoretischen Grundlagen und praktischen Erfahrungen sorgen für Konsistenz und Integrität einer Datenbank. Nur so erhalten wir fehlerfreie und widerspruchsfreie Datenbestände, die stets zugreifbar sind.

Dieses Buch entstand aus Vorlesungen zu Datenbanken, die ich für Informatiker und Mathematiker an der Technischen Hochschule Regensburg über viele Jahre gelesen habe. Ich möchte mit diesem Buch aber auch alle interessierten Laien und Nicht-Informatiker bewusst ansprechen. Der theoretische Stoff wird mittels zahlreicher Beispiele sofort praktisch angewendet. Regelmäßige Zusammenfassungen erleichtern die Wiederholung und Reflexion des behandelten Stoffes. Zur Lernzielkontrolle dienen dem Autodidakten die zahlreichen Übungsaufgaben. Der Praxisbezug wird unterstützt durch eine im Buch durchgehend verwendete Beispieldatenbank, die im Anhang ausführlich vorgestellt wird.

Dieses Buch wendet sich vor allem an Programmierer, die mit Hilfe von SQL auf Datenbanken zugreifen wollen, und an alle, die kleine bis mittlere Datenbanken selbst entwerfen, erweitern und ändern möchten. Da viele Kapitel voneinander unabhängig sind, empfehle ich dieses Buch ausdrücklich auch als Nachschlagewerk. Ein umfangreiches Kapitel zur Datenbankprogrammierung erschließt zusätzlich die Welt des Internets und der grafischen Oberflächen.

Ganz grob lässt sich dieses Buch in drei Teile gliedern. Die Kap. 1 bis 3 geben zunächst einen Überblick über Datenbanken und beschäftigen sich dann intensiv mit Aufbau und Design von relationalen Datenbanken. Dieser mehr theoretische Stoff wird im zweiten Teil durch die in den Kap. 4 und 5 behandelte Datenbanksprache SQL intensiv angewendet und damit zusätzlich weiter vertieft. Die Internet-Programme in Kap. 6 vertiefen den Transaktionsbetrieb und schließen diesen zweiten Teil ab. Im dritten Teil ab Kap. 7 werden weiterführende Themen vorgestellt. Es finden sich Kapitel zur Performance, zur Korrektheit der gespeicherten Daten, zu Möglichkeiten des parallelen Datenzugriffs, zum Schutz vor Datenverlusten oder unberechtigten Zugriffen und zu verteilten Datenbanken.

Kap. 1 beschreibt die Vorzüge von Datenbanken gegenüber selbst verwalteten Datenbeständen, erklärt die wichtigsten Datenbankbegriffe und gibt einen kleinen Überblick über die Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten von Datenbanken. Dieses Kapitel dient zur Übersicht und Motivation und ist insbesondere zum Einstieg empfehlenswert.

In Kap. 2 und 3 stehen relationale Datenbanken im Mittelpunkt. Sie sind zusammen mit der Sprache SQL ab Kap. 4 die zentralen Kapitel dieses Buches. Hier liegt der Fokus auf den Methoden zum Entwurf und Erstellen einer relationalen Datenbank. Dies beginnt mit dem Aufbau von Relationen zusammen mit den beiden wichtigen Integritätsregeln. Es setzt sich fort mit den Normalformen von Relationen bis hin zum Entity-Relationship-Modell als Basiswerkzeuge zum Design von Datenbanken. Viele Beispiele lockern diese etwas theoretische Kapitel auf.

Die Kap. 4 und 5 führen praxisorientiert und umfassend in die Datenbankzugriffssprache SQL ein, wobei anhand von Beispielen der Stoff der Kap. 2 und 3 wesentlich vertieft wird. Kap. 4 befasst sich intensiv mit den Zugriffsmöglichkeiten auf Datenbanken mittels SQL. In Kap. 5 gehen wir einen Schritt weiter und erzeugen Datenbanken mit geeigneten SQL-Befehlen und beschäftigen uns zusätzlich mit der Vergabe von Zugriffsrechten in SQL. Hier werden auch wichtige Themen wie Sicherheit und Integrität behandelt. In Kap. 6 wird der SQL-Teil mit umfangreichen Programmen abgeschlossen. Hier greifen wir mittels HTML und PHP vom Internet aus direkt auf Datenbanken zu.

Der dritte Teil dient der Weiterführung und Vertiefung. Er beginnt in Kap. 7 mit einer umfassenden Einführung in die Performance. In Kap. 8 folgen die im produktiven Einsatz sehr wichtigen Themen Recovery und Concurrency. Es werden ausführlich die erforderlichen Maßnahmen beschrieben, um einem plötzlichen Rechnerabsturz ruhig entgegenzusehen und um beliebige Parallelzugriffe zu ermöglichen.

In Kap. 9 werden die Grundideen verteilter Datenbanken vorgestellt. Dies beginnt mit den Problemstellungen und den daraus entwickelten Konzepten. Letztlich führt es zu den heutigen Datenbankmodellen und zum erweiterten Transaktionsbegriff.

Geübt wird im gesamten Buch durchgehend mit Oracle, aber auch mit MySQL und SQL-Server. Dank der normierten Sprache SQL sind die meisten Beispiele dieses Buches auch auf andere Datenbanken direkt anwendbar. Auf die wenigen Abweichungen zwischen Oracle, SQL-Server und MySQL wird immer explizit hingewiesen. Die Beispieldatenbank *Bike* wird durchgängig verwendet, besonders intensiv in den Kapiteln zu SQL. Diese Datenbank *Bike* wird im Anhang ausführlich vorgestellt und ist Basis für alle

praktischen Übungen dieses Buches. Installationsprogramme zum automatischen Erstellen dieser Datenbank für Oracle, SQL-Server und MySQL stehen im Internet kostenlos zur Verfügung. Entsprechende Hinweise werden ebenfalls im Anhang gegeben. Jedes Kapitel endet mit einer Zusammenfassung, mit Übungsaufgaben und Literaturhinweisen.

Die vorliegende sechste Auflage wurde vollständig überarbeitet. Weggefallen ist der Abschnitt zu objektrelationalen Datenbanken, da diese kaum noch verwendet werden. Dafür wurde das Kapitel zu modernen NoSQL-Datenbanken erweitert. Die Entity-Relationship-Modellierung wurde ergänzt. Das gesamte Buch wurde textlich überarbeitet und verbessert. Viele Merksätze, Hinweise und Tipps wurden hinzugefügt, um wichtige Aussagen besonders hervorzuheben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau Ingrid, deren Rücksicht und Verständnis dieses Buch erst ermöglichten.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verwenden wir in diesem Buch überwiegend das generische Maskulinum. Dies impliziert immer beide Formen, schließt also die weibliche Form mit ein.

Regensburg, Deutschland
im März 2025

Edwin Schicker

Inhaltsverzeichnis

- 1 Übersicht über Datenbanken 1**
 - 1.1 Definition einer Datenbank 1
 - 1.2 Anforderungen an eine Datenbank 6
 - 1.3 Der Datenbank-Administrator 10
 - 1.4 Datenbankmodelle 12
 - 1.4.1 Relationale Datenbanken 12
 - 1.4.2 Objektorientierte Datenbanken 13
 - 1.4.3 Hierarchische und netzwerkartige Datenbanken 14
 - 1.4.4 Moderne Entwicklungen 14
 - 1.5 Transaktionen 16
 - 1.6 Das Konsistenzmodell ACID 18
 - 1.7 Zusammenfassung 19
 - 1.8 Übungsaufgaben 19
 - Literatur 21

- 2 Das Relationenmodell 23**
 - 2.1 Beispiel zu relationalen Datenbanken 24
 - 2.2 Relationale Datenstrukturen 25
 - 2.3 Primärschlüssel 31
 - 2.4 Relationale Integritätsregeln 35
 - 2.4.1 Entitäts-Integritätsregel 36
 - 2.4.2 Referenz-Integritätsregel 38
 - 2.5 Relationale Algebra 44
 - 2.5.1 Relationale Operatoren 44
 - 2.5.2 Vereinigung, Schnitt und Differenz 46
 - 2.5.3 Projektion und Restriktion 47
 - 2.5.4 Kreuzprodukt, Verbund und Division 48
 - 2.5.5 Eigenschaften der relationalen Operatoren 52
 - 2.6 Zusammenfassung 55
 - 2.7 Übungsaufgaben 55
 - Literatur 56

3 Datenbankdesign	59
3.1 Normalformen	60
3.1.1 Erste Normalform	61
3.1.2 Funktionale Abhängigkeit	61
3.1.3 Zweite Normalform	64
3.1.4 Dritte Normalform nach Boyce und Codd	67
3.1.5 Dritte Normalform nach Codd	69
3.1.6 Vierte Normalform	71
3.1.7 Fünfte Normalform	75
3.1.8 Zusammenfassung	79
3.2 Entity-Relationship-Modell	79
3.2.1 Entitäten	79
3.2.2 Beziehungen	84
3.2.3 Beziehungsrelationen	89
3.2.4 Fremdschlüsseigenschaften	94
3.2.5 Erweiterung des Entity-Relationship-Diagramms	98
3.2.6 Schwache Entitäten und Subtypen	99
3.2.7 Zusammenfassung	101
3.3 Übungsaufgaben	102
Literatur	103
4 Die Zugriffssprache SQL	105
4.1 Der Abfragebefehl Select	107
4.1.1 Der Aufbau des Select-Befehls	108
4.1.2 Die From-Klausel	110
4.1.3 Die Select-Klausel	113
4.1.4 Die Where-Klausel	118
4.1.5 Die Group-By- und Having-Klausel	127
4.1.6 Union, Except und Intersect	129
4.1.7 Der Verbund (Join)	131
4.1.8 Der äußere Verbund (Outer Join)	134
4.1.9 Die Order-By-Klausel	137
4.1.10 Nullwerte und die Coalesce-Funktion	138
4.1.11 Arbeitsweise des Select-Befehls	140
4.2 Mutationsbefehle in SQL	141
4.3 Transaktionsbetrieb mit SQL	144
4.4 Relationale Algebra und SQL	146
4.5 Zusammenfassung	147
4.6 Übungsaufgaben	148
Literatur	150

5 Die Beschreibungssprache SQL	151
5.1 Relationen erzeugen	152
5.1.1 Datentypen	153
5.1.2 Spalten- und Tabellenbedingungen	156
5.2 Relationen ändern und löschen	159
5.3 Temporäre Relationen	160
5.4 Sichten (Views)	161
5.5 Trigger	166
5.6 Sequenzen	169
5.7 Zugriffsrechte	170
5.8 Zugriffsschutz	174
5.9 Integrität	176
5.10 Aufbau einer Datenbank	179
5.10.1 Information Schema	180
5.10.2 Datenbanken und Oracle	182
5.10.3 Datenbanken und SQL-Server	183
5.10.4 Datenbanken und MySQL	183
5.11 Einrichten und Verwalten von Datenbanken	184
5.11.1 Oracle Datenbanken	184
5.11.2 SQL-Server Datenbanken	185
5.11.3 MySQL Datenbanken	186
5.12 Zusammenfassung	187
5.13 Übungsaufgaben	188
Literatur	189
6 Datenbankprogrammierung mit PHP	191
6.1 Arbeiten mit PHP	192
6.2 Überblick zu Webserver, HTML und PHP	193
6.2.1 Internet und Webserver	193
6.2.2 Hypertext Markup Language (HTML)	195
6.2.3 PHP	199
6.2.4 Felder in PHP: eine kurze Übersicht	202
6.3 Erste Datenbankzugriffe	203
6.3.1 Datenbankzugriff mit PHP	204
6.3.2 Die Datenbankschnittstelle PDO	205
6.3.3 Erster PHP-Zugriff auf Datenbanken	206
6.3.4 Einführung in die Fehlerbehandlung	210
6.3.5 Auslesen mehrerer Datenzeilen	212
6.4 Komplexe Datenbankzugriffe	217
6.4.1 Sessionvariable	217
6.4.2 Mehrfache Lesezugriffe auf Datenbanken	219
6.4.3 Eine GUI zur Eingabe von SQL-Befehlen	222

6.4.4	SQL Injection	224
6.4.5	Die Klasse PDOException	229
6.4.6	Transaktionsbetrieb mit PHP	231
6.5	Arbeiten mit großen Binärdaten	236
6.5.1	Verwendung des Datentyps BLOB	238
6.5.2	Speichern von Binärdaten in einer Datenbank	238
6.5.3	Auslesen von Binärdaten aus einer Datenbank	242
6.6	Zusammenfassung	245
6.7	Übungsaufgaben	246
	Literatur	248
7	Performance in Datenbanken	249
7.1	Optimizer und Ausführungsplan	250
7.1.1	Optimierung in Oracle	253
7.1.2	Optimierung in SQL-Server	255
7.1.3	Optimierung in MySQL	257
7.2	Index	257
7.3	Partitionierung	260
7.4	Materialisierte Sicht	264
7.5	Optimierung des Select-Befehls	266
7.6	Stored Procedure	273
7.7	Weitere Optimierungen	277
7.8	Zusammenfassung	278
7.9	Übungsaufgaben	279
	Literatur	280
8	Concurrency und Recovery	283
8.1	Transaktionen in Datenbanken	284
8.2	Recovery	286
8.2.1	Recovery und Logdateien	287
8.2.2	Aufbau der Logdateien	291
8.2.3	Recovery und Checkpoints	294
8.3	Concurrency	300
8.4	Sperrmechanismen	304
8.5	Deadlocks	310
8.6	Concurrency und SQL	313
8.7	Concurrency in der Praxis	316
8.7.1	Concurrency in Oracle	316
8.7.2	Concurrency in MS SQL-Server	317
8.7.3	Concurrency in MySQL	317
8.8	Zusammenfassung	318
8.9	Übungsaufgaben	319
	Literatur	320

9	Moderne Datenbankkonzepte	321
9.1	Verteilte Datenbanken	322
9.1.1	Vorteile der verteilten Datenhaltung	322
9.1.2	Nachteil der verteilten Datenhaltung	323
9.2	Die zwölf Regeln zur verteilten Datenhaltung	324
9.3	Das CAP-Theorem	327
9.4	Vergleich der drei Systeme CA, CP und PA am Beispiel	329
9.5	Anwendungsfälle für die Systeme CA, CP und PA	331
9.6	Das Konsistenzmodell BASE	334
9.7	Überblick über moderne Datenbanksysteme	334
9.8	Zwei-Phasen-Commit	336
9.9	Zusammenfassung	338
9.10	Übungsaufgaben	339
	Literatur	339
10	Anhang	341
	Stichwortverzeichnis	349