

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in GIS	19
1.1	Definitionen	19
1.1.1	Daten, Information und Wissen	19
1.1.2	System, Informations- und Datenbanksystem	22
1.1.3	Geo-Informationssystem	25
1.2	Entwicklungsphasen zu GIS und zur Geoinformatik	30
1.2.1	Historische Entwicklungen	30
1.2.2	Geoinformatik als Wissenschaftsdisziplin	35
1.3	Modellierung und Objektbildung in der GIS-Welt	35
1.3.1	Abbildung der realen Welt	35
1.3.2	Das Geoobjekt	37
1.3.3	Diskrete versus kontinuierliche Objekte	39
1.3.4	Objektbasierte versus raumbasierte Datenmodelle	40
1.4	Dimensionen in GIS	41
1.4.1	Geometrische Dimension	41
1.4.2	Topologische Dimension	43
1.4.3	Temporale Dimension	43
1.4.4	Thematische Dimension	44
1.5	Datentypen in GIS	46
1.5.1	Geometrie- und Topologiedaten	46
1.5.2	Vektor- und Rasterdaten	48
1.5.3	Graphikdaten	49
1.5.4	Sachdaten/Thematische Daten	51
1.5.5	Hybrides GIS	52
1.6	Vier Säulen und vier Komponenten eines GIS	53
1.6.1	Vier Säulen	54
1.6.2	Vier funktionale Komponenten	56
1.7	GIS-Ausprägungen	58
1.7.1	Kartier- und interaktiv graphisches System	58
1.7.2	CAD-System	59
1.7.3	GIS-Spezialisierungen im Anwendungsbereich	60
1.8	Entwicklungen im interdisziplinären GIS-Umfeld	69

1.8.1	Übergreifende GIS-Organisationen	69
1.8.2	Aus- und Weiterbildung	70
1.8.3	Literatur	71
1.9	Zusammenfassung	72
1.10	Aufgaben	73
2	GIS-Hard- und Software	75
2.1	Einführung	75
2.1.1	Auflösung	76
2.1.2	Datenmengen	77
2.2	Hardwarekomponenten	78
2.2.1	Geräte zur Datenerfassung	80
2.2.2	Geräte zur Verwaltung und Auswertung	117
2.2.3	Geräte zur Datenausgabe und -präsentation	130
2.3	Softwareaspekte	135
2.3.1	Grundsoftware	135
2.3.2	Internet und World Wide Web	146
2.3.3	Datenbanksprachen	149
2.4	GIS-Architekturen	152
2.4.1	Verteilte Systeme	152
2.4.2	Cloud-Computing	161
2.4.3	Geo-Apps	164
2.5	GIS-Produkte	166
2.5.1	GIS-Produktfamilien und -komponenten	167
2.5.2	Stand und Entwicklungstendenzen	171
2.6	Zusammenfassung	173
2.7	Aufgaben	174
3	Raum und Zeit in GIS	177
3.1	Einführung	177
3.2	Geodäsie und die Erdfigur	178
3.2.1	Geodäsie als Wissenschaftsdisziplin	178
3.2.2	Die Erdfigur	179
3.3	Direkter Raumbezug – Koordinaten	183
3.3.1	Euklidischer Raum und Metrik	184
3.3.2	Ebene Koordinatensysteme	186
3.3.3	Datumsangaben	190
3.3.4	Koordinatenreferenzsysteme	191
3.3.5	Location Codes als Alternative zu Koordinaten	193
3.4	Indirekter Raumbezug – Sekundäre Metrik	194
3.4.1	Indirekte Raumbezugsformen	194
3.4.2	Indirekte Georeferenzierung	195
3.5	Dreidimensionale Koordinatenreferenzsysteme	197

3.5.1	Geozentrische Koordinatenreferenzsysteme	197
3.5.2	Ellipsoidische und sphärische Koordinatensysteme	200
3.5.3	Geodätische Parallelkoordinatensysteme	201
3.6	Grundlagen der Kartennetzentwürfe	202
3.6.1	Referenzflächen und -lagen	202
3.6.2	Abbildungseigenschaften	204
3.6.3	Kartographische Abbildungen	206
3.6.4	Geodätische Abbildungen	207
3.6.5	Zur Wahl der Kartenprojektion	209
3.7	Koordinatenoperationen	211
3.7.1	Transformationen in der Ebene (2D)	212
3.7.2	Überbestimmte Transformationen in der Ebene	213
3.7.3	Transformationen im Raum (3D)	214
3.8	Zeit in GIS	215
3.8.1	Anforderungen an die Zeit in GIS	215
3.8.2	Zeitliche Bezugssysteme	217
3.8.3	Zeitangaben in Geoobjekten	218
3.9	Zusammenfassung	220
3.10	Aufgaben	221
4	Interoperabilität und offene GIS-Welten	223
4.1	Einführung	223
4.2	Modelle und Modellierungssprachen	224
4.2.1	Modelle und Modellierung	224
4.2.2	Modellierungssprache UML und Alternativen	225
4.2.3	UML-Diagrammarten und graphische Notation	226
4.3	Interoperabilität, Normung und Rechtsrahmen	235
4.3.1	Interoperabilität	235
4.3.2	Normung	236
4.3.3	Open Geospatial Consortium (OGC)	240
4.3.4	Standards in der öffentlichen Verwaltung	245
4.3.5	Rechtlicher Rahmen und Lizenzen	246
4.4	Geodateninfrastrukturen	250
4.4.1	Rahmenbedingungen und Komponenten	251
4.4.2	Weltweite Geodateninfrastruktur-Vorhaben	255
4.4.3	INSPIRE auf europäischer Ebene	256
4.4.4	Nationale Geodateninfrastrukturen	260
4.4.5	GDI der Länder, Kreise und Kommunen	261
4.5	Digital Earth	265
4.5.1	Earth Viewer/Virtuelle Globen	266
4.5.2	3D-Stadt-, Bauwerks- und Landschaftsmodelle	268
4.5.3	Geosensornetzwerke und das Internet of Things (IoT)	281
4.5.4	Neogeography und Citizen Science	289

4.5.5	Raumbezogene Blockchain-Technologien	292
4.5.6	Open Data	295
4.5.7	Smart City und Digital Twin	300
4.6	Geoinformatik im Kontext der Mainstream-IT	302
4.6.1	Big Data	302
4.6.2	Künstliche Intelligenz (KI)	304
4.6.3	Data Science	305
4.7	Zusammenfassung	306
4.8	Aufgaben	307
5	Erfassung raumbezogener Daten	309
5.1	Einführung	309
5.1.1	Geodaten	309
5.1.2	Erfassungsmethoden und Maßstabsbereiche im Überblick .	311
5.2	Originäre Erfassungsmethoden	312
5.2.1	Vermessungsmethoden	313
5.2.2	Photogrammetrie und Fernerkundung	323
5.2.3	Digitales Geländemodell	341
5.2.4	Umweltmessnetze	344
5.2.5	Verkehrs- und Mobilitätsdatenerfassung	347
5.2.6	Nutzergenerierte Inhalte	348
5.2.7	Andere primäre Erfassungsmethoden	351
5.3	Sekundäre Erfassungsmethoden	353
5.3.1	Manuelle Digitalisierung	353
5.3.2	Semi-automatische Digitalisierung	356
5.3.3	Automatische Digitalisierung	356
5.3.4	Alphanumerische Dateneingabe	357
5.4	Ausgewählte Erfassungsmethoden	357
5.4.1	Konversionen	358
5.4.2	Kartenhomogenisierung und geometrische Bedingungen .	361
5.4.3	Linienglättung und -ausdünnung	364
5.4.4	Repräsentativität erfasster Daten	367
5.4.5	Text Mining	370
5.5	Datenquellen	373
5.5.1	Amtliche topographische und Katasterkartenwerke	374
5.5.2	Thematische Kartenwerke	376
5.5.3	Bildkarten	377
5.5.4	Atlanten	378
5.5.5	Analoge und digitale Datenbestände	379
5.6	Metainformation und Datenqualität	385
5.6.1	Metainformation	385
5.6.2	Datenqualität im Kontext der Normung	391
5.6.3	Fehlerquellen in raumbezogenen Daten	393

5.6.4	Behandlung der Datenqualität im EVAP-Modell	396
5.7	Schritte zur Datenerfassung und Laufendhaltung	396
5.7.1	Planung der Datengewinnung	397
5.7.2	Abschätzung der Kosten der Datenerfassung	398
5.7.3	Datenfortführung	398
5.7.4	Datenverifikation	399
5.8	Zusammenfassung	401
5.9	Aufgaben	401
6	Verwaltung raumbezogener Daten	405
6.1	Einführung in die Datenmodellierung	405
6.1.1	Verschiedene Modellvorstellungen	405
6.1.2	Einfache Ordnungssysteme	407
6.1.3	Von Zeichen zu Wissen	410
6.1.4	Wissensrepräsentation und Ontologien	412
6.2	Geometrisches Modellieren	417
6.2.1	Geometriemodelle in 3D	418
6.2.2	Geometrische Abfragen	423
6.2.3	Geometrieobjekt	423
6.2.4	Das Simple Feature Model	424
6.2.5	Punktwolken und Trajektorien	425
6.2.6	Digitales Geländemodell (DGM)	428
6.2.7	Strukturen für Rasterdaten/Coverages	432
6.3	Topologisches Modellieren	436
6.3.1	Topologieobjekt	437
6.3.2	Graphentheorie	438
6.3.3	Topologische Beziehungen und Konsistenzbedingungen	443
6.3.4	Topologische Abfragen	445
6.4	Temporales Modellieren	446
6.4.1	Temporales Objekt	448
6.4.2	Temporale Abfragen	449
6.5	Thematisches Modellieren	450
6.5.1	Das Ebenenprinzip	452
6.5.2	Das Objektklassenmodell	455
6.5.3	Thematische Abfragen	458
6.6	Logische Datenmodelle	458
6.6.1	Entitäten-Relationenmodell	459
6.6.2	Hierarchisches Datenmodell	462
6.6.3	Netzwerk-Datenmodell	463
6.6.4	Relationales Datenmodell	464
6.6.5	Objektrelationales Datenmodell	467
6.6.6	Objektorientiertes Datenmodell	467
6.7	Physikalische Datenmodelle	469

- 6.7.1 Dateistrukturen 469
 - 6.7.2 Zugriffsmechanismen für raumbezogene Daten 472
- 6.8 Datenbanksysteme 485
 - 6.8.1 Dateisystem 486
 - 6.8.2 Datenbanksystem 487
 - 6.8.3 Geodatenbanksysteme 495
 - 6.8.4 Alternative Datenbankansätze 497
- 6.9 Geodata Warehouse 499
- 6.10 Datenräume und Geospatiale Ökosysteme 501
 - 6.10.1 Datenräume und Geospatiale Ökosysteme 501
 - 6.10.2 Data Cubes 502
- 6.11 Zusammenfassung 503
- 6.12 Aufgaben 504

7 Analyse raumbezogener Daten 507

- 7.1 Einführung 507
- 7.2 Geometrische Methoden 510
 - 7.2.1 Geometrische Grundlagen 510
 - 7.2.2 Rechtecktests (Clipping) 516
 - 7.2.3 Landschaftsstrukturmaße 519
 - 7.2.4 Punkt-im-Polygon-Test 520
 - 7.2.5 Zonengenerierung resp. Pufferbildung 522
 - 7.2.6 Flächenverschneidung 526
 - 7.2.7 Dreiecksvermaschung und Nachbarschaftsgraphen 534
- 7.3 Topologische Methoden 541
 - 7.3.1 Graphentheoretische Algorithmen 541
 - 7.3.2 Netzwerkanalysen und Wegeprobleme 545
 - 7.3.3 Punktmengentopologie 550
- 7.4 Statistische Methoden 556
 - 7.4.1 Systematisierung der Statistik 556
 - 7.4.2 Univariate Verfahren 561
 - 7.4.3 Bivariate Verfahren 564
 - 7.4.4 Multivariate Verfahren 571
 - 7.4.5 Approximation und Interpolation 572
 - 7.4.6 Geostatistik 585
 - 7.4.7 Kerndichteschätzung 592
 - 7.4.8 Klassifikation 594
- 7.5 Mengenmethoden 597
 - 7.5.1 Boole’sche Algebra 598
 - 7.5.2 Fuzzy-Mathematik 600
 - 7.5.3 Relationale Operatoren 602
 - 7.5.4 Sortier- und Suchverfahren 604
 - 7.5.5 Umklassifizierung 608

7.5.6	Aggregation und Disaggregation	608
7.6	Temporale Methoden	611
7.6.1	Zeitreihenanalyse	611
7.6.2	Ereignisanalyse	612
7.6.3	Raumzeitliche Veränderungsanalyse	613
7.6.4	Raum-Zeit-Würfel	614
7.6.5	Trajektorienanalyse	614
7.6.6	Bewegungsmuster	616
7.7	Komplexere Analysemethoden	617
7.7.1	Data Mining	618
7.7.2	Analyse von Digitalen Geländemodellen	621
7.7.3	Kartographisches Modellieren – Map Algebra	623
7.7.4	Multikriterielle Bewertungen	630
7.7.5	Systemanalytische Ansätze – Geographische Modelle	632
7.7.6	Geocomputation und Geosimulation	636
7.8	Zusammenfassung	639
7.9	Aufgaben	640
8	Präsentation raumbezogener Daten	643
8.1	Einführung	643
8.1.1	Graphik und Kartographie	644
8.1.2	Visualisierung	644
8.2	Interaktive Graphik	645
8.2.1	Funktionalitäten	645
8.2.2	Farbmodelle	650
8.2.3	Transformationen	654
8.2.4	Planare geometrische Projektionen	657
8.3	Kartographie und Geovisualisierung	658
8.3.1	Vom Landschaftsmodell zum kartographischen Modell	659
8.3.2	Die Karte	660
8.3.3	Thematische Darstellungsformen	665
8.3.4	Generalisierungsproblem in Karten und in GIS	671
8.3.5	Rechnergestützte Kartographie	673
8.3.6	Visualisierungsformen für Digitale Geländemodelle	674
8.3.7	Alternative Darstellungsformen	674
8.3.8	Geovisualisierung	676
8.4	Computergraphik und interaktiv-visuelle Analyse	678
8.4.1	Computergraphik	678
8.4.2	Interaktiv-visuelle Analyse	678
8.4.3	Dashboards	685
8.4.4	Sonifikation – Ton als Darstellungsquelle	686
8.4.5	Mixed Reality	688
8.5	Nichtgraphische Ausgabeformen	693

- 8.6 Digitaler Datenaustausch 694
 - 8.6.1 Anforderungen an den Datenaustausch 694
 - 8.6.2 Nationale und internationale Austauschformate 696
 - 8.6.3 Dateibasierte Datenaustauschformate 698
- 8.7 Dissemination 703
- 8.8 Zusammenfassung 706
- 8.9 Aufgaben 707
- 9 Anwendungen von GIS 709**
 - 9.1 Einführung 709
 - 9.2 Landinformationssysteme 711
 - 9.2.1 AFIS-ALKIS-ATKIS – das AAA-Vorhaben 712
 - 9.2.2 Amtliches Festpunktinformationssystem 718
 - 9.2.3 Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem 719
 - 9.2.4 Amtliches Topographisch-Kartographisches Informations-system 721
 - 9.2.5 Vermessungs- und Geoinformationswesen in der Schweiz und in Österreich 723
 - 9.3 Rauminformationssysteme 727
 - 9.3.1 Raumordnung und Landesplanung 728
 - 9.3.2 Regionalplanung 731
 - 9.3.3 Kommunale Bauleitplanung 733
 - 9.3.4 Fachplanungen zur Raumplanung 734
 - 9.3.5 GIS in Kommunen und Landkreisen 738
 - 9.3.6 Amtliche Statistik 744
 - 9.4 Umweltinformationssysteme 747
 - 9.4.1 Internationale Umweltprogramme 748
 - 9.4.2 Nationale UIS-Vorhaben 750
 - 9.4.3 Landschaftsökologische Anwendungen 756
 - 9.4.4 Land- und Forstwirtschaft 758
 - 9.4.5 Management von Naturkatastrophen 763
 - 9.4.6 Betriebliche Umweltinformationssysteme 764
 - 9.5 Netzinformationssysteme 765
 - 9.5.1 Allgemeine Anforderungen 765
 - 9.5.2 NIS-Komponenten 766
 - 9.5.3 NIS-Sparten 768
 - 9.6 Spezielle Fachinformationssysteme 773
 - 9.6.1 GIS im Transport- und Verkehrswesen 773
 - 9.6.2 GIS im Unternehmensbereich 779
 - 9.6.3 GIS im sozialen Bereich 787
 - 9.6.4 Geoinformationswesen der Bundeswehr 792
 - 9.6.5 GIS in der Telekommunikation 792
 - 9.6.6 GIS in der Abfallwirtschaft 794

<i>INHALTSVERZEICHNIS</i>	17
9.6.7 GIS in Bauwesen und Geotechnik	795
9.6.8 GIS im Ressourcenmanagement	796
9.6.9 GIS für den Bürger	804
9.7 Zusammenfassung	810
9.8 Aufgaben	811
Literaturverzeichnis	813
A Lösungen zu den Aufgaben	849
B Bildnachweis	875
Stichwortverzeichnis	877