

Weiterbildender Fernstudiengang Umweltschutz

Leseprobe

Modul 6 **Geo-Informationssysteme**

Ralf Bill

Grundlagen der Geo-Informationssysteme (Lehrbuch)

Boris Resnik/Ralf Bill

**Vermessungskunde für den Planungs-, Bau- und Umweltbereich
(Lehrbuch)**

Annette Hey

Kartographie

Görres Grenzdörffer

Grundlagen und Anwendungen der Fernerkundung

Anleitung zur Lehrveranstaltung „Geo-Informationssysteme“ im Modul „Geoinformatik“ im Master-Studiengang „Umweltschutz“ an der Universität Rostock

Zur Einordnung

Das Modul „Geoinformatik“ richtet sich an Studenten des Masterstudienganges Umweltschutz. Es baut auf natur- und ingenieurwissenschaftlichen Grundkenntnissen auf, die i.d.R. im Erststudium erworben wurden. Die Lehrveranstaltung „Geo-Informationssysteme“ ist Bestandteil des Modulkomplexes Geoinformatik, der von der Umweltdatenerfassung bis zur Umweltdatenverarbeitung und -visualisierung reicht. Die „Geodäsie“ legt dabei die Grundlagen der Geodatenerfassung, welche in der Lehrveranstaltung „Fernerkundung“ noch um bildgestützte Verfahren ergänzt werden. In der Lehrveranstaltung „Geo-Informationssysteme“ liegt der Schwerpunkt auf der räumlichen Informationsverarbeitung mit Geo-Informationssystemen (GIS), während sich die Lehrveranstaltung „Kartographie“ dann an der kartographisch ausgeprägten Visualisierung von Umweltphänomenen orientiert.

Der Student im Studiengang „Umweltschutz“ begegnet der Geoinformatik in seinem späteren Betätigungsfeld an seinem Arbeitsplatz z.B. bei der GIS-Projektbearbeitung:

- in Form der Geobasisdaten wie ALK und ATKIS oder dem neuen AAA-Vorhaben,
- als Planungsinstrumentarium, wenn es um die Planung oder Beurteilung neuer Infrastrukturmaßnahmen wie Straßen, Geschäfte etc. geht oder
- beim Aufbau betrieblicher, kommunaler oder nationaler Umweltinformationssysteme.

Von daher benötigt er ein solides Grundlagenwissen, um so einerseits mögliche Einsatzformen von GIS absehen zu können, andererseits aber auch nicht mit überzogenen Erwartungen an den Einsatz von GIS zu gehen. Im deutschsprachigen Bereich hat sich das dem Fernstudenten vorliegende Lehrbuch mit dem Titel „Grundlagen der Geo-Informationssysteme“ als das akzeptierte Standardlehrmaterial etabliert. Durch seinen Aufbau mit Definitionen, Beispielen, Aufgaben mit Lösungen und dem umfangreichen Abkürzungs- und Literaturverzeichnis eignet es sich auch sehr gut für das Selbststudium. Zu diesem Lehrbuch gibt der vorliegende Text eine kurze Leseanleitung, da nicht alle Teile des Buches gleichermaßen bedeutend für den Studenten des Umweltschutzes sind.

Zudem sei auf die Homepage der Professur für Geodäsie und Geoinformatik (<http://www.auf-gg.uni-rostock.de/>) verwiesen, auf der Sie sich aktuelle Forschungsarbeiten ansehen oder zu den Lehrangeboten der Professur wechseln können. Ein guter Einstiegspunkt ist auch der Geoinformatik-Service (<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/>), der Begriffe, Links, Literatur u.v.a. enthält.

Zum Aufbau des Lehrbuchs

Das Lehrbuch orientiert sich an den vier Säulen und den vier funktionalen Komponenten eines GIS: Einem einleitenden begriffsbildenden Kapitel folgen Aussagen zu den Säulen Hardware, Software und den Daten. Die grundlegenden Funktionen der Datenerfassung, der Datenverwaltung, der Datenanalyse und der Datenpräsentation werden in einzelnen Kapiteln beschrieben. Ein weiteres Kapitel setzt sich dagegen mehr mit den Anwendungen von GIS auseinander. Das Buch beinhaltet zu jedem Kapitel Aufgaben, deren Bearbeitung empfohlen wird. Anschließend sollten die angegebenen Lösungen nachvollzogen werden.

Lesehinweise

Schritt 1: Verschaffung eines Überblickes zum Thema

Als schnellen Einstieg in die Thematik empfiehlt es sich, das erste Kapitel mit den grundlegenden Definitionen zu lesen. Kapitel 1 legt die wesentlichen Begriffe im Umfeld der Geoinformatik fest. Dieses Kapitel stellt eine gemeinsame Fachsprache zwischen Lehrer und Studenten her. Von daher ist dieses Kapitel als wichtiger Bezugsrahmen für den Lehrblock Geo-Informationssysteme zu sehen. Es kann zudem als Kurzfassung des

gesamten Lehrbuches angesehen werden. Anschließend nehme man sich etwas ausführlicher Kapitel 9 zu den Anwendungen vor, in dem sich vielleicht auch das eigene berufliche Umfeld wiederfindet. Mit diesen beiden Kapiteln hat man sich einen guten Überblick verschafft, was ein GIS ist und wo es angewendet wird und werden kann.

Schritt 2: Vertiefung der Funktionalitäten von GIS

Im zweiten Zug sollte man sich näher mit den Funktionalitäten eines GIS auseinandersetzen. Hierzu sollte man sich, je nach Vorkenntnissen oder Interessenslage, mehr mit der Datenerfassung (Kapitel 5), mit der Datenanalyse (Kapitel 7) und der Datenpräsentation (Kapitel 8) beschäftigen. Datenerfassung und –fortführung ist der teuerste und kostenintensivste Schritt zum Einsatz von GIS in einem Unternehmen. Datenanalyse dagegen schafft oftmals die größere Wertsteigerung aus den vorliegenden Daten, wohingegen die Datenpräsentation als zumeist an eine breitere Nutzergruppe gerichtete Ausgabeseite quasi das Aushängeschild eines GIS darstellt.

Schritt 3: Auf dem Weg zum GIS-Experten

Speziell die informatiknahen Kapitel 2 und 6 sind i.d.R. eher schwieriger zu lesen. Aber ohne den Computer und seine Peripheriegeräte wäre die Nutzung von GIS nicht denkbar. GIS betreiben, ohne etwas über die GIS-Produkte zu erfahren, geht nicht. Daher sollte man sich insbesondere bei der Einführung von GIS im eigenen Betätigungsbereich einen guten Überblick über das GIS-Produktspektrum (hier in Kapitel 2 am Ende behandelt) verschaffen. Wesentliche Aspekte und Fragen der Datenmodellierung und der Datenbanken werden in Kapitel 6 behandelt. Man sollte sich aber erst zum Schluss mit der eigentlichen Technik und den Tiefen der Datenmodelle beschäftigen.

Podcasts

Für Fernstudenten besteht auch die Möglichkeit, sich über die Webseite <http://www.auf-gg.uni-rostock.de/lehre/lehrmanagement/lecturnity-portal/> im Lecturnity-Portal anzumelden und sich verschiedene Präsenzvorlesungen als Podcasts (Folien, Video und Audio) anzusehen.

Literatur:

Bartelme, N. (2005): Geoinformatik. Modelle, Strukturen, Funktionen. 4. Auflage. Springer Verlag. Heidelberg. 454 Seiten.

Bill, R. (2010): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. 5. Auflage. Wichmann Verlag. Offenbach-Berlin. 804 Seiten.

Fischer-Stabel, P. (Hrsg., 2013): Umweltinformationssysteme. Grundlegende Konzepte und Anwendungen. 2., neu bearb. u.erw. Auflage. Wichmann Verlag. Offenbach-Berlin. 384 Seiten.

de Lange, N. (2013): Geoinformatik in Theorie und Praxis. 3. Auflage. Berlin-Heidelberg: Springer, 476 Seiten.

Noch Fragen?

Bei Fragen steht Ihnen der Hochschullehrer unter ralf.bill@uni-rostock.de gerne mit Rat und Tat zur Seite, selbstverständlich auch auf nicht-elektronischem Weg z. B. Fax unter 0381/4983202 oder Telefon unter 0381/4983200.

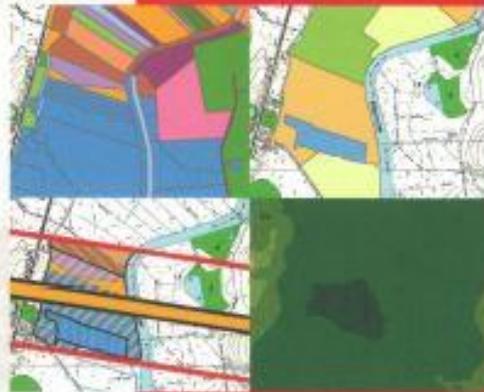
Rostock, 27. Juli 2013



Ralf Bill

Grundlagen der Geo-Informationssysteme

5., völlig neu bearbeitete Auflage



Wichmann

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in GIS	1
1.1	Definitionen	1
1.1.1	Daten, Information und Wissen	2
1.1.2	Geo-Informationssystem	8
1.2	Entwicklungsphasen zu GIS und Geoinformatik	15
1.2.1	Historische Entwicklungen	15
1.2.2	Geoinformatik als Wissenschaftsdisziplin	18
1.3	Modellierung und Objektbildung in der GIS-Welt	18
1.3.1	Abbildung der realen Welt	18
1.3.2	Das Geoobjekt	19
1.3.3	Diskrete versus kontinuierliche Objekte	22
1.4	Dimensionen in GIS	23
1.4.1	Geometrische Dimension	24
1.4.2	Topologische Dimension	26
1.4.3	Thematische Dimension	27
1.5	Datentypen in GIS	28
1.5.1	Geometrie- und Topologiedaten	28
1.5.2	Vektor- und Rasterdaten	30
1.5.3	Graphikdaten	32
1.5.4	Sachdaten	33
1.5.5	Hybrides GIS	35
1.6	Das Vierkomponenten-Modell eines GIS	35
1.6.1	Erfassung	38
1.6.2	Verwaltung und Modellierung	39
1.6.3	Analyse	39
1.6.4	Präsentation	40
1.7	GIS-Ausprägungen	41
1.7.1	Kartier- und interaktiv graphisches System	41
1.7.2	CAD-System	42
1.7.3	GIS-Spezialisierungen im Anwendungsbereich	43
1.8	Entwicklungen im interdisziplinären GIS-Umfeld	52
1.8.1	Übergreifende GIS-Organisationen	53

1.8.2	Aus- und Weiterbildung	54
1.8.3	Literatur	55
1.9	Zusammenfassung	58
1.10	Aufgaben	59
2	Hard- und Softwareaspekte in GIS	61
2.1	Einführung	61
2.2	Hardwarekomponenten	62
2.2.1	Geräte zur Datenerfassung	63
2.2.2	Geräte zur Verwaltung und Auswertung	99
2.2.3	Geräte zur Datenausgabe und -präsentation	115
2.3	Softwareaspekte	119
2.3.1	Einführung zur Software	119
2.3.2	Grundsoftware	120
2.3.3	Internet und World Wide Web	133
2.3.4	Datenbanksprachen	135
2.4	GIS-Architekturen	139
2.5	GIS-Produkte	145
2.5.1	Eine grobe Systemkategorisierung	146
2.5.2	Stand und Entwicklungstendenzen	151
2.6	Zusammenfassung	154
2.7	Aufgaben	155
3	Raum und Zeit in GIS	157
3.1	Einführung	157
3.2	Geodäsie und die Erdfigur	158
3.2.1	Geodäsie als Wissenschaftsdisziplin	158
3.2.2	Annäherungen an die Erdfigur	159
3.3	Koordinaten als primäre Metrik	163
3.3.1	Euklidischer Raum und Metrik	164
3.3.2	Koordinaten in mehreren Dimensionen	167
3.3.3	Datumsangaben und Koordinatenreferenzsysteme	170
3.4	Indirekter Raumbezug	173
3.5	Dreidimensionale Koordinatenreferenzsysteme	174
3.5.1	Geozentrische Koordinatenreferenzsysteme	174
3.5.2	Ellipsoidische und sphärische Koordinatensysteme	176
3.5.3	Geodätische Parallelkoordinatensysteme auf Kugel und Ellipsoid	177
3.6	Grundlagen der Kartennetzentwürfe	179
3.6.1	Referenzflächen und -lagen	179
3.6.2	Abbildungseigenschaften	181
3.6.3	Kartographische Abbildungen	183
3.6.4	Geodätische Abbildungen	183

3.6.5	Zur Wahl der Kartenprojektion	187
3.7	Koordinatenoperationen	188
3.7.1	Koordinatentransformationen	189
3.8	Zeit als vierte Dimension im GIS	193
3.8.1	Dimensionserweiterungen	194
3.8.2	Zeitformen und Zeitskalen	195
3.8.3	Anforderungen an die Zeit in einem GIS	197
3.9	Zusammenfassung	202
3.10	Aufgaben	202
4	Interoperabilität und offene GIS-Welten	205
4.1	Einführung	205
4.2	Unified Modeling Language	206
4.2.1	Modelle und Modellierung	206
4.2.2	UML und Alternativen zur Modellierung	207
4.2.3	UML-Diagrammarten und graphische Notation	209
4.3	Normung und Interoperabilität	218
4.3.1	Nationale und internationale Normung	219
4.3.2	Open Geospatial Consortium (OGC)	224
4.3.3	Andere Normen und Standards	230
4.4	Geodateninfrastrukturen	230
4.4.1	Geoinformation auf nationaler und internationaler Ebene	231
4.4.2	Weltweite Geodateninfrastruktur-Vorhaben	234
4.4.3	INSPIRE auf europäischer Ebene	236
4.4.4	Nationale Geodateninfrastrukturen	239
4.4.5	Geodateninfrastrukturen der Länder, Kreise und Kommunen	243
4.5	Digital Earth	245
4.5.1	Earth Viewer	247
4.5.2	GMES (Global Monitoring for Environment and Security)	250
4.5.3	Geosensornetzwerke	251
4.5.4	CityGML	255
4.5.5	Neogeography	258
4.6	Zusammenfassung	261
4.7	Aufgaben	261
5	Erfassung raumbezogener Daten	263
5.1	Einführung	263
5.1.1	Geodaten	263
5.1.2	Erfassungsmethoden und Maßstabsbereiche im Überblick	265
5.2	Originäre Erfassungsmethoden	267
5.2.1	Vermessungsmethoden	268
5.2.2	Photogrammetrie und Fernerkundung	278
5.2.3	Digitales Geländemodell	289

5.2.4	Andere primäre Erfassungsmethoden	293
5.3	Sekundäre Erfassungsmethoden	295
5.3.1	Manuelle Digitalisierung	295
5.3.2	Semi-automatische Digitalisierung	299
5.3.3	Automatische Digitalisierung	299
5.3.4	Alphanumerische Dateneingabe	300
5.3.5	Ausgewählte Verarbeitungsschritte zur Datenerfassung	301
5.4	Datenquellen	311
5.4.1	Amtliche topographische und Katasterkartenwerke	311
5.4.2	Thematische Kartenwerke	315
5.4.3	Bildkarten	318
5.4.4	Analoge und digitale Datenbestände	319
5.5	Metainformation und Qualität der Daten	326
5.5.1	Metainformation	326
5.5.2	Qualität im Kontext der Normung	332
5.5.3	Behandlung der Datenqualität in GIS	337
5.6	Datenverifikation	338
5.7	Datenfortführung	339
5.8	Schritte zur Datenerfassung	340
5.8.1	Zur Planung der Datengewinnung	341
5.8.2	Zur Abschätzung der Kosten der Datenerfassung	342
5.9	Zusammenfassung	343
5.10	Aufgaben	343
6	Raumbezogene Datenverwaltung	345
6.1	Einführung in die Datenmodellierung	345
6.1.1	Ungeordnete raumbezogene Daten	347
6.1.2	Ordnen raumbezogener Daten	349
6.1.3	Strukturen für Sachdaten	349
6.2	Geometrisches Modellieren	351
6.2.1	Geometriemodelle in 3D	352
6.2.2	Geometrische Abfragen	357
6.2.3	Geometrieobjekt	358
6.2.4	Das Simple Feature Model	359
6.2.5	Digitales Geländemodell (DGM)	360
6.2.6	Spezielle Strukturen für Rasterdaten	364
6.3	Topologisches Modellieren	369
6.3.1	Topologieobjekt	370
6.3.2	Graphentheoretische Grundlagen	371
6.3.3	Topologische Beziehungen und Konsistenzbedingungen	377
6.3.4	Topologische Abfragen	381
6.3.5	Punktmengentopologie	383
6.4	Thematisches Modellieren	389

6.4.1	Das Ebenenprinzip	391
6.4.2	Das Objektklassenmodell	393
6.4.3	Thematische Abfragen	397
6.5	Logische Datenmodelle	397
6.5.1	Entitäten-Relationenmodell	398
6.5.2	Hierarchisches Datenmodell	401
6.5.3	Netzwerk-Datenmodell	402
6.5.4	Relationales Datenmodell	403
6.5.5	Objektorientiertes Datenmodell	407
6.6	Physikalische Datenmodelle	410
6.6.1	Dateistrukturen	410
6.6.2	Zugriffsmechanismen für raumbezogene Daten	415
6.7	Datenbanksysteme	427
6.7.1	Dateisystem	428
6.7.2	Datenbanksystem	428
6.7.3	Geodatenbanksysteme	435
6.8	Zusammenfassung	436
6.9	Aufgaben	437
7	Raumbezogene Datenanalysemethoden	439
7.1	Einführung	439
7.2	Geometrische Methoden	443
7.2.1	Geometrische Grundlagen	443
7.2.2	Rechtecktests (Clipping)	449
7.2.3	Punkt-im-Polygon-Test	452
7.2.4	Zonengenerierung	455
7.2.5	Flächenverschneidung	458
7.2.6	Dreiecksvermaschung und Nachbarschaftsgraphen	467
7.3	Topologische Methoden	474
7.3.1	Graphentheoretische Grundlagen	474
7.3.2	Netzwerkanalysen und Wegeprobleme	478
7.4	Statistische Methoden	483
7.4.1	Systematisierung der Statistik	484
7.4.2	Univariate Verfahren	489
7.4.3	Bivariate Verfahren	491
7.4.4	Multivariate Verfahren	499
7.4.5	Approximation und Interpolation	500
7.4.6	Geostatistik	514
7.4.7	Clusteranalyse und Klassifizierung	521
7.5	Mengenmethoden	523
7.5.1	Boole'sche Algebra	525
7.5.2	Fuzzy-Mathematik	526
7.5.3	Relationale Operatoren	528

7.5.4	Sortier- und Suchverfahren	530
7.5.5	Umklassifizierung	534
7.5.6	Aggregation	535
7.6	Komplexere Modelle	536
7.6.1	Spatial Data Mining	537
7.6.2	Analyse von Digitalen Geländemodellen	538
7.6.3	Kartographisches Modellieren	540
7.6.4	Systemanalytische Ansätze	546
7.6.5	Kostenoberflächen in GIS	550
7.6.6	Simulationen	552
7.7	Zusammenfassung	553
7.8	Aufgaben	553
8	Präsentation raumbezogener Daten	557
8.1	Einführung	557
8.2	Interaktive Graphik	558
8.2.1	Funktionalitäten	558
8.2.2	Farbdarstellung und Farbsysteme	564
8.2.3	Transformationen	569
8.2.4	Planare geometrische Projektionen	572
8.3	Graphische Ausgabeformen	574
8.3.1	Vom Landschaftsmodell zum kartographischen Modell	575
8.3.2	Die Karte	576
8.3.3	Thematische Darstellungsformen	579
8.3.4	Generalisierungsproblem in Karten und in GIS	583
8.3.5	Rechnergestützte Kartographie	586
8.3.6	Visualisierungsformen für Digitale Geländemodelle	587
8.3.7	Alternative Darstellungsformen	589
8.4	Nichtgraphische Ausgabeformen	594
8.5	Digitaler Datenaustausch	594
8.5.1	Anforderungen an den Datenaustausch	594
8.5.2	Unterscheidung nach Informationsgehalt	597
8.5.3	Nationale und internationale Austauschformate	599
8.5.4	Produktspezifischer Austausch	601
8.6	Zusammenfassung	601
8.7	Aufgaben	602
9	Anwendungen von GIS	603
9.1	Einführung	603
9.2	Landinformationssysteme	606
9.2.1	Mehrzweckkataster	607
9.2.2	Topographische Informationssysteme	612
9.2.3	AFIS-ALKIS-ATKIS – das AAA-Vorhaben	615

9.3	Rauminformationssysteme	622
9.3.1	Raumordnung und Landesplanung	624
9.3.2	Regionalplanung	627
9.3.3	Landschaftsplanung	628
9.3.4	Kommunale Anwendungen	631
9.3.5	Amtliche Statistik	640
9.4	Umweltinformationssysteme	644
9.4.1	Internationale Umweltprogramme	645
9.4.2	Nationale UIS-Vorhaben	647
9.4.3	Landschaftsökologische Anwendungen	655
9.4.4	Land- und Forstwirtschaft	657
9.4.5	Betriebliche Umweltinformationssysteme	663
9.5	Netzinformationssysteme	663
9.5.1	Allgemeine Anforderungen	663
9.5.2	Beispiele zu Netzinformationssystemen	667
9.6	Spezielle Fachinformationssysteme	670
9.6.1	GIS im Transport- und Verkehrswesen	670
9.6.2	GIS im Unternehmensbereich	677
9.6.3	GIS im sozialen Bereich	686
9.6.4	Geoinformationswesen der Bundeswehr	690
9.6.5	GIS in der Telekommunikation	691
9.6.6	GIS in der Abfallwirtschaft	692
9.6.7	GIS-Anwendungen in Bauwesen und Geotechnik	694
9.6.8	GIS im Ressourcenmanagement	696
9.6.9	Weitere GIS-Anwendungen	702
9.7	Zusammenfassung	709
9.8	Aufgaben	709
10	Literaturverzeichnis	711
A	Lösungen zu den Aufgaben	739
B	Abkürzungsverzeichnis	767
	Stichwortverzeichnis	785

Anleitung zur Lehrveranstaltung „Geodäsie“ im Modul „Geoinformatik“ im Master-Studiengang „Umweltschutz“ an der Universität Rostock

Zur Einordnung

Das Modul „Geoinformatik“ richtet sich an Studenten des Masterstudienganges Umweltschutz. Es baut auf natur- und ingenieurwissenschaftlichen Grundkenntnissen auf, die i.d.R. im Erststudium erworben wurden. Die „Geodäsie“ als Lehrveranstaltung ist Bestandteil des Modulkomplexes Geoinformatik, der von der Umweltdatenerfassung bis zur Umweltdatenverarbeitung und -visualisierung reicht. Die „Geodäsie“ legt dabei die Grundlagen der Geodatenerfassung, welche in der Lehrveranstaltung „Fernerkundung“ noch um bildgestützte Verfahren ergänzt werden. In der Lehrveranstaltung „Geo-Informationssysteme“ liegt der Schwerpunkt auf der räumlichen Informationsverarbeitung mit Geo-Informationssystemen (GIS), während sich die Lehrveranstaltung „Kartographie“ dann an der kartographisch ausgeprägten Visualisierung von Umweltdaten und –phänomenen orientiert.

Der Student im Studiengang „Umweltschutz“ begegnet der Geodäsie in seinem späteren Betätigungsfeld an seinem Arbeitsplatz z.B. bei der GIS-Projektbearbeitung:

- bei der Festlegung des geodätischen Bezugssystems,
- in der Nutzung topographischer Karten oder Liegenschaftskarten als Geobasisinformation und
- in der Übernahme bzw. Durchführung von Vermessungen zur topographischen Situation vor Ort.

Von daher benötigt er ein solides Grundlagenwissen, um so eigenständig Geodaten erfassen und nutzen zu können oder die Qualität und Nutzbarkeit von geodätisch erfassten Daten einschätzen zu können.

Zum Lehrbuch

Im deutschsprachigen Bereich hat sich das dem Fernstudenten vorliegende Lehrbuch von Boris Resnik und Ralf Bill mit dem Titel „Vermessungskunde für den Planungs-, Bau- und Umweltbereich“ als akzeptiertes Standardlehrmaterial speziell in nicht-geodätischen Studiengängen etabliert. In der Neuauflage von 2009 stellt es den aktuellsten Stand der Geodäsie vor. Durch seinen Aufbau mit Definitionen, Beispielen, Fragen mit Lösungen sowie einer CD eignet es sich auch sehr gut für das Selbststudium. Das Buch beinhaltet zu jedem Kapitel Aufgaben, deren Bearbeitung empfohlen wird. Anschließend sollten die angegebenen Lösungen nachvollzogen werden.

Zu diesem Lehrbuch gibt der vorliegende Text eine kurze Leseanleitung, da nicht alle Teile des Buches gleichermaßen bedeutend für den Studenten des Umweltschutzes sind. Zudem sei auf die Homepage der Professur für Geodäsie und Geoinformatik (<http://www.auf-gg.uni-rostock.de/>) verwiesen, auf der Studierende z.B. Podcasts dieser Veranstaltung einsehen oder sich aber aktuelle Forschungsarbeiten der Professur ansehen können. Ein guter Einstiegspunkt ist auch der Geoinformatik-Service (<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/>), der Begriffe, Links, Literatur u.v.a. enthält.

Lesehinweise

Dem Fernstudenten werden besonders die Kapitel 1, 3, 5, 6 und 7 des Lehrbuches zum intensiven Studium nahe gelegt. Die Kapitel 2 und 4 hingegen sollten quer gelesen und bei Bedarf nachgeschlagen werden.

Kapitel 1 behandelt die geodätischen Grundlagen; hier wird das Problem der gekrümmten Erdfigur und deren Abbildung in zwei und drei Dimensionen vorgestellt. Die für die Bundesrepublik wichtigen Koordinatensysteme wie z.B. Gauß-Krüger- oder UTM-Koordinaten werden illustriert sowie die nationalen und internationalen geodätischen Bezugssysteme skizziert. *Kapitel 3* beschreibt einfache Methoden der Lage- und Höhenmessung. Die modernen geodätischen Erfassungsmethoden wie das Global Navigation Satellite System (GNSS), die Weiterverarbeitung von Geodaten in Geo-Informationssystemen und deren Nutzung in mobilen Anwendungen sind Bestandteil von Kapitel 5. Hier ist auch die Nahtstelle zur Lehrveranstaltung „Geo-Informationssysteme“. *Kapitel 6* hingegen verweist auf das amtliche Vermessungswesen, welches die so genannten Geobasisdaten – erneut eine Überlappung zu Geo-Informationssystemen - z.B. zu Liegenschaften und zur Topographie für Anwendungen im Umweltschutz heute zumeist in digitaler Form verfügbar macht. In Kapitel 7 werden dann zahlreiche Anwendungsbereiche geodätischer Verfahren speziell für den Baubereich dargelegt.

Nach dem Lesen sollten Sie sich die Inhalte anhand der CD nochmals veranschaulichen und anschließend die Fragen zu den jeweiligen Kapiteln bearbeiten.

Als weiterführende Literatur sei auf das Buch „Umweltinformationssysteme“ von Peter Fischer-Stabel verwiesen, in dem insbesondere in den Kapiteln 3 (Messnetze) und 4 (Labordaten) noch weitere für den Umweltbereich wichtige Datenerhebungsformen vorgestellt werden sowie in die Anwendung und Konzepte von Umweltinformationssystemen eingeführt wird.

Podcasts

Für Fernstudent besteht auch die Möglichkeit, sich über die Webseite <http://www.auf-gg.uni-rostock.de/lehre/lehrmanagement/lecturnity-portal/> im Lecturnity-Portal anzumelden und sich Präsenzvorlesungen zur Geodäsie als Podcasts (Folien, Video und Audio) anzusehen.

Literatur:

Resnik, B., Bill, R. (2009): Vermessungskunde für den Planungs-, Bau- und Umweltbereich. 3. Auflage. Wichmann Verlag. Offenbach-Berlin. 330 Seiten. Inkl.CD.

Fischer-Stabel, P. (Hrsg., 2013): Umweltinformationssysteme. Grundlegende Konzepte und Anwendungen. 2., neu bearb. u.erw. Auflage. Wichmann Verlag. Offenbach-Berlin. 384 Seiten.

Noch Fragen?

Bei Fragen steht Ihnen der Hochschullehrer unter ralf.bill@uni-rostock.de gerne mit Rat und Tat zur Seite, selbstverständlich auch auf nicht-elektronischem Weg z. B. Fax unter 0381/4983202 oder Telefon unter 0381/4983200.

Rostock, 27. Juli 2013
Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill

Resnik/Bill

Vermessungskunde für den Planungs-, Bau- und Umweltbereich

3., neu bearbeitete und erweiterte Auflage



Wichmann



Resnik/Bill

Vermessungskunde für den Planungs-, Bau- und Umweltbereich

3., neu bearbeitete und erweiterte Auflage



Wichmann



Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur dritten Auflage	V
1 Geodätische Grundlagen	1
1.1 Wichtige Definitionen und Benennungen.....	1
1.1.1 Definition und Gliederung der Geodäsie.....	1
1.1.2 Definition von Maßsystemen und Maßeinheiten.....	3
1.1.3 Definition von Ersatzflächen für die Erdoberfläche.....	7
1.2 Geodätische Koordinatensysteme.....	10
1.2.1 Dreidimensionale geodätische Koordinatensysteme.....	10
1.2.2 Geodätische Projektionen.....	12
1.2.3 Geodätische Koordinatensysteme in der Ebene.....	14
1.2.4 Geodätische Höhensysteme.....	19
1.3 Geodätische Bezugssysteme.....	21
1.3.1 Konventionelle regionale Lagebezugssysteme.....	21
1.3.2 Globale, erdfeste Bezugssysteme.....	24
1.3.3 Höhenbezugssysteme.....	27
1.3.4 Standardisierung von Begriffen.....	30
1.4 Fragen.....	31
2 Geodätische Messgeräte	33
2.1 Bestandteile geodätischer Messinstrumente.....	33
2.1.1 Messfernrohr.....	33
2.1.2 Libelle.....	34
2.1.3 Kompensator.....	36
2.1.4 Gaslaser und Lumineszenzdioden.....	37
2.1.5 Photodioden.....	38
2.1.6 Analog/Digital-Wandler.....	39
2.1.7 Ableseeinrichtungen.....	40
2.1.8 Stativ und Dreifuß.....	41
2.2 Winkelmessgeräte.....	42
2.2.1 Einfache Winkelmesswerkzeuge.....	42
2.2.2 Optisch-mechanische Theodolite.....	44
2.2.3 Elektronische Theodolite.....	45
2.2.4 Prüfen und Justieren der Theodolite.....	47
2.2.5 Magnetsensoren.....	48
2.2.6 Vermessungskreisel.....	50
2.3 Distanzmessgeräte.....	51
2.3.1 Einfache Distanzmesswerkzeuge.....	52
2.3.2 Optische Distanzmessung.....	53

2.3.3	Elektrooptische Distanzmessung	54
2.3.4	Prüfen und Kalibrieren von Distanzmessgeräten	58
2.4	Höhenmesssysteme	60
2.4.1	Einfache Höhenmesswerkzeuge	60
2.4.2	Nivelliergerät	61
2.4.3	Prüfen und Justieren der Nivelliere	63
2.4.4	Rotationslaser	65
2.4.5	Hydrostatische Messsysteme	67
2.5	Tachymeter	68
2.5.1	Optisch-mechanische Tachymeter	68
2.5.2	Elektronische Tachymeter	70
2.5.3	Prüfen und Justieren der Tachymeter	71
2.6	Spezielle Messsysteme	72
2.6.1	Laserscanner	72
2.6.2	GNSS-Empfänger	75
2.6.3	Photogrammetrische Kameras	78
2.6.4	Präzisionslote	79
2.6.5	Geotechnische Sensoren	81
2.7	Fragen	83
3	Einfache Vermessungen	86
3.1	Lagevermessungen	86
3.1.1	Verfahren der Lagevermessung	86
3.1.2	Vermarkung von Punkten im Gelände	89
3.1.3	Einfluchten von Punkten einer Geraden	92
3.1.4	Absetzen rechter Winkel	94
3.1.5	Messung mit dem Messband	96
3.1.6	Detailvermessung nach dem Orthogonalverfahren	98
3.2	Höhenmessungen	100
3.2.1	Prinzip des geometrischen Nivellements	101
3.2.2	Allgemeine Fertigkeiten beim Nivellieren	102
3.2.3	Messung und Auswertung eines Liniennivellements	104
3.2.4	Flächen- und Profilnivellement	107
3.2.5	Prinzip der trigonometrischen Höhenbestimmung	109
3.2.6	Trigonometrische Höhenmessung über große Entfernungen	111
3.3	Tachymetrie	113
3.3.1	Prinzip der Tachymetrie	113
3.3.2	Aufstellen des Gerätes	115
3.3.3	Zentrieren des Gerätes	117
3.3.4	Winkelmessung	119
3.3.5	Tachymetrische Aufnahme	124

3.4	Großmaßstäbige Kartierung.....	126
3.4.1	Pläne und Karten.....	126
3.4.2	Technik des manuellen Kartierens.....	129
3.4.3	Konstruieren von Höhenlinien und Profilen.....	131
3.5	Rechnergestützte Verarbeitung.....	134
3.5.1	Interaktiv-graphische Datenverarbeitung.....	134
3.5.2	Verwendung von Digitalen Geländemodellen.....	137
3.6	Fragen.....	140
4	Geodätische Rechentechnik.....	143
4.1	Ebene Koordinatenberechnungen.....	143
4.1.1	Prinzip der geodätischen Punktbestimmung.....	143
4.1.2	Umrechnung zwischen rechtwinkligen und polaren Koordinaten ..	145
4.1.3	Einzelpunktbestimmung.....	147
4.1.4	Polygonzugberechnung.....	151
4.1.5	Computerprogramme für Koordinatenberechnung.....	155
4.2	Koordinatentransformation.....	157
4.2.1	Systematik von ebenen Koordinatentransformationen.....	157
4.2.2	Ähnlichkeitstransformation.....	159
4.2.3	Kleinpunktbestimmung.....	161
4.2.4	Freie Standpunktwahl.....	163
4.2.5	Überbestimmte Ähnlichkeitstransformation.....	165
4.3	Flächen- und Volumenberechnung.....	167
4.3.1	Flächenberechnung aus Maßzahlen.....	167
4.3.2	Flächenberechnung aus Koordinaten.....	171
4.3.3	Volumenberechnung aus Maßzahlen.....	173
4.3.4	Volumenberechnung aus Querprofilen.....	174
4.3.5	Volumenberechnung aus Prismen.....	176
4.4	Fehlerrechnung.....	177
4.4.1	Klassifizieren von Messfehlern.....	177
4.4.2	Normalverteilung.....	179
4.4.3	Ausgleichung.....	180
4.4.4	Mittelwerte und Streuungsmaße.....	182
4.4.5	Fehlergrenzen.....	183
4.4.6	Varianzfortpflanzungsgesetz.....	185
4.5	Fragen.....	188
5	Moderne Erfassungsverfahren.....	192
5.1	Vermessung und Ortung mit Satelliten.....	192
5.1.1	Satellitengeodäsie.....	192
5.1.2	Standortbestimmung aus der Laufzeitdifferenzmessung.....	195
5.1.3	Genauigkeit der Standortbestimmung.....	197

5.1.4	Standortbestimmung aus der Phasennessung.....	200
5.1.5	GNSS-Anwendung im Vermessungswesen.....	202
5.2	Photogrammetrie.....	205
5.2.1	Prinzip der Photogrammetrie	205
5.2.2	Mathematische Grundlagen der Zentralprojektion	206
5.2.3	Photogrammetrische Aufnahme.....	209
5.2.4	Photogrammetrische Auswerteverfahren.....	211
5.2.5	Bildinterpretation und Fernerkundung.....	214
5.3	Laserscanning	218
5.3.1	Terrestrisches Laserscanning (TLS)	218
5.3.3	Airborne Laserscanning (ALS).....	221
5.4	Mobile Geodatenerfassung	223
5.4.1	Geo-Informationssysteme (GIS).....	223
5.4.2	Erfassung des Raumbezugs.....	226
5.4.3	Erfassung der Sachdaten.....	230
5.4.4	Mobiles GIS.....	232
5.5	Fragen	234
6	Öffentliches Vermessungswesen.....	236
6.1	Struktur des öffentlichen Vermessungswesens.....	236
6.1.1	Amtliches Vermessungswesen.....	236
6.1.2	Sondervermessungswesen.....	238
6.2	Liegenschaftswesen	239
6.2.1	Liegenschaftskataster.....	240
6.2.2	Das Grundbuch	242
6.2.3	Vermessungsaktivitäten im Liegenschaftswesen.....	246
6.3	Landinformationssysteme	247
6.3.1	ALK und ALB.....	248
6.3.2	ATKIS	250
6.3.3	Das AAA-Modell.....	252
6.4	Vermessungsaktivitäten im kommunalen Umfeld.....	253
6.4.1	Bauleitplanung.....	254
6.4.2	Bauantrag.....	256
6.4.3	Bodenordnung.....	257
6.4.4	Wertermittlung.....	259
6.5	Fragen	262
7	Ingenieurvermessung.....	263
7.1	Vermessung bei der Durchführung von Ingenieurprojekten.....	263
7.1.1	Klassifizierung von Vermessungsarbeiten.....	263
7.1.2	Toleranzen und Messgenauigkeit.....	266

7.1.3	Festpunktnetze der Ingenieurvermessung	269
7.1.4	Bestandsaufnahme	271
7.1.5	Absteckung	274
7.1.6	Führungs- und Steuerungssysteme.....	276
7.1.7	Überwachungsmessungen.....	278
7.2	Vermessungsaufgaben im Hochbau.....	281
7.2.1	Bauaufnahme	281
7.2.2	Raumbezogene Informationssysteme im Hochbau	285
7.2.3	Grob- und Feinabsteckung.....	287
7.2.4	Geschossabsteckung	290
7.3	Vermessungsaufgaben im Verkehrsbau.....	292
7.3.1	Erarbeitung einer Trasse	292
7.3.2	Raumbezogene Informationssysteme im Verkehrsbau.....	294
7.3.3	Absteckdaten für Geraden.....	295
7.3.4	Absteckdaten für Kreisbögen.....	298
7.3.5	Absteckung einer Trasse.....	301
7.4	Mengenermittlung.....	304
7.4.1	Mengenermittlung bei der Planung und Abrechnung	304
7.4.2	Allgemeine Fertigkeiten bei der Mengenermittlung.....	306
7.4.3	Regelungen für die elektronische Bauabrechnung (REB)	309
7.4.4	Erdmassenberechnung	311
7.5	Fragen	312
	Lösungen zu den Fragen.....	315
	Literaturverzeichnis.....	323
	Stichwortverzeichnis.....	326
	Hinweise zur CD.....	330



KARTOGRAPHIE

ANNETTE HEY

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	5
1	Einleitung	7
	1.1 Was ist Kartographie?	7
	1.2 Kartennutzung	9
2	Herstellung einer Karte	11
	2.1 Kartennetzentwürfe	12
	2.2 Koordinatensysteme	16
	2.2.1 Geographische Koordinaten	17
	2.2.2 Gauß-Krüger-Koordinaten	17
	2.2.3 UTM-Koordinaten	24
	2.2.4 Das Meldegitter der UTM-Abbildung	28
	2.3 Kartenmaßstab	38
	2.4 Generalisierung	40
	2.5 Graphische Variablen	46
	2.6 Farbanwendung in der Kartographie	48
	2.7 Wertmaßstab	49
	2.8 Relief- und Geländedarstellung	56
	2.9 Kartenschrift	63
	2.10 Legendengestaltung	65
	2.11 Kartenrandgestaltung	67
3	Topographische Karten	69
	3.1 Fortführung Amtlicher Topographischer Karten	71
	3.2 Nomenklatur der Amtlichen Topographischen Karten in Deutschland	72
	3.3 Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem ATKIS	75
4	Thematische Karten	79
	4.1 Datentypen	80
	4.2 Klassifizierungsmethoden	82

5	Darstellungsmethoden	89
5.1	Punktbezogene Methoden	90
5.2	Linienbezogene Methoden	92
5.3	Flächenbezogene Methoden	94
5.4	Anwendung der Darstellungsmethoden	96
6	Besondere Kartenformen	99
6.1	Planungskarten	99
6.2	Spezialformen topographischer Karten	102
6.3	Kartenverwandte Darstellungsformen	104
7	Digitale Kartographie	109
7.1	Farbmodelle	110
7.2	Raster- und Vektordaten	114
7.3	Rasterdatenformate	117
7.4	Digitale Datenerfassung	121
7.5	Multimedia-Karten	125
7.6	3D-Visualisierungen	127
	Literaturverzeichnis	133
	Internetquellen	135
	Abbildungsverzeichnis	137
	Tabellenverzeichnis	141

Vorwort

Der Schutz der Umwelt und natürlichen Ressourcen ist ohne Hilfsmittel und Arbeitsmaterialien, die den geographischen Raum in seiner Vielfalt abzubilden vermögen, kaum denkbar. Diese Modelle der Wirklichkeit (Karten und kartenverwandte Darstellungen) sollten schnell und unkompliziert hergestellt werden können und zugleich hohen Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit und Qualität genügen.

Die Herstellung von Karten kann auf eine lange Tradition zurück blicken. Kartographen waren nicht nur Mathematiker und Künstler in einem. Sie waren die Hüter wertvollen Wissens, dessen Beschaffung in Zeiten großer Expeditionen und Entdeckungsfahrten nicht selten Gegenstand geheimer Missionen war.

Im Laufe der Zeit hat sich die Kartographie zu einer Wissenschaft entwickelt, deren Hauptziel die anschauliche Darstellung und die Verbreitung geographischen Wissens ist. Im Zuge technischer Innovationen ist die künstlerische Komponente der Kartenherstellung und Kartengestaltung in den Hintergrund getreten. Die Produktion kartographischer Erzeugnisse steht nun auch dem ‚ungeübten‘ Kartographen, also z. B. Fachwissenschaftlern anderer Bereiche, offen. Mit Hilfe von computer-gestützten und automatisierten Verfahren wird die Herstellung einer Karte sehr vereinfacht. Dennoch sind einige methodische Grundprinzipien zu beachten, um die kartographische Qualität der Erzeugnisse sicherzustellen.

Das vorliegende Arbeitsmaterial soll ‚Nichtkartographen‘ den Einstieg in die Kartenherstellung und Kartennutzung ermöglichen. Neben den Grundprinzipien der Herstellung und Gestaltung kartographischer Produkte werden auch die Hintergründe und Techniken ansatzweise erläutert. Der Text bietet einen Überblick über das Wissenschaftsgebiet der Kartographie. Er erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die im Literaturverzeichnis aufgeführten Quellen dienen zum einen als Grundlage zur Erstellung dieses Arbeitsmaterials, zum anderen sollen sie Anregung zu vertiefendem Selbststudium sein.

Für Fragen und Anregungen können Sie gern Kontakt mit mir aufnehmen.

E-mail: Annette.Hey@uni-rostock.de

In diesem Sinne, viel Erfolg beim Studium,

Annette Hey

1 Einleitung

1.1 Was ist Kartographie?

Aufgabe der Kartographie ist es, die reale Welt in Karten und kartenverwandten Darstellungen abzubilden. Ausgehend von der Landschaft soll eine Karte entstehen. Doch wie definiert man „Kartographie“ und was macht eine Karte aus?

Der Hauptgegenstand der Kartographie sind Karten.

Eine Karte ist ein maßstäblich verkleinertes, vereinfachtes (generalisiertes), inhaltlich ergänztes, erläutertes, analoges oder digitales Grundrissbild der Erde (bzw. von Teilen der Erde) oder anderer Weltkörper und des Weltraumes in einer Ebene.

Definition

Eine etwas andere Definition liefert die Internationale Kartographische Vereinigung (ICA):

A map is a symbolized image of geographical reality, representing features of characteristics, resulting from the creative effort of its author's execution of choices, and is designed for use when spatial relationships are of primary relevance.

Definition

Diese zweite Definition hebt die Bedeutung des Kartenbearbeiters und die Ausrichtung auf den Nutzungszweck der Karte hervor. Sie soll die charakteristischen Eigenschaften der dargestellten Objekte und deren räumliche Beziehungen untereinander darstellen. Die Aufgabe des Kartenbearbeiters besteht darin, die passenden graphischen Mittel dafür auszuwählen und anzuwenden.

Die Kartographie wird zuweilen als „die Kunst oder Technik der Kartenherstellung“ (vgl. The American Heritage Dictionary of the English Language, 2007) beschrieben. Neben den technischen Regeln zur Herstellung von Karten gibt es auch den künstlerischen (ästhetischen) Aspekt der Kartengestaltung, der durch die Automatisierung der Kartenherstellung etwas in den Hintergrund geraten ist. Neben dieser sehr allgemeinen Definition des Begriffs „Kartographie“ gibt es einige weitere. Hier zwei Beispiele:

Definition

Die Kartographie ist ein Fachgebiet, das sich mit dem Sammeln (Erfassen), Speichern, Verarbeiten und Auswerten (Analysieren) raumbezogener Informationen sowie in besonderer Weise mit deren Veranschaulichung durch eine kartographische (zweidimensionalmodellhafte) Darstellung (Präsentation) befasst.

HAKE/GRÜNREICH/MENG 2002

Definition

Die Wissenschaft und Technik von der graphischen, kommunikativen, visuell-gedanklichen und technologischen Verarbeitung georäumlicher Informationen vor allem auf der Grundlage von Karten.

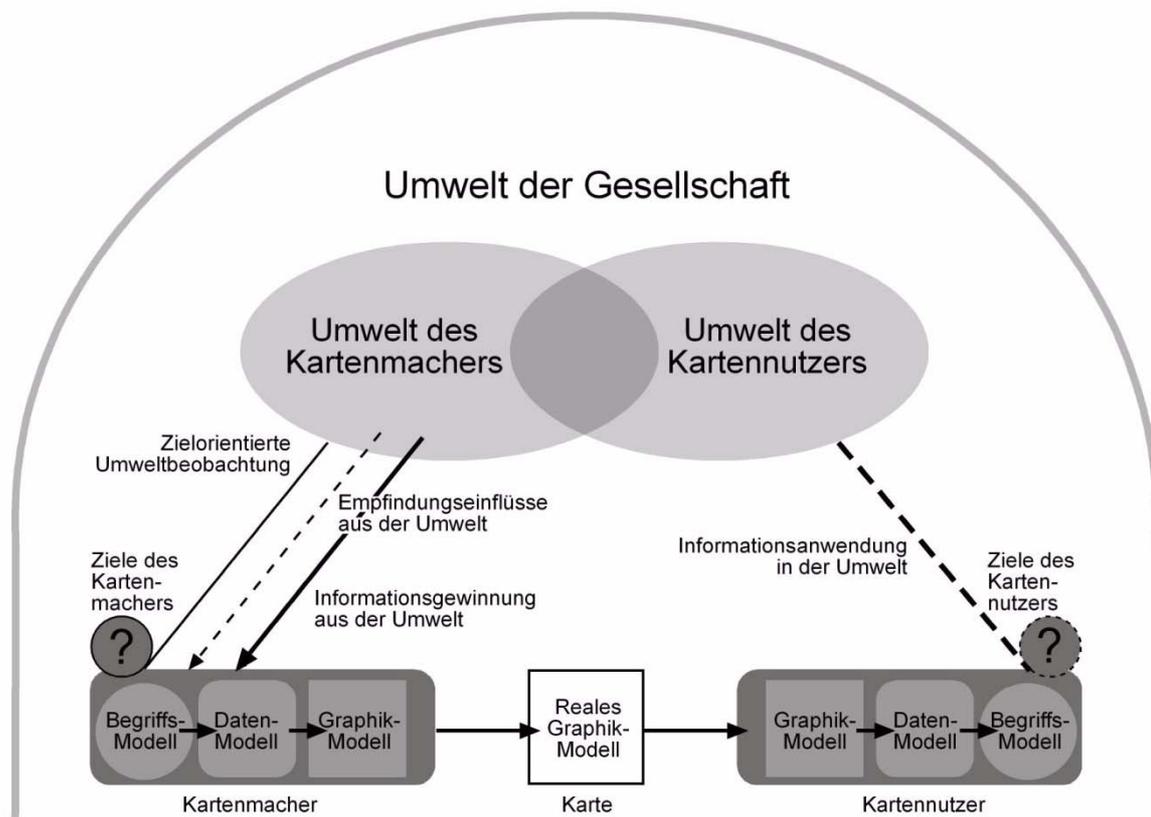
BOLLMANN 2002, Lexikon der Kartographie und Geomatik

Die Kartographie wird in verschiedene Teilbereiche eingeteilt. Es existieren unterschiedliche Gliederungen. Im Lexikon der Kartographie und Geomatik werden die Bereiche: Regionale Kartographie, Angewandte Kartographie, Allgemeine Kartographie und Wissenstheoretische Grundlagen der Kartographie unterschieden. Der Teilbereich der Regionalen Kartographie befasst sich mit den kartographischen Methoden und der Kartennutzung in verschiedenen Gebieten. Da sich die Kartographie regional oft recht unterschiedlich entwickelt hat, sind hier teils deutliche Unterschiede zu finden. Im Bereich der Angewandten Kartographie werden Entwicklungen hinsichtlich verschiedener Anwendungsbereiche, wie z. B. innerhalb von Navigationssystemen oder in der Planung betrachtet. Die Allgemeine Kartographie umfasst Erkenntnisse aus den Gebieten der kartographischen Darstellung und kartographischen Kommunikation. Die Wissenstheoretischen Grundlagen behandeln Fragestellungen zur Terminologie, die Vernetzung kartographischer Theorien und deren Einbringung in Forschung und Lehre. Hier werden außerdem Untersuchungen zur geschichtliche Entwicklung der Kartographie und ihrer Methoden verortet.

Nach HAKE/GRÜNREICH/MENG besteht die Kartographie aus den Bereichen Gegenwart und Geschichte der Kartographie, Angewandte Kartographie und Allgemeine Kartographie. Dabei umfasst der Bereich Gegenwart und Geschichte der Kartographie das Schrifttum, Institutionen und die geschichtliche Entwicklung. Im Bereich der Angewandten Kartographie werden alle produktbezogenen Tätigkeiten, Karten und Atlanten zusammengefasst. Die Allgemeine Kartographie beschäftigt sich hingegen mit den Grundlagen, Verfahren und Werkzeugen.

Die Kartographie ist nicht nur eine Geo- sondern auch eine Kommunikationswissenschaft. Mit Hilfe von Karten und kartenähnlichen Produkten sollen raumbezogene Informationen übermittelt werden. Es

existieren verschiedene Modelle der kartographischen Kommunikation. Ihnen ist eines gemeinsam: Subjektive Einflüsse sowohl bei der Kartenherstellung jedoch vor allem auf der Seite des Kartennutzers lassen sich nicht vermeiden und beeinflussen die Informationsübermittlung. Abbildung 1 zeigt ein Modell der kartographischen Kommunikation (verändert nach U. FREITAG).



Quelle: nach Lexikon der Kartographie und Geomatik, 2002

Abb. 1: Modell der kartographischen Kommunikation

1.2 Kartennutzung

Bei der Kartennutzung unterscheidet man zwischen aktiver und passiver Kartennutzung. Aktive Kartennutzung setzt ein hohes Maß an Interaktivität und Datenzugriffsmöglichkeiten voraus. Die klassische (analoge) Papierkarte hingegen ermöglicht lediglich eine passive Kartennutzung. Eine besondere Form der Kartennutzung ist die Kartometrie. Der Begriff beschreibt das Messen von Entfernungen, Koordinaten, Richtungen, Flächen, Höhen und Hangneigungen in einer Karte. Es gibt verschiedene Hilfsmittel, die für Messungen in analogen Karten eingesetzt werden, z. B. Planzeiger (für Strecken, Koordinaten, Richtungswinkel und Hangneigungen, siehe Abbildung 2) und Planimeter (Flächen). Während das Kartenlesen ein reines

„Dekodieren“ des Karteninhaltes ist (z. B. das Schätzen von Objektzahlen, Vergleich von Objekten), steht die Karteninterpretation für das Deuten räumlicher Zusammenhänge unter Verwendung von Vorwissen. Die Karteninterpretation ist vor allem in thematischen Karten von Bedeutung.

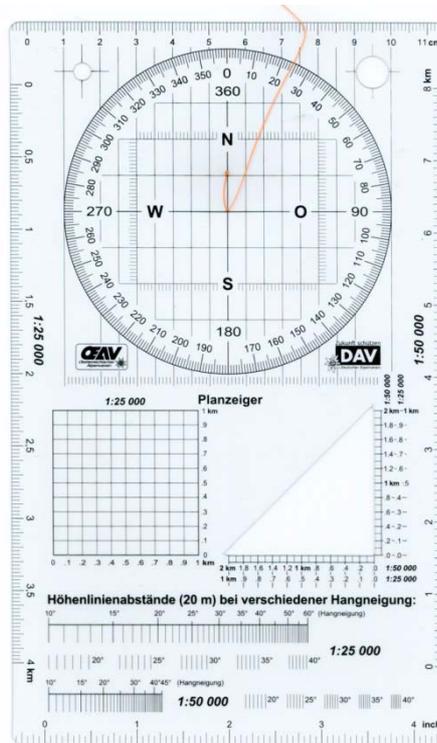


Abb. 2: Planzeiger

Wozu dienen Karten nun eigentlich? Die Haupteinsatzgebiete von Karten sind:

- zur Entscheidungsfindung
- für Erkenntnis und Bildung
- zur Orientierung

Nachdem wir den Fragen nachgegangen sind, was Karten eigentlich sind und wofür man sie nutzt, wollen wir uns nun anschauen, wie eine Karte entsteht.

2 Herstellung einer Karte

Um von der Realität zu einer Karte zu kommen (siehe Abbildung 3) sind verschiedene Arbeitsschritte notwendig.



Abb. 3: Von der Realität zur Karte

Der erste Schritt zur Herstellung einer Karte ist die Überführung des Abbildes der Realität (z. B. eines Luftbildes) in die Kartenebene. Dafür wird eine Kartenprojektion festgelegt. Im Zusammenhang damit wird ein Koordinatensystem ausgewählt, sodass eine Lagebestimmung des Gebietes möglich ist. Da das abgebildete Gebiet nicht in Originalgröße dargestellt werden kann, ist es notwendig, eine Skalierung vorzunehmen und einen entsprechenden Maßstab zu wählen. „Runde“ Maßstäbe, wie z. B. 1:50 000 oder 1:10 000 werden bevorzugt.

Eine Karte ist ein abstrahiertes Bild der Wirklichkeit, d. h. die Objekte der Realität werden in Kartenobjekte umgewandelt. Dabei werden nicht alle Objekte der Realität in die Karte aufgenommen. Manche Objekte werden weggelassen, weil sie nicht wichtig sind oder für den Zweck der Karte nicht notwendig (z. B. Wanderwege für einen Autoatlas). Ähnliche Objekte werden zu einer Objektklasse zusammengefasst. Diese Arbeitsschritte werden unter dem Begriff Generalisierung zusammengefasst. Da eine „stumme“ Karte nur wenig Informationen übermittelt, wird die Karte durch Beschriftung und eine Legende (Zeichenerklärung) ergänzt.

Diese Schritte wollen wir nun im Einzelnen betrachten.

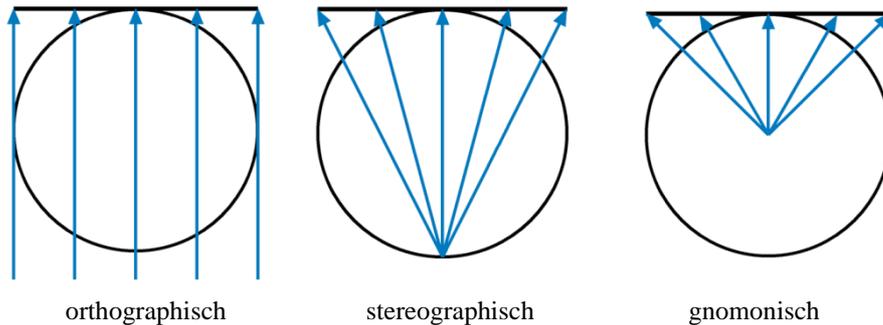
2.1 Kartennetzentwürfe

Die Erde hat eine in zwei Richtungen gekrümmte Gestalt. Die einfachste geometrische Annäherung ist die Kugel. Mathematisch komplexer wird die Erde als Ellipsoid beschrieben. Die tatsächliche Gestalt ähnelt jedoch am ehesten einer Kartoffel. Man spricht von einem Geoid. Da ein unregelmäßiger Körper für Berechnungen wenig geeignet ist wird als geometrische Näherung ein Ellipsoid verwendet. Es existieren verschiedene Ellipsoide, die je nach kartiertem Gebiet verwendet werden. Da das Ellipsoid die Erde stets nur annähert, entstehen in der Abbildung immer kleinere Abweichungen. Um diese zu minimieren gibt es z. B. lokal angepasste Ellipsoide, wie das Bessel-Ellipsoid oder das Krasowski-Ellipsoid. Diese sind in ihren Abmessungen und ihrer Lage so gestaltet, dass sie den abgebildeten Ausschnitt der Erdoberfläche besonders gut wiedergeben. Für globale Betrachtungen sind sie hingegen nicht geeignet. Dafür werden geozentrisch gelagerte Ellipsoide, wie z. B. das WGS 84 Ellipsoid, verwendet. Geozentrisch bedeutet, dass der Mittelpunkt des Ellipsoids und der Mittelpunkt der Erde identisch sind.

Als gekrümmter Körper kann das Ellipsoid nicht ohne Weiteres auf eine Ebene abgebildet werden, ebenso wenig, wie man eine Kartoffel nicht in ein Blatt Papier einwickeln kann, ohne dass dabei Falten entstehen. Ein einfaches Beispiel soll die Idee der Kartennetzentwürfe veranschaulichen.

Nehmen wir an, die Erde ist eine gläserne Kugel, in deren Zentrum sich eine Glühbirne befindet. Auf der Kugel sind die Kontinente und das Netz der geographischen Koordinaten (Meridiane und Breitenkreise) als schwarze Linien markiert. Knipst man nun die Glühbirne an und hält ein Blatt Papier an die Kugel so werfen die Linien Schatten. Zeichnet man diese Schatten nach, erhält man eine Karte. Meist ist die Projektion in die Kartenebene etwas komplexer, aber die Grundidee ist dieselbe.

Die Position der Glühbirne kann ebenso variieren wie die Position und Form des Blattes Papier auf welches projiziert wird. Je nach Position des Projektionszentrums (= „Glühbirne“) unterscheidet man: orthographische, stereographische und gnomonische Projektion (siehe Abbildung 4).



orthographisch

stereographisch

gnomonisch

Abb. 4: *Position des Projektionszentrums*

Die orthographische Projektion ist eine Parallelprojektion. Das Projektionszentrum liegt im Unendlichen. Das Projektionszentrum einer stereographischen Projektion liegt dem Berührungspunkt der Bildebene genau gegenüber. Ein Verbindungsvektor zwischen Berührungspunkt und Projektionszentrum führt durch den Kugelmittelpunkt. Bei der gnomonischen Projektion befindet sich das Projektionszentrum dagegen im Kugelmittelpunkt.

Kartennetzentwürfe führen zu bestimmten Eigenschaften der Karte. Eine Karte kann niemals verzerrungsfrei sein. Doch bestimmte Eigenschaften wie Längentreue, Winkeltreue und Flächentreue sind teilweise erreichbar. Winkeltreue bedeutet, dass Formen erhalten werden, ebenso wie Kurswinkel. Diese Eigenschaft ist wichtig für die Navigation auf See oder in der Luft. Flächentreue Abbildungen enthalten keine Flächenverzerrung. Winkeltreue und Flächentreue schließen sich gegenseitig aus. Um die Eigenschaften einer Abbildung deutlich zu machen, wird die TISSOT'sche Indikatrix verwendet. Die TISSOT'sche Indikatrix ist ein Kreis, der je nach Eigenschaften der Abbildung vergrößert oder zur Ellipse verzerrt wird (siehe Abbildungen 5 und 6).

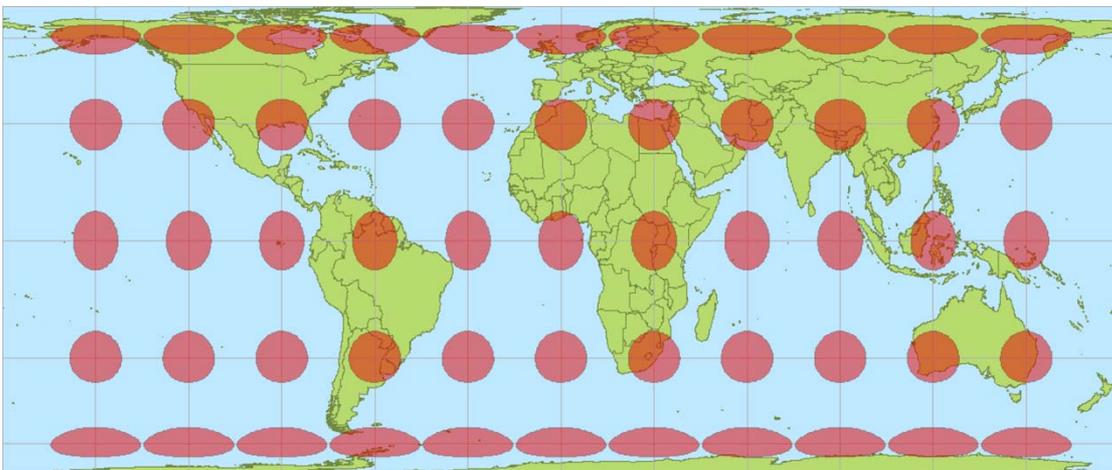


Abb. 5: Flächentreue dargestellt mittels Tissot'scher Indikatrix
(Quelle: Stefan KÜHN, www.wikipedia.de (05.08.13))

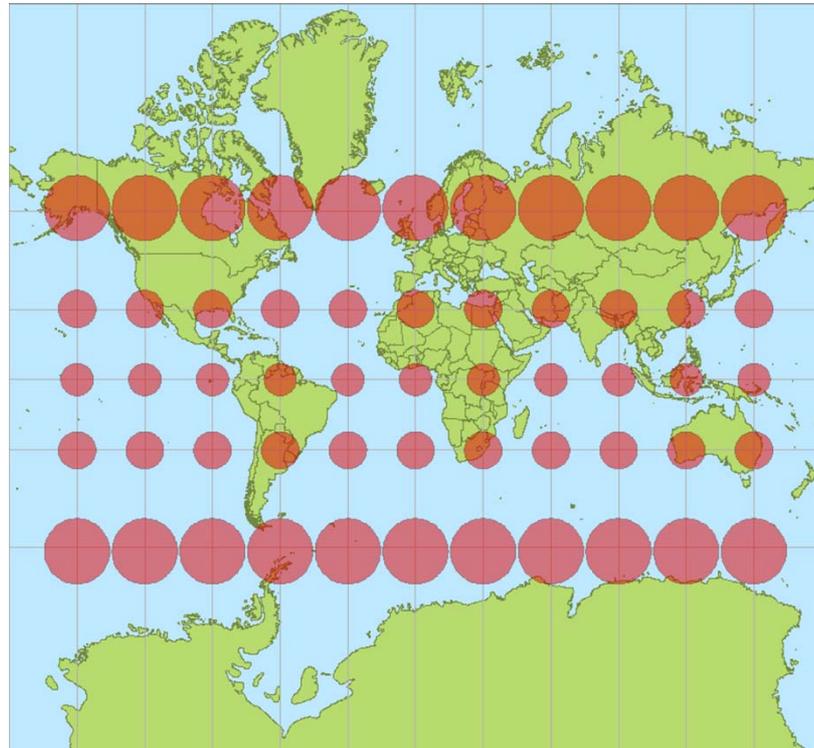
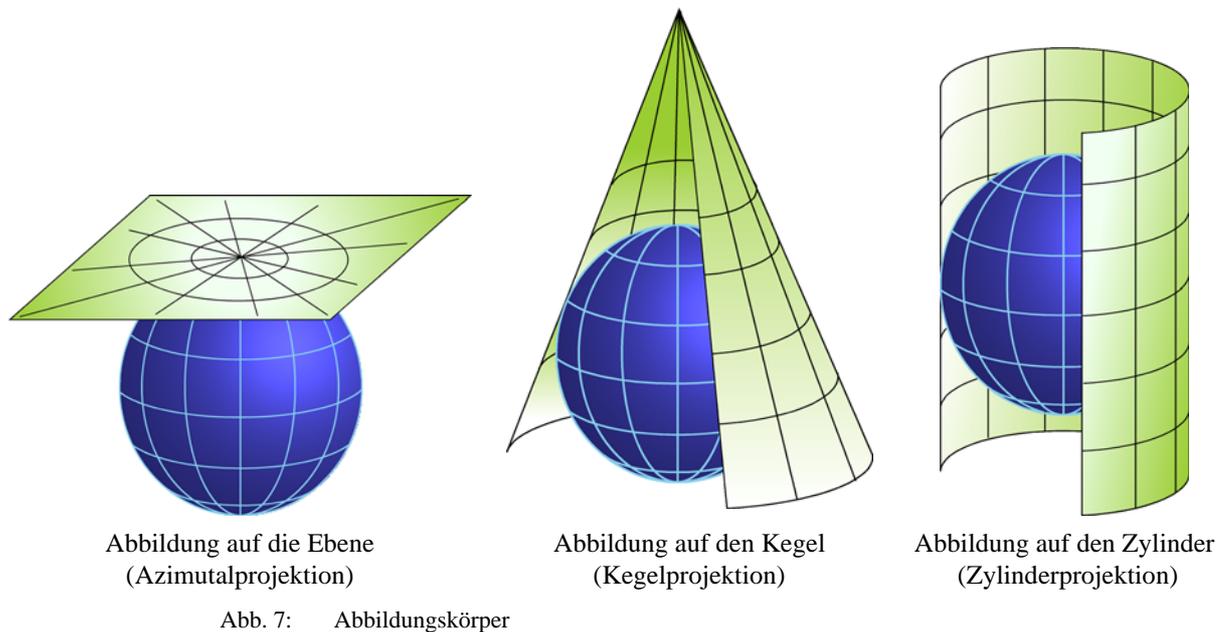


Abb. 6: Winkeltreue dargestellt mittels Tissot'scher Indikatrix
(Quelle: Stefan KÜHN, www.wikipedia.de (05.08.13))

Die stereographische Projektion führt bei einer azimutalen Abbildung (Projektion auf eine Ebene) zu einer winkeltreuen Abbildung. Die gnomonische Projektion hingegen ist für die Abbildung auf eine Ebene weder winkel- noch flächentreu. Vermittelnde Entwürfe versuchen die Gesamtverzerrung zu minimieren.

Als Abbildungskörper (= Projektionsfläche) dienen neben der Ebene u. a. auch Kegel und Zylinder (siehe Abbildung 7). Nachdem das Bild der Erde auf den Abbildungskörper projiziert wurde, können Kegel und Zylinder einfach in die Ebene abgewickelt werden. So entsteht die Karte. Der Kegel wird dazu vom unteren Rand in gerader Linie zur Kegelspitze aufgeschnitten und der Kegelmantel dann ausgebreitet. Der Zylindermantel wird vom unteren zum oberen Rand in gerader Linie aufgeschnitten und ebenfalls ausgerollt.



Die Abbildungskörper können unterschiedliche Positionen in Bezug auf die Kugel einnehmen (siehe Abbildung 8).

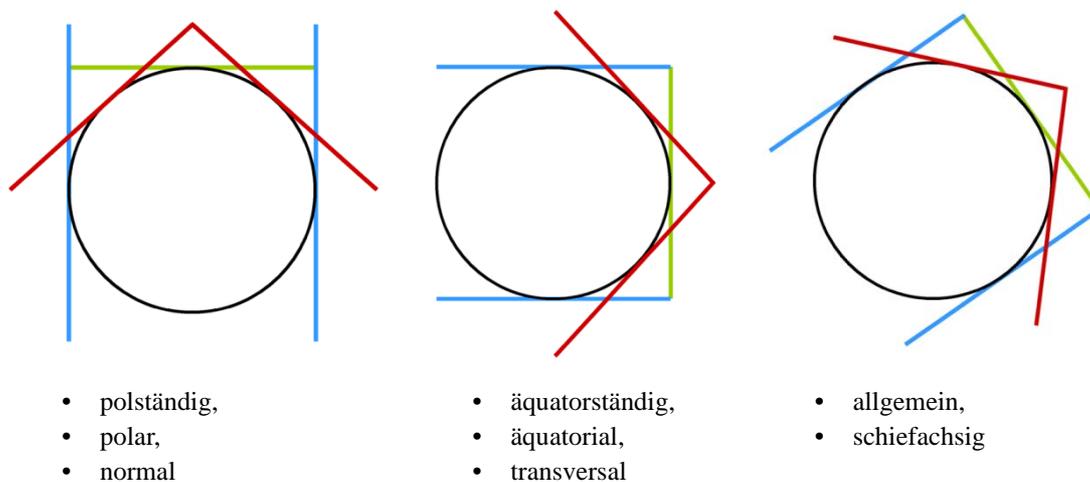


Abb. 8: Lage der Abbildungskörper I

Die Abbildungskörper können die Erde berühren oder schneiden. Sie können jedoch auch berührungsfrei sein (siehe Abbildung 9). Die Berühr- bzw. Schnittlinien (z. B. die Schnittmeridiane in der UTM-Abbildung) werden unverzerrt abgebildet.

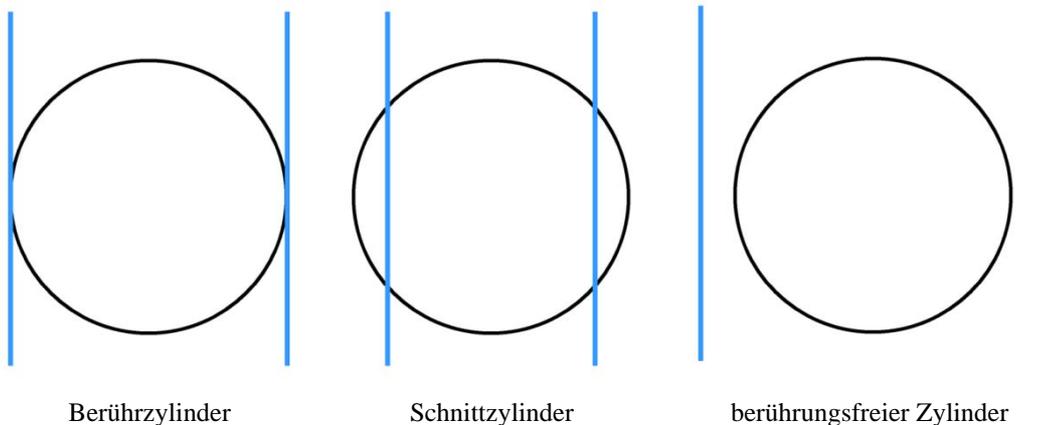


Abb. 9: Lage der Abbildungskörper II

Die Wahl des Kartennetzentwurfes richtet sich vor allem nach dem abzubildenden Gebiet. Allgemein gilt für kleinmaßstäbige Karten, die ein großes Gebiet darstellen und einen polständigen Abbildungskörper verwenden:

- für polare Gebiete: Azimutalprojektion,
- für ein Gebiet der mittleren Breiten: Kegelprojektion
- für ein Gebiet entlang des Äquators: Zylinderprojektion

Die Kartennetzentwürfe werden in echte und unechte Entwürfe unterteilt. Diese Einteilung richtet sich nach der Abbildung von Meridianen und Breitenkreisen. Echte Entwürfe bilden Meridiane als Geradenbüschel oder als Schar zueinander paralleler Geraden ab. Die Breitenkreise werden als konzentrische Kreise oder als eine zweite Schar zueinander paralleler Geraden abgebildet. Die Orthogonalität zwischen Meridianen und Breitenkreisen bleibt auch in der Abbildung erhalten. Bei unechten Entwürfen hingegen werden Meridiane als beliebige Kurven abgebildet. Die Orthogonalität zwischen den Koordinatenlinien des geographischen Koordinatennetzes geht in der Abbildung verloren.

2.2 Koordinatensysteme

Es existiert eine Vielzahl verschiedener Koordinatensysteme, die entweder lokal oder global angewendet werden. Nahezu jedes Land hat ein eigenes Landeskoordinatensystem entwickelt und seine amtlichen topographischen Karten damit herausgegeben. Im Zuge der Vereinheitlichung der topographischen Karten auf globaler Ebene findet in den amtlichen topographischen Karten Deutschlands momentan ein Wechsel vom alten Gauß-Krüger-System zum neuen UTM-System statt. In

der Übergangsphase sind beide Systeme auf den Karten angegeben. Zukünftig sollen die Gauß-Krüger-Koordinaten entfallen. Neben diesen beiden kartesischen (eben, rechtwinklig) Koordinatensystemen sind stets auch geographische Koordinaten angegeben.

2.2.1 Geographische Koordinaten

Geographische Koordinaten beziehen sich auf die Erdfigur. Die Koordinatenlinien werden als Meridiane und Breitenkreise bezeichnet. Meridiane verlaufen durch Nord- und Südpol und schneiden die Breitenkreise in rechtem Winkel. Die Breitenkreise sind bis auf den Äquator keine Großkreise, d. h. ihr Mittelpunkt ist nicht identisch mit dem Erdmittelpunkt. Geographische Koordinaten werden in Länge (Meridiane) und Breite (Breitenkreise) angegeben. Die Maßeinheit ist Grad ($^{\circ}$), wobei 60 geographische Sekunden ($''$) 1 geographische Minute ($'$) und $60' = 1^{\circ}$ entsprechen. Für eine global eindeutige Positionierung werden die Meridiane mit den Angaben w.L. (westliche Länge) oder ö. L. (östliche Länge) und die Breitenkreise mit n.B. (nördliche Breite) und s. B. (südliche Breite) versehen. Als Trennlinie zwischen östlicher und westlicher Länge dient ein Nullmeridian. Früher gab es mehrere dieser Nullmeridiane, bis man sich 1884 auf den Nullmeridian von Greenwich einigte. Die Trennung zwischen Nord- und Südhalbkugel markiert der Äquator.

Geographische Koordinaten sind an den Blattecken der amtlichen topographischen Karten angegeben. Zur Ablesung der Zwischenwerte dienen die abwechselnd hell und dunkel gekennzeichneten Abschnitte am inneren Kartenrahmen. Die geographischen Koordinaten bestimmen den Blattschnitt (die Abgrenzung der einzelnen Kartenblätter) bei den sog. Gradabteilungskarten (TK10 bis TÜK200). Sie dienen lediglich zur Orientierung. Für eine genaue Navigation in großen Maßstäben (z. B. beim Wandern sind sie weniger geeignet).

2.2.2 Gauß-Krüger-Koordinaten

Das Gauß-Krüger-Koordinatensystem (GK-Koo.) ist ein kartesisches Koordinatensystem. Die Gauß-Krüger-Koordinaten werden als Rechts- bzw. Hochwert bezeichnet. Das Prinzip der GK-Koo. besteht darin, jeweils einen Streifen beiderseits eines Meridians in rechtwinkligen Koordinaten abzubilden. Dafür verwendet die Gauß-Krüger-Abbildung einen querachsigen Zylinder, der den Erdkörper entlang eines Meridians berührt (siehe Abbildung 10). Dieser Meridian, der Mittelmeridian eines sog. Meridianstreifens, wird längentreu abgebildet. Je weiter man sich davon entfernt, desto mehr lässt die Längentreue nach. Die Ableitung der Koordinaten erfolgt stets parallel zu den Koordinatenlinien.

Universität
Rostock



Traditio et Innovatio

GRUNDLAGEN UND ANWENDUNGEN DER FERNERKUNDUNG

Görres Grenzdörffer

Inhaltsverzeichnis

1.	Grundlagen der Fernerkundung	7
1.1	Einführung in die Fernerkundung	7
1.1.1	Definition und Abgrenzung	7
1.1.2	Historische Entwicklung der Fernerkundung	11
1.1.3	Anwendungen der Fernerkundung	12
1.2	Physikalische Grundlagen der Fernerkundung	13
1.2.1	Elektromagnetisches Spektrum	13
1.2.2	Wechselwirkung zwischen elektromagnetischer Strahlung und Materie an der Erdoberfläche	16
1.2.3	Einflüsse der Atmosphäre	23
1.2.4	Wolken – ein limitierender Faktor optischer Fernerkundung	25
1.2.5	Das Spektralverhalten natürlicher Oberflächen	29
1.2.5.1	Sichtbarer bis infraroter Bereich	30
1.2.5.2	Spektrale Reflexionseigenschaften der Vegetation	30
1.2.5.3	Spektrale Reflexionseigenschaften von Böden	35
1.2.6	Thermaler Bereich	40
1.2.7	Mikrowellenbereich	42
1.3	Photographische Grundlagen	42
1.4	Digitale Bildaufnahme – Grundlagen	48
1.4.1	Abtastsysteme (Scanner)	50
1.4.1.1	Opto-mechanische Abtaster	50
1.4.1.2	geom. Eigenschaften opto-mechanischer Scanner	53
1.4.1.3	Opto-elektronische Abtaster (Digitale Zeilenkameras)	55
1.5	Mikrowellensysteme	57
1.5.1	Aktive Mikrowellensysteme (RADAR)	58
1.5.2	Laserscanning	64
1.5.2.1	Aufnahmeverfahren	64
1.5.2.2	Datenauswertung für DGM-Berechnung	67
1.5.2.3	Laserscanning - Daten und Anwendungen	68
1.5.2.4	Genauigkeit des Laserscanning	70
1.6	Übungsaufgaben	71
2.	Satellitenfernerkundung	73
2.1	Einführung	73
2.1.1	Satellitenkameras	75

2.2	Gängige Fernerkundungssatelliten und -missionen	76
2.3	Wettersatelliten	78
2.3.1	Meteosat	78
2.3.2	NOAA-AVHRR	80
2.4	Erderkundungssatelliten	81
2.4.1	Landsat	82
2.4.1.1	Landsat 7-Ausfall d. Scanline Korrektur a. 31.5.2003	86
2.4.2	Spot	89
2.4.3	IRS	93
2.4.4	Höchstauflösende Satellitensensoren	94
2.4.5	Radarsatelliten – TerraSAR-X	97
2.4.6	Ausblick zukünftiger Satellitenmissionen	100
2.4.7	Satellitendaten Ressourcen im Internet	101
2.5	Übungsaufgaben	104
3.	Flugzeuggetragene Fernerkundung	105
3.1	Photogrammetrische Aufnahmesysteme – Die Reihenmesskammer ..	105
3.2	analoge und digitale Bilder	110
3.3	Der Bildflug	111
3.3.1	Das Auflösungsvermögen	117
3.4	Geometrische Grundlagen	120
3.4.1	Geometrische Entzerrung	124
3.4.1.1	Geometrische Entzerrung analoger Bilder	125
3.4.1.2	Geometrische Entzerrung digitaler Bilder	125
3.4.1.3	Geometrische Entzerrung von Satellitenszenen	128
3.5	Direkte und indirekte Georeferenzierung von Luftbildern	130
3.5.1	Indirekte Georeferenzierung	131
3.5.2	Aerotriangulation	131
3.5.3	Direkte Georeferenzierung	134
3.6	GPS in der Fernerkundung und der Photogrammetrie	136
3.6.1	Wie muss ein Passpunkt aussehen ?	138
3.7	Das digitale Orthophoto	139
3.7.1	Kosten und Preise digitaler Orthophotos	142
3.8	Stereoskopisches Sehen	144
3.8.1	Digitale Geländemodelle (DGM) aus Luftbildern	146
3.8.1.1	Genauigkeitsaspekte photogrammetrischer Geländemo-	

	delle	148
3.9	Übungsaufgaben	149
4.	Digitale flugzeuggetragene AufnahmeSysteme	151
4.1	Dreizeilen Scanner	151
4.2	High Resolution Stereo Camera – Airborne (HRSC-A)	153
4.2.1	Aufnahmeverfahren	153
4.2.2	Datenauswertung	154
4.2.3	Genauigkeit	155
4.3	Airborne Digital Sensor (ADS 40 / 80)	156
4.4	Full-Frame CCD Sensoren	158
4.5	Digitale Modulare Kamera (DMC)	159
4.6	UltraCamX	161
4.7	Digitale Mittelformat Systeme	165
4.7.1	Kategorisierung digitaler low-cost Systeme	165
4.7.2	Der Bildflug mit einem kleinen Sportflugzeug	168
4.7.2.1	Bildwanderung	171
4.8	PFIFF	172
4.8.1	System Komponenten von PFIFF	173
4.8.2	GPS-gestützter Bildflug	174
4.8.3	Praktische Erfahrungen mit PFIFF	176
4.8.3.1	Direkte Orientierung - Kombination von Senkrecht- und Schrägaufnahmen, Beispiel Potsdam	177
4.8.3.2	Erfassung von Wildtierspuren in der Umgebung von Grünbrücken	179
4.9	Unmanned Airborne Vehicles	181
4.9.1	Anwendungspotentiale von UAV's	182
4.9.1.1	Anwendungen in Land- und Forstwirtschaft	183
4.9.2	Rechtliche Rahmenbedingungen	184
4.9.3	Stand der Forschung	185
4.9.4	Systemvergleich verschiedener UAV's	186
4.9.5	UAV's im Einsatz – Beispiele	187
4.10	Vergleich digitaler Flächensensoren u. der Drei-Zeilen-Technologie ..	191
4.11	Übungsaufgaben	193
5.	Auswertungen von Fernerkundungsdaten	195

5.1	Visuelle Bildinterpretation	196
5.2	Übungsaufgaben	205
6.	Digitale Bildauswertung	207
6.1	Einführung	207
6.1.1	Datenformate digitaler Daten	209
6.2	Low-Level Bildverarbeitung	210
6.2.1	Histogramm	210
6.2.2	Look-up-Tabellen	213
6.3	Filter	216
6.3.1	Tiefpass-Filter	217
6.3.2	Hochpass- und Kantenfilter	218
6.3.3	Hauptkomponententransformation	220
6.3.4	Vegetationsindizes	221
6.3.5	Geometrische und radiometrische atmosphärische Korrektur	224
6.4	Multispektral Klassifikation	226
6.4.1	Unüberwachte Verfahren	226
6.5	Überwachte Verfahren	227
6.5.1	Kriterien zur Auswahl von Trainingsgebieten	229
6.5.2	Auswahl eines Klassifikators	230
6.5.3	Fehlerquellen einer Multispektralklassifikation	233
6.5.4	Überprüfung der Klassifikationsgenauigkeit	234
6.5.5	Postprocessing	235
6.6	Hierarchische Multispektralklassifikation	236
6.7	Regionenbasierte und objektorientierte Klassifikation	238
6.7.1	Klassifikation und Strategie	240
6.7.2	Beispiel Objektorientierte Versiegelungskartierung Rostock	242
6.7.2.1	Ergebnisse	244
6.8	Übungsaufgaben	247
7.	Anwendungsbeispiele	249
8.	Literatur	251
8.1	Auswahl wichtiger Internet Links zum Thema Fernerkundung	259
8.2	Bezugsquellen für Fernerkundungssoftware	260

1 Grundlagen der Fernerkundung

1.1 Einführung in die Fernerkundung

Die Fernerkundung hat in den letzten Jahren in der öffentlichen Wahrnehmung einen rasanten Bedeutungszugewinn erfahren. Luft- und Satellitenbilder sind selbstverständlich und für jedermann zugänglich geworden. Das fängt beim täglichen Wetterbericht an, setzt sich in Tageszeitungen und Büchern fort und führt über die Nutzung von digitalen Globen, wie z.B. Google Earth¹ weiter. Dabei hat die Allgemeine Nutzung durch die Öffentlichkeit auch neue Aufnahmemethoden, z.B. digitale schrägblickende Mehrkamarasysteme entstehen lassen. Deren Produkte, wie sie beispielsweise in Virtual Earth² von Microsoft zu sehen sind, ermöglichen einen noch intuitiveren Zugang zu Luftbildaufnahmen aus verschiedenen Perspektiven und gleichzeitig eine elegante Methode zur Texturierung digitaler 3-D Stadtmodelle. Auch für Geo-Informationssysteme sind digitale Luftbilder eine wichtige Datengrundlage und eine Orientierungshilfe, die eine tatsächliche Abbildung der Realität ermöglicht.

Google
Earth

Allerdings hat die Fernerkundung noch wesentlich mehr zu bieten, als nur Bilder der Erdoberfläche in nahezu beliebiger Auflösung zu präsentieren. Gegenstand des einführenden Skripts ist es, wichtige physikalische Grundlagen, Hintergründ, Möglichkeiten und Grenzen bei der Erfassung fernerkundlicher Informationen zu vermitteln. Außerdem sollen die gängigsten Analyse- und Auswertemethoden fernerkundlicher Daten vorgestellt werden.

1.1.1 Definition und Abgrenzung

Definition 1: *Die Fernerkundung ist ein indirektes berührungsfreies Beobachtungsverfahren. Messungen werden nicht direkt am Objekt, sondern an dessen Abbild ohne direkten Kontakt des Sensors mit dem zu erkundenden Objekt durchgeführt. Die zu messende Größe wird aus der vom Objekt reflektierten oder emittierten elektromagnetischen Strahlung abgeleitet. Das Verfahren geht von der Tatsache aus, dass die in der Natur vorhandene oder künstliche Strahlung (z.B. Sonnenlicht, Radar, Schall) von den Objekten unterschiedlich reflektiert wird, in einem Sensor (z.B. einer Kamera oder Zeilenabtaster) gesammelt und auf*

indirektes berührungsfreies Beobachtungsverfahren

1. <http://earth.google.de/index.html>
2. <http://maps.live.de/LiveSearch.LocalLive>

Digitales Verfahren einem Informationsträger (z.B. Film, Tape oder optischer Datenträger) gebunden wird. Es werden sowohl analoge als auch digitale Erfassungs- und Verarbeitungsmethoden eingesetzt.

Unter Fernerkundung sind hier solche Verfahren zu verstehen, die

Satelliten oder Flugzeuge

- zur Gewinnung von Informationen die elektromagnetische Strahlung benutzen, die von einem Ort abgestrahlt wird,
- die Empfangseinrichtungen für diese Strahlung in Luftfahrzeugen (i.d.R. Flugzeugen) oder Raumfahrzeugen (i.d.R. Satelliten) mitführen und
- zur Beobachtung der Erdoberfläche mit allen darauf befindlichen Objekten, der Meeresoberfläche oder der Atmosphäre dienen.

Erkundung und Monitoring der Umwelt

Durch Fernerkundung der Erdoberfläche können wertvolle Basisinformationen zur Beurteilung des Zustandes unserer Umwelt gewonnen werden. Die Vorteile der Fernerkundung liegen dabei vor allem in ihrer multispektralen und multitemporalen Datenaufnahmemöglichkeit.

Definition 2: *Der Begriff Fernerkundung umfasst vornehmlich digitale Aufnahmeverfahren, die von unbemannten Drohnen, Flugzeugen und Satelliten aus zur Erderkundung, zur thematischen Kartierung und Bestandsaufnahme der Erdoberfläche eingesetzt werden. Aktive Scanner- und Radarverfahren erweitern die Möglichkeiten der Erdbeobachtung.*

abbildende Fernerkundungssysteme

Unter den Verfahren der Fernerkundung sind jene besonders wichtig und am weitesten verbreitet, die zu einer bildhaften Wiedergabe der Erdoberfläche führen. Diese so genannten abbildenden Fernerkundungssysteme benötigen drei Teile:

- zur Datenaufnahme aktive oder passive Sensoren
- zur Datenspeicherung, analog oder digital, Luftbilder oder Satellitenbilder
- zur Datenauswertung Bodensegmente

Fernerkundungssensoren sind primäre Aufzeichnungssysteme, d.h. sie zeichnen die Daten von Objekten in der realen Welt ent-

weder in digitaler oder analoger Form direkt auf. Die Objektinformation besteht entweder aus reflektierter oder emittierter Strahlung in einem oder mehreren Spektralkanälen, die auf Film oder direkt auf ein digitales Speichermedium abgelegt wird. In Abhängigkeit vom Messprinzip unterscheidet man zwischen **aktiven** und **passiven** Aufzeichnungssystemen, Abb. 1:1.

aktive und passive Aufzeichnungssysteme

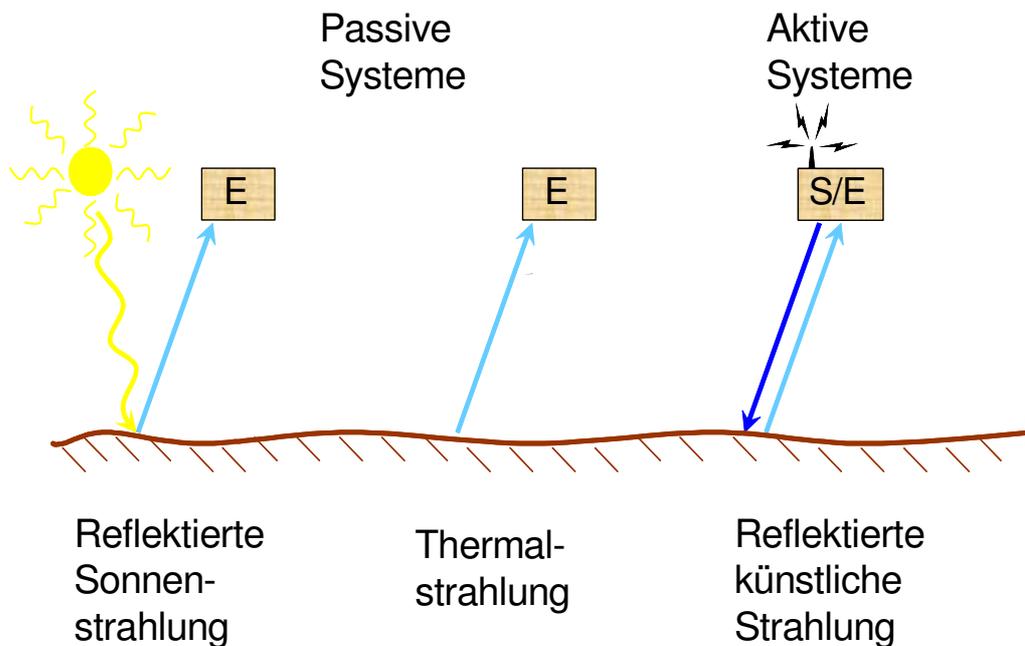


Abb. 1: Aktive und passive Aufzeichnungssysteme

Luftbilder sind photographische bzw. digitale Bilder eines Teils der Erdoberfläche, die von Luftfahrzeugen, i.d.R. Flugzeugen, mit passiven Aufnahmesystemen aufgenommen werden. Je nach spektraler Empfindlichkeit der verwendeten Sensoren unterscheidet man zwischen panchromatischen Bildern (Schwarz-Weiß), Farbbildern, Farbinfrarotbildern (CIR-Color Infrared), Thermalbildern u.a.

Luftbilder

Satellitenbilder sind solche Bilder der Erdoberfläche, die von bemannten oder unbemannten Satelliten aus gewonnen werden. Diese Abbilder der Erdoberfläche werden in der Regel durch digitale Aufnahmetechniken (z.B. CCD-Zeilensensoren) gewonnen.

Satellitenbilder

Radarbilder werden von aktiven Mikrowellensensoren an Bord von Flugzeugen oder Satelliten erzeugt. Derartige Bilder speichern eine Fülle von Information über das abgebildete Gelände, die für zahlreiche Anwendungen von großem Wert sind. Um diese Informationen nutzbar zu machen, bedarf es einer komplexen Datenprozessierung und Auswertung.

Radarbilder

<i>Laserscanning</i>	Laserscanning ist ebenfalls ein aktives System, bei dem ein gepulster Laserstrahl zur Erde gesandt wird. Durch die Laufzeitmessung des Lichtimpulses wird die Entfernung zwischen dem Flugzeug und der Erdoberfläche genau bestimmt. Daraus können hochgenaue digitale Geländemodelle der Erde für eine Fülle verschiedener Anwendungen erstellt werden
<i>Photogrammetrie</i>	Basiert die Auswertung vorwiegend auf der Ausmessung der Bilder, so handelt es sich um die Photogrammetrie. Diese führt geometrische Messungen nicht direkt am Objekt sondern an photographischen Abbildungen des Objekts aus. Wichtigster Bereich ist die dreidimensionale Luftbildauswertung zur Ableitung topographischer und thematischer Karten der Maßstäbe bis 1:100.000, d.h. für lokale bis regionale Anwendungen. Der klassische Weg der Datenerfassung führt dabei vom digitalen (photographischen) Luftbild über die photogrammetrische Stereoauswertung zum digitalen 3D-Vektordatenbestand. Demgegenüber bezeichnet man die mehr am Inhalt (besonders der spektralen Abbildung) orientierte Auswertung als Interpretation. Eine strenge Trennung zwischen Messung und Interpretation ist jedoch nicht so einfach möglich, denn eine Kenntnis der Prinzipien der Photogrammetrie ist für den Interpreten wichtig, wenn es darum geht, Bildinhalte im Sinne ihres räumlichen Bezugs und ihres Ausmaßes zu quantifizieren. Dieser Quantifizierungsprozess ist notwendig, wenn nach der Frage des Interpreten, welche Zusammenhänge im Bild erkennbar sind, auch die Frage <i>wo</i> sich diese am Boden befinden und <i>wie groß</i> sie sind, zu beantworten ist.
<i>Interpretation</i>	

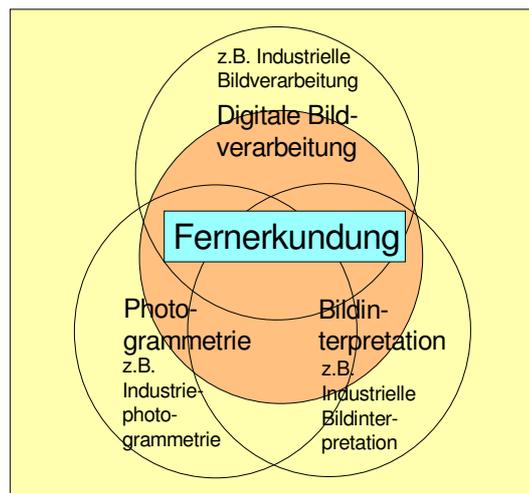


Abb. 2: Fernerkundung, Photogrammetrie und Bildinterpretation

Die Fernerkundung steht in engem Zusammenhang mit einer Vielzahl moderner wissenschaftlicher Methoden, von denen hier nur zwei genannt seien:

1. Digitale Bildverarbeitung (DBV): Diese stellt mathematische und EDV-technische Methoden zur Auswertung von digital vorliegenden Bildern bereit. Für die Fernerkundung sind hierbei einerseits solche Methoden von Interesse, die die spektralen Eigenschaften eines Bildes manipulieren (z.B. Bildverarbeitung) und auswerten (z.B. Klassifikation). Andererseits sind weiterhin die Methoden interessant, die der Ausmessung (z.B. Korrelation) und Erkennung (z.B. Mustererkennung) von Objekten im Bild dienen. *Digitale Bildverarbeitung*
2. Geo-Informationssysteme (GIS): Die Interpretation und Auswertung von Bildern dient der Aktualisierung und Laufendhaltung von Datenbeständen in GIS. Andererseits dienen Daten aus GIS zur Unterstützung des Interpretationsprozesses in der Fernerkundung sowie zur anschaulicheren Visualisierung der Ergebnisse der Fernerkundung. *GIS*

1.1.2 Historische Entwicklung der Fernerkundung

In der Geschichte der Fernerkundung sind einzelne allgemeine Entwicklungsschritte zu nennen, die entscheidenden Einfluss auf die Fernerkundung nahmen. Dies sind im Wesentlichen die Erfindung der Photographie, die Nutzung von Flugzeugen als Aufnahmeplattform und der Beginn der Raumfahrt.

Mit der Erfindung der Photographie 1839 wird zum ersten Mal das aufzeichnende Instrumentarium Kamera und Film bereitgestellt, ohne dass die Fernerkundung nicht möglich wäre. Während in den ersten Jahrzehnten noch die terrestrische Aufnahme (Kamera steht am Boden) und die Nahaufnahme von Ballons im Vordergrund stand, erlebte die Fernerkundung einen Aufschwung im 1. Weltkrieg (1914-1918), als die Aufnahmeplattform Flugzeug zur Verfügung stand. Hierauf folgten rasch Entwicklungen auf der gerätetechnischen Seite (erste Reihenmesskammer, erstes Auswertegerät Doppelprojektor), die zu einer starken Verbreitung und Anerkennung des Luftbildwesens für forstliche, archäologische und geographische Zwecke führten. In den folgenden Jahren wurde die Luftbildmessung (Photogrammetrie) zum Standardverfahren für topographische Kartierungen. *Erfindung der Photographie*

*Satellitenferner-
kundung seit 60er
Jahre*

*1999 erster
„1m-Satellit“*

In den 50er Jahren entwickelt sich die Luftbildinterpretation zur eigenständigen Disziplin. Mit dem Aufkommen neuer Aufnahmetechniken (RADAR, Scanner) und dem Beginn der Raumfahrt Ende der 50er Jahre erlebt die satellitengestützte Fernerkundung der Erde ihren Aufschwung. Der erste Satellit TIROS 1 mit einer Kamera zur Wettervorhersage an Bord wurde im April 1960 ins All geschossen und leitete die satellitengestützte Meteorologie ein. Mit den Satellitensensoren Landsat (ab 1972) und SPOT (ab 1986) zur detaillierten Untersuchung der Landoberfläche stehen qualitativ hochwertige digitale Datensätze allgemein zur Verfügung. Seit 1999 ist mit IKONOS I der erste höchauflösende Erdkundungssatellit mit einer Bodenauflösung von 1 m im Orbit, so dass sich heutzutage eine Vielzahl von Fachdisziplinen sehr intensiv mit der Nutzung unterschiedlichster Fernerkundungsdaten beschäftigen und ihre eigenen Auswertemethodiken entwickeln können.

*Heute digitale
Luftbildkameras*

Im Bereich der flugzeuggestützten Fernerkundung wird die analoge Reihemesskammer zurzeit von digitalen Aufnahmesystemen abgelöst. Durch die GPS/INS Integration ist eine direkte Orientierung verschiedenster Sensoren – vom Thermalscanner bis zur Reihemesskammer möglich, was flexiblere Bildflüge erlaubt und eine automatisierte direkte Geokodierung und schnelle Datenprozessierung gewährleistet. Heute steht eine große Menge von Aufnahmesystemen verschiedenster räumlicher und spektraler Auflösungen zur Verfügung. Unabhängig vom Aufnahme-medium findet die Auswertung ausschließlich digital, d.h. am Computer statt. Die Auswertemethoden haben einen so hohen Stand erreicht, dass von einem operationellen Gebrauch der Fernerkundung zu sprechen ist. Dennoch sind enorme Forschungsanstrengungen in Gange, um die Fernerkundung weiterzuentwickeln und mit den immer größer werdenden Datenmengen fertig zu werden.

1.1.3 Anwendungen der Fernerkundung

*Fernerkundung wird
fast überall eingesetzt*

Fernerkundungsmethoden finden heute allgemeine Anerkennung in sehr vielen Disziplinen. In der Einführung seien hier die folgenden Anwendergruppen genannt: Kartographie, Geographie, Geologie und Geomorphologie, Bodenkunde, Forst- und Landwirtschaft, Tierkunde, Regionale Planung, Siedlungswesen, Archäologie, Gewässerkunde, Meteorologie und Klimatologie, Planetenforschung u.a. (vgl. z.B. ALBERTZ, 2007). Eine ausführliche Darstellung des Anwendungsspektrums anhand verschiedener Beispiele erfolgt in Kapitel .

Beschränkt man die Anwendungen der Fernerkundung auf den Umweltbereich, so sind als Zielklasse der Benutzer die umweltrelevanten Klassen von geographischen Objekten und ihre Eigenschaften zu sehen. GÜNTHER und RIEKERT (1991) geben eine Taxonomie der Fernerkundungsziele für diesen Sektor an. Hierin sind einerseits die Ziele, d.h. die zu bestimmenden Objektklassen, und andererseits die Eigenschaften der Objektklassen, d.h. die mittels Fernerkundung bestimmbaren Attribute, aufgeführt.

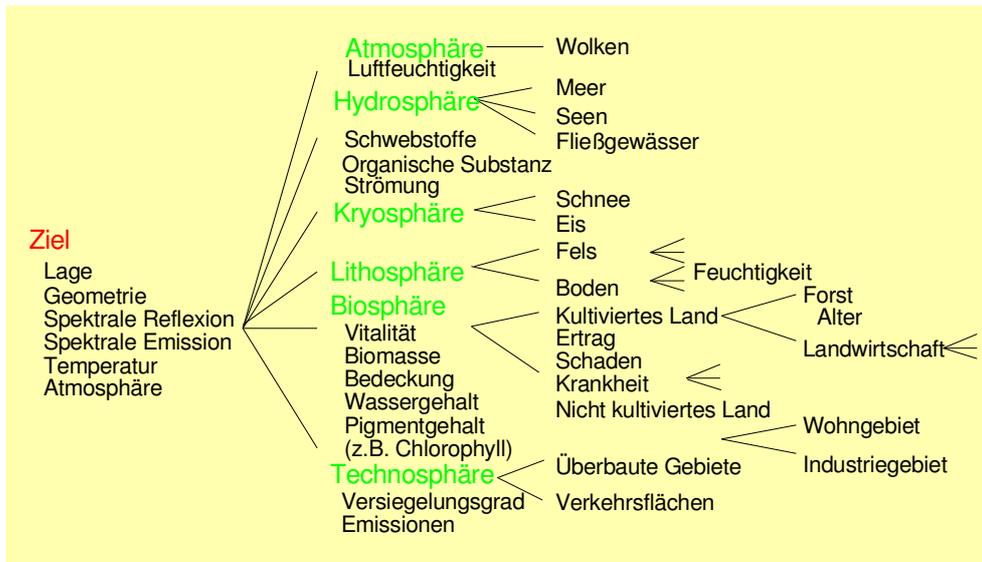


Abb. 3: Eine Taxonomie der Fernerkundungsziele im Umweltbereich (nach Günther und Riekert, 1991)

1.2 Physikalische Grundlagen der Fernerkundung

1.2.1 Elektromagnetisches Spektrum

Die elektromagnetische Strahlung lässt sich als räumliche Ausbreitung von Energie in Form von Wellen betrachten. Sie kann als materielle Wellenstrahlung (im Gegensatz zur Teilchenstrahlung) aufgefasst werden. Sie lässt sich durch wellenspezifische Parameter wie Ausbreitungsgeschwindigkeit, Frequenz ν oder Wellenlänge λ kennzeichnen. In der Fernerkundung wird üblicherweise als charakteristisches Maß die Wellenlänge verwendet. Zwischen den Größen besteht der Zusammenhang $\lambda = c / \nu$, wobei c die Lichtgeschwindigkeit bezeichnet. Der Grundcharakter der elektromagnetischen Wellen ist gleich: Sie breiten sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit aus und unterscheiden sich alleine durch die Wellenlänge und durch ihre Energie. Die Gesamtheit der bei der elektromagnetischen Strahlung vorkommen-

kleiner Teil des EM-Spektrums wird eingesetzt