

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG</b>	<b>1</b>
1.1	Ansatz und Aufgaben der Geoinformatik .....	1
1.2	Geoinformatik und Informatik.....	9
<b>2</b>	<b>GRUNDBEGRIFFE UND ALLGEMEINE GRUNDLAGEN DER INFORMATIONSVERRABEITUNG</b>	<b>11</b>
2.1	Information, Nachricht, Datum .....	11
2.2	Automat, Computer, Programm, Hard- und Software .....	13
2.3	EVA-Prinzip der Informationsverarbeitung.....	15
2.4	Algorithmen und Programme in Computersystemen.....	17
2.4.1	Algorithmusbegriff.....	17
2.4.2	Programmablaufpläne und Struktogramme .....	18
2.4.3	Stufen der Algorithmusausführung in einem Computer .....	19
2.5	Darstellung von Informationen in Computersystemen durch Bitfolgen	20
2.5.1	Digitale Welt, Digitalisierung.....	20
2.5.2	Bit und Bitfolgen.....	21
2.5.3	Logische Werte .....	22
2.5.4	Zahlen.....	23
2.5.5	Texte.....	24
2.5.6	Räumliche Informationen .....	25
2.5.7	Farbinformationen.....	28
2.5.8	Sensordaten .....	30
2.5.9	Dualzahlenarithmetik .....	30
2.6	Aufbau eines Computersystems: Hardware .....	32
2.7	Aufbau eines Computersystems: Software .....	34
2.7.1	Systemsoftware und systemnahe Software .....	34
2.7.2	Branchen-, Individual- und Standardsoftware .....	35
2.7.3	Anwendungssoftware in der Geoinformatik .....	36
2.7.4	Proprietäre, Open-Source-Software und Freie-Software .....	36
2.8	Netze und Vernetzung .....	39
2.8.1	Definition und Unterscheidungsmerkmale .....	39
2.8.2	Internet .....	42
2.8.3	Web-Technologien.....	43
2.8.4	Web 2.0 .....	48
2.8.5	Cloud Computing .....	49

<b>3</b>	<b>GRUNDLAGEN AUS DER INFORMATIK</b>	<b>51</b>
3.1	Architektur von Computersystemen.....	51
3.1.1	Struktur eines Von-Neumann-Rechners .....	51
3.1.2	Aufbau und Funktionsweise eines Prozessors .....	54
3.1.3	Arbeitsspeicher, E/A-Prozessor und Bus .....	56
3.1.4	Operationsprinzip eines Von-Neumann-Rechners .....	57
3.1.5	Programmierung in Maschinensprache.....	59
3.1.6	Weitere Rechnerarchitekturen.....	61
3.2	Programmierung von Computersystemen	64
3.2.1	Programmirebenen .....	64
3.2.2	Erstellen und Ausführen von Programmen mit einem Computersystem.....	67
3.2.3	Programmiersprachen .....	70
3.2.4	Programmierkonzepte .....	74
3.2.5	Graphiksprachen und Graphikbibliotheken .....	86
3.2.6	Programmierung von Anwendungen für Intranet, Internet ....	88
3.3	Daten und Datentypen	91
3.3.1	Skalenniveaus.....	91
3.3.2	Standarddatentypen .....	91
3.3.3	Strukturierte Datentypen .....	96
3.3.4	Abstrakte Datentypen.....	97
3.3.5	Dateien .....	100
3.4	Algorithmen.....	101
3.4.1	Definitionen und Merkmale .....	101
3.4.2	Sequenzielle und parallele Algorithmen .....	103
3.4.3	Iterationen und Rekursionen .....	104
3.4.4	Komplexität von Algorithmen .....	108
3.5	Grundlegende Algorithmen der Geoinformatik .....	111
3.5.1	Algorithmen der Koordinatengeometrie .....	111
3.5.2	Graphen und ausgewählte Wegealgorithmen .....	116
3.5.3	Klassifikationsalgorithmen .....	121
3.5.4	Algorithmen für Rasterdaten.....	124
3.6	Softwareentwicklung.....	126
3.6.1	Aufgaben und Ziele der Softwareentwicklung .....	126
3.6.2	Instrumente der Softwareentwicklung .....	127
3.6.3	Traditionelle Vorgehensmodelle der Softwareentwicklung .	128
3.6.4	Objektorientierte Softwareentwicklung .....	130
3.6.5	Weiterentwicklungen.....	131
<b>4</b>	<b>RÄUMLICHE OBJEKTE UND BEZUGSSYSTEME</b>	<b>133</b>
4.1	Geoobjekte.....	133
4.1.1	Begriff des Geoobjekts.....	133
4.1.2	Geometrie von Geoobjekten .....	134

4.1.3	Topologie von Geoobjekten .....	137
4.1.4	Thematik von Geoobjekten .....	139
4.1.5	Dynamik von Geoobjekten .....	140
4.1.6	Dimensionen von Geoobjekten .....	140
4.2	Koordinatensysteme .....	141
4.2.1	Metrische Räume und kartesische Koordinaten .....	141
4.2.2	Homogene Koordinaten .....	143
4.2.3	Polarkoordinaten und geographische Koordinaten auf der Kugel .....	143
4.2.4	Geographische Koordinaten auf einem Ellipsoiden .....	145
4.2.5	Koordinatentransformationen .....	147
4.3	Kartennetzentwürfe .....	153
4.3.1	Raumkoordinaten und lokale Bezugssysteme auf der Erde .....	153
4.3.2	Abbildungseigenschaften von Kartennetzentwürfen .....	154
4.3.3	Abbildungsflächen von Kartennetzentwürfen .....	155
4.4	Grundlagen geodätischer Bezugssysteme .....	159
4.4.1	Annäherung der Erde durch Ellipsoide .....	159
4.4.2	Geodätisches Datum und traditionelle Bezugssysteme .....	160
4.4.3	Neue terrestrische Referenzrahmen .....	162
4.4.4	Datumstransformationen .....	163
4.4.5	Höhenbezugsflächen .....	166
4.5	Geodätische Abbildungen .....	169
4.5.1	Anwendung Geodätischer Abbildungen .....	169
4.5.2	Das Gauß-Krüger-Koordinatensystem in Deutschland .....	170
4.5.3	Das Österreichische Bundesmeldenetz .....	172
4.5.4	Das Schweizer Koordinatensystem .....	173
4.5.5	Das UTM-Koordinatensystem .....	174
4.5.6	EPSG-Codes .....	176

## 5 DIGITALE RÄUMLICHE DATEN: DATENGEWINNUNG, GEOBASISDATEN UND VGI

177

5.1	Grundbegriffe .....	177
5.1.1	Primäre und sekundäre Erfassungsmethoden, Primär- und Sekundärdaten .....	177
5.1.2	Diskretisierung .....	179
5.2	Digitale, sekundäre Erfassung von Geometriedaten .....	180
5.2.1	Digitale Erfassung von Geometriedaten im Vektorformat ...	180
5.2.2	Digitale Erfassung von Geometriedaten im Rasterformat ....	184
5.2.3	Konvertierung zwischen Vektor- und Rasterdaten .....	184
5.3	Satellitengestützte Standortbestimmung und Erfassung von 3D- Lagekoordinaten .....	187
5.3.1	GPS und GNSS .....	187
5.3.2	Aufbau von NAVSTAR/GPS .....	188
5.3.3	Prinzip der Distanzbestimmung .....	193

5.3.4	Fehlereinflüsse und Genauigkeiten einer GPS-Standortbestimmung .....	195
5.3.5	Differentielles GPS (DGPS) .....	197
5.3.6	GLONASS .....	198
5.3.7	Galileo .....	198
5.3.8	Bewertung von Positionierungssystemen und weitere Entwicklungen zu GNSS .....	199
5.4	Airborne Laserscanning .....	201
5.5	Geobasisdaten .....	203
5.5.1	Geobasisdaten der Vermessungsverwaltungen .....	203
5.5.2	Das Automatisierte Liegenschaftskataster .....	205
5.5.3	Das Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem ATKIS .....	210
5.5.4	AFIS-ALKIS-ATKIS .....	218
5.6	Volunteered Geographic Information (VGI) .....	227
5.6.1	Daten im GeoWeb 2.0 .....	227
5.6.2	Das OpenStreetMap-Projekt (OSM-Projekt) .....	228
5.6.3	Qualität von OSM-Daten .....	230

## **6 STANDARDS UND INTEROPERABILITÄT VON GEODATEN 231**

6.1	Standardisierung und Interoperabilität .....	231
6.1.1	Mehrfachnutzung durch Standardisierung .....	231
6.1.2	Syntaktische und semantische Interoperabilität .....	232
6.2	Standardisierungsinstitutionen .....	234
6.2.1	Standard und Norm .....	234
6.2.2	Normierungsinstitutionen .....	235
6.2.3	International Organization for Standardization (ISO) .....	235
6.2.4	Open Geospatial Consortium .....	237
6.3	Standards zur Modellierung von Geodaten .....	239
6.3.1	Das Feature-Geometry-Modell .....	239
6.3.2	Das Simple-Feature-Modell .....	240
6.3.3	Geography Markup Language .....	243
6.4	Geodatendienste .....	243
6.4.1	Interoperabilität durch standardisierte Geodatendienste .....	243
6.4.2	OGC-konforme Geodatendienste .....	244
6.4.3	Arbeitsweise eines OGC-konformen WMS am Beispiel des UMN MapServers .....	245
6.4.4	Zugriff auf Geodaten über einen Web Map Service .....	247
6.4.5	Zugriff auf Geodaten über einen Web Feature Service .....	248
6.4.6	Zugriff auf Geodaten über weitere Geodatendienste .....	249
6.4.7	Verarbeitung von Geodaten durch standardisierte Web Processing Services .....	250
6.5	Metadaten .....	251
6.5.1	Von Daten zur Information durch Metadaten .....	251
6.5.2	Standards für räumliche Metadaten .....	253

6.5.3	Beispiele aus der Praxis .....	255
6.6	Qualität von Daten und Geodaten .....	259
6.6.1	Qualitätsmerkmale .....	259
6.6.2	Räumliche Auflösung, Generalisierung und Lagegenauigkeit .....	260
6.7	Aufbau von Geodateninfrastrukturen .....	261
6.7.1	Begriff und Ausgangssituation in Deutschland .....	261
6.7.2	INSPIRE .....	263
6.7.3	GDI-DE – Geodateninfrastruktur Deutschland .....	266
6.7.4	GDI der Länder .....	267

## **7 VISUALISIERUNG RAUMBEZOGENER INFORMATIONEN 269**

7.1	Graphische Informationsverarbeitung .....	269
7.1.1	Digitale graphische Darstellungen von Informationen .....	269
7.1.2	Digitale graphische Darstellungen von Geoobjekten – Paradigmenwechsel der Kartographie .....	269
7.1.3	Kartographie im Web 2.0: Web-Mapping 2.0 .....	273
7.1.4	Computergestützte wissenschaftliche Visualisierung .....	275
7.2	Kartographische Kommunikation .....	277
7.3	Graphische Semiologie .....	280
7.4	Graphische Gestaltungsmittel .....	286
7.4.1	Signaturen .....	286
7.4.2	Allgemeine Gestaltungsmerkmale .....	292
7.4.3	Klasseneinteilungen .....	293
7.4.4	Texte und Beschriftungen .....	295
7.4.5	Diagrammdarstellungen .....	296
7.5	Einsatz von Farbe .....	297
7.5.1	Farbe als einfaches und kritisches Ausdrucksmittel .....	297
7.5.2	Farbwirkung und Farbwahrnehmung .....	298
7.5.3	Farbabstufungen .....	298
7.5.4	Farbmischung und Farbmodelle .....	299

## **8 DATENORGANISATION UND DATENBANKSYSTEME 303**

8.1	Datenorganisation .....	303
8.1.1	Grundbegriffe der Datenorganisation .....	303
8.1.2	Dateisysteme .....	305
8.1.3	Datenbanksysteme .....	308
8.1.4	Datensichten in einem Datenbanksystem .....	310
8.1.5	Datenmodelle .....	312
8.2	Datenbankentwurf mit ER-Modellierung .....	312
8.2.1	Modellierungskonzepte .....	312

8.2.2	Entities und Attribute .....	313
8.2.3	Relationships .....	314
8.2.4	Entity-Relationship-Diagramme .....	316
8.2.5	Konzeptueller Datenbankentwurf an einem Beispiel .....	317
8.3	Das relationale Datenmodell .....	319
8.3.1	Aufbau einer relationalen Datenbasis .....	319
8.3.2	Normalformen .....	321
8.3.3	Transformation eines ER-Diagramms in das Relationenmodell .....	323
8.3.4	Relationale Datenstrukturen in Geoinformationssystemen ..	327
8.4	Arbeiten mit einem relationalen Datenbanksystem .....	327
8.4.1	Datendefinition und Verwaltungsfunktionen .....	327
8.4.2	Datenmanipulation und Datenauswertung .....	327
8.4.3	Der Sprachstandard SQL einer Datenmanipulationssprache für relationale Datenbanksysteme .....	328
8.5	Datenkonsistenzen .....	330
8.5.1	Begriff und Bedeutung von Datenkonsistenzen .....	330
8.5.2	Referentielle Integrität .....	331
8.5.3	Trigger .....	332
8.5.4	Transaktionen .....	332
8.6	Erweiterungen .....	333
8.6.1	Abhängige Entity Typen .....	333
8.6.2	Die Ist-Beziehung .....	334
8.6.3	Das EER-Modell .....	335
8.6.4	Objektorientierte Datenbanksysteme .....	335
8.6.5	Objektrelationale Datenbankmodelle .....	336

## 9 GEOINFORMATIONSSYSTEME

337

9.1	Konzepte digitaler Informationssysteme und Geoinformationssysteme .....	337
9.1.1	Informationssysteme .....	337
9.1.2	Vier-Komponenten-Modelle eines Informationssystems .....	338
9.1.3	Begriff von Geoinformationssystemen .....	339
9.1.4	Vier-Komponenten-Modell eines Geoinformationssystems .....	339
9.1.5	Web-GIS .....	342
9.1.6	Geoinformationssysteme und verwandte Systeme .....	344
9.2	Modellierung von Geoobjekten in einem Geoinformationssystem .....	346
9.2.1	Geoinformationssystem als Modell der realen Welt .....	346
9.2.2	Geometrisch-topologische Modellierung von Geoobjekten im Vektormodell .....	347
9.2.3	Geometrisch-topologische Modellierung von Geoobjekten im Rastermodell .....	351
9.2.4	Speicherung von Geometrien im Rastermodell .....	352
9.2.5	Thematik von Geoobjekten .....	354
9.2.6	Vergleich von Vektor- und Rastermodell .....	356

9.3	Bearbeitung und Analyse von Geoobjekten im Vektormodell .....	357
9.3.1	Erfassen und Editieren raumbezogener Daten.....	357
9.3.2	Verwaltung raumbezogener Daten: Datenabfragen und Suchoperationen .....	359
9.3.3	Fortführung und Aktualisierung raumbezogener Daten .....	359
9.3.4	Räumliche Überlagerungen und geometrisch-topologische Analysefunktionen .....	361
9.4	Bearbeitung und Analyse von Geoobjekten im Rastermodell .....	365
9.4.1	Aufbereiten von Rasterdaten.....	365
9.4.2	Konvertieren von Sachdaten auf Rasterbasis.....	367
9.4.3	Räumliche Analysen von Rasterdaten .....	368
9.5	Netzwerkanalysen .....	372
9.5.1	Das Netzwerkdatenmodell .....	372
9.5.2	Analyse optimaler Wege in einem Netzwerk .....	374
9.5.3	Ermittlung von Einzugsgebieten.....	375
9.5.4	Weitere Analysemöglichkeiten in einem Netzwerk .....	376
9.6	Räumliche Interpolation und Modellierung von Flächen .....	376
9.6.1	Ausgangsfragestellungen .....	376
9.6.2	Trendflächenanalyse .....	378
9.6.3	Räumliche Interpolation durch Mittelwertbildung .....	379
9.6.4	Thiessen-Polygone .....	380
9.6.5	Höhenmodelle und Oberflächenmodelle .....	381
9.7	Trends.....	388

## **10 FERNERKUNDUNG UND DIGITALE BILDVERARBEITUNG.....389**

10.1	Begriffsbestimmungen und Einsatzmöglichkeiten der Fernerkundung.....	389
10.2	Ansatz von Fernerkundung und digitaler Bildverarbeitung.....	391
10.2.1	Grundprinzip der Fernerkundung.....	392
10.2.2	Digitale Bildverarbeitung.....	393
10.2.3	Photogrammetrie .....	393
10.3	Physikalische Grundlagen .....	394
10.3.1	Das elektromagnetische Spektrum.....	394
10.3.2	Solare Einstrahlung und Einflüsse der Atmosphäre .....	395
10.3.3	Das Reflexionsverhalten der Erdoberfläche .....	397
10.4	Bedeutende satellitengestützte Aufnahmesysteme .....	399
10.4.1	Übersicht .....	399
10.4.2	Leistungsmerkmale abbildender Fernerkundungs- instrumente.....	400
10.4.3	Bahnparameter von Fernerkundungssatelliten.....	401
10.4.4	Aufnahmesysteme von Wettersatelliten .....	403
10.4.5	Die Aufnahmesysteme von Landsat .....	404
10.4.6	Die Aufnahmesysteme von SPOT .....	410
10.4.7	ASTER auf Terra .....	413
10.4.8	Aufnahmesysteme mit abbildendem Radar .....	414

10.4.9	Jüngere hochauflösende Sensoren .....	417
10.5	Digitale Bilder .....	419
10.5.1	Aufnahme digitaler Bilder in der Fernerkundung .....	419
10.5.2	Visualisierung digitaler Bilder in der Fernerkundung .....	419
10.5.3	Bezug von Fernerkundungsdaten .....	420
10.6	Digitale Bildbearbeitung .....	421
10.6.1	Bildvorbereitung .....	421
10.6.2	Kontrastverbesserung .....	428
10.6.3	Bildtransformationen .....	430
10.6.4	Räumliche Filteroperationen .....	432
10.6.5	Kombination mehrerer Bilder .....	435
10.7	Multispektralklassifikation .....	438
10.7.1	Prinzip der Multispektralklassifikation .....	438
10.7.2	Unüberwachte Klassifikation .....	439
10.7.3	Überwachte Klassifikation .....	440
10.7.4	Probleme der pixelbasierten Multispektral-Klassifikation ...	444
10.7.5	Ermittlung der Klassifikationsgenauigkeit .....	445
10.7.6	Erfordernisse hochauflösender Sensordaten .....	446
10.7.7	Objektorientierte Bildsegmentierung und Klassifikation .....	447
10.7.8	Weitere Verfahren .....	448
<b>LITERATUR .....</b>		<b>449</b>
<b>SACHVERZEICHNIS .....</b>		<b>467</b>