

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	1
1.1	Ansatz und Aufgaben der Geoinformatik.....	1
1.2	Ethische Herausforderungen der Informatik und Geoinformatik	9
2	GRUNDBEGRIFFE UND ALLGEMEINE GRUNDLAGEN DER INFORMATIONSVERRARBEITUNG	13
2.1	Information, Nachricht, Signale, Daten	13
2.2	Automat, Computer, Programm, Hard- und Software.....	15
2.3	EVA-Prinzip der Informationsverarbeitung	17
2.4	Algorithmen und Programme in Computersystemen	18
2.4.1	Algorithmusbegriff	18
2.4.2	Programmablaufpläne und Struktogramme	20
2.4.3	Stufen der Algorithmusausführung in einem Computer	21
2.5	Darstellung von Informationen in Computersystemen durch Bitfolgen	22
2.5.1	Digitale Welt, Digitalisierung.....	22
2.5.2	Bit und Bitfolgen	23
2.5.3	Logische Werte.....	24
2.5.4	Zahlen.....	24
2.5.5	Texte.....	26
2.5.6	Räumliche Informationen	27
2.5.7	Farbinformationen	29
2.5.8	Sensordaten	31
2.5.9	Dualzahlenarithmetik	31
2.6	Aufbau eines Computersystems: Hardware.....	34
2.7	Aufbau eines Computersystems: Software.....	35
2.7.1	Systemsoftware und systemnahe Software.....	35
2.7.2	Branchen-, Individual- und Standardsoftware, Apps.....	36
2.7.3	Anwendungssoftware in der Geoinformatik.....	37
2.7.4	Proprietäre, Open-Source-Software und Freie-Software.....	38
2.8	Netze und Vernetzung	41
2.8.1	Definition und Unterscheidungsmerkmale	41
2.8.2	Internet.....	43
2.8.3	Web-Technologien	45
2.8.4	Web 2.0	49
2.8.5	Cloud Computing	50

3	GRUNDLAGEN AUS DER INFORMATIK	53
3.1	Programmierung von Computersystemen	53
3.1.1	Programmirebenen.....	53
3.1.2	Erstellen und Ausführen von Programmen.....	55
3.1.3	Programmiersprachen.....	58
3.1.4	Programmierkonzepte.....	62
3.1.5	Programmieren mit Python in Geoinformationssystemen.....	74
3.1.6	Graphiksprachen und Graphikbibliotheken.....	75
3.1.7	Programmierung von Anwendungen für Intranet u. Internet..	79
3.1.8	App-Programmierung.....	81
3.2	Daten und Datentypen	84
3.2.1	Skalenniveaus.....	84
3.2.2	Standarddatentypen	85
3.2.3	Strukturierte Datentypen.....	89
3.2.4	Abstrakte Datentypen	91
3.2.5	Dateien.....	93
3.3	Algorithmen.....	94
3.3.1	Definitionen und Merkmale.....	94
3.3.2	Sequenzielle und parallele Algorithmen.....	96
3.3.3	Iterationen und Rekursionen.....	98
3.3.4	Komplexität von Algorithmen.....	101
3.4	Grundlegende Algorithmen der Geoinformatik.....	104
3.4.1	Algorithmen der Koordinatengeometrie.....	104
3.4.2	Graphen und ausgewählte Wegealgorithmen	110
3.4.3	Algorithmen für Rasterdaten	115
3.4.4	Weitergehende Algorithmen.....	116
3.5	Softwareentwicklung	117
3.5.1	Aufgaben und Ziele der Softwareentwicklung.....	117
3.5.2	Instrumente der Softwareentwicklung.....	118
3.5.3	Traditionelle Vorgehensmodelle der Softwareentwicklung ..	120
3.5.4	Objektorientierte Softwareentwicklung.....	122
3.5.5	V-Modelle und Weiterentwicklungen	123

4	GEOOBJEKTE UND BEZUGSSYSTEME	127
4.1	Geoobjekte.....	127
4.1.1	Begriff des Geoobjekts	127
4.1.2	Geometrie von Geoobjekten	128
4.1.3	Topologie von Geoobjekten	131
4.1.4	Thematik von Geoobjekten	133
4.1.5	Dynamik von Geoobjekten.....	134
4.1.6	Dimensionen von Geoobjekten	134
4.2	Koordinatensysteme	135
4.2.1	Metrische Räume und kartesische Koordinaten	135
4.2.2	Homogene Koordinaten.....	136
4.2.3	Polarkoordinaten und Geographische Koordinaten auf der Kugel	137
4.2.4	Geographische Koordinaten auf einem Ellipsoiden	139
4.2.5	Ebene Koordinatentransformationen	141
4.3	Netzentwürfe und Kartenprojektionen	148
4.3.1	Raumkoordinaten und lokale Bezugssysteme auf der Erde..	148
4.3.2	Abbildungseigenschaften von Netzentwürfen	151
4.3.3	Abbildungsflächen von Netzentwürfen	151
4.4	Grundlagen geodätischer Bezugssysteme.....	156
4.4.1	Annäherung der Erde durch Ellipsoide.....	156
4.4.2	Geodätisches Datum und traditionelle Bezugssysteme	158
4.4.3	Neue terrestrische Referenzrahmen: ITRF, ETRF, ETRS89	160
4.4.4	Datumstransformationen	161
4.4.5	Höhenbezugsflächen in Deutschland bis 2016	164
4.4.6	Der integrierte (geodätische) Raumbezug 2016	167
4.5	Geodätische Abbildungen.....	168
4.5.1	Anwendung geodätischer Abbildungen.....	168
4.5.2	Das Gauß-Krüger-Koordinatensystem in Deutschland	169
4.5.3	Das Österreichische Bundesmeldenetz.....	171
4.5.4	Das Schweizer Koordinatensystem	172
4.5.5	Das UTM-Koordinatensystem.....	173
4.5.6	Berechnung von UTM-Koordinaten.....	175
4.5.7	EPSG-Codes	177
4.6	Anwendungsbeispiel: Georeferenzierung in einem Geoinformationssystem	178
4.6.1	Georeferenzierung aufgrund geodätischer Koordinaten.....	178
4.6.2	Definition des Raumbezugs nach einer Georeferenzierung..	181
4.6.3	Mehrere Bezugssysteme und Datumstransformation	182

5	DIGITALE RÄUMLICHE DATEN: DATENGEWINNUNG, GEOBASISDATEN UND VGI	185
5.1	Grundbegriffe	185
5.1.1	Primäre und sekundäre Erfassungsmethoden, Primär- und Sekundärdaten	185
5.1.2	Diskretisierung	187
5.2	Digitale sekundäre Erfassung von Geometriedaten	188
5.2.1	Digitale Erfassung von Geometriedaten im Vektorformat ...	188
5.2.2	Digitale Erfassung von Geometriedaten im Rasterformat	192
5.2.3	Konvertierung zwischen Raster- und Vektordaten	192
5.3	Satellitengestützte Standortbestimmung und Erfassung von 3D-Lagekoordinaten	195
5.3.1	GPS und GNSS	195
5.3.2	Aufbau von NAVSTAR/GPS: Grundprinzipien vor der Modernisierung.....	196
5.3.3	Prinzip der Distanzbestimmung.....	201
5.3.4	Fehlereinflüsse und Genauigkeiten einer GPS-Standortbestimmung	203
5.3.5	Differentielles GPS (DGPS).....	205
5.3.6	Modernisierung von NAVSTAR/GPS	206
5.3.7	GLONASS.....	207
5.3.8	Galileo	207
5.3.9	BeiDou.....	208
5.3.10	GNSS-Daten	209
5.3.11	Bewertung von Positionierungssystemen und weitere Entwicklungen zu GNSS	210
5.4	Airborne Laserscanning.....	212
5.5	Geobasisdaten.....	215
5.5.1	Geobasisdaten der Vermessungsverwaltungen.....	215
5.5.2	Das ehemalige Automatisierte Liegenschaftskataster	216
5.5.3	Das ehemalige Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS.....	218
5.5.4	AFIS —ALKIS —ATKIS	220
5.6	Volunteered Geographic Information (VGI)	233
5.6.1	Daten im GeoWeb 2.0	233
5.6.2	Das OpenStreetMap-Projekt (OSM-Projekt).....	233
5.6.3	Qualität von OSM-Daten.....	235

6 STANDARDS UND INTEROPERABILITÄT VON GEODATEN 239

6.1	Standardisierung und Interoperabilität.....	239
6.1.1	Mehrfachnutzung durch Standardisierung	239
6.1.2	Syntaktische und semantische Interoperabilität.....	240
6.2	Standardisierungsinstitutionen.....	242
6.2.1	Standard und Norm.....	242
6.2.2	Normierungsinstitutionen	243
6.2.3	International Organization for Standardization (ISO)	243
6.2.4	Open Geospatial Consortium.....	244
6.3	Standards zur Modellierung von Geodaten	245
6.3.1	Das Feature-Geometry-Modell.....	245
6.3.2	Das Simple-Feature-Geometry-Object-Modell	246
6.3.3	Geography Markup Language	247
6.3.4	GeoPackage.....	249
6.4	Geodatendienste	250
6.4.1	Interoperabilität durch standardisierte Geodatendienste.....	250
6.4.2	OGC-konforme Geodatendienste	250
6.4.3	Arbeitsweise eines OGC-konformen WMS am Beispiel des UMN-MapServers.....	251
6.4.4	Zugriff auf Geodaten über einen Web Map Service.....	253
6.4.5	Zugriff auf Geodaten über einen Web Feature Service	254
6.4.6	Zugriff auf Geodaten über weitere Geodatendienste	255
6.4.7	Verarbeitung von Geodaten durch standardisierte Web Processing Service.....	256
6.4.8	Verarbeitung von Geodaten durch standardisierte Web- services in einem Geoinformationssystem	257
6.5	Metadaten	259
6.5.1	Von Daten zur Information durch Metadaten.....	259
6.5.2	Standards für räumliche Metadaten	261
6.5.3	Beispiele aus der Praxis.....	263
6.6	Qualität von Daten und Geodaten.....	267
6.6.1	Qualitätsmerkmale.....	267
6.6.2	Räumliche Auflösung, Generalisierung und Lagegenauigkeit	268
6.7	Aufbau von Geodateninfrastrukturen	270
6.7.1	Begriff und Ziele von Geodateninfrastrukturen.....	270
6.7.2	INSPIRE.....	270
6.7.3	GDI-DE —Geodateninfrastruktur Deutschland	272
6.7.4	Nationale Geoinformations-Strategie (NGIS)	274
6.7.5	GDI der Länder.....	274

7	VISUALISIERUNG RAUMBEZOGENER INFORMATIONEN	279
7.1	Die interdisziplinäre Sicht auf die Kartographie	279
7.1.1	Digitale graphische Darstellung von Informationen.....	279
7.1.2	Computergestützte wissenschaftliche Visualisierung.....	279
7.1.3	Geovisualisierung	282
7.1.4	Digitale graphische Darstellung von Geoobjekten — Paradigmenwechsel der Kartographie	284
7.1.5	Präsentationen in der Geoinformatik	287
7.1.6	Augmented Reality —Virtual Reality	290
7.1.7	Virtuelle Realität in der Geoinformatik: 3D-Stadtmodelle...	291
7.2	Graphische Präsentationen im Web	292
7.2.1	Web-Mapping.....	292
7.2.2	Anwendungsbeispiel eines Mapservers.....	293
7.2.3	Anwendungsbeispiel einer Mapping-Software.....	294
7.2.4	Graphische Präsentationen in Applikationen.....	296
7.2.5	Kartographie im Web 2.0: Web-Mapping 2.0	297
7.3	Graphische Kommunikation.....	298
7.4	Graphische Semiologie.....	302
7.4.1	Die Theorie der Graphischen Semiologie nach Bertin	302
7.4.2	Gestaltungsregeln basierend auf der graphischen Semiologie nach Bertin	304
7.4.3	Weiterentwicklungen im Hinblick auf dig. Umsetzungen....	308
7.5	Graphische Gestaltungsmittel.....	308
7.5.1	Signaturen.....	308
7.5.2	Darstellung von Quantitäten.....	311
7.5.3	Klasseneinteilungen.....	313
7.5.4	Diagrammdarstellungen.....	315
7.5.5	Kartenähnliche Darstellungen	315
7.6	Gestaltungsmerkmale von Kartenprints.....	316
7.6.1	Inhalte und formale Gestaltung von Kartenprints.....	316
7.6.2	Texte und Beschriftungen in Kartenprints.....	318
7.7	Einsatz von Farbe	319
7.7.1	Farbe als einfaches und kritisches Ausdrucksmittel	319
7.7.2	Farbwirkung und Farbwahrnehmung	319
7.7.3	Farbabstufungen	320
7.7.4	Farbmischung und Farbmodelle	321

8	DATENORGANISATION UND DATENBANKSYSTEME	327
8.1	Datenorganisation.....	327
8.1.1	Grundbegriffe der Datenorganisation.....	327
8.1.2	Dateisysteme	329
8.1.3	Datenbanksysteme.....	332
8.1.4	Datensichten in einem Datenbanksystem	334
8.1.5	Datenmodelle.....	336
8.2	Datenbankentwurf mit ER-Modellierung	336
8.2.1	Modellierungskonzepte	336
8.2.2	Entities und Attribute	337
8.2.3	Relationships	338
8.2.4	Entity-Relationship-Diagramme.....	340
8.2.5	Konzeptueller Datenbankentwurf an einem Beispiel	341
8.3	Das relationale Datenmodell.....	343
8.3.1	Aufbau einer relationalen Datenbasis.....	343
8.3.2	Normalformen	345
8.3.3	Transformation eines ER-Diagramms in das Relationenmodell.....	348
8.4	Anwendungen mit relationalen Datenbanksystemen.....	352
8.4.1	Datendefinition und Verwaltungsfunktionen.....	352
8.4.2	Datenmanipulation und Datenauswertung.....	352
8.4.3	Der Sprachstandard SQL einer Datenmanipulationssprache für relationale Datenbanksysteme.....	353
8.4.4	Auswertungsbeispiele einer Datenbank mit SQL.....	354
8.4.5	Relationale Datenstrukturen in Geoinformationssystemen ..	356
8.5	Datenkonsistenzen	360
8.5.1	Begriff und Bedeutung von Datenkonsistenzen	360
8.5.2	Referentielle Integrität.....	361
8.5.3	Trigger.....	361
8.5.4	Transaktionen	361
8.6	Erweiterungen.....	362
8.6.1	Abhängige Entity-Typen	362
8.6.2	Die Ist-Beziehung	363
8.6.3	Das EER-Modell	364
8.6.4	Objektorientierte und objektrelationale Datenbanksysteme ..	365
8.7	Geodatenbanken	366
8.7.1	Verwaltung und Verarbeitung von Geodaten in Relationalen Datenbanken.....	366
8.7.2	Aufgaben von Geodatenbanken.....	367
8.7.3	PostgreSQL/PostGIS	368
8.7.4	Auswertung von Geodaten mit PostgreSQL/PostGIS	369

9	GEOINFORMATIONSSYSTEME	373
9.1	Konzepte digitaler Informations- und Geoinformationssysteme	373
9.1.1	Informationssysteme.....	373
9.1.2	Vier-Komponenten-Modelle eines Informationssystems	374
9.1.3	Begriff Geoinformationssystem	375
9.1.4	Vier-Komponenten-Modell eines Geoinformationssystems.....	376
9.1.5	GIS-Software.....	378
9.1.6	Geoinformationssysteme und ähnliche Systeme	380
9.2	Web-GIS.....	381
9.2.1	Begriff und Funktionsweise eines Web-GIS	381
9.2.2	Web-GIS in der Praxis.....	382
9.2.3	Web-Mapping als Web-GIS-Ersatz?	383
9.3	Modellierung von Geoobjekten in einem Geoinformationssystem	384
9.3.1	Geoinformationssystem als Modell der realen Welt.....	384
9.3.2	Geometrisch-topologische Modellierung von Geoobjekten im Vektormodell.....	385
9.3.3	Geometrisch-topologische Modellierung in der Praxis	390
9.3.4	Geometrisch-topologische Modellierung von Geoobjekten im Rastermodell	392
9.3.5	Speicherung von Geometrien im Rastermodell.....	393
9.3.6	Thematik von Geoobjekten	395
9.3.7	Vergleich von Vektor- und Rastermodell.....	396
9.4	Bearbeitung und raumbezogene Analyse von Geoobjekten im Vektormodell.....	397
9.4.1	Erfassen und Editieren von Geoobjekten im Vektormodell	397
9.4.2	Verwaltung von Geoobjekten: Datenabfragen und Suchoperationen	399
9.4.3	Fortführung und Aktualisierung von Geoobjekten im Vektormodell.....	399
9.4.4	Räumliche Überlagerungen und geometrisch-topologische Analysefunktionen von Geoobjekten im Vektormodell	401
9.5	Bearbeitung und raumbezogene Analyse von Geoobjekten im Rastermodell.....	405
9.5.1	Aufbereiten von Rasterdaten	405
9.5.2	Konvertieren von Sachdaten auf Rasterbasis.....	407
9.5.3	Räumliche Analysen von Rasterdaten	408
9.5.4	Map Algebra.....	411
9.6	Netzwerkanalysen.....	413
9.6.1	Das Netzwerkdatenmodell.....	413
9.6.2	Analyse optimaler Wege in einem Netzwerk	414
9.6.3	Ermittlung von Einzugsgebieten	415
9.6.4	Weitere Analysemöglichkeiten in einem Netzwerk	416

9.7	Räumliche Interpolation und Modellierung von Flächen	417
9.7.1	Ausgangsfragestellungen	417
9.7.2	Räumliche Approximation und Trendflächenanalyse	418
9.7.3	Räumliche Interpolation durch Mittelwertbildung	419
9.7.4	Thiessen-Polygone	421
9.7.5	Oberflächenmodelle als Netz unregelmäßiger Dreiecksflächen (Triangulated Irregular Network)	422
9.7.6	Parametrisierung von Oberflächen	426

10 EINFÜHRUNG IN DIE FERNERKUNDUNG UND DIGITALE BILDVERARBEITUNG431

10.1	Begriffsbestimmungen und Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung	431
10.2	Ansatz von Fernerkundung und digitaler Bildverarbeitung	433
10.2.1	Grundprinzip der Fernerkundung	433
10.2.2	Sensorsysteme und Plattformen	435
10.2.3	Digitale Bildverarbeitung	437
10.2.4	Photogrammetrie	438
10.3	Physikalische Grundlagen	438
10.3.1	Das elektromagnetische Spektrum	438
10.3.2	Solare Einstrahlung und Einflüsse der Atmosphäre	439
10.3.3	Das Reflexionsverhalten der Erdoberfläche	442
10.4	Bedeutende satellitengestützte Aufnahmesysteme	443
10.4.1	Leistungsmerkmale abbildender Fernerkundungsinstr.	443
10.4.2	Bahnparameter von Fernerkundungssatelliten	444
10.4.3	Aufnahmeprinzipien von Scannern auf Satellitensystemen ..	445
10.4.4	Aufnahmesysteme mit abbildendem Radar	447
10.4.5	Wettersatelliten	450
10.4.6	Landsat	451
10.4.7	SPOT und Pléiades	456
10.4.8	ASTER auf Terra	458
10.4.9	Copernicus und Sentinel	459
10.4.10	Jüngere kommerzielle hochauflösende Sensoren	440
10.5	Digitale Bilder	462
10.5.1	Aufnahme digitaler Bilder in der Fernerkundung	462
10.5.2	Visualisierung digitaler Bilder in der Fernerkundung	463
10.5.3	Bezug von Fernerkundungsdaten	463
10.6	Digitale Bildbearbeitung	465
10.6.1	Bildvorbereitung	465
10.6.2	Kontrastverbesserung	472
10.6.3	Bildtransformationen	474
10.6.4	Räumliche Filteroperationen	476
10.6.5	Kombination mehrerer Bilder	479

10.7	Klassifikation.....	482
10.7.1	Prinzip pixelbasierter Klassifikationsverfahren.....	482
10.7.2	Implizite Annahmen bei pixelbasierten Klassifikations- verfahren.....	484
10.7.3	Unüberwachte Klassifikation	485
10.7.4	Bestimmung von Trainingsgebieten in der überwachten Klassifikation.....	488
10.7.5	Klassifikation aufgrund statistischer Parameter	487
10.7.6	Ermittlung der Klassifikationsgenauigkeit	492
10.7.7	Probleme pixelbasierter Klassifikationsverfahren	494
10.7.8	Objektorientierte Bildsegmentierung und Klassifikation	495
10.7.9	Moderne weiterführende Klassifikationsansätze	496
SACHVERZEICHNIS.....		511