

Inhaltsverzeichnis

1 Datenbankmanagement	1
1.1 Informationssysteme und Datenbanken	1
1.2 SQL-Datenbanken	4
1.2.1 Relationenmodell	4
1.2.2 Strukturierte Abfragesprache SQL	6
1.2.3 Relationales Datenbanksystem	10
1.3 Big Data und NoSQL-Datenbanken	11
1.3.1 NoSQL-Datenbanksysteme	13
1.4 Graphdatenbanken	16
1.4.1 Graphenmodell	16
1.4.2 Graphenorientierte Abfragesprache Cypher	18
1.5 Dokumentdatenbanken	21
1.5.1 Dokumentmodell	21
1.5.2 Dokumentorientierte Datenbanksprache MQL	22
1.6 Organisation des Datenmanagements	23
Bibliography	27
2 Datenbankmodellierung	29
2.1 Von der Anforderungsanalyse zur Datenbank	29
2.2 Das Entitäten-Beziehungsmodell	32
2.2.1 Entitäten und Beziehungen	32
2.2.2 Assoziationen und Assoziationstypen	34
2.2.3 Generalisation und Aggregation	37
2.3 Umsetzung im Relationenmodell	41
2.3.1 Abhängigkeiten und Normalformen	41
2.3.2 Abbildungsregeln für relationale Datenbanken	48
2.4 Umsetzung im Graphenmodell	54
2.4.1 Eigenschaften von Graphen	54
2.4.2 Abbildungsregeln für Graphdatenbanken	60
2.5 Umsetzung im Dokumentmodell	63

2.5.1	Dokumentorientierte Datenbankmodellierung.	63
2.5.2	Abbildungsregeln für Dokumentdatenbanken.	69
2.6	Rezept zum Datenbankentwurf.	73
	Bibliography.	75
3	Datenbanksprachen.	77
3.1	Interaktion mit einer Datenbank.	77
3.2	Die Relationenalgebra.	79
3.2.1	Übersicht über Operatoren.	79
3.2.2	Die mengenorientierten Operatoren.	81
3.2.3	Die relationenorientierten Operatoren.	84
3.2.4	Relational vollständige Sprachen.	89
3.3	Relationale Sprache SQL.	90
3.3.1	Erstellen und Befüllen des Datenbankschemas.	90
3.3.2	Relationale Operatoren.	93
3.3.3	Eingebaute Funktionen.	96
3.3.4	Nullwerte.	98
3.4	Graphbasierte Sprache Cypher.	101
3.4.1	Erstellen und Befüllen des Datenbankschemas.	102
3.4.2	Relationale Operatoren.	103
3.4.3	Eingebaute Funktionen.	105
3.4.4	Graphanalysen.	106
3.5	Dokumentorientierte Sprache MQL.	109
3.5.1	Erstellen und Füllen des Datenbankschemas.	109
3.5.2	Relationale Operatoren.	110
3.5.3	Eingebaute Funktionen.	114
3.5.4	Nullwerte.	116
3.6	Datenbankprogrammierung mit Cursor.	118
3.6.1	Einbettung von SQL in prozedurale Sprachen.	118
3.6.2	Einbettung graphbasierter Sprachen.	121
3.6.3	Einbettung von Dokumentdatenbanksprachen.	122
	Bibliographie.	122
4	Datenbanksicherheit.	125
4.1	Sicherheitsziele und Maßnahmen.	125
4.2	Zugriffskontrolle.	127
4.2.1	Authentisierung und Autorisierung in SQL.	127
4.2.2	Authentisierung und Autorisierung in Cypher.	133
4.2.3	Authentisierung und Autorisierung in MQL.	137
4.3	Integritätsbedingungen.	141
4.3.1	Relationale Integritätsbedingungen in SQL.	142
4.3.2	Integritätsbedingungen für Graphen in Cypher.	145
4.3.3	Integritätsbedingungen für Dokumentdatenbanken in MQL.	148

- 4.4 Konsistenz von Transaktionen 150
 - 4.4.1 Mehrbenutzerbetrieb 150
 - 4.4.2 Das ACID-Prinzip 150
 - 4.4.3 Serialisierbarkeit 151
 - 4.4.4 Pessimistische Verfahren 155
 - 4.4.5 Optimistische Verfahren 158
 - 4.4.6 Fehlerbehandlung 160
- 4.5 Weiche Konsistenz bei massiv verteilten Daten 162
 - 4.5.1 BASE und CAP-Theorem 162
 - 4.5.2 Differenzierte Konsistenz Einstellungen 164
 - 4.5.3 Vektoruhren zur Serialisierung verteilter Ereignisse 166
 - 4.5.4 Vergleich zwischen ACID und BASE 168
- 4.6 Sprachelemente für die Transaktionskontrolle 169
 - 4.6.1 Transaktionsmanagement in SQL 169
 - 4.6.2 Transaktionsmanagement in der Graphdatenbank Neo4j
und in der Sprache Cypher 172
 - 4.6.3 Transaktionsmanagement in MongoDB und MQL 175
- Bibliographie 178
- 5 Systemarchitektur 179**
 - 5.1 Verarbeitung homogener und heterogener Daten 179
 - 5.2 Speicher- und Zugriffsstrukturen 182
 - 5.2.1 Indexe 182
 - 5.2.2 Baumstrukturen 183
 - 5.2.3 Hashverfahren 186
 - 5.2.4 Consistent Hashing 188
 - 5.2.5 Mehrdimensionale Datenstrukturen 190
 - 5.2.6 Binary JavaScript Object Notation BSON 193
 - 5.2.7 Indexfreie Nachbarschaft 195
 - 5.3 Übersetzung und Optimierung relationaler Abfragen 198
 - 5.3.1 Erstellen eines Anfragebaums 198
 - 5.3.2 Optimierung durch algebraische Umformung 200
 - 5.3.3 Berechnen des Verbundoperators 202
 - 5.3.4 Kostenbasierte Optimierung von Zugriffspfaden 205
 - 5.4 Parallelisierung mit Map/Reduce 207
 - 5.5 Schichtarchitektur 209
 - 5.6 Nutzung unterschiedlicher Speicherstrukturen 211
 - 5.7 Clouddatenbanken 213
 - Bibliographie 214
- 6 Postrelationale Datenbanksysteme 217**
 - 6.1 Die Grenzen von SQL – und darüber hinaus 217
 - 6.2 Föderierte Datenbanken 218

6.3	Temporale Datenbanken	222
6.4	Multidimensionale Datenbanken	225
6.5	Data Warehouse und Data Lake Systeme	230
6.6	Objektrelationale Datenbanken	234
6.7	Wissensbasierte Datenbanken	239
6.8	Fuzzydatenbanken	242
	Bibliographie.	248
7	NoSQL-Datenbanksysteme	251
7.1	Zur Entwicklung nicht-relationaler Technologien	251
7.2	Schlüssel-Wert-Datenbanken	253
7.3	Spaltenfamilien-Datenbanken	256
7.4	Dokumentdatenbanken	259
7.5	XML-Datenbanken	262
7.6	Graphdatenbanken	267
7.7	Suchmaschinen-Datenbanken	270
7.8	Zeitreihen-Datenbanken.	273
	Bibliographie.	275
	Glossar	277
	Stichwortverzeichnis	283