

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 Directories.....	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