

Auf einen Blick

| | | |
|----|---|-----|
| 1 | Datenbanken – eine allgemeine Einleitung | 23 |
| 2 | Datenbankmodellierung | 49 |
| 3 | Schnellstart-Tutorial | 91 |
| 4 | Einführung in die Beispieldatenbank | 121 |
| 5 | Architektur | 147 |
| 6 | Manuelle Installation, Plugins und Upgrades | 211 |
| 7 | MySQL administrieren | 255 |
| 8 | Replikation und Hochverfügbarkeit | 361 |
| 9 | Anfrageoptimierung | 375 |
| 10 | Sicherheit | 467 |
| 11 | Gespeicherte Programme und Events | 529 |
| 12 | Softwareentwicklung mit MySQL | 639 |
| 13 | NoSQL mit MySQL | 675 |
| A | Referenz | 695 |

Inhalt

| | |
|---------------|----|
| Vorwort | 15 |
|---------------|----|

TEIL I Erste Schritte

1 Datenbanken – eine allgemeine Einleitung 23

| | |
|--|----|
| 1.1 Grundlagen von Datenbanken | 23 |
| 1.1.1 Die Geschichte von Datenbanken | 23 |
| 1.1.2 Moderne Datenbanken und Datenmodelle | 25 |
| 1.1.3 Vorteile | 28 |
| 1.1.4 Einsatzgebiete | 30 |
| 1.1.5 Anforderungen an ein Datenbankmanagementsystem | 34 |
| 1.2 MySQL | 38 |
| 1.2.1 Einleitung und Vorstellung | 38 |
| 1.2.2 Die Geschichte von MySQL | 41 |
| 1.2.3 Open Source und Lizenzen | 44 |
| 1.3 Zusammenfassung | 47 |

2 Datenbankmodellierung 49

| | |
|--|----|
| 2.1 Einführung in den Datenbankentwurf | 49 |
| 2.1.1 Anforderungsanalyse | 50 |
| 2.1.2 Konzeptioneller Datenbankentwurf | 51 |
| 2.1.3 Logischer Datenbankentwurf | 52 |
| 2.1.4 Physischer Datenbankentwurf | 52 |
| 2.1.5 Der Datenbankentwurf im Überblick | 53 |
| 2.2 Ein konkretes Beispiel: Flughafenverwaltung | 54 |
| 2.3 Das relationale Datenbankenmodell | 55 |
| 2.3.1 Tabellen, Spalten und Zeilen | 55 |
| 2.3.2 Schlüssel identifizieren Datensätze | 57 |
| 2.3.3 Die relationale Algebra | 58 |
| 2.3.4 Joins | 63 |
| 2.4 Datenbankdesign | 67 |
| 2.4.1 Das ER-Diagramm | 67 |

| | | |
|------------|------------------------------|-----------|
| 2.4.2 | Entitäten | 68 |
| 2.4.3 | Beziehungen | 72 |
| 2.5 | Normalformen | 81 |
| 2.5.1 | Die erste Normalform | 82 |
| 2.5.2 | Die zweite Normalform | 84 |
| 2.5.3 | Die dritte Normalform | 86 |
| 2.5.4 | Weitere Normalformen | 88 |
| 2.6 | Zusammenfassung | 88 |

3 Schnellstart-Tutorial 91

| | | |
|------------|--|------------|
| 3.1 | MySQL herunterladen | 91 |
| 3.2 | Minimale Systemanforderungen | 92 |
| 3.3 | MySQL installieren | 93 |
| 3.3.1 | Schnellinstallation unter Windows | 94 |
| 3.3.2 | Schnellinstallation unter Linux | 100 |
| 3.3.3 | Schnellinstallation unter Mac OS X | 105 |
| 3.3.4 | Zusammenfassung der Installation | 106 |
| 3.4 | Endlich loslegen – MySQL ausprobieren | 107 |
| 3.5 | Übersicht der wichtigsten Befehle | 110 |
| 3.5.1 | Datenbanken anlegen und löschen | 111 |
| 3.5.2 | Tabellen anlegen, Daten einfügen und löschen | 113 |
| 3.5.3 | Datensätze anlegen, abfragen und löschen | 118 |
| 3.5.4 | Datensätze abfragen und anzeigen | 120 |
| 3.6 | Zusammenfassung | 120 |

4 Einführung in die Beispieldatenbank 121

| | | |
|------------|---|------------|
| 4.1 | Die Datenbank für das Szenario anlegen | 121 |
| 4.2 | Die Beispieldatenbank auf der Buch-DVD | 137 |
| 4.3 | Hilfe bei der Arbeit mit MySQL | 139 |
| 4.3.1 | Fehlermeldungen und Warnungen | 139 |
| 4.3.2 | Online-Manual und weitere Anlaufstellen | 141 |
| 4.4 | Zusammenfassung | 142 |

TEIL II MySQL-Administration

5 Architektur 147

| | |
|--|-----|
| 5.1 Einführung | 147 |
| 5.1.1 Teile einer Datenbank – das Fünf-Schichten-Modell | 147 |
| 5.1.2 MySQL-Architektur | 153 |
| 5.2 Abfrageverarbeitung | 157 |
| 5.2.1 Der Query-Cache – das Kurzzeitgedächtnis von MySQL | 157 |
| 5.2.2 Der Optimierer – die Intelligenz von MySQL | 164 |
| 5.2.3 Execution-Engine – der Arbeiter von MySQL | 169 |
| 5.3 Transaktionen und Nebenläufigkeit | 170 |
| 5.3.1 Nebenläufigkeit | 170 |
| 5.3.2 Transaktionen | 171 |
| 5.3.3 Lock-Management | 184 |
| 5.4 Storage-Engines | 187 |
| 5.4.1 Grundlagen des Storage-Engine-Plugin-Systems | 187 |
| 5.4.2 InnoDB | 191 |
| 5.4.3 MyISAM | 197 |
| 5.4.4 MEMORY | 202 |
| 5.4.5 Sonstige Engines | 203 |
| 5.4.6 Fremdhersteller-Engines | 206 |
| 5.4.7 Vergleichstabelle | 207 |
| 5.5 Zusammenfassung | 208 |

6 Manuelle Installation, Plugins und Upgrades 211

| | |
|--|-----|
| 6.1 Von neuen Quellen – MySQL selbst kompilieren und installieren | 212 |
| 6.1.1 Voraussetzungen | 212 |
| 6.1.2 MySQL kompilieren und installieren | 214 |
| 6.1.3 Die Installation grundlegend absichern | 219 |
| 6.1.4 Anlegen der Konfigurationsdatei | 224 |
| 6.1.5 Den MySQL-Dienst starten | 225 |
| 6.1.6 Zusammenfassung der Installation | 229 |
| 6.2 Usermanagement | 229 |
| 6.3 Die zentrale Konfigurationsdatei »my.cnf« | 235 |
| 6.3.1 Die Syntax der Konfigurationsdatei | 237 |
| 6.3.2 Die grundlegenden Einstellungen | 239 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 6.3.3 | Kommandozeilenargumente | 242 |
| 6.3.4 | Servervariablen setzen und ändern | 243 |
| 6.4 | MySQL aktualisieren und erweitern | 247 |
| 6.4.1 | Upgrades | 247 |
| 6.4.2 | Die Plugin-API | 251 |
| 6.5 | Zusammenfassung | 254 |

7 MySQL administrieren 255

| | | |
|------------|--|------------|
| 7.1 | Der bordeigene Werkzeugkasten | 255 |
| 7.2 | Der Name ist Programm: »mysqldadmin« | 256 |
| 7.2.1 | Datenbanken anlegen und löschen | 256 |
| 7.2.2 | Caches leeren | 257 |
| 7.2.3 | Das »root«-Passwort ändern | 258 |
| 7.2.4 | Den Server überwachen | 261 |
| 7.3 | Daten importieren und exportieren | 264 |
| 7.3.1 | Daten aus Dateien importieren | 264 |
| 7.3.2 | Daten exportieren | 270 |
| 7.4 | Richtig sichern – Backups und Strategien | 272 |
| 7.4.1 | Die Basics | 272 |
| 7.4.2 | Physisches oder logisches Backup | 274 |
| 7.4.3 | Online- und Offline-Backups | 276 |
| 7.4.4 | Volle und inkrementelle Backups | 277 |
| 7.4.5 | Logische Backups und Wiederherstellung mit »mysqldump« | 278 |
| 7.4.6 | Physisches Offline-Backup – schnell, sicher und effizient | 282 |
| 7.4.7 | MySQL Hot Copy | 285 |
| 7.4.8 | InnoDB-Tabellen sichern mit Percona XtraBackup | 286 |
| 7.4.9 | Recovery von Bedienfehlern – zeitpunktbezogene Wiederherstellung | 288 |
| 7.4.10 | Backups mit Replikation | 291 |
| 7.4.11 | Backups automatisieren | 291 |
| 7.5 | Tabellenwartung mit »mysqlcheck« | 292 |
| 7.5.1 | MyISAM-Tabellen überprüfen und reparieren | 292 |
| 7.5.2 | Die Erholungsphase – Crash Recovery | 295 |
| 7.6 | Performance-Check mit »mysqlslap« | 297 |

| | |
|---|-----|
| 7.7 MySQL beobachten | 298 |
| 7.7.1 Die »INFORMATION_SCHEMA«-Tabellen | 298 |
| 7.7.2 Den Status abfragen | 298 |
| 7.7.3 Statistiken zu InnoDB-Tabellen | 299 |
| 7.7.4 MySQL überwachen | 301 |
| 7.8 Die grafischen Werkzeuge im Überblick | 302 |
| 7.8.1 MySQL Workbench | 302 |
| 7.8.2 MySQL Administrator | 308 |
| 7.8.3 Weitere Tools | 311 |
| 7.9 Optimierungstechniken | 311 |
| 7.9.1 Leistungsschau | 311 |
| 7.9.2 Profiling | 314 |
| 7.9.3 Das Percona Toolkit | 318 |
| 7.9.4 Die wichtigsten Variablen der zentralen Konfigurationsdatei im Überblick | 321 |
| 7.9.5 MySQL feineinstellen – Empfehlungen eines Skripts | 326 |
| 7.10 Exakte Statistiken mit dem Performance Schema | 339 |
| 7.10.1 Grundlagen des Performance Schemas | 340 |
| 7.10.2 Instrumente einrichten und Messvorgaben anpassen | 343 |
| 7.10.3 Anpassen der Einstellungen und Ausgabe von Statusvariablen | 351 |
| 7.10.4 Auswertung des Performance Schemas | 352 |
| 7.10.5 Den Gesamtüberblick mit Summary-Tabellen behalten | 356 |
| 7.10.6 Aufspüren von Problemen | 359 |
| | |
| 8 Replikation und Hochverfügbarkeit | 361 |
| <hr/> | |
| 8.1 Grundprinzipien | 362 |
| 8.1.1 Ablauf | 363 |
| 8.1.2 Arten von Replikation | 363 |
| 8.2 Topologien | 365 |
| 8.2.1 Master – Slave | 365 |
| 8.2.2 Master – Slave mit zwischengeschaltetem Slave | 366 |
| 8.2.3 Master – Master | 367 |
| 8.3 Vorarbeiten zur Replikation | 368 |
| 8.4 Konfiguration einer Master-Slave-Replikation | 370 |
| 8.5 Zusammenfassung | 373 |

9 Anfrageoptimierung

375

| | |
|---|-----|
| 9.1 Aufspüren von langsamen Anfragen | 375 |
| 9.1.1 Langsame Anfrage protokollieren | 375 |
| 9.1.2 Log-Dateien regelmäßig kontrollieren | 378 |
| 9.2 Indexstrukturen | 378 |
| 9.2.1 Die Grundidee von Indexstrukturen | 379 |
| 9.2.2 Primärindex vs. Sekundärindex | 380 |
| 9.2.3 Der limitierende Faktor – die Festplatte | 381 |
| 9.2.4 Technische Umsetzung von Indexstrukturen – der B-Baum und MyISAM | 382 |
| 9.2.5 Clustered Index | 387 |
| 9.2.6 Non-clustered Index | 388 |
| 9.2.7 Mehrdimensionale Indexstrukturen – der R-Baum | 388 |
| 9.2.8 GIS und raumbezogene Indizes | 392 |
| 9.2.9 Volltextindex | 400 |
| 9.2.10 Die großen Nachteile des Indexes | 410 |
| 9.3 Optimierung von Anfragen | 410 |
| 9.3.1 Die EXPLAIN-Anweisung | 410 |
| 9.3.2 Auswertung der EXPLAIN-Informationen und Optimierungen | 413 |
| 9.4 Partitionierung | 443 |

10 Sicherheit

467

| | |
|--|-----|
| 10.1 Grundlagen | 467 |
| 10.1.1 Verschiedene Szenarien für das Rechtemanagement | 467 |
| 10.1.2 Die zwei Phasen des Berechtigungssystems | 469 |
| 10.2 Privilegiert – die Benutzerrechte im Detail | 470 |
| 10.2.1 Die Ebenen der Benutzerberechtigungen | 472 |
| 10.2.2 Berechtigungen zum Schutz der Daten | 475 |
| 10.2.3 Berechtigungen zur Programmierung mit MySQL | 480 |
| 10.2.4 Das Sicherheitskonzept von Programmen oder DEFINER vs. INVOKER | 482 |
| 10.2.5 Berechtigungen zur Administration von MySQL | 486 |
| 10.2.6 Die Befehle GRANT und REVOKE im Detail | 491 |
| 10.2.7 Benutzerverwaltung ohne GRANT – die Datenbank »mysql« | 496 |

| | |
|---|-----|
| 10.3 Tipps und Tricks | 501 |
| 10.3.1 Vorgehen bei der Erstellung von Benutzern | 502 |
| 10.3.2 Tausende Benutzer und Datenbanken ohne Chaos verwalten | 503 |
| 10.3.3 Benutzerverwaltungs-API | 504 |
| 10.3.4 Benutzerverwaltung in der Applikation, nicht in der Datenbank? | 505 |
| 10.3.5 Workaround für Berechtigungen auf Zeilenebene/Kapselung | 507 |
| 10.4 STOP! – MySQL absichern | 510 |
| 10.4.1 Allgemeine Sicherheitshinweise – der gewissenhafte Administrator | 510 |
| 10.4.2 Zugang beschränken oder verschlüsseln | 515 |
| 10.4.3 MySQL im Web | 520 |
| 10.5 Zusammenfassung | 525 |

Teil III Programmierung

11 Gespeicherte Programme und Events 529

| | |
|---|-----|
| 11.1 Wozu gespeicherte Programme? | 529 |
| 11.1.1 Arten von gespeicherten Programmen | 531 |
| 11.1.2 MySQL Stored Program Language | 532 |
| 11.1.3 Grundlegendes Arbeiten mit gespeicherten Programmen | 532 |
| 11.1.4 Kommentare | 535 |
| 11.1.5 Datentypen | 536 |
| 11.1.6 Sicherung und Backup gespeicherter Programme und Sichten | 537 |
| 11.1.7 Rechte von gespeicherten Programmen | 538 |
| 11.1.8 Einschränkungen | 539 |
| 11.2 Gespeicherte Prozeduren | 539 |
| 11.2.1 Erzeugung gespeicherter Prozeduren | 540 |
| 11.2.2 Erweiterte Einstellungen beim Erzeugen von gespeicherten Prozeduren | 542 |
| 11.2.3 Verwendung gespeicherter Prozeduren | 543 |
| 11.2.4 Löschen von gespeicherten Prozeduren | 544 |
| 11.2.5 Bearbeiten gespeicherter Prozeduren | 544 |
| 11.2.6 Parameter | 546 |
| 11.2.7 Ergebnismengen | 550 |
| 11.3 Gespeicherte Funktionen | 551 |
| 11.3.1 Erzeugen von gespeicherten Funktionen | 552 |
| 11.3.2 Erweiterte Optionen beim Erzeugen von gespeicherten Prozeduren ... | 554 |
| 11.3.3 Aufrufen gespeicherter Funktionen | 556 |

| | | |
|-------------|--|------------|
| 11.3.4 | Bearbeiten gespeicherter Funktionen | 558 |
| 11.3.5 | Einschränkungen | 558 |
| 11.4 | Informationen zu bestehenden gespeicherten Programmen (Metadaten) | 559 |
| 11.5 | Programmieren in MySQL | 563 |
| 11.5.1 | BEGIN-/END-Blöcke | 563 |
| 11.5.2 | Variablen | 565 |
| 11.5.3 | Ablaufsteuerung und konditionale Anweisungen | 571 |
| 11.5.4 | Schleifen | 579 |
| 11.5.5 | Cursors | 583 |
| 11.5.6 | Handler | 590 |
| 11.5.7 | Selbstdefinierte Fehlermeldungen mit SIGNAL | 599 |
| 11.5.8 | Verschachtelte Cursors und ihre Handler | 604 |
| 11.5.9 | Temporäre Tabellen | 607 |
| 11.5.10 | Rekursion | 608 |
| 11.5.11 | Transaktionen | 611 |
| 11.6 | Trigger | 613 |
| 11.6.1 | Trigger erstellen | 613 |
| 11.6.2 | Löschen und Bearbeiten von Triggern | 618 |
| 11.6.3 | Informationen über bestehende Trigger (Metadaten) | 618 |
| 11.6.4 | Einschränkungen | 621 |
| 11.7 | Events | 622 |
| 11.7.1 | Event-Scheduler | 623 |
| 11.7.2 | Erzeugung von Events | 624 |
| 11.7.3 | Löschen und Bearbeiten von Events | 628 |
| 11.7.4 | Informationen zu bestehenden Events (Metadaten) | 629 |
| 11.7.5 | Sicherheit, Rechte und Einschränkungen | 631 |
| 11.8 | Sichten (Views) | 632 |
| 11.8.1 | Erzeugung und Verwenden von Sichten | 633 |
| 11.8.2 | Updates auf Sichten | 635 |
| 11.8.3 | Löschen und Bearbeiten einer Sicht | 636 |
| 11.8.4 | Informationen zu bestehenden Sichten (Metadaten) | 637 |
| 11.9 | Zusammenfassung | 638 |

12 Softwareentwicklung mit MySQL 639

| | | |
|-------------|--|------------|
| 12.1 | Konnektoren/Programmiersprachen | 641 |
| 12.1.1 | Allgemeines | 641 |
| 12.1.2 | ODBC | 646 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 12.1.3 | Java, JDBC und Connector/J | 650 |
| 12.1.4 | PHP, »mysqli«, »PDO_MYSQL« | 655 |
| 12.1.5 | .NET | 659 |
| 12.1.6 | Perl, »DBD:mysql« | 664 |
| 12.1.7 | Ruby | 667 |
| 12.1.8 | Python | 669 |
| 12.1.9 | »node-mysql«, Node.js – serverseitiges JavaScript | 671 |
| 12.2 | Zusammenfassung | 674 |

13 NoSQL mit MySQL 675

| | | |
|-------------|--|------------|
| 13.1 | Not Only SQL – NoSQL | 675 |
| 13.2 | Skalierung und Verteilung: ACID vs. BASE | 677 |
| 13.3 | Mit Hochgeschwindigkeit ins Herz: MySQL öffnet sich | |
| | »Memcached«-Benutzern | 678 |
| 13.3.1 | Die Integration von Memcached in die MySQL-Architektur | 679 |
| 13.3.2 | Grundlagen des Memcache-Protokolls | 680 |
| 13.3.3 | Memcached zur Verwendung mit InnoDB installieren | 681 |
| 13.3.4 | Die Verbindung testen | 683 |
| 13.3.5 | Memcached und InnoDB verbinden | 684 |
| 13.3.6 | Lesen und Schreiben von Daten mittels Memcached | 687 |
| 13.3.7 | Replikation und Memcached | 689 |
| 13.3.8 | Sicherheit gegen Geschwindigkeit | 689 |
| 13.3.9 | Weitere Einstellungen | 690 |
| 13.4 | Zusammenfassung | 692 |

Teil IV Anhang

14 Referenz 695

| | | |
|------------|--|------------|
| A.1 | Datentypen | 696 |
| A.2 | Datendefinition, Datenmanipulation und Abfragen | 698 |
| A.3 | Index | 704 |
| A.4 | Boolesche Operatoren | 705 |
| A.5 | Mathematische Funktionen | 706 |
| A.6 | Zeit- und Datumsfunktionen | 708 |

| | |
|--|-----|
| A.7 String-Funktionen | 714 |
| A.8 Transaktionen | 722 |
| A.9 Sperren | 724 |
| A.10 Sichten (Views) | 725 |
| A.11 MySQL-Client | 726 |
| A.12 Gespeicherte Prozeduren | 727 |
| A.13 Gespeicherte Funktionen | 729 |
| A.14 Triggers | 731 |
| A.15 Events | 731 |
| A.16 Kontrollfluss-Elemente | 733 |
| A.17 Variablen in Programmen | 735 |
| A.18 Cursors | 736 |
| A.19 Handlers | 737 |
| A.20 Volltextsuche | 739 |
| A.21 Replikation | 740 |
| A.22 GIS-Funktionen | 742 |
| A.23 Partitionierung | 743 |
| A.24 Administrationsaufgaben | 747 |
| A.25 Benutzerverwaltung und Sicherheit | 752 |
| A.26 Wartungsarbeiten | 755 |
| A.27 Backups, Wiederherstellung und Logfiles | 757 |
| A.28 Import und Export | 759 |
| A.29 Benchmarking, Monitoring und Profiling | 760 |
| A.30 Query-Cache | 762 |
| A.31 Plugins | 762 |
| A.32 Storage-Engines | 763 |
| A.33 Hilfe, Warnungen und Fehler | 766 |
| A.34 Fehlernummern und SQL-States | 767 |
| A.35 Escape-Sequenzen | 769 |
| A.36 Zeichensätze und Sortierfolgen (Character Sets und Collations) | 770 |
| Index | 771 |