

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einleitung	13
1.1 Geoinformationssysteme und -dienste.....	13
1.1.1 Geoinformationssysteme.....	13
1.1.2 Offene Geoinformationssysteme.....	15
1.1.3 Geodienste.....	17
1.2 Datenbanksysteme	19
1.2.1 Aufbau von Datenbanksystemen.....	19
1.2.2 Datenbanksysteme versus Dateien.....	19
1.2.3 Relationale Datenbanksysteme	22
1.2.4 Objektrelationale Datenbanksysteme.....	30
1.3 Geodatenbanksysteme	34
1.3.1 Anforderungen an Geodatenbanksysteme.....	34
1.3.2 Speicherung von Geodaten in Datenbanken	35
1.3.3 Konkrete Geodatenbanksysteme	39
2 SQL	43
2.1 SQL für relationale Datenbanken	43
2.1.1 Datendefinition.....	43
2.1.2 Datenmanipulation	44
2.1.3 Beziehungen.....	45
2.1.4 Anfragen.....	46
2.1.5 Indexerzeugung.....	52
2.2 PostgreSQL.....	52
2.2.1 Datenbankstruktur	53
2.2.2 SQL	56
2.3 Oracle.....	63
2.3.1 Datenbankstruktur	64
2.3.2 Oracle SQL.....	66
2.3.3 Prozedurale Erweiterungen	70
2.3.4 Objektrelationale Erweiterungen	72
3 Datenmodelle für Geodaten	83
3.1 Geodaten	84
3.1.1 Thematische Eigenschaften.....	84
3.1.2 Geometrische Eigenschaften	86
3.1.3 Topologische Eigenschaften	87
3.1.4 Metainformationen.....	88
3.1.5 Standardisierung von Geodaten	88
3.2 Feature-Geometry-Modell.....	89
3.2.1 ISO 19107 Spatial Schema	89
3.2.2 Geography Markup Language (GML).....	90

3.3	Simple-Feature-Modell.....	93
3.3.1	Geometrieschema.....	94
3.3.2	Repräsentationsformen.....	100
3.3.3	Basismethoden.....	102
3.3.4	Geometrische Funktionen.....	103
3.3.5	Topologische Prädikate.....	105
3.3.6	Informationsschema.....	110
3.4	SQL/MM Spatial.....	110
3.4.1	Geometrieschema.....	112
3.4.2	Repräsentationsformen.....	115
3.4.3	Informationsschema.....	117
3.5	Räumliche Bezugssysteme.....	117
3.5.1	Kategorien von Koordinatenbezugssystemen.....	118
3.5.2	Beschreibung von Koordinatenbezugssystemen.....	120
3.6	Lineare Bezugssysteme.....	122
3.6.1	ISO 19148.....	123
3.6.2	Maßzahlen.....	125
4	Modellierung von Geodaten in SQL.....	127
4.1	PostGIS.....	127
4.1.1	Datentyp GEOMETRY.....	128
4.1.2	Datentyp GEOGRAPHY.....	147
4.1.3	Lineare Bezugssysteme.....	149
4.2	Oracle Spatial.....	153
4.2.1	Klasse SDO_GEOMETRY.....	153
4.2.2	Klasse ST_GEOMETRY.....	184
4.2.3	Lineare Bezugssysteme.....	193
5	Räumliche Anfragebearbeitung.....	201
5.1	Räumliche Basisanfragen.....	201
5.2	Mehrstufige Anfragebearbeitung.....	203
5.2.1	Charakteristika von Geodaten.....	203
5.2.2	Prinzip der mehrstufigen Anfragebearbeitung.....	203
5.3	Räumlicher Index.....	204
5.4	Filterung über Approximationen.....	205
5.4.1	Konservative und progressive Approximationen.....	206
5.4.2	Einelementige Approximationen.....	207
5.4.3	Mehrelementige Approximationen.....	209
5.5	Räumliche Anfragen in SQL.....	211
5.5.1	Anfragebearbeitung in PostGIS.....	211
5.5.2	Anfragebearbeitung in Oracle Spatial.....	216
6	Indexierung von Geodaten.....	223
6.1	Indexierung in Datenbanksystemen.....	223
6.1.1	B- und B ⁺ - Bäume.....	225
6.1.2	Generalized Search Tree.....	230

6.1.3	Hash-Verfahren.....	232
6.1.4	Block Range Index (BRIN).....	236
6.2	Indexierung von Geodaten.....	237
6.2.1	Clipping.....	239
6.2.2	Transformation in den höherdimensionalen Raum.....	240
6.2.3	Einbettung in den eindimensionalen Raum.....	242
6.2.4	Überlappende Blockregionen.....	244
6.2.5	Mehrschichtentechnik.....	245
6.2.6	Fazit.....	245
6.3	Binäre Raumpartitionierung und Quadrees.....	246
6.3.1	Binäre Raumpartitionierung.....	246
6.3.2	Quadrees.....	247
6.3.3	Bucket BSP und Bucket Quadrees.....	249
6.3.4	Lineare Quadrees.....	249
6.3.5	Nutzung in PostGIS.....	254
6.3.6	Nutzung in Oracle Spatial.....	257
6.4	Gridfiles.....	263
6.4.1	Struktur und Suchanfragen.....	263
6.4.2	Dynamisches Verhalten.....	264
6.4.3	Speicherung von Rechtecken.....	267
6.4.4	Organisation des Grid Directorys.....	269
6.5	R-Bäume.....	272
6.5.1	R-Baum.....	272
6.5.2	R*-Baum.....	277
6.5.3	Weitere Varianten.....	281
6.5.4	R-Bäume in PostGIS.....	283
6.5.5	R-Bäume in Oracle Spatial.....	285
7	Komplexe Basisanfragen.....	289
7.1	Räumlicher Verbund.....	289
7.1.1	Räumlicher Verbund ohne Index.....	290
7.1.2	Räumlicher Verbund zwischen R-Bäumen.....	291
7.1.3	Räumlicher Verbund mittels z-Ordnung.....	295
7.1.4	Nutzung in Datenbanken.....	296
7.2	Nächste-Nachbarn-Anfrage.....	300
7.2.1	Algorithmus von Hjaltason und Samet.....	301
7.2.2	Nutzung in Datenbanken.....	303
8	Geometrische Algorithmen.....	309
8.1	Algorithmische Geometrie.....	309
8.1.1	Algorithmische Entwurfsmethoden.....	310
8.1.2	Behandlung numerischer Probleme.....	313
8.2	Konvexe Hülle.....	318
8.2.1	Berechnung der konvexen Hülle.....	318
8.2.2	Minimal umgebende konvexe Polygone.....	324

8.3	Inklusionsprobleme	324
8.3.1	Punkt-in-Polygon-Test	324
8.3.2	Polygon-in-Polygon-Test	326
8.4	Schnittprobleme.....	327
8.4.1	Schnitt von Rechtecken.....	327
8.4.2	Schnitt von Strecken	332
8.4.3	Schnitt von Polygonen	337
8.5	Objektzerlegung.....	343
8.5.1	Trapezzerlegung.....	343
8.5.2	Triangulation	344
8.5.3	Verwaltung der Zerlegungskomponenten.....	350
9	Anwendungsprogrammierung	351
9.1	Zugriff auf Datenbanken	351
9.1.1	Datenbankzugriffsschnittstellen.....	351
9.1.2	Datenbankkopplung an eine Programmiersprache.....	351
9.1.3	Zugriff auf die Daten.....	352
9.2	Java und JDBC	354
9.2.1	JDBC-Treibertypen.....	355
9.2.2	Versionen und Einbindung der JDBC-API	356
9.2.3	Nutzung der JDBC-API	357
9.3	Zugriff auf Geodaten	361
9.3.1	Zugriff auf Geodaten in PostGIS	361
9.3.2	Zugriff auf Geodaten in Oracle Spatial	364
9.3.3	Zugriff auf Geodaten über GeoTools.....	368
10	Topologie	369
10.1	Grundbegriffe	369
10.1.1	Netzwerke und Graphen.....	370
10.1.2	Flächenhafte Modelle.....	371
10.2	Topologische Datenmodelle	372
10.2.1	Feature-Geometry-Modell.....	372
10.2.2	SQL/MM Spatial	373
10.3	Netzwerkdatenbanken	379
10.3.1	Analyseoperationen.....	379
10.3.2	Physische Organisation	385
10.4	Topologie in PostGIS	387
10.4.1	Topologieschema	388
10.4.2	Datentyp TopoGeometry.....	392
10.5	Topologie in Oracle Spatial.....	396
10.5.1	Netzwerk-Datenbankschema.....	396
10.5.2	Flächenhaftes Topologie-Datenbankschema	403

11 Rasterdaten	423
11.1 Konzepte	423
11.2 Speicherung von Rasterdaten durch BLOBs	426
11.2.1 Abspeichern von Rasterdaten	426
11.2.2 Lesen von Rasterdaten	427
11.3 PostGIS Raster	428
11.3.1 Erzeugung und Speicherung von Rasterdaten	428
11.3.2 Operationen auf Rasterdaten	433
11.4 Oracle Spatial GeoRaster	441
11.4.1 Datenmodell und Speicherung von Rasterdaten	441
11.4.2 Operationen auf Rasterdaten	448
12 3D-Geodatenbanken	457
12.1 Datenmodelle	458
12.1.1 Feature-Geometry-Modell	459
12.1.2 Simple-Feature-Modell	462
12.1.3 SQL/MM Spatial	464
12.2 Anfragebearbeitung	465
12.2.1 Räumliche Basisanfragen und Indexstrukturen	465
12.2.2 Algorithmische Geometrie	466
12.3 3D in PostGIS	466
12.3.1 Datenrepräsentation und Funktionen	466
12.3.2 Dreiecksvermaschungen	472
12.3.3 Räumliche Anfragen	478
12.4 3D in Oracle Spatial	482
12.4.1 Datenrepräsentation und Anfragen	482
12.4.2 Punktwolken	487
12.4.3 Dreiecksvermaschungen	491
12.4.4 Zugriff über die Java-API	496
13 Weiterführende Themen	499
13.1 Spatial Data Mining	499
13.1.1 Data Mining	499
13.1.2 Spatial Data Mining	499
13.1.3 PostGIS	501
13.1.4 Oracle Spatial	504
13.2 Freiformkurven	507
13.2.1 Feature-Geometry-Modell	508
13.2.2 SQL/MM Spatial	510
13.2.3 Oracle Spatial	510
13.3 Spatio-temporale Datenbanken	513
13.3.1 Datenmodelle	513
13.3.2 Basisanfragen	518
13.3.3 Indexe	519
13.3.4 TPR-Baum	520
13.3.5 Trajektorien in PostGIS	522

13.4 Geodienste	525
13.4.1 Web Feature Service und Filter Encoding	525
13.4.2 Web Coverage Service	529
13.4.3 Geodienste und mobile Anwendungen	529
13.5 Internet der Dinge	530
13.5.1 Eingebettete Datenbanksysteme	532
13.5.2 OGC Sensor Web Enablement	532
13.5.3 OGC SensorThings API	534
13.5.4 Datenstrommanagementsysteme	537
14 NoSQL-Datenbanksysteme	539
14.1 Einführung	539
14.1.1 Big Data	539
14.1.2 Cloud Computing	540
14.1.3 Skalierbarkeit	542
14.1.4 NoSQL-Datenbanksysteme	546
14.2 MongoDB	548
14.2.1 BSON	548
14.2.2 Grundfunktionalität	549
14.2.3 Räumliche Anfragen	552
14.2.4 Gruppierung und Aggregation	554
14.3 Neo4j	559
14.3.1 Datenspeicherung und einfache Anfragen	559
14.3.2 Netzwerkanalysen	567
14.3.3 Räumliche Anfragen	570
Literaturverzeichnis	573
Abkürzungsverzeichnis	583
Übersetzung englischer Begriffe	589
SQL-Index	595
Stichwortverzeichnis	603