

DISS. ETH Nr. 15379

**«Topografische 3D-Karten»:
Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze**

ABHANDLUNG
Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Christian Häberling
Dipl. Geogr., Universität Zürich

geboren am 13. Januar 1961

von Ottenbach/ZH

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. Lorenz Hurni, Referent
Prof. Dr. Liqiu Meng, Korreferentin
Prof. Dr. Alessandro Carosio, Korreferent
Dr. René Sieber, Korreferent

2003

Vorwort

Seit jeher faszinieren mich perspektivische Darstellungen als eine kartografische Ausdrucksform. Die Möglichkeit, abstrahierte kartografische Modelle über reale Phänomene in gewohnter Perspektive mit unserem visuellen Wahrnehmungssystem zu erfassen, ergibt eine eigene Symbiose zwischen kognitiven Prozessen und emotionalen Empfindungen. Insbesondere das Zusammenspiel von Bedeutungsinhalt, Grafik und Wirkung auf den Kartennutzer erweckte in mir grosse Motivation für das Thema über die Gestaltung von 3D-Karten. Mit der dabei durchgeführten Expertenbefragung konnte ich zudem bisherige theoretische Erkenntnisse und praxisorientierte Fragestellungen zur Nutzung kartenverwandter Darstellungen – hier mit den generierten Beispielen von Topografischen 3D-Karten – in idealer Weise verbinden.

Die vorliegende Arbeit wäre aber nie ohne die Unterstützung von anderen Personen zustande gekommen. So möchte ich zuerst meinem Vorgesetzten und Förderer Prof. Dr. Lorenz Hurni danken, dass er mir die Möglichkeit der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit diesem Thema anbot und mich dabei mit kritischer Fachkompetenz begleitete. Sein Vertrauen und seine Aufmunterungen während der ganzen Dissertationszeit werde ich stets in dankbarer Erinnerung behalten.

Ebenso gebührt mein Dank Dr. René Sieber, dem redaktionellen Leiter des *Atlas der Schweiz - Interaktiv*. Sein grosses Interesse und Engagement am Thema sowie seine Unterstützung von der Konzeptphase des Projekts bis hin zur Beendigung dieser schriftlichen Abhandlung bleiben mir als beispielhaft in Erinnerung.

Frau Prof. Dr. Liqiu Meng und Prof. Dr. Alessandro Carosio danke ich für die konstruktiven Anregungen und fachlichen Präzisierungen. Ihre Fachkompetenz in den Gebieten der kartentechnischen Kognition und der Datenmodellierung flossen gewinnbringend in die Arbeit ein.

Ein grosses Dankeschön gebührt zudem allen 27 Damen und Herren, die an der Expertenbefragung teilnahmen und mir in den Einzelgesprächen sowohl ihr Fachwissen wie auch ihre persönlichen Präferenzen mitteilten. (Anhang A.2 listet die Expertinnen und Experten namentlich auf.) Ohne ihre fundierten, kritischen und engagierten Kommentare wäre die Untersuchung in dieser Form gar nicht möglich gewesen. Sie alle trugen mit ihrem grossen zeitlichen Engagement und Interesse wesentlich zum Gelingen bei. Im Speziellen möchte ich noch Dr. Andrea Terribilini, Dr. Hansruedi Bär, Dipl. Geogr. Tumasch Reichenbacher, Dr. habil. Doris Dransch, Prof. Dr. h.c. Ernst Spiess und Heinz Leuzinger danken. Viele Ideen und Details zum Untersuchungsthema und seinem kartografischen Umfeld konnte ich aus vertiefenden Diskussionen mit ihnen gewinnen.

Am Institut für Kartografie der ETH Zürich fand ich zudem eine umfassende Infrastruktur und beste technische Unterstützung zur Erarbeitung meiner Arbeit. Meinen Kolleginnen und Kollegen, die mich computertechnisch betreuten oder immer wieder zwischendurch moralisch aufmunterten, sollen ebenfalls meine Dankbarkeit erfahren.

Dem Bundesamt für Landestopografie, Wabern, danke ich ausserdem für die freundliche Genehmigung zur Verwendung ihrer verschiedenen Geodaten für die 3D-Kartenbeispiele.

Und letztlich will ich mich innigst bei meiner Frau Dr. Helene Wagner bedanken. In allen Arbeitsschritten begleitete Sie mich mit grossem Interesse und war mir oft eine hilfreiche Stütze auf dem Weg zum Ziel. Vor allem in methodischen Fragen stand sie mir mit ihrem Fachwissen stets mit Geduld und Ideen zur Seite.

Zusammenfassung

Digital erstellte perspektivische Darstellungen mit kartografisch-topografischem Inhalt, sogenannte «Topografische 3D-Karten» finden heute grosses Interesse. Allerdings weist die Kartentheorie bezüglich der Gestaltung von 3D-Karten noch viele Defizite aus. So existieren derzeit noch keine Gestaltungsgrundsätze, wie die Kartenobjekte nutzergerecht symbolisiert und expressiv im Kartenbild visualisiert werden sollen.

Die vorliegende Dissertation hatte zum Ziel, Thesen zu Gestaltungsgrundsätzen von Topografischen 3D-Karten herzuleiten. Diese dienen Kartenautoren als Handlungsempfehlungen bei der Konzeption und Generierung von statischen und dynamischen Kartenprodukten. Dazu wurde zuerst ein Inventar erarbeitet, über welche Gestaltungsvariablen bei der Kartengenerierung entschieden werden muss. Die Auflistung ist gleich strukturiert wie der Gestaltungsprozess von 3D-Karten mit seinen Prozessschritten *Modellierung*, *Symbolisierung* und *Visualisierung*. Zudem wird eine 3D-Karte immer geprägt von zwei wesentlichen Gestaltungsaspekten, der *Abstraktion* und den Dimensionsverhältnissen der Kartenobjekte (*Dimension*).

In einer Expertenbefragung wurden die Meinungen von 27 Expertinnen und Experten aus unterschiedlichen Bereichen der Geomatik zur Gestaltung und zukünftigen Entwicklung von 3D-Karten erfragt. Die Fachpersonen mussten verschiedene Serien von 3D-Kartenbeispielen, die mit Ausschnitten von digitalen Landschafts- und Höhenmodellen erzeugt wurden, beurteilen und ihre Expertenmeinung dazu äussern. Je drei Variationen der fünf unabhängigen Gestaltungsvariablen *Betrachtungswinkel*, *Betrachtungsdistanz*, *Beleuchtungsrichtung*, *Himmelsstruktur* und *Dunsteffekt* wurden dabei näher untersucht.

Bei jeder Variation der unabhängigen Gestaltungsvariablen resultierte aus der Befragung eine Präferenzverteilung zu den jeweils neun 3D-Kartenbeispielen, die eine Serie bildeten. Die quantitative Bewertung und die dazu geäusserten Begründungen wurden eingehend interpretiert, und zwar nach den Abstraktions- und Dimensionsstufen, den drei Variationen jeder Gestaltungsvariablen sowie nach den Arten der Kartenobjekte (Geländeobjekt, flächen-, linien- oder punkthafte Kartenobjekte, orientierende Kartenobjekte). Daraus konnten Schlüsse gezogen werden, die anschliessend zur Formulierung von 19 Thesen dienten.

Vor allem die gewohnte, kartennahe Symbolisierung des Karteninhaltes findet grosse Akzeptanz. Eine allzu naturnahe Darstellungen der Kartenobjekte muss nicht angestrebt werden. Dennoch ergibt die Umsetzung von punkthaften Kartenobjekten mit figürlichen Symbolen nach bildhaftem Prinzip grossen Gewinn bei der optischen Strukturierung und Erkennung des Modells (Landmarks). Der räumliche Eindruck wird vor allem durch einen nicht zu steilen *Betrachtungswinkel* bei der Kameraführung unterstützt. Zudem wird mittels nicht zu naher *Betrachtungsdistanz* eine gute Übersicht mit grösstmöglicher Erkennbarkeit der Objekte im Bildhintergrund gewährleistet. Die Integration von atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen (*Himmelsstruktur*, *Dunst*) soll zurückhaltend geschehen.

Topografische 3D-Karten werden noch weitere Verbreitung finden, vor allem in den Bereichen Tourismus, Planung und Ausbildung. Sie müssen aber integriert sein in dynamischen Informationssystemen mit umfangreicher Funktionalität zur interaktiven Nutzung. Mit flächendeckenden, vektoriiell strukturierten Geodatensätzen, die vermehrt in 3D-Geoinformationssystemen verwaltet werden, und leistungsfähiger Computertechnik werden die Voraussetzungen für diese attraktiven kartenverwandten Darstellungen laufend verbessert. Zur noch stärker nutzerorientierten Gestaltung und Präsentation des Karteninhaltes werden die erarbeiteten Thesen wesentlich beitragen können.

Summary

Digitally produced topographical 3D maps are in high demand. However, cartographical theory of 3D maps has some important deficits. Up to now, there are no design principles for the user-friendly symbolisation and expressive visualisation of map objects.

This study has aimed at deriving a preliminary set of design principles for 3D maps that authors may use as guidelines for the design and production of future static and dynamic map products. First, an inventory of design variables relevant for map concepts and production is assembled. The list is structured along the design process of 3D maps with the stages of *modelling*, *symbolisation* and *visualisation*. At the same time, a 3D map is always affected by two basic aspects of design, the degree of *abstraction* and *dimension*, that is the proportions of map objects.

In one study, 27 experts from different fields within geomatics were interviewed about the design and future development of 3D maps. The experts evaluated and commented on 15 series of 3D map examples that were created from sections of digital landscape- and elevation models. The series covered three variations each of the following five independent design variables: *observation angle*, *observation distance*, *direction of illumination*, *sky structure*, and *fogging effect*.

For each series, corresponding to one variation of one design variable, the experts ranked nine 3D map examples representing combinations of three degrees of *abstraction* and *dimension*. The quantitative ranking (5 levels) and the comments were interpreted for the degrees of *abstraction* and *dimension*. Additionally, conclusions were drawn about the three variations of each design variable, and the types of map objects (i.e., surface, polygon, line, point and orienting objects). With these conclusions from the expert interviews, 19 theses for design principles were formulated.

In particular the familiar, map-like symbolisation of map content finds great acceptance. An almost natural representation of map objects should not be attempted. Nevertheless, the symbolisation of point objects with figurative symbols provides great advantages in the optical structuring and recognition of the model (e.g. landmarks). In order to enhance the three-dimensional effect, the *observation angle* should not be chosen too steep. A longer *observation distance* facilitates overview with maximum recognisability of objects in the background. The integration of atmospheric effects and natural phenomena (*sky structure*, *fogging effect*) should be done with restraint.

Topographic 3D maps will find increasing application, especially in tourism, planning and education. However, they should be implemented in dynamic digital information systems provided with extensive functionality for interactive use. The general availability of exhaustive, vector-based geo-data sets, which are increasingly integrated into 3D GIS systems, and of powerful computational resources will facilitate the production of this attractive type of map-related representations. The proposed design principles will make an important contribution to the enhancement of user-oriented design and presentation of map contents.

Inhaltsverzeichnis

<i>Vorwort</i>	<i>I</i>
<i>Zusammenfassung</i>	<i>III</i>
<i>Summary</i>	<i>V</i>
<i>Inhaltsverzeichnis</i>	<i>VII</i>
<i>Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen</i>	<i>XI</i>
1. Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.1.1 Ausgangssituation	1
1.1.2 Problembereiche und Defizite	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Methodik und Vorgehen	4
1.4 Positionierung der Arbeit	5
1.4.1 Einordnung innerhalb der kartografischen Forschung	5
1.4.2 Einordnung und Abgrenzung gegenüber anderen Disziplinen der Geoinformation und Visualisierung	7
1.5 Relevanz und potenzieller Wert der Arbeit	9
1.6 Struktur der Arbeit	10
2. Kartografischer Kontext und theoretische Grundlagen	11
2.1 Geoinformation	11
2.1.1 Zum Wesen der Geoinformation	11
2.1.2 Themen und Daten	12
2.1.3 Datenmodellierung und Datenmanagement	13
2.1.4 Visuelle Darstellung von Geoinformation	13
2.2 Kartografische Darstellung	13
2.2.1 Definition und Merkmale kartografischer Darstellungen	13
2.2.2 Typisierung und Einteilung kartografischer Darstellungen	15
2.2.3 Kartografischer Kommunikationsprozess	19
2.2.4 Nutzungssituationen und Anforderungen an die Karte	20
2.3 Gestaltung kartografischer Darstellungen	22
2.3.1 Das grafische System	22
2.3.2 Visuelle Gestaltungselemente	22
2.3.3 Kartografische Darstellungsprinzipien und Gestaltungsgrundsätze	24

2.4 3D-Kartografie und 3D-Karte	27
2.4.1 Definitionen und Charakteristika der «3D-Kartografie» und der «3D-Karte»	27
2.4.2 Heutiger Stand der 3D-Kartografie	30
2.4.3 Aktuelle Probleme in der 3D-Kartografie	34
2.5 Topografische 3D-Karte	35
2.5.1 Zum Begriff «Topografische 3D-Karte»	35
2.5.2 Karteninhalt Topografischer 3D-Karten	35
2.5.3 Mögliche Typisierung Topografischer 3D-Karten	37
2.5.4 Anwendungsbereiche Topografischer 3D-Karten	39
2.6 Ausgewählte Aspekte der Wahrnehmung Topografischer 3D-Karten	41
2.6.1 Räumliche Wahrnehmung von perspektivischen Darstellungen	41
2.6.2 Depth Cues und Grundsätze der räumlichen Tiefenwahrnehmung	42
2.6.3 Weitere Voraussetzungen zur Wahrnehmung Topografischer 3D-Karten	46
3. Gestaltungaspekte bei Topografischen 3D-Karten	49
3.1 Gestaltung und Gestaltungsmöglichkeiten	49
3.1.1 Gestaltungsprozess bei Topografischen 3D-Karten	49
3.1.2 Gestaltungaspekte	50
3.1.3 Gestaltungsvariablen und deren Variationen	50
3.1.4 Nutzen einer Übersicht von Gestaltungaspekten und Gestaltungsvariablen	51
3.1.5 Schritte des Gestaltungsprozesses	52
3.1.6 Überblick über Gestaltungaspekte bei Topografischen 3D-Karten	54
3.2 Gestaltungaspekte der Modellierung	57
3.2.1 Das 3D-Landschaftsmodell und seine Objekte	57
3.2.2 Gestaltungaspekte zur Modellierung von Geländeobjekten	57
3.2.3 Gestaltungaspekte zur Modellierung von topografischen Objekten	61
3.2.4 Modellierung von orientierenden Kartenobjekten	63
3.3 Gestaltungaspekte der Symbolisierung	64
3.3.1 Die Symbolisierung Topografischer 3D-Karten	64
3.3.2 Gestaltungaspekte zur äusseren Erscheinung	65
3.3.3 Weitere Überlegungen zur äusseren Erscheinung	71
3.3.4 Gestaltungaspekte zur Kartenschrift	73
3.3.5 Gestaltungaspekte zur Objektanimation	75
3.3.6 Gestaltungaspekte zu orientierenden Kartenobjekten	79
3.4 Gestaltungaspekte bei der Visualisierung	79
3.4.1 Die Visualisierung Topografischer 3D-Karten	79
3.4.2 Vorbereitung der Modellstruktur zur Visualisierung	79
3.4.3 Gestaltungaspekte der Abbildungsgesetze	80
3.4.4 Gestaltungaspekte der Modellbetrachtung	84
3.4.5 Gestaltungaspekte der Beleuchtung und Schattierung	87
3.4.6 Gestaltungaspekte zur Integration von atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen	90
3.5 Benutzeroberfläche und Einbettung des Kartenbildes	93

4. Expertenbefragung zur Gestaltung von Topografischen 3D-Karten	95
4.1 Expertenbefragung	95
4.1.1 Grundgedanken zur vorliegenden Expertenbefragung	95
4.1.2 Merkmale der Expertenbefragung	95
4.1.3 Einsatz der Expertenbefragung in der kartografischen Forschung	97
4.1.4 Aussagekraft und Grenzen der angewendeten Befragungsmethode	97
4.2 Befragungsgegenstände	98
4.2.1 Grundanforderungen an Kartenbeispiele	98
4.2.2 Abstraktionsstufen und Dimensionsstufen	98
4.2.3 Ausgewählte Gestaltungsvariablen und Variationen	100
4.2.4 Gestaltung von Einzelobjekten und Kartenschrift	101
4.3 Beispiele von Topografischen 3D-Karten	101
4.3.1 3D-Landschaftsmodell als Grundlage	101
4.3.2 Modellregion «Greifensee»	102
4.3.3 Grundlagedaten	103
4.3.4 Werkzeuge	105
4.3.5 Generierung und Gestaltung	106
4.4 Durchführung der Expertenbefragung	110
4.4.1 Eigenheiten und Ablauf der Befragung	110
4.4.2 Befragte Personen	111
4.4.3 Kartenzweck und Fragestellungen	111
4.5 Auswertungsmethoden	112
4.5.1 Zweck der Auswertung	112
4.5.2 Analysemethoden	112
4.5.3 Darstellungsformen	114
5. Resultate der Expertenbefragung	117
5.1 Quantitative Bewertung der Kartenbeispiele	117
5.2 Qualitative Äusserungen zu Gestaltungsvariablen	121
5.3 Qualitative Äusserungen zu Kartenobjekten	124
5.4 Allgemeine Kommentare zu 3D-Karten	127
6. Interpretation und Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze	129
6.1 Interpretation zur «Abstraktion» und «Dimension»	129
6.1.1 Folgerungen zur «Abstraktion»	130
6.1.2 Folgerungen zur «Dimension»	131
6.2 Interpretation zu ausgewählten Gestaltungsaspekten und deren Variationen	131
6.2.1 Folgerungen zu Aspekten der Modellbetrachtung	131
6.2.2 Folgerungen zu Aspekten der Beleuchtung	134
6.2.3 Folgerungen zu atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen	135

6.3 Interpretation zur Gestaltung von Kartenobjekten	137
6.3.1 Folgerungen zu Geländeobjekten und flächenhaften Kartenobjekten	137
6.3.2 Folgerungen zu linienhaften Kartenobjekten	138
6.3.3 Folgerungen zu punkthaften Kartenobjekten	139
6.3.4 Folgerungen zu Schriftobjekten und orientierenden Kartenobjekten	140
6.4 Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze	141
6.4.1 Thesen zur Abstraktion von Kartenobjekten	142
6.4.2 Thesen zur Dimension von Kartenobjekten	143
6.4.3 Thesen zu ausgewählten Gestaltungsaspekten	144
6.5 Potenzielle Entwicklungen und Anforderungen an 3D-Karten	146
6.5.1 Bedeutung und Einsatzbereiche	146
6.5.2 Funktionalität und Präsentationsformen	147
6.5.3 Anforderungen ans Instrumentarium zur Erstellung	147
7. Schlussbemerkungen	151
7.1 Bemerkungen zur Arbeit	151
7.1.1 Erreichung der Zielsetzung	151
7.1.2 Expertenbefragung als methodischer Ansatz	151
7.1.3 Beurteilung der Kartenbeispiele	152
7.2 Fazit zu Resultaten und Thesen	153
7.2.1 Wert der Übersicht von Gestaltungsvariablen	153
7.2.2 Qualität der Folgerungen aus den Bewertungen und Äusserungen	154
7.2.3 Qualität und Wert der Thesen	154
7.2.4 Einbindung in die kartografische Theorie	155
7.3 Ausblick	155
Referenzen	157
Lebenslauf	167
Anhang	
Anhang A.1 3D-Kartenbeispiele	A.1-1 – A.1-15
Anhang A.2 Expertinnen und Experten	A.2
Anhang A.3 Einführung in die Expertenbefragung	A.3-1 – A.3-2
Anhang A.4 Fragenblöcke zur Expertenbefragung	A.4-1 – A.4-7
Anhang A.5 Bewertungsformular zur Expertenbefragung	A.5
Anhang A.6 Qualitative Aussagen zu allgemeinen Aspekten von 3D-Karten	A.6-1 – A.6-10

Für die erarbeiteten 3D-Kartenbeispiele und weitere Darstellungen wurden Ausschnitte aus den Geodatenätzen *DHM25*, *VECTOR200*, *VECTOR25*, *GG25*, *PK200* und *PK25* der © 2003 *SWISSTOPO* (Bundesamt für Landestopografie), Wabern, verwendet (BA035796).

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abb. 1.1:	Perspektivische Darstellung eines Satellitenbildes	7
Abb. 1.2:	Landschaftsvisualisierung mit Überbauungsszenario	8
Abb. 1.3:	3D-Visualisierung in der Computergrafik	9
Abb. 2.1:	Information und Daten im Kontext eines Übertragungsprozesses	12
Abb. 2.2:	Reliefkarte «Rocky Mountains National Park»	16
Abb. 2.3:	Beispiel einer Infografik	17
Abb. 2.4:	Das kartografische Kommunikationsnetz	19
Abb. 2.5:	Beispiele linearer grafischer Gefüge	23
Abb. 2.6:	Die sechs visuellen Variablen nach BERTIN	24
Abb. 2.7:	Kartografische Darstellungsprinzipien nach ARNBERGER	25
Abb. 2.8:	Analog hergestellte kartenverwandte Darstellungen grosser Meister	28
Abb. 2.9:	Ausschnitt einer Topografischen 3D-Karte vom Raum Türlerseer	30
Abb. 2.10:	Bildschirmausschnitt «Atlas der Schweiz – Interaktiv, Version 2»	31
Abb. 2.11:	Bildschirmausschnitt einer 3D-Karte der Region Berchtesgaden	31
Abb. 2.12:	Topografisch-thematische 3D-Gletscherkarte	32
Abb. 2.13:	Statistische Oberfläche zur Einwohnerdichte in Deutschland	32
Abb. 2.14:	3D-Karten in Internetapplikationen	32
Abb. 2.15:	3D-Karte mit rasterorientierter Texturierung	33
Abb. 2.16:	Nutzung von 3D-Karten im Vergleich zu orthogonalen Karten	34
Abb. 2.17:	3D-Karte im Medieneinsatz	34
Abb. 2.18:	Möglichkeiten räumlicher Überlappung und Verdeckung von Objekten	43
Abb. 2.19:	Räumliche Schattenbildung	43
Abb. 2.20:	Texturgradient und der Einfluss der strukturellen Bestandteile	44
Abb. 2.21:	Physiologische Depth Cues	44
Abb. 2.22:	Gestaltkonstanz trotz unterschiedlicher Überlappung und Verdeckung	45
Abb. 2.23:	Grössenkonstanz trotz zunehmender Entfernung	46
Abb. 2.24:	Bewegungsparallaxe als physiologische Depth Cue	46
Abb. 3.1:	Gestaltungsprozess einer Topografischen 3D-Karte	52
Abb. 3.2:	Ausschnittsgestalt des Geländeobjekts	58
Abb. 3.3:	Datenstruktur von Geländeobjekten	59
Abb. 3.4:	Skalierung der Höhenproportionen von Geländeobjekten	60
Abb. 3.5:	Ansatz des «Level-of-Detail» (LoD)	64
Abb. 3.6:	Symbolformen für punkthafte topografische Kartenobjekte	65
Abb. 3.7:	Grössenverhältnisse bei unterschiedlicher Raumposition	66
Abb. 3.8:	Oberflächenunterteilung bei TIN-Strukturen	68
Abb. 3.9:	Oberflächenrauigkeit eines Geländeobjekts	68
Abb. 3.10:	Transparenz von Objektflächen	69
Abb. 3.11:	Materialeigenschaften von Objekten	69
Abb. 3.12:	Oberflächenmuster bei Objekten	70

Abb. 3.13:	Beschriftungstechniken im Kartenbild	75
Abb. 3.14:	Senkrechte Axonometrien – Schiefe Axonometrien	81
Abb. 3.15:	Zentralperspektive	82
Abb. 3.16:	Progressive Zentralperspektive	83
Abb. 3.17:	Zylinderprojektion mit lotrechter Achse	83
Abb. 3.18:	Position und verschiedene Gestaltungsvariablen der Kamera	84
Abb. 3.19:	Lichtintensität	88
Abb. 3.20:	Schattierungsmodelle	89
Abb. 3.21:	Schlagschattenintensität	90
Abb. 3.22:	Himmelsstruktur	91
Abb. 3.23:	Intensität des Dunstes	92
Abb. 3.24:	Reflexionen	92
Abb. 3.25:	Segmentierung eines Bildschirmlayouts	94
Abb. 4.1:	Beziehungsfeld « <i>Abstraktion/Dimension</i> »	99
Abb. 4.2:	Modellregion «Greifensee»	102
Abb. 4.3:	Verwendeter Ausschnitt des digitalen Landschaftsmodells VECTOR200	103
Abb. 4.4:	Orientierende Kartenobjekte im 3D-Landschaftsmodell	104
Abb. 4.5:	Abstraktionsstufen im 3D-Landschaftsmodell	107
Abb. 4.6:	Dimensionsstufen im 3D-Landschaftsmodell	108
Abb. 4.7:	Kartenschrift CISALPIN	109
Abb. 4.8:	Präsentation der Kartenserien zur Bewertung und Kommentierung	110
Abb. 4.9:	Säulendiagramme zur Anzahl Bewertungsprädikate	114
Abb. 4.10:	Ordinationsdiagramm zur Ähnlichkeit von Abstraktionsstufen und Dimensionsstufen	115
Abb. 5.1:	Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen <i>Betrachtungswinkel</i>	117
Abb. 5.2:	Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen <i>Betrachtungsdistanz</i>	118
Abb. 5.3:	Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen <i>Beleuchtungsrichtung</i>	118
Abb. 5.4:	Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen <i>Himmelsstruktur</i>	119
Abb. 5.5:	Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen <i>Dunst</i>	119
Abb. 5.6:	Ordinationsdiagramm zur Bewertungen des Beziehungsfeldes « <i>Abstraktion/Dimension</i> »	120
Abb. 6.1:	Gestaltungsvariable <i>Betrachtungswinkel</i> (Kombination A3D2)	132
Abb. 6.2:	Gestaltungsvariable <i>Betrachtungsdistanz</i> (Kombination A1D3)	133
Abb. 6.3:	Gestaltungsvariable <i>Beleuchtungsrichtung</i> (Kombination A3D3)	134
Abb. 6.4:	Gestaltungsvariable <i>Himmelsstruktur</i> (Kombination A2D2)	135
Abb. 6.5:	Gestaltungsvariable <i>Dunst</i> (Kombination A3D2)	136
Abb. 6.6:	Potenzielle Gestaltung vom Geländeobjekt und flächenhaften Kartenobjekten	137
Abb. 6.7:	Potenzielle Gestaltung von linienhaften Kartenobjekten	138
Abb. 6.8:	Potenzielle Gestaltung von punkthaften Kartenobjekten	140
Abb. 6.9:	Freistellung der Kartenschrift in 3D-Karten	140

Tabellen

Tab. 2.1:	Merkmale ebener kartenverwandter Darstellungen	17
Tab. 2.2:	Anwendungsbereiche von Topografischen 3D-Karten	41
Tab. 2.3:	Auflösungsvermögen des menschlichen Auges	47
Tab. 3.1:	Gestaltungsaspekte und Variablen der Modellierung	54
Tab. 3.2:	Gestaltungsaspekte und Variablen der Symbolisierung	55
Tab. 3.3:	Gestaltungsaspekte und Variablen der Visualisierung	56

1. Einführung

1.1 Problemstellung

1.1.1 Ausgangssituation

Mit der Verfügbarkeit von digitalen Höhenmodellen, leistungsfähiger Computerhardware sowie effizienter Modellierungs- und Visualisierungssoftware bestehen seit einigen Jahren günstige Voraussetzungen, topografische und thematische digitale Geoinformationen zu perspektivischen Ansichten – sogenannten «3D-Visualisierungen» – zu verarbeiten. Umfangreiche Geodatenbestände werden in den verschiedensten Fachdisziplinen erfasst, verwaltet und gepflegt, namentlich in Geoinformationssystemen (GIS) (JONES 1997).

Digitale Höhenmodelle (DHM)¹ sind dank der gesteigerten Nachfrage sowie des rasanten technologischen Fortschrittes bei der Erfassung und Verarbeitung v.a. mittels Methoden der Fernerkundung (Remote Sensing) oder bodengestützten Vermessungsverfahren für fast jedermann zugänglich geworden. Es gibt kaum ein Gebiet auf der Erde, welches nicht schon durch solche Modelle der Erdoberfläche beschrieben worden ist. Die Auflösung dieser Oberflächenbeschreibungen erreicht je nach Aufnahmeverfahren und Anwendungszweck heutzutage sogar weniger als einen Meter. Die Tendenz zeigt in Richtung noch feiner modellierter Netze.

Viele technische Lösungsansätze zur Modellierung und Visualisierung von Höhendaten und thematischen Geodaten zu perspektivischen 3D-Visualisierungen sind schon erarbeitet worden. Sie sind seit einigen Jahren auch Gegenstand von Forschungsanstrengungen in der Kartografie (z.B. ZANINI 1998; HUBER/SIEBER 2001; TERRIBILINI 2001; DÖLLNER/KERSTING 2001). Gleichzeitig werden sie zusehends auch für kommerzielle kartografische Produkte generiert und im breiten Stil genutzt (z.B. ATLAS DER SCHWEIZ 2000; BAYERN 2000; TOPOUSA 2000). Zudem wird im gesamten Bereich der Geomatik – speziell auch in der Kartografie – weiterhin an der Integration und Darstellung von räumlich verorteten thematischen Sachdaten zu solchen 3D-Visualisierungen geforscht. Diese zusätzlichen Daten können wiederum in Rasterform (eingescannte Karten, Satellitenbilder, Orthofotos) wie auch als Vektordaten (v.a. GIS-Daten) vorliegen. Für kartografische Produkte können dabei topografische sowie weitere thematische Informationen zu ganzen virtuellen Landschaften kombiniert werden.

1.1.2 Problembereiche und Defizite

Grundsätzlich umfassen perspektivische Darstellungen aber nicht nur einen computertechnischen Lösungsweg, sondern sie beinhalten ebenso gestalterische und ästhetische Aspekte. Jede Darstellung, die auf einem Abbildungsmedium repräsentiert wird, dient dem Nutzer für eine Reihe spezifischer Nutzungszwecke. Ihm erschliesst sich somit in erster Linie die äussere Erscheinung des Inhaltes eines Kartenmodells.

Bei diesen Überlegungen geht es nicht nur um virtuelle Landschaften, von denen möglichst realitätsnahe Abbildungen erzeugt werden (Fotorealismus). Vielmehr wird dabei –

¹ Digitale Höhenmodelle (Digitale Geländemodelle DGM, Digital Elevation Models DEM, Digitale Oberflächenmodelle DOM) sind numerische Beschreibungen von Geländeoberflächen. Sie werden durch die Raumkoordinaten einzelner Geländepunkte beschrieben (BÄR 1995).

und dies immer häufiger – von der Präsentation von Kartenmodellen mit abstraktem Inhalt sowie mit realitätsnaher Symbolisierung ausgegangen (Map realism; PATTERSON 2003).

Grundsätzlich sollte sich die Kartografie neben den technischen Modellierungskonzepten auch wieder vermehrt der grafischen Gestaltung von kartografischen Produkten zuwenden. Denn es gilt, mit den modernen Informatikwerkzeugen – heute wie auch in der Zukunft – qualitativ hochstehende Kartenprodukte zu generieren. Zusätzlich sollten die heute verfügbaren Geoinformationen noch stärker nutzeradäquat zur Wissensvermittlung und zur Entscheidungsfindung eingesetzt werden.

Doch leider können in der heutigen Situation zur Generierung und Gestaltung perspektivischer Darstellungen mit kartografischem Inhalt einige Bereiche noch nicht befriedigen:

- **Mangelhafte Gestaltung von perspektivischen Darstellungen**

Häufig mangelt es an Erkenntnissen über die veränderbaren Gestaltungsgrößen und deren Wirkungsweise. Es ist noch wenig bis gar nichts bekannt über deren Variationen und Einsatzmöglichkeiten und wie sie die Erscheinung einer perspektivischen Darstellung beeinflussen. Diese Gestaltungsvielfalt ist bisher noch nirgends systematisch untersucht worden. Zudem wird bei der Gestaltung der topografischen Information eine eindeutig interpretierbare Symbolisierung in den verschiedenen Massstabs- resp. Vergrößerungsstufen (Zoomstufen) vermisst. Grundsätzlich fehlt es heutigen perspektivischen Darstellungen meist an einem klaren Konzept zu ihrer grafischen Gestaltung für unterschiedliche Anwendungszwecke. Die Darstellungen werden häufig als Einzelprodukte konzipiert und ausgeführt.

- **Fehlender Einbezug der Kartennutzer und deren Nutzungssituationen**

Wir wissen sehr wenig bis gar nichts über die Informationsbedürfnisse einzelner Nutzergruppen und deren Nutzungssituationen. Doch diese Bedürfnisse gelten als Grundlage sowohl für die thematisch-inhaltliche als auch die technische Ausrichtung eines neu zu konzipierenden Kartenproduktes. Häufig ist es der Kartennutzer, der sich mit den fertigen Produkten auseinandersetzen hat. Der vielschichtigen Varietät der Nutzerbedürfnisse wird wenig Beachtung geschenkt. Grafische Produkte und deren Nutzersteuerung werden oft nur aus der Sichtweise des Kartenautors gestaltet und begründet. Die Umsetzung von Nutzerwünschen wird bei Kartenprojekten zwar häufig angeht. Allerdings werden diese nur selten gründlich evaluiert und miteinbezogen. Ebenso wenig wie die Wirkung der Grafik von perspektivischen Darstellungen auf den Nutzer wurde bisher auch der konkrete Umgang des Nutzers mit solchen perspektivischen Ansichten untersucht. Frühere Arbeiten zu diesem Thema beschränken sich ausschliesslich auf klassische (2D-)Karten (BRODERSEN 1986; HEIDMANN 1999). Die Evaluierung der Anforderungen an perspektivische Darstellungen wird häufig vernachlässigt. Aus den Nutzerbedürfnissen leiten sich auch Anforderungen an die grafische Umsetzung und den thematischen Inhalt der Darstellung ab. Doch der eigentliche Darstellungszweck und der Nutzen werden kaum je explizit erwähnt. Es müssten somit auch die Ansprüche an die Erscheinung und die kartografische Symbolisierung des Inhaltes, später auch die Ansprüche an das Layout und an die Nutzerführung des Kartenproduktes spezifiziert werden.

- **Fehlende theoretische Grundsatzüberlegungen und anwendungsorientierte Gestaltungsgrundsätze**

Derzeit existieren in der kartografischen Theorie noch keine anerkannten kartografischen Gestaltungsgrundsätze, nach welchen Gesichtspunkten perspektivische Darstellungen erzeugt werden sollen. Solche Grundsätze, wie wir sie von den zweidimensio-

nalen Karten her kennen, fehlen in den aktuellen Lehrbüchern gänzlich (HAKE ET AL. 2002; MACEACHREN 1995). Dafür sind diese digital erstellten Darstellungsarten noch zu neuartig. Heutige Darstellungen sind häufig geprägt durch das gestalterische Flair des jeweiligen Kartenautors. Prinzipien zur Gestaltung von Darstellungsinhalten (Symbole, Legenden) und Nutzersteuerung werden erst ansatzweise diskutiert (BUZIEK 2003). Die kartografischen Objekte werden bezüglich thematischer und funktioneller Ausprägung bisweilen wenig aufeinander abgestimmt. Dies ist nicht alleine wegen der Verarbeitung von ungeeigneten Daten (v.a. Rasterdaten) der Fall. Oft werden auch die Besonderheiten der einzelnen Darstellungsformen zu wenig beachtet (z.B. Informationsdichte, Zoomstufe, Level-of-Detail bei statischen Ansichten oder dynamischen Überflügen). Die Symbolisierung der Kartenobjekte erfolgt häufig zufällig und ist selten systematisch auf den Kartenzweck und die angesprochenen Nutzergruppen abgestimmt. Es fehlt vielen Darstellungen an Differenziertheit und kartografischer Finesse, sei es bei der Formgestaltung von Symbolen, der Farbenwahl oder der Beschriftung.

Alle diese Problembereiche bezüglich perspektivischer Darstellungen mit kartografischem Inhalt rufen nach Verbesserung und systematischer Aufarbeitung. Auch BUZIEK (2000/2: 64) fordert, dass «... deshalb dringend kartographisch motivierte Untersuchungen von modernen raumbezogenen Informationsformen notwendig ...» seien, und zwar solche, die Prinzipien, Methoden und Funktionen für eine gute Kartengestaltung und -herstellung bereitstellen.

1.2 Zielsetzung

Da für den Bereich «Gestaltung» bei perspektivischen Darstellungen fundierte Kenntnisse fehlen – Kenntnisse, die aber zur systematischen Konzipierung und Gestaltung notwendig sind –, nehmen wir uns in der vorliegenden Arbeit einigen der erwähnten Wissenslücken an. Bei der vorliegenden Arbeit werden zwei Hauptziele verfolgt:

- (1) Erstes Hauptziel ist eine systematische Zusammenstellung aller Gestaltungsmöglichkeiten bei perspektivischen Darstellungen. Sowohl beim zugrundeliegenden 3D-Kartenmodell als auch bei den darin enthaltenen Kartenobjekten können eine Vielzahl von Gestaltungsvariablen bestimmt werden, welche die äussere Erscheinung steuern. Diese Variablen gilt es zu typisieren und zu charakterisieren. Die Übersicht der Gestaltungsvariablen erlaubt es später auch, Änderungen von Objekteigenschaften bewusst anzugehen und die Wirkungsweise zu verstehen, sodass die gezielte und nutzungsorientierte Informationsübertragung verbessert wird.
- (2) Zweites Hauptziel der Arbeit wird es sein, verschiedene Thesen zu kartografischen Gestaltungsgrundsätzen zu formulieren. Sie betreffen die Konzeption und Generierung von perspektivischen Darstellungen mit topografischem Karteninhalt (im weiteren als «Topografische 3D-Karten» bezeichnet). Diese Thesen sollen anschliessend zur Diskussion gestellt werden, um so die Theorie zu erweitern. Die Gestaltungsgrundsätze beziehen sich speziell auf die sinnvolle Festlegung von veränderbaren Gestaltungsgrössen beim 3D-Kartenmodell, bei dessen Symbolisierung sowie Visualisierung auf einem zweidimensionalen Präsentationsmedium. Die Gestaltungsgrundsätze sollen letztlich einer nutzergerechten Kartensymbolisierung und -visualisierung dienen. Die Gestaltungsgrundsätze sind somit eine Entscheidungshilfe zur effizienten und zielgerichteten Planung und Herstellung neuer Kartenprodukte (Abs. 2.4).

Die Gestaltungsgrundsätze sollen einfach umzusetzen sein, sowohl bei der Konzeption als auch zur technischen Erstellung von Topografischen 3D-Karten, ungeachtet der Ausgangsdaten oder der computermässigen Modellierung und Visualisierung (Hardware, Software). Die Formulierungen sollen auch stets die kartografischen Grundsätze für klassische topografische Karten berücksichtigen.

1.3 Methodik und Vorgehen

Um die gesteckten Ziele dieser Arbeit zu erreichen, werden sowohl bisherige Informationsquellen ausgewertet als auch eine qualitative Befragung durchgeführt (Kap. 4).

Zum Ziel «Systematische Zusammenstellung aller Gestaltungsmöglichkeiten» (1)

Bei der Zusammenstellung der Gestaltungsvariablen zu perspektivischen Darstellungen kann von den «visuellen Variablen»² von BERTIN (1974) für grafische Darstellungen und Karten ausgegangen werden. Auch von Prinzipien zur Gestaltung von Kartenobjekten in grundrisslichen Karten lassen sich Schlüsse für perspektivische Darstellungen ziehen. Zudem erschliessen sich dem Betrachter viele Erkenntnisse aus den bisher zahlreich veröffentlichten Kartenprodukten.

Bei der Anwendung verfügbarer Modellierungs- oder Rendering-Software zur Erstellung von perspektivischen Darstellungen mit kartografischem Inhalt werden dem Kartenautor je nach Funktionalität die einzelnen Einstellungen der Parameter abverlangt. Dies fördert einerseits die Erkenntnisse des Zusammenspiels verschiedener Gestaltungsaspekte miteinander. Andererseits lässt sich deren Gewichtung für verschiedene Abbildungszwecke abschätzen. Nicht zuletzt führen persönliche Gespräche mit Kartenautoren sowie Softwareentwicklern zu wichtigen Details bei der Generierung und somit den einzelnen Gestaltungsvariablen und deren Variationen dieses fokussierten Darstellungstyps. Aus den Erkenntnissen des Quellenstudiums ergibt sich eine Übersicht über die Gestaltungsvariablen für perspektivische Darstellungen. Diese könnte einerseits in die Theorie zur Kartografie einfließen, andererseits kann sie auch in der Zukunft erweitert oder verfeinert werden.

Zum Ziel «Thesen zu Gestaltungsgrundsätzen für Topografische 3D-Karten» (2)

Um Thesen zu Gestaltungsgrundsätzen für Topografische 3D-Karten aufstellen zu können, sind Erkenntnisse über deren konkrete Anwendbarkeit notwendig. Da in der bisherigen Theorie zur praktischen kartografischen Gestaltung kaum Aussagen zu finden sind und es auch an empirischen Nutzungsstudien darüber mangelt, können erste fundamentale Erkenntnisse mit vernünftigem Aufwand durch Gespräche mit Fachleuten gewonnen werden. Mit einer ziemlich homogenen Personengruppe von Expertinnen und Experten aus dem Bereich der Geomatik und mit konkreten Darstellungsbeispielen werden wir solche Gespräche durchführen.

Vorab müssen die zu untersuchenden Variablen, auf welche sich die Thesen letztlich beziehen, ausgewählt werden. So werden hier – aufgrund ihres grossen Einflusses auf die Darstellungen – fünf voneinander unabhängige Variablen aus den Bereichen «Modellbe-trachtung», «Beleuchtung und Schattierung» und «atmosphärische Effekte und Naturphä-

² Die visuellen Variablen werden oft auch «gestalterische Variablen» oder «Gestaltungsvariablen» genannt. Für die vorliegende Arbeit wollen wir konsequent den geläufigen letztgenannten Begriff «Gestaltungsvariablen» verwenden.

nomene» umgesetzt (Kap. 3). Die Gestaltung der einzelnen Karten wird innerhalb eines definierten Beziehungsfeldes «*Abstraktion/Dimension*» vorgenommen (Abs. 4.2).

Die Befragung selbst ist als Expertengespräch mit teilnehmender Beobachtung durch den Interviewer konzipiert worden. Dabei geht es primär um die quantitative Bewertung von 3D-Kartenbeispiele, die in Serien angeordnet bestimmte Variationen von Gestaltungsvariablen ausdrücken (Kap. 4).

Zeitgleich werden die geäußerten Kommentare zu den Beispielen protokolliert und später in die Formulierung der Thesen miteinbezogen. Weiter wird von den Experten ein Fragebogen zu allgemeinen Aspekten von perspektivischen Darstellungen beantwortet (Anhang A.4). Damit sollen das allgemeine Umfeld und Tendenzen bezüglich technologischer Entwicklung zur Erstellung, wirtschaftlicher Erfolgchancen und allgemeinen Erwartungen seitens potenzieller Nutzergruppen ausgelotet werden (Abs. 6.4).

Die Auswertung der Resultate kann aufgrund des Befragungskonzeptes nicht quantitativ-statistisch erfolgen. Dies wäre wegen der Anzahl von nur 27 Expertengesprächen sowie den protokollierten persönlichen Kommentaren zu klassierten Aussagen statistisch nicht zulässig. Stattdessen lässt der Vergleich der Punkteverteilung mit den klassierten Aussagen Rückschlüsse über allgemeine Zusammenhänge zu. Diese gilt es zu interpretieren und als Thesen zu formulieren. Die Thesen sollen der kartografischen Fachwelt als Diskussionsbasis dienen. Sie müssen in vertiefenderen Forschungsarbeiten aber noch verifiziert werden, damit sie als allgemeingültige kartografische Grundsätze gelten dürfen (Abs. 6.3).

Grundsätzlich bedienen wir uns in dieser Arbeit des standardisierten Experteninterviews. Die Erkenntnisse entstammen aus der logischen, wenn auch zugegeben z.T. subjektiven Interpretation sowie dem Heranziehen von weiteren Quellen.

1.4 Positionierung der Arbeit

1.4.1 Einordnung innerhalb der kartografischen Forschung

Eine kartografische Forschungsarbeit berührt viele Aspekte der Kartografie, die einen stärker, die anderen weniger. Eine Einordnung innerhalb der kartografischen Forschung ermöglicht auch eine bessere Beurteilung der Relevanz der Ergebnisse. Die Berührungspunkte der vorliegenden Arbeit sollen im Folgenden kurz umrissen werden.

Typologie kartografischer Darstellungen

Unterscheidet man in der Typologie kartografischer Darstellungen zwischen den beiden klassischen Hauptgruppen «Karten» und «kartenverwandten Darstellungen» (IMHOF 1963; HAKE ET AL. 2002), so beschäftigt sich die Arbeit ausschliesslich mit der zweitgenannten. Obwohl kartenverwandte Darstellungen – darunter zählen auch alle nicht-grundrisslichen und nicht-massstäblichen Abbildungen georeferenzierter Geodatenmodelle – dank moderner Visualisierungstechnologien zahlenmässig mindestens ebenso oft publiziert werden, fristen sie in der kartografischen Forschung dennoch ein Nischendasein. Jüngere Anstrengungen lassen jedoch einen Trend zur vermehrten Fokussierung auf diesen Darstellungsgruppe erkennen. Gleichzeitig wollen wir mit dieser Arbeit noch weiter gehen und auch terminologisch neue Akzente setzen, indem wir den Begriff «3D-Karte» in der kartografischen Theorie zu etablieren versuchen (Kap. 2).

Topografische Kartografie

Eine der Hauptsparten innerhalb der Kartografie stellt die Topografische Kartografie dar, als Gegenpol zur thematischen Kartografie (HAKE ET AL. 2002). Wie der Begriff «Topografie» bereits aussagt, wird darunter in erster Linie die Beschreibung einer Geländeoberfläche verstanden. Ihre vielfältige kartografische Repräsentation umfasst dabei Höhenkurven, Höhenkoten, Geländeschummerung und hypsometrische Einfärbungen. Zusätzlich wird zum Karteninhalt einer topografischen Karte gemeinhin auch die Situation gezählt. Darunter fallen alle natürlichen Gegebenheiten der Erdoberfläche wie Bodenbedeckung und Gewässernetz sowie anthropogene Objekte (Siedlungsstrukturen, Verkehrsnetze, weitere Infrastrukturobjekte, Administrativgrenzen). Üblicherweise ergänzen zusätzliche Orientierungsobjekte wie Koordinatennetze mit entsprechenden numerischen Angaben oder Werkzeuge zur Richtungs- und Distanzermittlung den Inhalt einer topografischen Karte. Die Arbeit wird sich ausschliesslich mit dem genannten Karteninhalt von topografischen Karten auseinandersetzen (Abs. 4.3). Durch Berücksichtigung dieses Forschungsaspektes soll der Begriff «3D-Karte» den Zusatz «topografisch» erhalten (Abs. 2.4).

Kartengrafik und Kartengestaltung

Engste Berührungspunkte dürfte die Arbeit mit dem umfassenden Gebiet der Kartengrafik und Kartengestaltung haben. Schon seit Ende des vorletzten Jahrhunderts, als die Kartografie zur Fachdisziplin emporgehoben wurde, wird diesen Aspekten höchste Priorität beigemessen. Denn es gilt in der Kartografie allgemein, das darzustellende Thema mittels Generalisierungsschritten und grafischen Gestaltungsmitteln nach logischen oder assoziativen Gesichtspunkten nutzergerecht und möglichst unverzerrt als visuelle (neuerdings auch taktile oder akustische) Darstellung zu vermitteln (IMHOF 1965; SPIESS 1996/2; BUZIEK 2003). Und gerade die zu erarbeitenden neuen Gestaltungsgrundsätze sollen den komplexen Gestaltungsprozess erleichtern helfen.

Kognition und Semiotik

Bei der Durchführung von Expertengesprächen mit gleichzeitiger Bewertung von Kartenbeispielen werden viele Fragen der Kognition (Wahrnehmung und Erkennung) angesprochen. Nicht nur der ästhetische Gesamteindruck einer Darstellung muss beurteilt werden. Auch der formalen und grafischen Umsetzung und dem Bedeutungsgehalt der Kartenobjekte muss genügend Beachtung geschenkt werden. So erlangen hier auch semiotische Aspekte (Syntaktik, Semantik, Pragmatik) grosse Bedeutung, namentlich bei der Legendenbildung mit der entsprechenden Symbolisierung (Abs. 4.3). In dieser Arbeit stehen somit nicht das räumliche Erkennen der Form und Lage einzelner Kartenobjekte und Objektgruppen im Vordergrund (SIEBER 1996). Bei der Expertenbefragung soll vielmehr der Gesamtkontext des Karteninhaltes beurteilt werden.

Thematische und massstabsgerechte Generalisierung in perspektivischen Darstellungen

Die Generalisierung bleibt bei jeglicher kartografischer Gestaltung ein immanenter Prozess. Vor allem in der Datenmodellierung und Symbolisierung werden sowohl bei der thematischen wie auch geometrischen Generalisierung der Geodaten je nach Zweck- und Nutzerorientierung alle Teilschritte unterschiedlich intensiv durchgeführt (HAKE ET AL. 2002). In den letzten Jahrzehnten ist in der kartografischen Forschung neben dem GIS-Bereich mit der Geodatenerfassung und -analyse kaum ein anderes Thema so intensiv diskutiert und bearbeitet worden wie die Generalisierung, nicht zuletzt wegen des zunehmenden Gebrauchs computergestützter Methoden.

1.4.2 Einordnung und Abgrenzung gegenüber anderen Disziplinen der Geomatik und der Visualisierung

Da die vorliegende Arbeit innerhalb des breiten Umfeldes kartografischer Forschung anzusiedeln ist, soll nachfolgend auch eine kurze Abgrenzung gegenüber anderen Disziplinen der Geomatik und der Visualisierung erfolgen.

Geoinformationssysteme (GIS)

Durch die Verbreitung von Geoinformationssystemen (GIS) für die unterschiedlichsten Anwendungszwecke hat die angewandte Raumforschung enorm an Potenzial zur Verwaltung und Analyse von georeferenzierten Daten gewonnen. Wohl kaum ein Bereich in der Geomatik hat sich derart rasant entwickelt. Der Trend geht weiter in Richtung 3D-GIS und Multimedia-GIS (BILL 1999/2; LEXIKON GEOINFORMATIK 2001). Darin können auch Höheninformationen zu allen Objekten erfasst und in den Analysen einbezogen werden (CAROSIO 1999). Die Kartografie hat ebenfalls von dieser Entwicklung im GIS-Bereich profitiert. Die vorliegende Arbeit berücksichtigt den GIS-Gedanken insofern, dass wir uns zum Ziel setzen, für die Darstellungsbeispiele nur GIS-gestützte Vektordaten zu verwenden. Denn auch in Zukunft werden flächendeckende Datensätze von topografischen und thematischen Sachverhalten mittels GIS-Technologie verwaltet.

Fernerkundung

Ähnlich wie der gesamte GIS-Bereich wird auch die Disziplin der Fernerkundung (Remote Sensing)³ nur am Rande gestreift. Mittels höchstentwickelter Satelliten- und Kamertechnologie können heutzutage grosse Mengen an analogen oder digitalen Bilddaten von unterschiedlichsten Plattformen aus registriert werden.



Abb. 1.1: *Perspektivische Darstellung eines Satellitenbildes in Kombination mit einem digitalen Höhenmodell. Das Bild zeigt die Region Zürich, mit Blick gegen Süden (Quelle: RSL 2003).*

³ Die Disziplin der Fernerkundung (Remote Sensing) umfasst alle Möglichkeiten des indirekten berührungsfreien Beobachtens, Registrierens und Messens von Objekten, Strukturen und Prozessen auf der Erdoberfläche oder in der Atmosphäre (LEXIKON GEOMATIK 2001).

Die Bodenauflösung der neuesten Satellitengeneration erreicht mit optischen Sensoren bereits um einen Meter (JANSSEN/HUURNEMAN 2001; BLASCHKE ET AL. 2002). Durch anschließende thematische Interpretation und gleichzeitige Georeferenzierung der – zu meist digitalen und rasterorientierten – Bilder lassen sich neue Datenquellen erschliessen. Satelliten und Luftbilder lassen sich später in Vektor- wie auch in Raster-GIS bequem einbinden und mitverwalten. Für das vorliegende Projekt wäre lediglich die Möglichkeit gegeben, rasterbasierte Geodaten mit dem DHM zu verknüpfen und sie anschliessend mit weiteren (v.a. vektororientierten) Daten in perspektivischen Darstellungen zu visualisieren (Abb. 1.1). Diese Methode wird aber für die 3D-Kartenbeispiele nicht herangezogen.

Landschaftsvisualisierung

Die Landschaftsvisualisierung dient namentlich der Raum- und Landschaftsplanung sowie der Architektur, um diskutierte Planungszustände oder geplante Bauwerke in ihrer zukünftigen Umgebung möglichst realistisch abzubilden (Abb. 1.2).



Abb. 1.2: Landschaftsvisualisierung mit Überbauungsszenario. Dargestellt ist die Region Brunnen mit den Mythen (Schweiz) (Quelle: LANGE 1999).

Wurden früher meist Fotografien durch Retouchier- und Collagetechniken manipuliert (Fotomontagen), so bieten sich heute mit modernen Computermitteln hervorragende Möglichkeiten zur Generierung von virtuellen Welten (BÄCHTOLD 1997; WÜTHRICH 1997; BUHMANN/ERVIN 2003). Kombiniert man Geländemodelle mit Orthofotos oder Satellitenbildern und ergänzt diese mit den geplanten Bauobjekten oder überlagernden Landschaftstexturen, so erhält man beinahe fotorealistische Ansichten (LANGE 1999). Die Arbeit hier soll nicht die Ziele und Darstellungsmethoden der Landschaftsvisualisierung mit ihrem Fotorealismus verfolgen. Obwohl bei der Symbolisierung durchaus naturnahe Kartenobjekte zu Testzwecken vorzusehen sind, möchten wir bei der Generierung der 3D-Kartenbeispiele bewusst den kartografisch-abstrakten Bereich herausstreichen.

Computergrafik und Scientific Visualisation

Die Computergrafik als sehr breit gefächerte Disziplin innerhalb der grafischen Datenverarbeitung beschäftigt sich mit vektor- und rasterorientierten Bilddaten (LEXIKON KARTOGRAFIE/GEOMATIK 2001/1). Zu den bekanntesten Darstellungsformen gehören neben 3D-Visualisierungen (Abb. 1.3) sicherlich bildhafte Infografiken⁴ sowie Abbildungen aus dem Bereich der «Scientific Visualisation»⁵. Diese Darstellungen müssen nicht zwingend räumlich verortet sein. Die meisten Bereiche der Medien, der Werbung und die Welt der Wissenschaften bedienen sich der Computergrafik. Demzufolge gehört auch die moderne digitale Kartografie zu den Nutzniessern dieser Darstellungsformen (KRAAK 2000 und 2001). Trotzdem wollen wir die vorliegende Arbeit nicht explizit in diesen Visualisierungsdisziplinen, sondern direkt in der kartografischen Wissenschaft einordnen.



Abb. 1.3: 3D-Visualisierung in der Computergrafik (Quelle: MACH 2000).

1.5 Relevanz und potenzieller Wert der Arbeit

Durch die Formulierung von Thesen zu Gestaltungsgrundsätzen sollen Autoren von perspektivischen Darstellungen konkrete Handlungsempfehlungen zur Konzeption und Ausgestaltung erhalten. Denn schon von Beginn weg müssen das Design der Gesamtkomposition und die äussere Erscheinung der einzelnen Kartenobjekte themengerichtet und nutzeradäquat entworfen werden.

⁴ Unter «Infografik» (Kurzform für «Informationsgrafik») versteht man eine plakative «*Visualisierung abstrakter Vorgänge (Zusammenhänge), die in der Regel nicht verständlich sind, wenn man nur ein Abbild des Gegenstands betrachtet*» (JANSEN/SCHARFE 1999: 10). Infografiken schliessen die Lücke zwischen dem Foto, das die Realität lebensecht abbildet, und dem Text, der sie beschreibt.

⁵ «Scientific Visualisation» beschäftigt sich grundsätzlich mit der Visualisierung wissenschaftlicher Daten). Der Betrachter soll mittels grafischen Darstellungsmitteln die wissenschaftlichen Sachzusammenhänge in Form von Diagrammen, statischen Abbildungen, Animationen oder interaktiven 3D-Objekten auf Papier oder am Bildschirm anschaulich dargestellt bekommen und so besser begreifen. Die Darstellungsvielfalt ist fast grenzenlos. So gehören im weitesten Sinne auch perspektivische Darstellungen mit kartografischem Inhalt in diese Visualisierungsdisziplin, sofern die darzustellenden Geoinformationen ebenso wissenschaftlichen Ursprungs sind.

Gleichzeitig ist es unser Bestreben, die Theorie in der kartografischen Wissenschaft weiterzubringen. Zu den bekannten Gestaltungsgrundsätzen für grundrissliche Darstellungen sollen solche zu perspektivischen Formen der kartografischen Darstellung hinzukommen (Abs. 2.3).

Die Vorschläge zu neuen Gestaltungsgrundsätzen werden nicht bis ins letzte Detail ausformuliert werden können. Dies ist aufgrund der bisher kaum vorhandenen theoretischen Ansätze und der gewählten Methoden nicht möglich. Stattdessen bietet diese Arbeit eine Grundlage für weitergehende, vertiefende Studien zur Verifizierung der formulierten Thesen. Aufgrund der erarbeiteten Erkenntnisse werden sich zukünftige Forschungsarbeiten hoffentlich thematisch eingehender mit einzelnen Kartenobjekten oder spezifischen Darstellungsaspekten beschäftigen.

Durch die gewonnenen Erkenntnisse könnte nicht zuletzt die 3D-Software, die zur Generierung und Manipulation von perspektivischen Darstellungen benötigt wird, weiter entwickelt werden. Es sollen Hinweise gegeben werden, wo Verbesserungspotenziale von Funktionen und Eingabebeschränkungen zur Modellierung von Kartenmodellen und zur Gestaltung von Kartenobjekten bestehen.

1.6 Struktur der Arbeit

Im Anschluss an diese Einführung wird in Kapitel 2 der theoretische Hintergrund zur Darstellungsform der «Topografischen 3D-Karte» aufgezeigt. Nach einführenden Abschnitten zur Geoinformation und zu kartografischen Darstellungen im Allgemeinen wird die junge kartografische Fachrichtung der «3D-Kartografie», in der heute 3D-Daten mittels Computertechnologie zu perspektivischen Darstellungen verarbeitet werden, näher beleuchtet.

In Kapitel 3 werden alle relevanten Gestaltungsmöglichkeiten zur Modellierung, Symbolisierung und Visualisierung von perspektivischen Darstellungen aufgelistet. In dieser Übersicht werden auch Variationsmöglichkeiten von Gestaltungsvariablen aufgezeigt.

Kapitel 4 beleuchtet die Methode der durchgeführten Expertenbefragung. Vor allem werden die zur Beurteilung vorgelegten Kartenbeispiele mit ihren Ausgangsdaten, den inhaltlichen und gestalterischen Aspekten sowie der Generierung beschrieben. Zum Schluss werden die Fragestellungen, die Durchführung der Befragung sowie das Auswertungskonzept erläutert.

Die Resultate der Expertenbefragung werden in Kapitel 5 präsentiert. Die quantitativen und qualitativen Befragungsergebnisse werden nach den einzelnen Betrachtungsgegenständen behandelt. Eine kritische Nachbetrachtung über die Befragung schliesst dieses Kapitel ab.

Die Interpretation der Resultate folgt in Kapitel 6. Wiederum werden die Folgerungen nach den gleichen Untersuchungsgegenständen wie bei der Befragung gezogen. Im weiteren werden die daraus abgeleiteten Thesen präsentiert und kommentiert. Aussagen zu potenziellen Entwicklungen und Anforderungen von 3D-Karten runden das Kapitel ab.

Im Schlusskapitel 7 werden abschliessende Bemerkungen zur Zielerreichung gemacht und ein Fazit zu den Resultaten und Thesen gezogen. Ein kurzer Ausblick zu potenziellen Forschungsanstrengungen schliesst die Arbeit ab.

2. Kartografischer Kontext und theoretische Grundlagen

Das Kapitel 2 zeigt das kartografische Umfeld auf, in welches die vorliegende Arbeit eingebettet ist. Nach wenigen Bemerkungen zur aktuellen Entwicklung der Kartografie soll das Wesen von Geoinformationen und Geodaten als Grundlage von kartografischen Darstellungen erläutert werden (Abs. 2.1). Kartografische Darstellungen (Abs. 2.2) sind eine Art der visuellen Darstellung solcher Geoinformationen und -daten. Im Abs. 2.3 werden die grundlegenden Überlegungen angestellt, wie und mit welchen gestalterischen Mitteln diese Visualisierung geschieht. Sodann wird speziell der Entwicklungsstand des noch jungen Bereiches der «3D-Kartografie» mit seinen kartografischen Produkten, den «3D-Karten», näher vorgestellt (Abs. 2.4). Vor allem gilt das Augenmerk den «Topografischen 3D-Karten», für welche die Thesen zu Gestaltungsgrundsätzen (Zielsetzung 2) hergeleitet werden sollen (Abs. 2.5). Ausgewählte Aspekte zur Wahrnehmung von Topografischen 3D-Karten runden diesen theoretischen Rahmen ab (Abs. 2.6).

Die Kartografie ist schon seit einigen Jahren mit enormen Veränderungen konfrontiert. Diese manifestieren sich nicht nur in der Nutzung modernster Informatikmittel zur Erstellung von kartografischen Produkten. Auch die Qualität und die Menge der – heute ausschliesslich – digital gespeicherten und zu verarbeitenden Daten hat zugenommen. Zudem haben gesellschaftliche Entwicklungen grossen Einfluss. Der verbreitete Einsatz von Computersystemen im privaten und beruflichen Bereich wie auch die gesteigerte Nutzung von visuellen Medien (Fernsehen, Internet, grafisch orientierte Printmedien) bieten der Kartografie weitere Entwicklungsmöglichkeiten. Die Kartografie muss sich allerdings stets im Kontext mit anderen Fachdisziplinen (z.B. Geodäsie und Photogrammetrie, Fernerkundung, Computergrafik und Medienwissenschaften, Pädagogik und Psychologie u.a.) neu vernetzen und ihre Kernkompetenzen zur Visualisierung von Geodaten anbieten (HARBECK 1996, 2000). Somit sollte der theoretische Rahmen hinsichtlich dieser Entwicklung und Anforderungen ständig erweitert werden.

2.1 Geoinformation

2.1.1 Zum Wesen der Geoinformation

In der Kartografie werden überwiegend Informationen verarbeitet, die einen räumlichen Bezug zu einem Ort auf, unterhalb oder oberhalb der Erdoberfläche (oder derjenigen eines anderen Himmelskörpers) aufweisen. Bei solcher Information sprechen wir von Geoinformation. Dabei wird Geoinformation durch strukturierte und formalisierte Daten, also Geodaten, codiert und in einer Nutzungssituation aus ihnen wieder rekonstruiert (Abb. 2.1).

Geoinformationen repräsentieren dabei nicht nur einzelne Raumpunkte – die wohl elementarste Form von Geoinformation –, sondern auch physische und virtuelle Objekte oder reale und imaginäre Prozesse und Zustände. Die thematische Vielfalt ist grenzenlos. Diese räumliche Verortung wird ausgedrückt durch die drei Dimensionen des Raumes, also durch die beiden Raumkoordinaten x und y zur Positionsangabe gegenüber einer horizontalen Bezugsfläche sowie einer Höhenangabe z .

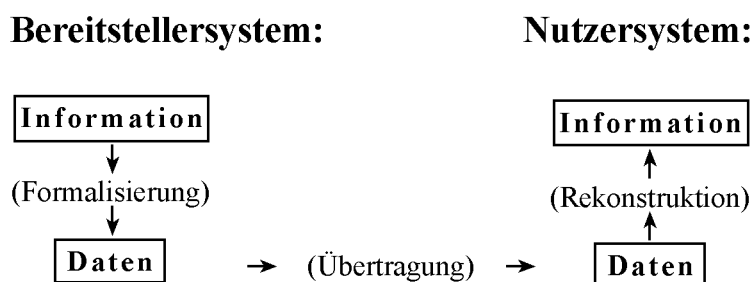


Abb. 2.1: Information und Daten im Kontext eines Übertragungsprozesses
(Quelle: BARTELME 2000).

Neben der Position in einem räumlichen Bezugssystem gibt die Geoinformation auch Auskunft über den zeitlichen Geltungs- und Bezugsbereich. Im übrigen kann Geoinformation weitere immanente Informationen über Urheber, Adressaten, Generierungszeit, Datenformate, Datenmengen u.v.m. vermitteln, also thematische Attribute und Metainformationen (BILL 1999; HAKE ET AL. 2002). Zudem gilt es noch einen weiteren wichtigen Aspekt zu beachten: «Geoinformation bezeichnet Information, die in einem Kommunikations- und Handlungskontext bedeutsame Aspekte der räumlichen Umwelt vermittelt.» (LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK 2001/1: 303). Somit bekommt Geoinformation ihren Wert erst durch die Verwendungsabsicht in einem sozialen Kontext.

2.1.2 Themen und Daten

Eine Ansammlung von Geoinformationen, die alle einem geografischen Raum zuzuordnen sind und durch die fokussierten Themen ein abgegrenztes System bilden, wollen wir als Geodatenbestand verstehen. Die thematische Vielfalt und die Komplexität der verschiedenen Datenstrukturen unterliegt kaum einer Beschränkung. Wohl jede Organisation in der Privatwirtschaft wie auch in den staatlichen Behörden, in Bildungsinstituten und sogar Einzelpersonen pflegen solche Datenbestände, sei es als vernetztes, strukturell standardisiertes Informationssystem oder als ungeordnete Datensammlung auf einer Computer-Harddisk. Geoinformationen über räumlich verortete Gegebenheiten sind Grundlagen jeglicher kartografischer Darstellung, so auch für perspektivische Darstellungen¹.

Heutige digitale Geodaten sind meist als flächendeckende Datenbestände verfügbar. Sie sind nicht mehr als statisch und unveränderbar zu betrachten wie z.B. auf einer gedruckten Karte, sondern werden laufend mutiert und aktualisiert, solange Bedarf nach den darin enthaltenen Informationen besteht.

Die Geodaten selbst können in unterschiedlichster Struktur vorliegen: Zum einen werden die Geometriedaten als Vektoren gespeichert und mit den Sachdaten in verknüpften Datenbanken ergänzt oder gemeinsam in einer einzigen Datenbank verwaltet. Zum andern liegen Geodaten auch in Bildform in diversen Rasterformaten vor. Mit den einzelnen Rasterzellen können neben der Farbinformation weitere Sachdaten (z.B. Landnutzung) verknüpft werden. Mittels Raumkoordinaten sowie der bekannten Größe und Frequenz der Rasterzellen lässt sich die georeferenzierte Position der Bildinformation festlegen. Dies hat wesentlich zur Entwicklung und Verbreitung von Raster-GIS beigetragen (BILL 1999).

¹ In dieser Arbeit wurde ein Ausschnitt aus dem Digitalen Landschaftsmodell *Vector200* verwendet, ein kartenbasierter und GIS-gestützter Datensatz des Bundesamtes für Landestopografie, Wabern (SWISSTOPO 2003/1).

Allerdings benötigen umfangreiche Datenbestände zu deren Handhabung und Analyse komplexe Computersysteme und Datenbanken sowie Spezialwissen. Ebenso sind heute noch Systemgrenzen vorhanden, welche das Zusammenführen von diversen Geodatenbeständen behindern, so z.B. aufgrund der thematischen, strukturellen oder formalen Datenkompatibilität oder den allgemeinen Nutzungsrechten.

2.1.3 Datenmodellierung und Datenmanagement

Geoinformationen können in unterschiedlichster Form vorliegen: Verbal in Schrift oder gesprochenem Wort, numerisch in Zahlenform, grafisch als Skizze oder Karte oder einer Kombination von allem. Heutzutage werden Geoinformationen als digitale Geodaten in Datenbanken oder grafikbasierten Dateien gespeichert und verwaltet. Vor allem moderne Geoinformationssysteme (GIS) sind dazu explizit entwickelt worden, sowohl die äussere Erscheinung von Einzelobjekten oder zusammengehörenden Objektgruppen (Geometrie) als auch die dazugehörigen Sachinformationen (Attribute) zu speichern, verwalten, verknüpfen, analysieren und visualisieren (Bill 1999; SCHNEIDER 2002; HAKE ET AL. 2002).

2.1.4 Visuelle Darstellung von Geoinformation

Die visuelle Darstellung von Geodaten ist eine wesentliche Aufgabe der Kartografie zur Vermittlung von Geoinformation. Die Kartografie als angewandte und technische Wissenschaft hat zum Ziel, Grundüberlegungen, Handlungsempfehlungen und Prozesse aufzuzeigen, wie diese in Datenbanken oder Grafikdateien gespeicherten Geoinformationen in ein anschauliches grafisches Bild umzusetzen ist (IMHOF 1965). Die Visualisierung selbst erfolgt heute meist digital an einem Bildschirm oder gedruckt auf einem geeigneten Trägermedium (Papier, Folie, etc.). Die Kartografie transformiert somit Geodaten als rohe Grundlagedaten mittels verschiedensten Prozessschritten von der abstrakten Struktur eines alpha-numerisch beschriebenen primären Datenmodells über ein symbolisiertes und generalisiertes kartografisches Datenmodell bis zu dessen kartografischer Visualisierung auf Papier oder Bildschirm.

2.2 Kartografische Darstellung

2.2.1 Definition und Merkmale kartografischer Darstellungen

Alle grafischen Darstellungen, die bewusst einen bestimmten Informationsgehalt in seinem geo-räumlichen Bezug abbilden und hervorheben, sollen als kartografische Darstellungen bezeichnet werden. Aber die kartografische Darstellung ist lediglich eine mögliche Form der Visualisierung raumbezogener Informationen.

Unter allen Formen der kartografischen Darstellungen ist die Karte wohl die häufigste (HAKE ET AL. 2002). In der kartografischen Wissenschaft zirkulieren unendlich viele Beschreibungen und ebenso viele Definitionen für die Begriffe «Karte» und «kartografische Darstellung». Durch ein paar ausgewählte Formulierungen sollen die wesentlichen Merkmale herausgestrichen werden, unter welchen Gesichtspunkten wir später unseren Begriff «Topografische 3D-Karte» verstehen wollen (Abs. 2.5).

Die International Cartographic Association (ICA 2003) hat den Begriff «Karte» 1995 folgendermassen definiert: «*A map is a symbolised image of geographical reality, representing features of characteristics, resulting from creative effort of it's authors execution of choice, and is designed for use when spatial relationship are of primary relevance.*».

Diese Umschreibung trifft selbstverständlich auch für die kartografische Darstellung zu. Neben dem Raumbezug spielt dabei die modellhafte Umsetzung der geografischen Realität in ein symbolisiertes, also zeichenorientiertes Abbild der Phänomene und Prozesse eine wichtige Rolle. Zudem wird die gestalterische Freiheit des Kartenautors stark betont.

HAKE (1988) definiert die Karte als *«massgebendes und strukturiertes Modell räumlicher Bezüge»*. Er betont damit vor allem den Modellcharakter und die logische, massstabsabhängige Zusammenstellung der zugrundeliegenden Daten.

Für KOCH sind kartografische Darstellungen *«... die Gesamtheit der modellhaften Informationsdarstellungen von Sachverhalten und Erscheinungen des Georaumes, die georäumliche Informationen mit Hilfe eines Systems geometrisch gebundener Zeichen wiedergeben.»* (in: LEXIKON GEOGRAPHIE 2002: 216).

Für ROBINSON UND PETCHENIK (1976: 16) sowie KRAAK (1988: 11) ist eine kartografische Darstellung kurz und bündig definiert als *«a graphic representation of the milieu»*, also eine grafische Darstellung der geografischen Umwelt. Hier wird vor allem die Nachbarschaft der einzelnen Gegebenheiten (Objekte) untereinander im gleichen geografischen Raum, bzw. im gleichen Landschaftsausschnitt, herausgestrichen.

BUZIEK (2000/2: 63) sieht wegen der Verfügbarkeit und Verbreitung von leistungsfähiger Computer- und Kommunikationstechnik einen erweiterten, multimedial geprägten Kartenbegriff: *«Die multimediale Natur des Begriffes begründet sich im Einsatz verschiedenster Darstellungselemente. Neben der herkömmlichen Kartengrafik können auch perspektivische Elemente, Animationen, Texte, Musik in einer modernen Kartendarstellung integriert sein.»*

Wichtig bei aller Nutzung ist, wie die kartografische Darstellung mit ihren abgebildeten thematischen Gegebenheiten – also ihrem Karteninhalt – in ihrem Umfeld als ganzheitliches System gesehen wird. Das wiederum will heißen, ob sie ...

- ... als eigenständiges Produkt (z.B. analoge Darstellung, Bildschirmdarstellung),
 - ... als Komponente eines integralen Systems (statische Betrachtung; z.B. Darstellung als Bestandteil eines Artikels oder einer Internetapplikation), oder
 - ... als Komponente eines unabhängigen, sich stets wandelnden Systems (dynamische Betrachtung; z.B. Darstellung innerhalb eines interaktiven Atlasinformationssystems)
- konzipiert wird.

Jede kartografische Darstellung hat eigene besondere Merkmale und Ausprägungen. Diese gilt es bei der Konzeption vorgängig und während des Erstellungsprozesses zu berücksichtigen. Nachfolgend werden die wichtigsten Aspekte und Ablaufschritte summarisch angeführt, um später die Überlegungen für die eigenen Beurteilungsbeispiele zu begründen (Kap. 4).

Bedürfnisse des Kartennutzers und Darstellungszweck

Grundsätzlich stehen die Bedürfnisse des potenziellen Kartennutzers zentral im Vordergrund. Dessen Motivation und allfälligen Aufgaben bestimmen den eigentlichen Zweck der kartografischen Darstellung (HÄBERLING 1999). Die Bedürfnisse ihrerseits können durch subjektive Nutzermerkmale begründet sein, z.B. durch die Persönlichkeitsstruktur, die Gewohnheiten und Erfahrungen, die Fähigkeiten (z.B. Intelligenz und Auffassungsgabe) oder auch durch soziometrische Aspekte (z.B. Alter, Geschlecht) (SIEBER 1996).

Darstellungsinhalt und Darstellungskonzeption

Aus dem Kartenzweck leitet sich ab, welche zu vermittelnden Geodaten herangezogen werden müssen, die in der Darstellung als Inhalt erscheinen sollen. Als Grundlage dient dazu die dem Zweck dienliche thematische Geoinformation. Anschliessend ist zu fragen, welche grundsätzliche formale Struktur die kartografische Darstellung erhalten soll. Hier interessieren sowohl die Art des geplanten Präsentationsmediums mitsamt seinem Layout oder digitalen Dateiformat als auch die realen Nutzungsbedingungen sowie denkbare Interaktionen des Nutzers mit der kartografischen Darstellung (z.B. Einsatz im Freien, Betrachtung am Computer, durchschnittliche Kartenlesezeit pro Nutzungssituation) (BUZIEK 2003).

Symbolisierung und Gestaltung der Geoinformation

Neben der adäquaten Generalisierung der Geodaten für den angestrebten Abbildungs-massstab wird der Symbolisierung der Geodaten eine zentrale Rolle zugewiesen. Sowohl die semantische² Bedeutung als auch die grafische Ausprägung der Signaturen (z.B. Form, Grössen, Farben, Muster) müssen dabei festgelegt werden. Dies entspricht dem klassischen Prozess der Legendenbildung.

Die vorbereiteten und generalisierten Geodaten werden anhand der definierten Legende mit digitalen Arbeitsmitteln und -prozessen grafisch gestaltet. Dabei kommen anerkannte Gestaltungsprinzipien so zur Anwendung, dass einerseits der Bedeutungsgehalt der Geoinformationen nicht verfälscht wird. Andererseits dürfen sie die gestalterische Freiheit des Kartenautors aber nicht zu stark einschränken (SPIESS 1996/2; MACEACHREN 1995; HURNI/LEUZINGER 1995).

Voraussetzungen zur Nutzung

Zur Befriedigung seines spezifischen Informationsbedürfnisses muss die endgültige kartografische Darstellung – sei sie nun physisch als gedruckte Karte vorliegend oder elektronisch als Bildschirmdarstellung abrufbar – dem Nutzer zugeführt werden. Diese Zuführung erfolgt je nach festgelegtem Kartenkonzept. Entscheidend ist jedoch, dass der Nutzer überhaupt über die Darstellung verfügt und daraus solange die gewünschte Geoinformation extrahieren kann, wie es ihm notwendig scheint.

2.2.2 Typisierung und Einteilung kartografischer Darstellungen

Bei kartografischen Darstellungen wird nach eigentlichen Karten per se und kartenverwandten Darstellungen unterschieden.

Karten

Karten im engen Sinne entstehen durch die grundrissliche Abbildung (lotrechte Projektion) der räumlichen Gegebenheiten auf eine Bezugsfläche. Bei annähernd grossem Massstab und kleiner abzubildender Gebietsfläche – damit ist die abzubildende Oberfläche der Erde (Gestalt eines Ellipsoids) nahezu eben – entsteht eine fast senkrechte und parallele Projektion auf eine horizontale Projektionsebene. Folgende wichtige Merkmale sind den eigentlichen Karten immanent, und zwar unabhängig von ihrem Inhalt (HÄBERLING 1999; HAKE ET AL. 2002):

- Eindeutige Positionierung und Abbildung jedes Raumpunktes (sofern er sich nicht in exakt gleicher horizontaler Position befindet wie ein anderer).

² Unter «Semantik» wird die Lehre von der Bedeutung sprachlicher Zeichen verstanden (DUDEN 1996: 676).

- Konstante Masstabsverhältnisse in der gesamten Darstellung vorherrschend.
- Kartometrische Messungen uneingeschränkt möglich.

Kartenverwandte Darstellungen

Kartenverwandte Darstellungen sind alle kartografischen Darstellungen, welche keine Karten im engen Sinne sind. Es handelt sich somit um einen Sammelbegriff mit ausschliessendem Charakter. Häufig ist der Darstellungsinhalt (Kartenobjekte) ebenfalls masstabgerecht generalisiert und durch eine grafische Symbolisierung abstrahiert gestaltet. HAKE, GRÜNREICH und MENG unterteilen die kartenverwandten Darstellungen in ebene (zweidimensionale) und körperhafte (dreidimensionale) Darstellungen, unabhängig davon, ob es sich um statische (unbewegte) oder dynamische (bewegte) handelt (HAKE ET AL. 2002). Die kartenverwandten Darstellungen zeichnen sich ebenfalls aus durch die visuelle Abbildung raumbezogener Geoinformation und deren symbolisierter Darstellung. Ihnen fehlt aber mindestens eines der wichtigen Merkmale der Karte.

Als die bekanntesten unter den körperhaften, physisch vorhandenen kartenverwandten Darstellungen sind sicherlich Reliefkarten (Abb. 2.2), Globen, Gips- oder Kunststoffmodelle als klassische Typen zu nennen.



Abb. 2.2: Reliefkarte «Rocky Mountains National Park» (Original: Hubbard Scientific 1995).

Im Allgemeinen sind die ebenen Typen der kartenverwandten Darstellungen verbreiteter. Zu den bekanntesten von ihnen zählen folgende (HAKE ET AL. 2002):

- Bildpläne oder -karten
- Luft- und Satellitenbildkarten
- Vogelschaukarten und Satellitenperspektiven
- Panoramen
- Blockbilder
- Profile
- Senkrechte und schiefe Axonometrien
- Stereodarstellungen
- Holografische Darstellungen

Je nach Abbildungsgesetz (Projektionsart, Lage der Projektionsebene) können die verschiedenen Typen kartenverwandter Darstellungen anhand ihrer Merkmale wie folgt eingestuft werden (Tab. 2.1):

Art der Projektion		Lage der Projektionsebene		
		horizontal	schräg	vertikal
Parallelprojektion	senkrecht zur Projektionsebene (senkrechte Axonometrie)	Karte als Stereo-Darstellung	Blockbild	Profil
	schräg zur Projektionsebene (schiefe Axonometrie)	Militärperspektive	-	Kavaliersperspektive
Zentralprojektion	Projektionszentrum für das gesamte Bild	Senkrecht-Luftbild, Stereo-Darstellung	Schräg-Luftbild, Vogelperspektive, Blockbild	terrestrisches Meeresbild, Panorama
	Projektionszentrum nur für jeweils ein Bildelement	Zellenabfassung der Fernerkundung		-

Tab. 2.1: Merkmale ebener kartenverwandter Darstellungen (Quelle: HAKE ET AL. 2002)

Mit Ausnahme von Profilen, also auf eine Ebene projizierte Senkrechtschnitte durch einen Geländeausschnitt, sprechen HAKE ET AL. (2002) hier auch von «Raumbildern». Diesen Begriff nehmen BUCHROITHNER und SCHENKEL (2001: 116) ebenfalls auf und definieren ihn folgendermassen: «Ein Raumbild ist eine künstlich erzeugte Erscheinung, die vom visuellen Wahrnehmungssystem als räumlich erkannt wird (Raumeindruck), ohne dass materiell ein räumliches Betrachtungsmodell existiert.».

Gleichzeitig werden durch dieselben Autoren die kartenverwandten Darstellungen ergänzt um Echt-3D-Darstellungen mittels Verfahren des statischen Volumens und des scannenden Volumens, Pseudo-3D-Darstellungen mittels der Multi-Stereoskopie und der Chromo-Stereoskopie sowie der Gruppe der dynamischen (Animationen, Filme) oder der statischen 2D-Darstellungen mittels Computergrafik. Grundsätzlich ist jeder dieser Darstellungstypen abhängig von speziellen Displayverfahren und zusätzlicher Ausrüstung (BUCHROITHNER/SCHENKEL 2001).

Infografik

Eine weitere Art der Visualisierung von Geoinformation ist die Infografik (Abb. 2.3). Auch sie können wir als kartenverwandte Darstellung i.w.S. bezeichnen, sofern die dargestellte Information einen Raumbezug aufweist und darin kartografische Darstellungen integriert sind (SCHARFE 1995).



Abb. 2.3: Beispiel einer Infografik (Quelle: SPRISLER 1999).

Unter Infografik verstehen wir die Umsetzung von textlicher oder numerischer Informationen in ein grafisches Bild. Ausdrucksmittel in Infografiken können kartografische Darstellungen, Diagramme, Tabellen und (Erläuterungs-)Text sein. Ergänzt oder umrahmt werden sie von fotografischen Bildern oder abstrakten Zeichnungen zum dargestellten Thema. Infografiken werden häufig verwendet in gedruckten oder elektronisch angezeigten Medien (Zeitungen, Zeitschriften, Büchern, Fernsehen, Computerbildschirmen, Leuchttafeln, u.a.). Mehr zu diesem Typ der Visualisierung von Geoinformation findet sich in SCHARFE (1995) und SPRISLER (1999).

In Abs. 2.5 wird nochmals kurz auf Vogelschaukarten, Panoramen und Blockbilder eingegangen. Denn diese kartenverwandten Darstellungen sind am ehesten vergleichbar mit den modernen computergestützten Typen der perspektivischen Darstellungen. Für weitergehende Ausführungen und Beschreibungen zu modernen 3D-Darstellungsverfahren und deren Produkten sei verwiesen auf OKOSHI (1976), KIRSCHENBAUER/BUCHROITHNER (1999), SCHENKEL (2000) sowie BUCHROITHNER/SCHENKEL (2001).

Einteilungskriterien für kartografische Darstellungen

Sowohl bei den Karten wie auch bei den kartenverwandten Darstellungen lassen die dargestellten Geoinformationen und die verschiedensten Darstellungs- und Herstellungstechniken eine Vielzahl von Einteilungskriterien zur systematischen Typisierung zu. Für eine umfassende Aufstellung sei an dieser Stelle auf die eingehenden Lehrbücher und Lexika verwiesen (z.B. HAKE ET AL. 2002; LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK 2001/1 und 2).

Nachfolgend sollen nur einige Kriterien und die davon abgeleiteten Typen, welche für die vorliegende Arbeit relevant sind, kurz angeführt werden (HAKE ET AL. 2002). Damit wird eine sinnvolle Zuordnung und plausible Herleitung der im Rahmen dieser Arbeit erstellten Kartenbeispiele – später «Topografische 3D-Karten» genannt – möglich.

- **«Art der sinnlichen Wahrnehmung»:** visuelle Darstellungen, multimediale Darstellungen.
- **«Karteninhalt»** bzw. **«Kartenthema»:** topografische Darstellungen, thematische Darstellungen oder gemäss der Art des Themas, z.B. Gletscherdarstellungen.
- **«Kartenmassstab»:** gross-, mittel- oder kleinmassstäbige Darstellungen.
- **«Entstehung»:** Grunddarstellungen (aus originären Daten) oder Folgedarstellungen (aus abgeleiteten Daten).
- **«Grafische Struktur»** bzw. **«Kartentyp»:** Bilddarstellungen (Luft- oder Satellitenbilddarstellungen).
- **«Grad der Massstäblichkeit»:** anamorphe (verzerrte) Darstellungen.
- **«Eingriffsmöglichkeiten»:** passive oder interaktive Darstellungen.

KRAAK (1988) bringt noch drei weitere Einteilungskriterien ins Spiel, die es hier ebenso zu beachten gilt:

- **«Abbildungsmedium»:** papierene Darstellungen, Bildschirmdarstellung, Projektionsdarstellung, materielle Darstellung.
- **«Gegenständlichkeit»:** permanente, temporäre oder virtuelle Darstellungen.
- **«Dimensionalität»:** 2D-Darstellungen, 3D-Darstellungen (reale oder suggestive, also dreidimensional erscheinende Darstellungen) oder 4D-Darstellungen (multi-temporale Darstellungen).

Die weiteren Kriterien «Entstehungszeit», «äussere Form und Art des Verbundes», «institutionelle Herkunft», «Häufigkeit und Technik der Ausfertigung» und «besondere Funktionen» (HAKE ET AL. 2002) haben für die späteren Überlegungen keine Bedeutung, sodass auf deren weitere Erwähnung verzichtet werden kann.

Zu beachten gilt es zudem, dass eine kartografische Darstellung jederzeit einer Kombination der oben erwähnten Typen entsprechen kann, was sowohl die Benennung als auch die systematische Einordnung verkompliziert.

2.2.3 Kartografischer Kommunikationsprozess

Die Modellierung und die Abbildung des kartografischen Kommunikationsprozesses sind innerhalb der kartografischen Lehre zentrale Themen. Wir wollen unter dem Begriff «kartografischer Kommunikationsprozess» den Übertragungsvorgang und die Vermittlung der Geoinformation an den Nutzer verstehen. Da aber der gesamte kartografische Kommunikationsprozess die verschiedensten Akteure, Wissensinhalte und Handlungsprozesse einschliesst, können diese einzelnen Komponenten alleine schon hoch komplex sein. Auch existiert eine Vielzahl von theoretischen Ansätzen, unter welchen Gesichtspunkten dieser Vorgang mit seinen physischen, psychologischen und kognitiven Teilprozessen diskutiert werden kann. Für eine eingehendere Themenvvertiefung sei an dieser Stelle auf Arbeiten von HEIDMANN (1999), BUZIEK (2003) und DRANSCH (2002) verwiesen.

Bei kartenverwandten Darstellungen spielen analoge Mechanismen und Überlegungen wie bei echten Karten hinein. Der Ansatz des kartografischen Kommunikationsnetzes von HAKE ET AL. (2002) scheint uns zur Erklärung gut geeignet (Abb. 2.4).

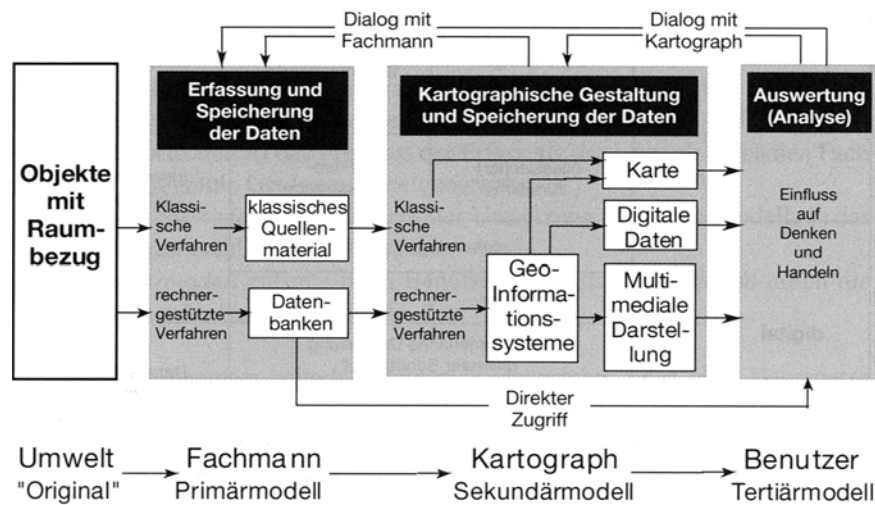


Abb. 2.4: Das kartografische Kommunikationsnetz (Quelle: HAKE ET AL. 2002).

Bei diesem Ansatz soll von der 3-Modell-Theorie ausgegangen werden (HAKE ET AL. 2002; BUZIEK 2003). Ausgangspunkt sind die erfassten und modellierten Geodaten, die generiert worden sind durch Messung, Erfassung und Analyse von realen Gegebenheiten (z.B. Individuen, Objekte, Strukturen, Prozesse) sowie deren räumliche Verteilung und zeitliche Einordnung. Diese Geodaten, häufig gespeichert in Datenbanken oder auch als analoge Texte und Skizzen, werden als das «Primärmodell» bezeichnet. Sie bilden das Quellenmaterial, auf dem eine kartografische Darstellung aufbaut. Akteure sind bei diesem ersten Schritt Fachspezialisten, die sich mit ihrem Wissen den thematischen Inhalten annehmen.

Im zweiten Schritt, der Bildung des «Sekundärmodells», werden die Ausgangsdaten - sofern sie nicht direkt durch den Nutzer als Input in seine Entscheidungsprozesse einfließen - zu kartografischen Darstellungen transformiert. Es lässt sich darüber diskutieren, ob die Modellierung und Analyse der Daten in einem GIS bereits zu diesem zweiten Schritt des «Sekundärmodells» gehört oder nicht schon in den Bereich der Primärdaten. Sicherlich ist aber die visuelle Ausgabe dieser GIS-gestützten Daten zu kartografischen Darstellungen – und seien sie auch mit den Visualisierungsfunktionen der GIS-Software erstellt – eindeutig zu diesem Prozessbereich zu zählen (BILL 1999; HAKE ET AL. 2002).

Als Produkte dieser Transformation zum «Sekundärmodell» können alle Typen von kartografischen Darstellungen gelten, mit welchen versucht wird, die Primärdaten in ihrem räumlichen Kontext wiederzugeben und so dem Nutzer zu erschliessen.

Während des kartografischen Erstellungsprozesses muss sich dabei der Kartenautor verschiedener Grundsätze und Ablaufregeln zu diversen Teilprozessen bedienen (z.B. Datentransformation, Formatierung, Generalisierung, Gestaltung, Reproduktion/Ausgabe).

Der Nutzer kann nun seinen Informationsbedürfnissen gemäss die für ihn sinnvolle kartografische Darstellung auswählen, anschliessend erkennen, visuell wahrnehmen, lesen und analysieren. Dabei vergleicht er die aus der kartografischen Darstellung entnommenen Fakten mit seinen bisherigen Vorstellungen über den zugrundeliegenden Sachverhalt. Mittels dieser kognitiven Leistung kommt er selber zu seinem «Tertiärmodell» der Umwelt, also zu seiner Vorstellung über die räumlichen Zusammenhänge. Er bildet sich somit in Gedanken seine eigene kognitive Karte, auch Vorstellungskarte oder «mental map» genannt (HAKE ET AL. 2002; BUZIEK 2003).

Dieser Auswertungsprozess (Analyseprozess) hat nun – sehr grob gesprochen – seinerseits direkten Einfluss auf das Denken und Handeln des Nutzers. Es zeigt sich dann, wie weit er damit sein Informationsbedürfnis befriedigen kann. Allenfalls wird er eine neuerliche Suche starten, um seinem Ziel noch näher zu kommen.

Im ganzen Kommunikationsprozess bleibt wichtig zu erwähnen, dass bei all diesen Ablaufschritten auch Rückkoppelungsprozesse stattfinden. Sowohl die Bereitsteller der Primärdaten, der Kartenautor als Urheber des Sekundärmodells sowie der Kartennutzer mit seinem Tertiärmodell der Umwelt sollten in gegenseitiger Beziehung stehen. Der Nutzer teilt seine Informationsbedürfnisse dem Fachspezialisten und seine Ansprüche an eine kartografische Darstellung dem Kartenautor mit (oder wird hoffentlich zumindest danach gefragt). Ebenso wird der Autor seine Wünsche hinsichtlich Datenmenge und -qualität dem Fachspezialisten kundtun, um die kartografische Darstellung gemäss seinen redaktionellen Zielen zu konzipieren. Der ganze Prozess kann als kybernetisches System angesehen werden, in dem alle Komponenten (Akteure, Daten, Prozesse) zusammen ein dynamisches, sich gegenseitig bedingendes System bilden (BUZIEK 2003).

2.2.4 Nutzungssituationen und Anforderungen an die Karte

Wir sprechen vom Nutzer³ als einen zentralen, wenn nicht gar vom zentralsten Akteur des kartografischen Kommunikationsprozesses. Wenn das oberste Ziel der Kartografie die Vermittlung von Geoinformationen durch kartografische Darstellungen ist, so müssen wir uns genauestens über die Besonderheiten und Umstände unseres eigentlichen Adressaten im Klaren sein.

³ Wenn wir vom «Nutzer» (auch Benutzer, Benützer, Endnutzer oder Kartenleser genannt) sprechen, muss es sich nicht zwangsläufig um eine einzelne Person handeln. Wir wollen diesen Begriff eher als Abstraktum für ein Individuum oder für eine Gruppe gleicher oder ähnlicher Individuen verstanden wissen.

Dabei ist wichtig zu wissen, welche Gründe einen Nutzer veranlassen, ein kartografisches Informationsmedium zu betrachten und zu analysieren. Der Nutzer stellt aufgrund seiner Bedürfnisse gewisse subjektive Ansprüche an die kartografische Darstellung. Die Kenntnisse über die nach Prioritäten geordneten Bedürfnisse und Ansprüche stellen eine unabdingbare Grundlage dar für eine zielgerichtete Konzipierung und Realisierung neuer Kartentypen, hier der «Topografischen 3D-Karten» (HÄBERLING 1999). Die folgende summarische Aufstellung mag lediglich die wichtigsten Nutzeraspekte berücksichtigen:

- Motivation zur Wissenserweiterung: Aufgabenstellung, persönliches Interesse, Unterhaltung.
- Kenntnisse im Umgang mit kartografischen Darstellungen: Übung, Gewohnheiten.
- Thematische Vorkenntnisse: Ausbildungsstand, professionelle Erfahrung.
- Intellektuelle Voraussetzungen: räumliche Vorstellungskraft, Abstraktionsvermögen, visuelles Wahrnehmungsvermögen.
- Soziometrische Faktoren: Alter, Geschlecht, Gruppenzugehörigkeit.

Nun ist es aber als Kartenautor sehr schwierig, ein Produkt auf die einzelnen Nutzer oder Nutzergruppen (z.B. Profis, interessierte Laien, Schüler) auszurichten. Zu viele Nutzeraspekte wären zu berücksichtigen. Zudem kann jedes Individuum unterschiedliche Nutzungsmotive zu verschiedenen Zeiten haben bezüglich derselben kartografischen Darstellung (z.B. Aufgabenstellungen im Beruf, Absichten für Freizeitgestaltung, Kurzabfrage zwecks Informationsvermittlung).

Es ist nicht eigentlich der verfügbare Inhalt der kartografischen Darstellung, der einen Nutzer die Darstellung konsultieren lässt. Vielmehr veranlasst ihn die sogenannte «Nutzungssituation» dazu.

Definition «Nutzungssituation»

Unter einer «Nutzungssituation» wollen wir ein konkretes Informationsbedürfnis (z.B. die beabsichtigte Fragestellung, das explorative Suchen, die spontane Neugierde) mitsamt den dazugehörigen Begleitumständen wie Ort, Zeit und verfügbare Arbeitsmittel verstehen.

Und genau hierauf sollten vermehrt die Anforderungen an die kartografische Darstellung bei ihrer Konzipierung und Gestaltung ausgerichtet werden. Die Darstellung muss inhaltlich, gestalterisch und nutzungstechnisch ein solches Potenzial aufweisen, dass sie den Nutzer in seiner Nutzungssituation unterstützt und befähigt, seine geplanten Aufgabenstellungen damit zu lösen.

Näheres über diesen neueren Ansatz zur Betrachtung von Nutzungssituationen ist u.a. in REICHENBACHER und MENG (2003) zu erfahren.

2.3 Gestaltung kartografischer Darstellungen

2.3.1 Das grafische System

Jede kartografische Darstellung – als eine Art der grafischen Darstellungen – stützt sich ab auf ein System von Zeichen (BERTIN 1974). Die Bedeutung dieser Zeichen (Semiotik) ist bereits in einer Zeichenerklärung (Kartenlegende) vordefiniert. Die Betrachtung des Inhaltes der Darstellung setzt die Kenntnis der Bedeutung jedes einzelnen Zeichens voraus. Das System kann somit als monosemiotisch (eineindeutig) bezeichnet werden⁴. Die visuelle, zeitungebundene Wahrnehmung von räumlichen Strukturen kommt aus mit drei Variablen: der Erkennung von Flecken (hier als «Objekt» verstanden) und der beiden Dimensionen der Ebene (Position) (BERTIN 1974). Sie ist somit einem linearen System wie z.B. einer Tonabfolge (Musik), einer numerischen (mathematische Formel) oder textlichen Zeichenfolge (Schriftstück) um vieles überlegen (BERTIN 1974).

Grundsätzlich sind kartografische Darstellungen aus grafischen Gestaltungselementen aufgebaut und können durch zusätzliche Textinformation (Kartenschrift, Kartenrandangaben) komplettiert sein. Doch diese Betrachtungsweise greift etwas zu kurz. Bei kartografischen Darstellungen ist nicht nur der eigentliche Darstellungsinhalt Gegenstand der Gestaltung. Sondern Darstellungen müssen auch als Gesamtsystem, also inklusive Erstellungsprozess und späterer Nutzung oder Wiederverwendung betrachtet werden. Somit setzt schon zu Beginn der Konzipierung der Prozess der Gestaltung dort ein. Es müssen die grundlegenden Geodaten bereits so modelliert werden, dass sie in einer sinnvollen Form zur Gestaltung und Weiterverwendung vorliegen, ohne dabei die effektive grafische Umsetzung bereits zu kennen.

Kartografie kann mittlerweile durchaus als Teil der Computergrafik betrachtet werden (KRAAK 1988). Man bedient sich heutzutage grundsätzlich des Computers als alleiniges Erstellungswerkzeug und häufig auch als Präsentationsinstrument (Bildschirm). Somit müssen durch den Einsatz von Computerprogrammen alle denkbaren Gestaltungselemente von Grund auf definiert werden.

2.3.2 Visuelle Gestaltungselemente

Im Folgenden sollen fundamentale Überlegungen von BERTIN (1974) aus seinem Werk «Graphische Semiologie» herangezogen werden. Diese Gedanken werden für die weiteren Ausführungen zu «Topografischen 3D-Karten» (Abs. 2.5) und zu den anzuwendenden Gestaltungsvariablen (Kap. 3) wieder aufgenommen.

Jede kartografische Darstellung selbst trennt sich einerseits auf in einen Teil der inhaltlichen Bedeutung (semantischer Teil) und andererseits in die äussere physische Erscheinung ihrer dargestellten Objekte. BERTIN (1974) selbst nennt diese beiden Bestandteile «Information» und «Darstellung».

Ein Objekt (nach BERTIN ein «Fleck») ist stets in einer Ebene (z.B. Zeichenblatt, Bildschirm) verortet durch die beiden (Koordinaten-)Variablen «Dimensionen». Es trägt auch jederzeit eine grafische Ausprägung immanent in sich.

⁴ Im Vergleich dazu stehen polysemiotische (mehrdeutige) Darstellungssysteme, bei denen die Bedeutung der einzelnen Zeichen oder des Darstellungsinhaltes erst durch die Betrachtung abzuleiten ist und ans betrachtende Individuum gebunden ist, z.B. bei einer Fotografie (BERTIN 1974).

Die Ausprägung der dargestellten Objekte ist ausschlaggebend für die Wirkung auf den Betrachter der kartografischen Darstellung. HAKE ET AL. (2002) bezeichnen dieses Zusammenspiel als «grafisches Gefüge». Je nach Objektarten können sich dabei typische grafische Strukturen ergeben. Dies wirkt sich auf die Erkennung des Darstellungsinhaltes im Gesamten aus (Abb. 2.5).

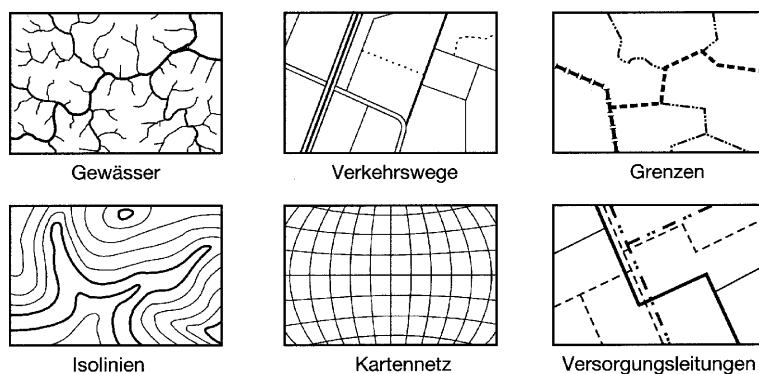


Abb. 2.5: Beispiele linearer grafischer Gefüge (Quelle: HAKE ET AL. (2002).

Gemäss BERTIN (1974) kann ein Objekt einen (nulldimensionalen) Punkt, eine (eindimensionale) Linie oder eine (zweidimensionale) Fläche darstellen. Er stellt hier die Bedeutung des Objektes in den Vordergrund und nicht die geometrische Gestalt. Auch HAKE ET AL. (2002) betrachten bei kartografischen Darstellungen eine Reihe von Gestaltungsmitteln. Neben den grafischen Grundelementen Punkt, Linie und Fläche zählen sie ebenso die Signatur und das Diagramm als zusammengesetzte Elemente sowie Halbton und Schrift dazu.

Effektiv lässt sich ein Objekt, welches Teil des Darstellungsinhaltes ist, nur durch das grafische Grundelement der Fläche bildhaft umsetzen. Denn nur ein zweidimensionales Grundelement wie die Fläche ist für das menschliche Auge ab einer bestimmten Mindestausdehnung optisch wahrnehmbar. Dimensionslose Punkte oder eindimensionale Linien können wegen ihrer definitionsgemässen Nichterkennbarkeit eigentlich gar nicht wahrgenommen werden (TERRIBILINI 2001).

Alle Grössen, welche die endgültige visuelle Erscheinung und äussere Gestalt eines Objektes oder der gesamten kartografischen Darstellung in irgendeiner Weise direkt oder indirekt beeinflussen und mitprägen, sollten zum kreativen Prozess der Gestaltung gezählt werden. Wir möchten bei diesen Grössen von «Gestaltungsvariablen» sprechen (Kap. 3). BERTIN (1974) bezeichnet einen Teil davon als «visuelle Variablen».

Die Erscheinung der Objekte selbst wird erreicht durch die Mittel des grafischen Systems. Und als die acht Komponenten des grafischen (Zeichen-)Systems bezeichnet BERTIN (1974: 13) die von ihm benannten sechs «visuellen Variablen» und «... die beiden Variablen, die in der Ebene gegeben sind», also der «Dimensionen der Ebene» (Koordinaten). Die visuellen Variablen werden von ihm auch als «Farb-Muster-Variablen» benannt. Diese visuellen Variablen sind explizit (BERTIN 1974; Abb. 2.6):

- «Grösse» Variationen des Flächeninhalts
- «Helligkeitswert» Variationen des Verhältnisses von Schwarz- zu Weissanteilen
- «Muster» Variationen der Anzahl unterscheidbarer Flecken pro Flächeneinheit
- «Farbe» Variationen der Farb-Differenzierungen

- «Richtung» Variationen der Winkeldifferenzen von Feldern mit gleichgerichteten Zeichen
- «Form» Variationen von gleich- oder verschiedenartigen Umrissen

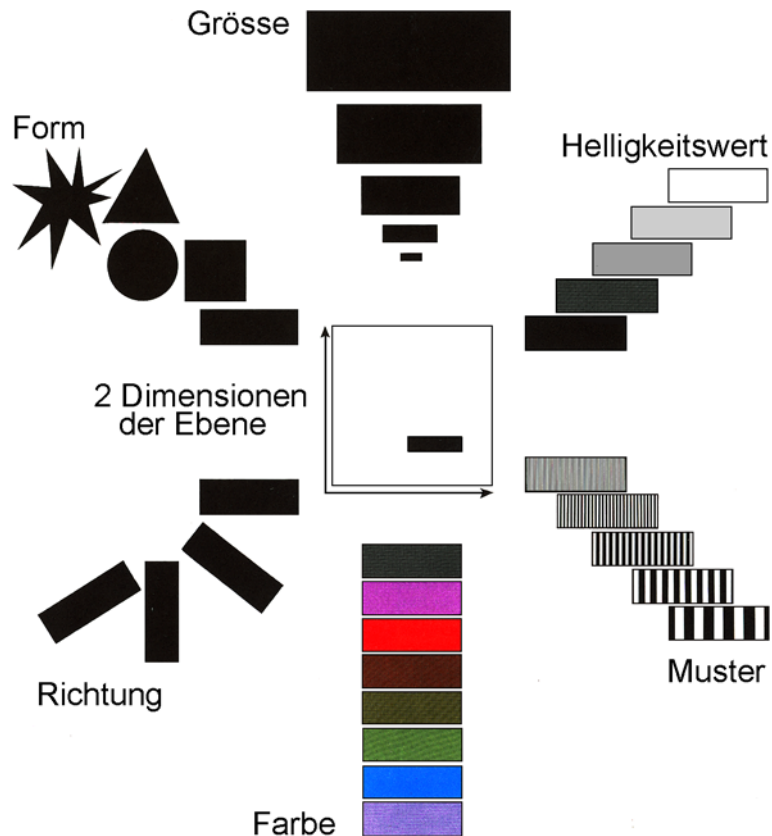


Abb. 2.6: Die sechs visuellen Variablen nach BERTIN (Quelle: BERTIN 1974).

Jede dieser Variablen hat eine bestimmte Länge. Mit Länge bezeichnet BERTIN (1974: 14) «die Anzahl der Elemente oder Kategorien, die es erlaubt, sie zu identifizieren». Oder mit anderen Worten: die Länge einer Variablen entspricht der Anzahl Möglichkeiten (Variationen), welche diese Variable an Werten annehmen kann. Die Variable «Geschlecht» hat z.B. die Länge 2.

Bertin geht bei all seinen Überlegungen nicht ein auf die Aspekte der Bewegung und der Dreidimensionalität. Er zieht hier bewusst seine Grenzen des (zweidimensionalen) grafischen Systems. Dennoch anerkennt er ebenfalls visuelle Variationen zur Erkennung der 3. Dimension durch Variablen der Tiefenerkennung (Perspektive) (BERTIN 1974).

2.3.3 Kartografische Darstellungsprinzipien und Gestaltungsgrundsätze

Um die Kartenobjekte mit Hilfe kartografischer Gestaltungsmittel überhaupt in ein nutzergerichtetes grafisch lesbares Bild überzuführen, bedingt es einen Konsens, um den semantischen Gehalt der Geoinformationen sinnvoll abzubilden und so dem Nutzer zu vermitteln. Kartografisches Gestalten soll nicht einfach willkürlich geschehen, sondern jeweils den Nutzungssituationen angepasst sein und die Erfahrungen und den Kenntnis-

stand der Nutzer berücksichtigen. Und dafür ist eine systematische Vorgehensweise unabdingbar.

Der Gestaltungsprozess soll zuerst geleitet werden durch verschiedene kartografische Darstellungsprinzipien (LEXIKON KARTOGRAFIE/GEOMATIK 2001/1). Unter kartografischen Darstellungsprinzipien sind grundsätzliche Gestaltungsmöglichkeiten von Geoinformationen zu verstehen. Sie folgen bestimmten Grundgedanken, die fürs gesamte Erstellungskonzept einer Darstellung gelten. ARNBERGER (1966) unterscheidet in seinem Vorschlag vier Hauptprinzipien, die – je nach Typ und Zweck – in jeder kartografisch-thematischen Darstellung berücksichtigt werden sollen (Abb. 2.7):

- Lage- oder topografisches Prinzip
- Diagrammprinzip
- Bildstatistisches Prinzip
- Bildhaftes Prinzip

Das *Lage- und topografische Prinzip* besagt, dass orts- und flächenbezogene Objekte möglichst lagetreu abgebildet werden. Der Mittelpunkt der Ortssignatur soll sich mit dem tatsächlichen Standort decken.

Beim *Diagrammprinzip* dienen als Ausdrucksformen für ortsgebundene Objektinhalte verschiedene geometrische Figuren, die leicht zu berechnen und auszumessen sind sowie einen quantitativen Vergleich zulassen. Darunter sind vor allem Diagramme als grafisch-statistische Darstellungsform zu zählen.

Beim *bild-statistischen Prinzip* wird der Wert des Objekts durch Werteinheitssignaturen ausgedrückt. Allerdings wird durch den meist grossen Platzbedarf dieser Diagrammtypen dieses Prinzip nicht oft angewendet.

Beim *bildhaften Prinzip* werden die Kartenobjekte ihrem semantischen Inhalt oder ihrer äusseren Erscheinung gemäss möglichst selbstsprechend dargestellt. Die entsprechenden Signaturen können zwischen sehr abstrahiert bis ziemlich realitätsnah gestaltet sein. Zudem können sie auf- oder seitenrisslich (2D-Signaturen) oder gar in perspektivischer Ansicht (3D-Signaturen) konstruiert sein.

Für ARNBERGER (1966) sollen solche Prinzipien aber nicht starre Verhaltensregeln sein, sondern dem Kartenauteur einen grossen Interpretationsspielraum bezüglich inhaltlicher und grafischer Gestaltung belassen. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden wir uns vor allem weiter mit dem *Lage- und topografischen Prinzip* sowie dem *bildhaften Prinzip* auseinandersetzen.

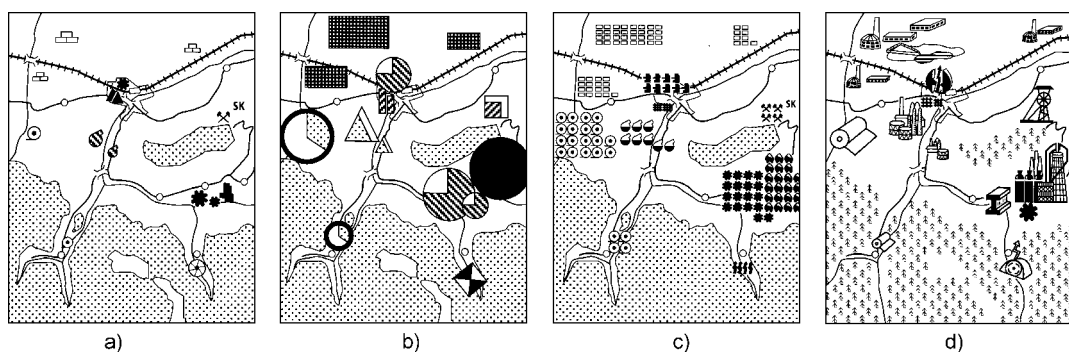


Abb. 2.7: Schematische Darstellung der kartografischen Darstellungsprinzipien nach ARNBERGER: a) Lage- oder topografisches Prinzip; b) Diagrammprinzip; c) bildstatistisches Prinzip; d) bildhaftes Prinzip. (Quelle: LEXIKON KARTOGRAFIE/GEOMATIK 2001/2).

Grundsätzlich gibt es noch weitere Prinzipien, die es ebenfalls zu berücksichtigen gilt. Besonders das *Prinzip der Assoziationsfähigkeit*, das *Prinzip der naturnahen Gestaltung*, das *Prinzip der massstabs- und inhaltsgerechten Generalisierung*, das *Prinzip der Wahrung des objektiven Eindrucks* oder das *Prinzip der Korrelationsfähigkeit* sind dabei erwähnenswert (ARNBERGER 1966). Einige dieser Prinzipien sind aber schon in den vier Hauptprinzipien enthalten.

Aus diesen Darstellungsprinzipien können nun verschiedene *kartografische Gestaltungsgrundsätze* abgeleitet werden.

Definition «kartografische Gestaltungsgrundsätze»

Unter «kartografischen Gestaltungsgrundsätzen» wollen wir Empfehlungen, Regeln oder Leitlinien verstehen, die angewendet werden sollen, um Objekte kartografischer Darstellungen in ihrer grafischen Erscheinung ins Kartenbild umzusetzen. Sie geben Anweisung, wie die grafischen Gestaltungsmittel einzusetzen und wie die Gestaltungsvariablen beim Entwurf der Legende und bei der Gestaltung der Kartengrafik anzuwenden sind.

Durch kartografische Gestaltungsgrundsätze – K. BRUNNER (2000) spricht auch von «Gestaltungsrichtlinien» – soll die Information möglichst optimal, d.h. nutzergerecht übertragen werden. Kartografische Grundsätze werden in den Lehrbüchern meist nicht explizit aufgelistet. Sie werden aber immer wieder angesprochen (HAKE ET AL. 2002; IMHOF 1965; ARNBERGER 1966; SPIESS 1996/1 und 1996/2). Befolgt man solche Grundsätze konsequent, so beschreitet man in der Regel einen sinnvollen Weg bei der Gestaltung.

Zu jedem gestalterischen Prozessschritt gibt es einige Gestaltungsgrundsätze. So unterscheiden wir solche Grundsätze für die Legendenbildung, zur Generalisierung der Geometrien von flächenhaften und linienhaften Objekten, für Layouts, zur Anordnung der Kartenbestandteile, zur Farbgebung oder zur Kartenschrift.

Es können eine Vielzahl von kartografischen Gestaltungsgrundsätzen sowohl für eigentliche Karten als auch für kartenverwandte Darstellungen aufgezählt werden. Einige dürfen sogar als zutreffend für beide Arten angesehen werden. Sie betreffen wiederum verschiedene Aspekte des Gestaltungsprozesses.

Einige paar wenige Beispiele von kartografischen Gestaltungsgrundsätzen sollen genügen, um die Breite zu verdeutlichen. Die Aufzählung erhebt keinerlei Ansprüche auf Vollständigkeit und systematische Gliederung. Obwohl der Wortlaut stets verschieden ist, orientiert sich der Sinngehalt weitgehend an verschiedensten Einflussfaktoren wie kartografischen Traditionen, Lehrmeinungen oder sozio-kulturellen Einflüssen (z.B. Bedeutungen von Farben).

Beispiele für kartografische Gestaltungsgrundsätze zur Flächengestaltung

- *Flächenhafte (meist untenliegende) Objekte sollen mit hellen Farbtönen oder Graustufen belegt sein.*
- *Je kleiner die Flächenausdehnungen, desto dunkler sollen die Farbtöne oder die Graustufen gewählt werden.*

Beispiele für kartografische Gestaltungsgrundsätze zur Symbolisierung

- *Gleiche Objekte sollen mit gleichen Signaturen dargestellt werden.*
- *Signaturen und (Flächen-)Muster sollen stets klar erkenn- und interpretierbar sein.*
- *Je kleiner die Signaturen, desto einfachere Formen sollen dafür gewählt werden.*

Beispiele für kartografische Gestaltungsgrundsätze zur Kartenschrift

- *Die Lesbarkeit der Kartenschrift soll überall gewährleistet sein, d.h. die Schriftgrösse soll eine gewisse Minimaldimension nicht unterschreiten.*
- *Zwischen der Schriftfarbe und dem Hintergrund soll auf gute Kontraste geachtet werden.*

Beispiele für kartografische Gestaltungsgrundsätze zur Geländedarstellung

- *Der Überhöhungsfaktor bei der Geländedarstellung soll maximal das 1.25- bis 2-fache der effektiven massstabsgerechten Höhenverhältnisse betragen (IMHOF 1963).*

Grundsätzlich ist bei den kartografischen Gestaltungsgrundsätzen zu betonen, dass sie stets den Charakter von Handlungsempfehlungen und nicht von -gebieten aufweisen. Der Kartenautor kann sie jederzeit so auslegen und anwenden, wie sie ihm für seine Zwecke sinnvoll erscheinen. Seine kreative Tätigkeit soll dadurch geleitet und nicht verbindlich geführt werden. Aber er kann sich bei deren Anwendung auf eine nutzerorientierte und wirkungsvolle Darstellung einstellen.

2.4 3D-Kartografie und 3D-Karte

2.4.1 Definitionen und Charakteristika der «3D-Kartografie» und der «3D-Karte»

Eine eigentliche Theorie einer 3D-Kartografie existiert derzeit noch nicht explizit. Kein Lehrbuch behandelt das Stichwort «3D-Kartografie» als ausgewiesenen eigenständigen Teil innerhalb des Theoriegebäudes (HAKE ET AL. 2002; SGK 2002; MACEACHREN 1995; KRAAK/ORMELING 1996). Computergenerierte perspektivische kartografische Darstellungen, die eigentlichen Produkte solcher Anstrengungen und deren Erstellungsprozesse werden häufig noch unter dem Thema «kartenverwandte Darstellungen» angeführt. Einzig BUCHROITHNER definiert diesen Begriff im neuen *LEXIKON DER KARTOGRAPHIE UND GEOMATIK* (2001/1) wie folgt:

Definition «3D-Kartografie»

Der Begriff «3D-Kartografie» beschreibt «... jenes Gebiet der Kartographie, welches die klassischen dreidimensionalen körperlichen kartenverwandten Darstellungen, die pseudo-3D und die echt-dreidimensionalen kartographischen Darstellungen umfasst.» (LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK 2001/1: 169).

Wir schliessen uns dieser Beschreibung gerne an, lässt sie doch ein breites Spektrum an Darstellungen zu. Auch kann sie in vielerlei Hinsicht erweitert und differenziert adaptiert werden. Die Beschreibung schliesst zudem die von uns später eingeführten und für diese Arbeit verwendeten Begriffe «3D-Karte» bzw. «Topografische 3D-Karte» (Abs. 2.5) mit ein.

Zudem werden dieser modernen Art der räumlichen Abbildung und Wahrnehmung von Geoinformation bereits seit Längerem weitere Gedanken zugetragen. So sieht KRAAK (1988: 102) schon vor über einem Jahrzehnt verschiedene Komponenten der bisherigen kartografischen Theorie in eine «*three-dimensional cartography*» einfließen. Vor allem

meint er, dass sie «... include elements of the process of cartographic informations analysis, i.e. the geographical component, and elements of the syntax of the sign system and perception of the cues. The assumptions and questions resulting from the study of these sub-topics were reflected in the Spatial Map Image.».

Das Fachgebiet der dreidimensionalen Kartografie müsse sich also sowohl mit der Analyse der geografisch-räumlichen Daten, als auch mit Grundsatzüberlegungen zur gestalterischen und effektiven Erstellung wie auch mit den Wahrnehmungsprozessen für räumlich wahrnehmbare Raumbilder auseinandersetzen.

Nach der Definition von BUCHROITHNER (in: LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK 2001/1) könnte man den Ursprung dieser Kartografierichtung eigentlich schon früh bei den analog hergestellten kartenverwandten Darstellungen suchen. Jene Produkte waren – neben den körperlichen Darstellungen wie Globen, Reliefkarten und Reliefmodell überwiegend Blockbilder, Panoramen oder Vogelschaukarten. Grosse Meister ihres Faches wie E. IMHOF, H. BERANN oder F. HÖLZEL prägten – neben vielen anderen Kartografen und Künstlern – eine ganze Epoche im 19. und 20. Jahrhundert (Abb. 2.8; SAM-SAC 2001, BOSSE 1986; PATTERSON 2000).



Abb. 2.8: Analog hergestellte kartenverwandte Darstellungen grosser Meister:
 a) Blockdiagramm durch E. IMHOF (Quelle: IMHOF 1963); b) Ausschnitt der Vogelschaukarte Südalpen durch H. BERANN (Quelle: VIELKIND 2003); c) Vogelschaukarte Aletschgletscher (Schweiz) von F. HÖLZEL (Quelle: BOSSE 1986).

Zieht man allerdings das Kriterium «Erstellung» und «Erstellungsmittel» heran, so sind die Anfänge der digitalen 3D-Kartografie, wie wir «3D-Kartografie» auch in dieser Arbeit verstehen wollen, erst in der zweiten Hälfte des vorherigen Jahrhunderts zu finden. Mit einfachen Geodatenmodellen und rudimentärer Computerausstattung gelangen schon in den 70er-Jahren des letzten Jahrhunderts beachtliche Resultate in der analytischen Geländedarstellung (BÄR 1995). Heute lassen der Einsatz leistungsfähiger Hard- und Software sowie eine Unzahl von detaillierten digitalen Geodatensätzen eine ungeahnte Darstellungsvielfalt zu.

Als Produkte der 3D-Kartografie werden gemäss BUCHROITHNER kartografische Darstellungen erzeugt, welche beim Betrachter spontan einen dreidimensionalen, also räumlichen Eindruck erwecken (LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK 2001/1). Diese Darstellungen werden nach seiner Definition als «kartografische Raumbilder» bezeichnet. Darunter fallen die mit digitalen Mitteln herstellbaren Visualisierungen, die perspektiv-monoskopisch auf einem flachen Display-Medium realisiert werden. Diese perspektivischen Darstellungen werden üblicherweise als «kartografische 3D-Visualisierungen» bezeichnet. Dafür wollen wir hier die neuen Begriffe der «3D-Karte» bzw. «Topografische 3D-Karte» einführen.

Definition «3D-Karte»

Als «3D-Karte» bezeichnen wir eine kartografische Darstellung in perspektivischer Schrägansicht mit kartografischem Inhalt.

Definition «Topografische 3D-Karte»

Sinngemäss ist eine «Topografische 3D-Karte» eine 3D-Karte, bei welcher der Karteninhalt demjenigen einer (klassischen) topografischen Karte entspricht, also die eigentliche Geländebeschreibung zusammen mit der Situation und Geländeausstattung (Siedlungen, Verkehrswege, Infrastruktur, Gewässernetz, Bodenbedeckung, usw.).

Wir wollen hier die beiden Grenzfälle der perspektivischen Darstellung mit einem Betrachtungswinkel auf das Gelände von 0° (was einem Profil, also einem Seitenriss entspricht) und 90° (was einer echten Karte in Orthogonalprojektion gleichkommt) nicht berücksichtigt wissen.

Dabei wissen wir wohl, dass es sich bei einer 3D-Karte nicht um eine Karte im engeren Sinn handelt, sondern um eine kartenverwandte Darstellung (IMHOF 1963; HAKE ET AL. 2002). Denn wichtige, der Karte immanente Eigenschaften wie Massstäblichkeit, Messbarkeit oder uneingeschränkte Objektlokalisierung sind nicht erfüllt. Da aber die dargestellten Objekte dem Inhalt von Karten entsprechen, möchten wir diese Art der Visualisierung dennoch populär verständlich als «Karte» bezeichnen.

Vorerst soll auch nicht festgelegt sein, ob es sich um statische, bildhafte Darstellungen oder um interaktive Anwendungen mit dynamischen oder selektierbaren Objekten handelt. Diese Merkmale werden festgelegt über den Nutzungszweck, das Gestaltungskonzept (eigenständige oder in ein Informationssystem integrierte Darstellung), die beabsichtigte Funktionalität und über die technische Konzeption der 3D-Karte.

Es ist dabei nicht zwingend, dass solche Darstellungen mit moderner Computerunterstützung generiert worden sind, auch wenn alle in dieser Arbeit diskutierten kartografischen Darstellungen von dieser Machart sind. Sicher ist jedoch: die modernen 3D-Karten sind weniger von der Intuition und der Kunstfertigkeit eines Malers oder Konstrukteurs bestimmt. Viel eher sind sie von der Verfügbarkeit von (digitalen) Daten, leistungsfähigen Softwarefunktionen oder Spezialeinrichtungen (z.B. monochromatisches kohärentes Licht und Fotoplatte bei Hologrammen) abhängig.

Ebenso ist in diesem Zusammenhang nicht wichtig, ob die zugrundeliegenden digitalen Daten in Raster- oder Vektorform vorliegen. Massgebend ist der Einbezug der Höhendimension und der vertikalen Position der abgebildeten Objekte und Geländepunkte, ausgedrückt durch deren z-Koordinate. Weitere Merkmale und Eigenschaften der «Topografischen 3D-Karte» werden in Abs. 2.5 beleuchtet.

Auch andere Autoren bedienen sich des Ausdruckes «3D-Karte», und zwar mit teilweise abweichender, teilweise aber ergänzender Bedeutung.

Für KRAAK (1988: 12) ist eine kartografische Darstellung eine 3D-Karte wenn folgendes zutrifft: «... a map ... is said to be three-dimensional when it contains stimuli which make the map user perceive its contents as three-dimensional.». Wichtig für ihn ist somit, dass durch verschiedene wahrnehmungspsychologische Stimuli (Abs. 2.6) der Darstellungsinhalt vom Nutzer dreidimensional erfasst wird.

DÖLLNER (2001: 180) schreibt dazu aus eher erstellungstechnischer und nutzerorientierter Sicht: «(Interaktive, dynamische) 3D-Karten lassen sich als kartenverwandte Darstellungen begreifen, die raumbezogene Daten und Prozesse auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells dreidimensional computergraphisch visualisieren, die Interaktion mit dem Dargestellten ermöglichen und den Kartenaufbau und die Kartengestaltung in Abhängigkeit von der Sichtsituation, den Benutzerwünschen und dem Benutzerverhalten dynamisch festlegen». Er glaubt dabei, dass der Begriff aufgrund des heutigen Sprachgebrauchs intuitiv als ein dreidimensionales (dynamisches) Kartenmodell und dessen geometrische Projektion auf eine ebene Zeichenfläche verstanden wird.

Technisch und inhaltlich erweitert definiert TERRIBILINI (2001: 19) die Topografische 3D-Karte als «... dreidimensional wirkende Darstellung natürlicher, künstlicher und abstrakter Erscheinungsformen eines Ausschnittes der Erdoberfläche (Siedlungen, Verkehrswege, Geländeformen, Vegetation, usw.), wobei der Inhalt nach kartographischen Regeln generalisiert und symbolisiert wird. Betrachterstandort, Blickrichtung, Blickwinkel und Projektionsart sind frei wählbar.».

Wir wollen uns im Folgenden – zusammen mit den bisherigen Überlegungen zu kartografischen Darstellungen und topografischen Karten (HAKE ET AL. 2002) – an der vorangehenden Definition und Beschreibung orientieren.

2.4.2 Heutiger Stand der 3D-Kartografie

Technische Ansätze zur Datenvisualisierung in der 3D-Kartografie wurden in den letzten Jahren weit vorangetrieben. Vor allem die Entwicklung von Ansätzen zur Erstellung von Geländerepräsentationen sowie zur Integration von weiteren – topografischen wie auch thematischen – Geodaten hat die Aufmerksamkeit stark auf sich gelenkt. So sind viele Ansätze entwickelt worden, wie sowohl Vektor- als auch Rasterdaten mit digitalen Geländemodellen interaktiv oder (halb-)automatisch verknüpft und mit diversen Rendering-Algorithmen visualisiert werden können (Abb. 2.9; SIEBER/BÄR 1997; ZANINI 1998; DÖLLNER ET AL. 2000; DÖLLNER 2001; HUBER/SIEBER 2001; TERRIBILINI 2001).

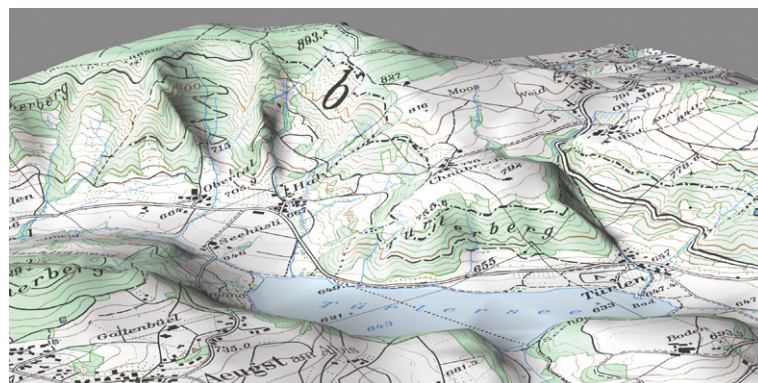


Abb. 2.9: Ausschnitt einer Topografischen 3D-Karte vom Raum Türlerseer (Schweiz) mit visualisiertem Geländemodell DHM25 und überlagerter Pixelkarte PK25 (Geodaten: © SWISSTOPO; BA035796).

Bei dynamischen Systemen (z.B. bei Internetapplikationen, Atlas-Informationssystemen) stehen Aspekte der Navigation (BUZIEK 2000/1; DÖLLNER ET AL. 2000; HUBER/SIEBER 2001) und interaktive Abfragemethoden (SCHNEIDER 2002) im Vordergrund (Abb. 2.10).

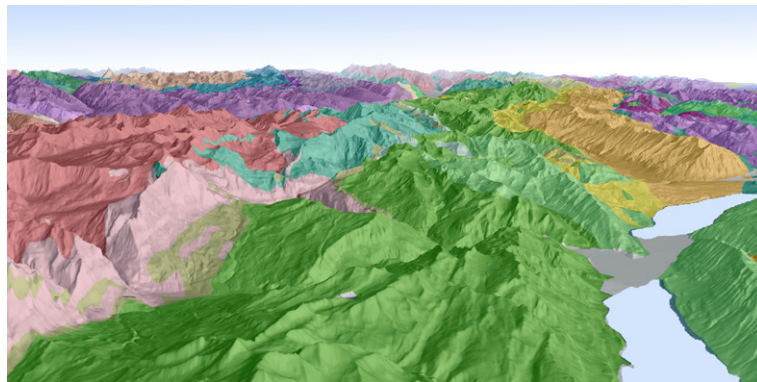


Abb. 2.10: Bildschirmausschnitt einer interaktiven, dynamischen 3D-Karte aus dem «Atlas der Schweiz – Interaktiv, Version 2» mit visualisierter geologischer Oberfläche (Geodaten: © SWISSTOPO; BA035796).

Darstellungsmethoden

Grossen Raum nehmen Arbeiten zur Texturierung von Geländeoberflächen mit rasterbasierten Bilddaten ein, seien diese nun abgeleitet aus digitalen Landeskarten, Luft- oder Satellitenbilddaufnahmen. Sie werden häufig auch eingesetzt als untenliegende Basisinformation, um darüber diverse vektororientierte Geodaten oder Kartenschrift (Labels) zu implementieren (DÖLLNER ET AL. 2000; DOBLER 2002).

Eine Vielzahl kommerzieller Produkte auf CD-ROM oder webbasierter Informationstools basiert auf dem Ansatz, ein Geländemodell lediglich mit einer rasterbasierten Karte zu überlagern, einen Suchmodus mit weiteren Navigationswerkzeugen zu implementieren und so als Informationssystem auf den Markt zu bringen (Abb. 2.11).



Abb. 2.11: Bildschirmausschnitt einer 3D-Karte der Region Berchtesgaden (Deutschland). Generiert wurde die perspektivische Darstellung mit dem 3D-Modul der «Top50» (Quelle: TOP50 2002).

Eine Besonderheit innerhalb der 3D-Kartografie sind Visualisierungen von topografischen Geodaten verschmolzen mit weiteren thematischen oder statistischen Daten, seien sie nun als Rasterdatei oder aber als alphanumerische Daten vorliegend. Dies ergibt dann entweder topografisch-thematische 3D-Karten (Abb. 2.12) oder statistische Oberflächen in perspektivischer Ansicht (Abb. 2.13).

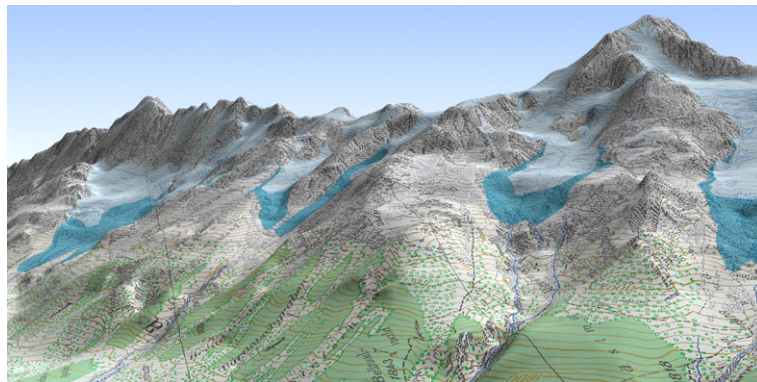


Abb. 2.12: Topografisch-thematische 3D-Gletscherkarte vom Gebiet des Bietschhorns (Schweiz) (Geodaten: © SWISSTOPO; BA035796; Gletscherdaten: © Geografisches Institut, Universität Zürich).

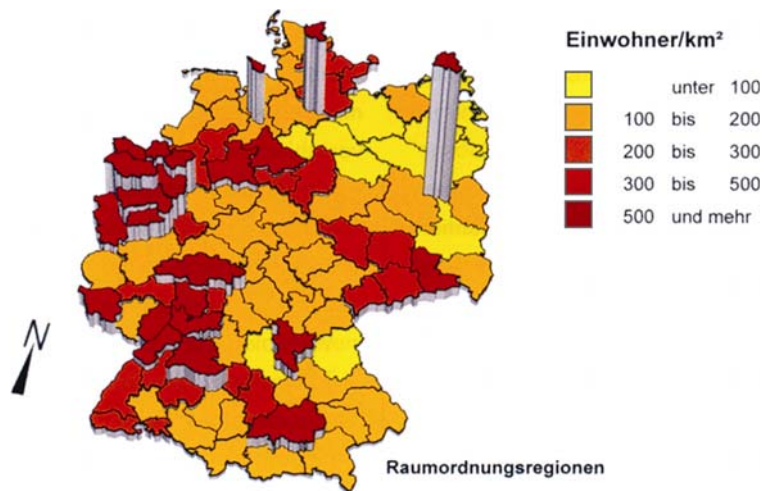


Abb. 2.13: Statistische Oberfläche zur Einwohnerdichte in Deutschland (Quelle: RASE 2000).

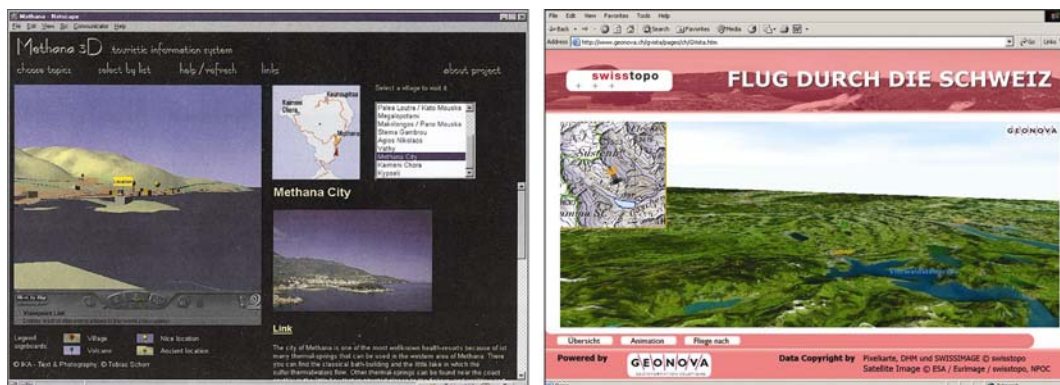


Abb. 2.14: 3D-Karten in Internetapplikationen. Links: Bildschirmabbildung eines interaktiven Tourismusinformationssystems der griechischen Halbinsel Methana (Quelle: MUNDLE 2000); rechts: Bildschirmabbildung eines virtuellen Fluges über die Schweiz (Quelle: GEONOVA 2003).

Zunehmend anzutreffen sind 3D-Karten im Internet (Abb. 2.14). Da Webapplikationen in vielerlei Hinsicht ressourcensparend aufgebaut sein müssen, sind die Inhalte der kartografischen Darstellungen oft nicht sehr umfangreich. Dies breitet ein Spannungsfeld auf, welches bereits vielversprechende Lösungen hervorgebracht hat. Ganzheitliche Gebiete (z.B. Städte, Regionen, Landesteile) mit begrenzten Geodatensätzen – häufig allerdings noch im Rasterformat mit grober Auflösung – können über einen Internetbrowser mit Zusatzapplikationen (Plug-Ins) interaktiv navigiert und perspektivisch betrachtet werden.

Gestaltung und Symbolisierung

Bis anhin sind Anstrengungen zur Gestaltung und Symbolisierung von 3D-Karten noch spärlich unternommen worden. Bei Texturen werden in der Regel die verwendeten Rasterdaten übernommen und mit den Geländedaten kombiniert. Man setzt sich wenig bis gar nicht mit der grafischen Erscheinung derselben auseinander. Selbst feinste Bildstrukturen oder Farbkontraste werden bei den verschiedensten Anwendungen meist ohne Anpassungen in der 3D-Karte wiedergegeben. Die klare Identifikation oder Abgrenzung von Kartenobjekten wird somit sehr erschwert (Abb. 2.15).

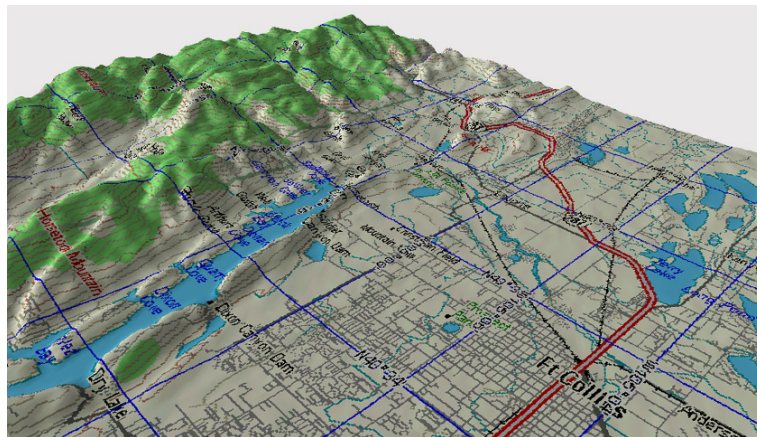


Abb. 2.15: 3D-Karte mit rasterorientierter Texturierung. Anpassungen wurden kaum vorgenommen, Kontraste sind zu wenig stark ausgeprägt (Quelle: TOPOUSA 1999).

Anders verhält es sich mit Vektordaten. Dort ist zum vornherein eine Gestaltung notwendig, besitzen doch die Daten noch keine grafische Attributierung. In diesem Fall muss den einzelnen Kartenobjekten bewusst ein Symbol zugewiesen werden (ZANINI 1998; DÖLLNER ET AL. 2000; TERRIBILINI 2001). Dennoch sind einige jüngere Arbeiten zu finden, die sich explizit mit Überlegungen über die formliche Gestaltung und der Zuweisung von Signaturen und anderen grafischen Ausprägungen von vektororientierten Kartenobjekten beschäftigen (PATTERSON 1998; GARTNER 1999; HÄBERLING 1999; SÄNGER 2000; DOBLER 2001; PETROVIC 2001; JOBST ET AL. 2002).

Nutzung

Über die Nutzungen, den Informationsgehalt und die Wirkungen von 3D-Karten wird eher selten geforscht. Am ehesten wird der effektive oder potenzielle Einsatzbereich solcher kartografischen Darstellungen diskutiert (HURNI 1995; KRIZ 2001/1).

Bisher wurden wenige Arbeiten über den Wert und den Mehrgewinn von 3D-Karten durchgeführt. Bei einer empirischen Untersuchung von WASTL (1999) mit grossmasstäbigen und daher kleinräumigen perspektivischen Darstellungen wurde der Gebrauchswert

im Vergleich zu orthogonalen Karten fokussiert (Abb. 2.16). Die Ergebnisse sprechen keinen einheitlichen Trend aus. Je nach Aufgabenstellung und subjektiven Faktoren bei den Probanden (Erfahrung im Umgang mit Karten, Ortskenntnisse, usw.) wurden 3D-Karten als unterschiedlich nutzensteigernd bewertet.

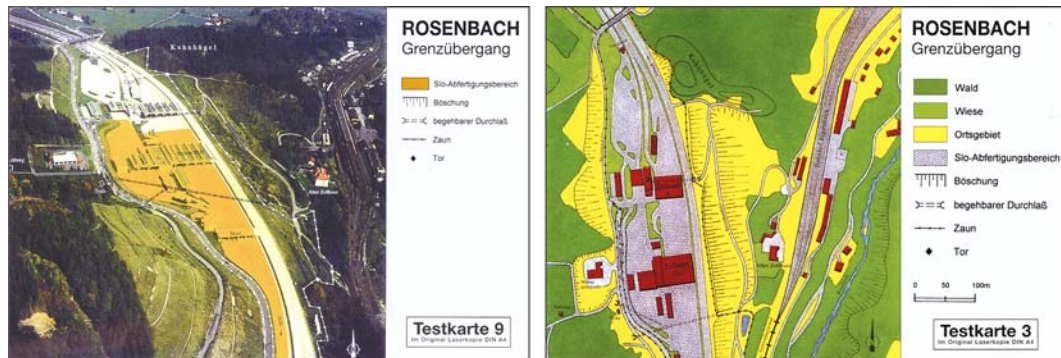


Abb. 2.16: Nutzung von 3D-Karten im Vergleich zu orthogonalen Karten. Links: 3D-Karte (Schrägluftbild mit kartografischen Eintragungen); rechts: Kartenskizze in orthogonaler Projektion (Quelle: WASTL 1999).

2.4.3 Aktuelle Probleme in der 3D-Kartografie

Die rasante Entwicklung bezüglich Computertechnik und Geodatenbeständen hat grossen Einfluss auch auf andere Bereiche, von denen 3D-Karten tangiert werden. So haben im gesellschaftlichen und kulturellen Bereich die jüngeren Informations- und Kommunikationstechnologien (Internet, Mobilfunk) sowie die ganze Medienentwicklung viel zur Verbreitung von perspektivischen Darstellungen beigetragen. Der unterstützende Einsatz im Fernsehen (Animationen bei Wissenschaftssendungen, «Wetterflüge», Streckenvisualisierungen bei Sportsendungen) und in den Printmedien (Infografiken) fördern den Umgang damit (Abb. 2.17). Selbst sich verändernde Freizeit- und Reisegewohnheiten – der Blick von Aussichtspunkten oder vom Flugzeug aus ist jederzeit möglich – lassen den perspektivischen Überblick über die Landschaft zur Gewohnheit werden. Durch die Nutzung solcher Darstellungen lässt sich ein gesteigerter Orientierungssinn vermuten.



Abb. 2.17: 3D-Karte im Medieneinsatz. Momentaufnahme einer Fluganimation zum Thema «Wetterentwicklung» (Quelle: SCHRÖDER 2000).

Wir wollen uns in dieser Arbeit aber nicht weiter mit den veränderten technischen Rahmenbedingungen und sozio-kulturellen Entwicklungen beschäftigen. Vielmehr müssen

einige Problembereiche im Zusammenhang mit der Wissensvermittlung angesprochen werden. Zur Gestaltung von 3D-Karten sind weder theoretische Überlegungen vorhanden noch existieren irgendwelche Gestaltungsempfehlungen dazu. Auch im neuesten deutschsprachigen Lehrbuch von HAKE, GRÜNREICH und MENG (HAKE ET AL. 2002) oder dem neuen Ausbildungsleitfaden für Kartografen der Schweizerischen Gesellschaft für Kartographie (SGK 2002) sind keine Hinweise zu finden. Doch wäre es gerade in solchen Werken angebracht, dass zur Gestaltung gewisse prozess- und gestaltungstheoretische Grundsatzüberlegungen oder praktische Handlungsanleitungen weitergegeben werden könnten. Damit würde den verschiedenen Akteuren ein Instrumentarium zur Verfügung stehen, das eine effiziente und effektive Wissensvermittlung begünstigt.

2.5 Topografische 3D-Karte

2.5.1 Zum Begriff «Topografische 3D-Karte»

Gemäss unserer Definition aus Abs. 2.4.1 wollen wir unter einer *Topografischen 3D-Karte* eine perspektivische kartografische Darstellung mit dem kartografischen Inhalt einer klassischen topografischen Karte verstehen. Laut dem Institut für Angewandte Geodäsie IfAG (heute Bundesamt für Kartographie und Geodäsie BKG, Frankfurt) wurden bereits 1971 «topografische Karten» als «... Karten aller Massstäbe, in denen die Landschaft charakteristisch vereinfacht dargestellt ist ...» definiert (HAKE ET AL. 2002). Zieht man nun diese Definition dieses Kartentyps heran, so lässt sich der neue Begriff «Topografische 3D-Karte» wie folgt näher erklären:

- **«Karte»:** Diese Art der kartenverwandten Darstellung sollte sich gleich wie eine Karte verwenden lassen. Sie vermittelt dem Nutzer die absolute wie auch relative Lage der abgebildeten Objekte. Neben der Orientierungsfunktion wird sie sich ebenso zur Distanz- und Flächenabschätzung oder für Planungsaufgaben eignen.
- **«3D»** (hier verstanden als Kurzschreibweise für «dreidimensional»): Die Darstellung erscheint dem Nutzer räumlich und volumenhaft, selbst wenn die Abbildung auf einem zweidimensionalen Medium (Papier, bedruckbares Material, Bildschirm, Projektionswand) erfolgt.
- **«topografisch»:** Die 3D-Karte gibt den Inhalt einer klassischen topografischen Karte wieder. Dazu werden auch die sichtbaren Landschaftsobjekte gezählt. Die Objekte sind ihrerseits schon massstabsgerecht generalisiert.

Nach HAKE, GRÜNREICH und MENG (HAKE ET AL. 2002) gibt es noch weitere Kriterien, nach denen topografische Karten eingeteilt werden können. So werden sie z.B. nach dem Massstab und Generalisierungsgrad, nach dem Kartenzweck (Plan-, Grundkarten), nach speziell grafischen Ausprägungen (Hypsometrie) oder nach spezieller Art der Präsentation (z.B. Luftbildkarten) unterschieden. Eine solche Einteilung soll uns in den weiteren Betrachtungen aber nur am Rande interessieren.

2.5.2 Karteninhalt Topografischer 3D-Karten

Viele Überlegungen zur klassischen topografischen Karte lassen sich nun auf andere Darstellungsformen mit kartografischem Inhalt beziehen, also auch auf Topografische 3D-Karten. Gemäss der Internationalen Kartografischen Vereinigung IKV (1973) kann «jede Karte, in der Situation, Gewässer, Geländeformen, Bodenbewachsung und eine Reihe

sonstiger zur allgemeinen Orientierung notwendiger oder ausgezeichneter Erscheinungen den Hauptgegenstand bilden und durch Kartenbeschriftung eingehend erläutert sind» als «topografische Karte» bezeichnet werden (HAKE ET AL. 2002: 416).

Eine kurze, nicht abschliessende Aufzählung der Objektkategorien, ergänzt mit einigen Beispielen von Objektarten, soll den Karteninhalt von Topografischen 3D-Karten in unserem Sinne verdeutlichen (HURNI 1995; HAKE ET AL. 2002; SWISSTOPO 2003/1 und 2003/2; ATKIS 2003):

- **Geländeoberfläche**
 - punkthafte Objekte: Höhenkoten (mit textlicher Höhenangaben)
 - linienhafte Objekte: Höhenlinien, Profillinien
 - flächenhafte Objekte: Geländefläche
- **Siedlungsstrukturen**
 - punkthafte Objekte: Einzelgebäude
 - flächenhafte Objekte: Siedlungsausdehnung, Industriezonen
- **Gewässer**
 - punkthafte Objekte: Quellen, Schlucklöcher
 - linienhafte Objekte: Flüsse, Bäche, Kanäle
 - flächenhafte Objekte: Seen, Teiche, Tümpel, Meerflächen
- **Verkehrsnetz**
 - punkthafte Objekte: Haltestationen, (Signale, Billetautomaten)
 - linienhafte Objekte: Strassen, Wege, Eisenbahnen, Zahnradbahnen, Schiffsrouten, (Stand-/Luft-)Seil-, Gondel-, Sesselbahnen, Skilifte, Flugpisten
 - flächenhafte Objekte: Parkierflächen, Bahnareale, Flughafenareale
- **Infrastruktur**
 - punkthafte Objekte: Aussichtstürme, Sendemasten, Empfangsantennen
 - linienhafte Objekte: Stromleitungen
 - flächenhafte Objekte: Stadionanlagen, Zoos, Friedhöfe
- **Bodenbedeckung**
 - punkthafte Objekte: Bäume, Sträucher, Erratiker
 - linienhafte Objekte: Hecken, Schilfbestände, Steinmauern
 - flächenhafte Objekte: Wald, Wiesen, Fels, Gletscher, Acker, Strände, Ödland
- **Virtuelle Gegebenheiten und Nutzungen**
 - punkthafte Objekte: Verwaltungssitze
 - linienhafte Objekte: Administrativgrenzen (Landes-, Kommunalgrenze), Gebietsgrenzen (Nationalparkgrenze, Schutzgebietsgrenze)
 - flächenhafte Objekte: spezielle Einzonungen, Gebietsausscheidungen, Naturschutzgebiete, Parkanlagen
- **Orientierungsobjekte**
 - punkthafte Objekte: Distanzmarke (Kilometerstangen, Meilenstein)
 - linienhafte Objekte: Koordinatenlinie
 - flächenhafte Objekte: Höhenniveauebene
- **Kartenschrift**
 - zu punkthafte Objekten: Bezeichnungen von Einzelgebäuden
 - zu linienhaften Objekten: Fluss-, Tal-, Strassenbezeichnungen
 - zu flächenhaften Objekten: Länder-, Regions-, Städtenamen
 - zu Orientierungsobjekten: Koordinatenzahlen, Höhenkotenzenzahlen

2.5.3 Mögliche Typisierung Topografischer 3D-Karten

Eine Einteilung der 3D-Karten, im Speziellen der Topografischen 3D-Karten, existiert noch nicht. Diese Tatsache begründet sich nicht zuletzt auf die kaum geführte theoretische Auseinandersetzung mit dieser Darstellungsform. Es liessen sich unzählige Schemata finden und begründen, teilweise grob unterteilte, teilweise sehr fein gegliederte.

Ähnlich wie bei klassischen topografischen Karten wollen wir einige wenige Kriterien zur Einteilung der unzähligen Formen von Topografischen 3D-Karten heranziehen. Jedoch würde eine allzu detaillierte Typisierung den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Zudem sind die nachfolgenden technischen Bezeichnungen der verschiedenen Typen von Topografischen 3D-Karten eher als Vorschläge zu werten.

Folgende Einteilungskriterien werden herangezogen und kurz erläutert:

- Darstellungsraum
- Grundlagedaten
- Funktionalität
- Thematischer Inhalt
- Kartenzweck und Verwendung
- Anwendungsbereiche
- Gestaltung und Symbolisierung
- Präsentationsmedium

Einteilungskriterium «Darstellungsraum»

Bei Topografischen 3D-Karten ist jegliche Ausdehnung des darzustellenden geografischen Raumes denkbar. Durch effiziente Modellierung der Digitalen Höhenmodelle können umfangreiche Datenmengen berechnet und visualisiert werden (ZANINI 1998; TERRIBILINI 2001). Je grösser jedoch der abgebildete Raumausschnitt im Bild erscheint, also je kleiner der mittlere Massstab (Verhältnis zwischen realen Distanzen und korrespondierenden Abbildungsausdehnungen) beträgt, desto generalisierter und ausgedünnter muss die darauf abgebildete topografische Information abgebildet sein. Auch sollten dann die Kartensymbole verhältnismässig zu den Geländedimensionen umso grösser gewählt werden. Trotzdem sollen wir nicht von «*grossmassstäbigen*» oder «*kleinmassstäbigen*», sondern eher von ***grossräumigen*** bzw. ***kleinräumigen Topografischen 3D-Karten*** sprechen.

Einteilungskriterium «Grundlagedaten»

Topografische 3D-Karten werden aus verschiedenen digitalen Geodaten generiert. Als unentbehrliche Grundlage dafür dient ein Digitales Höhenmodell (DHM). Dieses kann in unterschiedlichster Datenstruktur als regelmässiges Gitter (GRID), als unregelmässige Dreiecksvermaschung (Triangulated Irregular Network oder TIN) oder als Graustufenbild vorliegen.

Die topografischen Daten können sowohl in Vektorform als auch in Rasterform zur Verfügung stehen. Bei Verwendung von Vektordaten greift man häufig auf Datenbanken in GIS oder Grafikprogrammen aus dem Desktop Publishing-Bereich (DTP) zurück. Sinnvollerweise wollen wir solche 3D-Karten nach den ursprünglichen Datenverwaltungssystemen als *GIS-* bzw. *DTP-gestützte vektorbasierte Topografische 3D-Karten* bezeichnen.

Falls ausschliesslich Rasterdaten zur Abbildung der topografischen Geoinformation herangezogen werden (gescannte Karten, Luftbilder, Satellitenbilder), so könnten wir von einer ***Topografischen 3D-Rasterkarte***, einer ***texturierten Topografischen 3D-Karte*** oder einer ***Topografischen 3D-Bildkarte*** sprechen.

Einteilungskriterium «Funktionalität»

Eingebettet in einer multimedialen und multifunktionalen Umgebung (Atlas-Informationssystem, Webapplikation) oder als alleinstehendes, analoges Kartenbild (Papierkarte, Artikelillustration) können Topografische 3D-Karten unterschiedlichste Freiheitsgrade zur interaktiven Nutzung sowie nutzerorientierte Analysefunktionen aufweisen (HUBER/SIEBER 2001; BUZIEK 2003; DRANSCH 2003; HUBER/SCHMID 2003).

Je nachdem, ob es sich bei einer Topografischen 3D-Karte um eine statische Darstellung (**statische, passive Topografische 3D-Karte**) oder um eine **interaktive, bewegte, dynamische Topografische 3D-Karte** oder eine **navigierbare Topografische 3D-Karte** handelt, können wir die gleichen Adjektive voranstellen wie bei klassischen orthogonalen topografischen Karten.

Einteilungskriterium «Thematischer Inhalt»

Neben der eigentlichen topografischen Information ist durch ergänzende thematische Karteneintragungen die Vielfalt an Typen – und damit auch an Bezeichnungen – wohl unerschöpflich. Die Grenze zwischen einer Topografischen 3D-Karte im strengem Sinne mit klassisch topografischem Karteninhalt und einer solchen mit ergänzender thematischer Geoinformation (z.B. Wander- und Freizeitinformationen, Transportmöglichkeiten, Gletscherentwicklung, Niederschlagsverteilung) ist fließend. Vielleicht würden wir in diesem Falle wohl besser von einer **Thematisch-topografischen 3D-Karte** reden.

Einteilungskriterium «Kartenzweck»

Auch bei diesem Kriterium kann wegen der unzählbaren Motive zur Nutzung einer Topografischen 3D-Karte nur eine grobe Einteilung gemacht werden. Vor allem die Intensität der Nutzungsintention muss als entscheidender Faktor betrachtet werden. So ist es für den Kartenautor entscheidend zu wissen, ob die konzipierte Topografische 3D-Karte lediglich als bildhafter Aufhänger für eine Reportage in einem Unterhaltungsmagazin dient («Eye-catcher») und somit vom Nutzer eher zufällig betrachtet wird, oder ob sie wegen einer komplexen wissenschaftlichen Fragestellung detailliert analysiert und ausgewertet wird. Die Spannweite an möglichen Typenbezeichnungen von Topografischen 3D-Karten ist immens. In Abs. 2.5.4 wird noch eingehender auf die potenziellen Nutzungssituationen und Kartenzwecke eingegangen.

Einteilungskriterium «Anwendungsbereiche»

Überall, wo klassische topografische Karten zum Einsatz kommen, könnten Topografische 3D-Karten als ergänzende Darstellungen ausgezeichnete Dienste leisten. Wohl in keinem Aktivitätsfeld sollte darauf verzichtet werden. So werden sie in den Bereichen Bildung, Wissenschaft, Planung, Verwaltung, Transportwesen und Freizeit, je nach Inhaltskomplexität und Nutzerbedürfnissen inhaltlich ausgelegt und grafisch gestaltet. Entsprechend müsste auch hier gemäss Nutzungssituation über die Ergänzung des Karteninhaltes mit Zusatzinformation entschieden werden (vgl. Einteilungskriterium «Thematischer Inhalt»).

Einteilungskriterium «Gestaltung und Symbolisierung»

Die Tatsache, wie das Kartenbild grafisch ausgeprägt ist, kann ebenfalls ein nützliches, weil offensichtliches Einteilungskriterium darstellen. Die digitalen Geodaten, welche bei der Generierung von Topografischen 3D-Karten zugrunde liegen, haben per se noch keine eigentliche Gestalt bezüglich Form, Grösse, Farbe, Strichstärke usw. Diese

erhalten sie erst mit der Symbolisierung (Kap. 3). Die ganze Palette reicht von einer rudimentär symbolisierten Grafik («Spaghetti-Darstellung») bis hin zur synthetisch erstellten, virtuellen Landschaftsvisualisierung mit kartografischen Eintragungen. Spezifische Bezeichnungen für die unterschiedlichsten gestalterischen Ausprägungsformen von Topografischen 3D-Karten sind schwierig zu finden. So könnte man bei den ersten von **Topografische 3D-GIS-Karten** sprechen. Für die letzteren wären Begriffe wie *realitätsnahe Topografische 3D-Karten* oder *kartografische 3D-Landschaftsdarstellungen* angebracht.

Einteilungskriterium «Präsentationsmedium»

Je nach Präsentationsmedium können wir Topografische 3D-Karten entsprechend einteilen in **analoge Topografische 3D-Karten** oder **digitale Topografische 3D-Karten** bzw. **elektronische Topografische 3D-Karten**. Analoge, also auf Papier oder anderen physischen Trägermedien (Präsentationsfolien, Kunststoffplatten) gedruckte Topografische 3D-Karten sind grundsätzlich von statischer Natur und interaktiv kaum nutzbar (einzig: mit transparenten thematischen Folien abdeckbar).

Hingegen umfassen digitale Topografische 3D-Karten grundsätzlich das ganze Spektrum an Funktionalität. Interaktion (Abfragen, Messfunktionen, Standortwahl, usw.) und Animation (Filmsequenzen) erweitern die Einsatzmöglichkeiten enorm. Zwar enthalten ein Grossteil der erhältlichen Topografischen 3D-Karten immer noch stumme digitale Rasterbilder zu Illustrationszwecken. Der Anteil an dynamischen Darstellungen im Internet und als Stand-alone-Anwendungen (z.B. Atlas-Informationssysteme auf CD-ROM) nimmt aber seit mehr als einem Jahrzehnt stetig zu (BUZIEK/DÖLLNER 1999).

2.5.4 Anwendungsbereiche Topografischer 3D-Karten

Allgemeine Eigenheiten

Aufgrund der computergestützten Generierung mittels digitalen Geodaten ist dem Kartenautor ein hohes Mass an Flexibilität gegeben. Topografische 3D-Karten vermitteln unmittelbar einen räumlichen Eindruck der Kartensituation. Das zugrundeliegende Kartenmodell wird perspektivisch abgebildet und bekommt somit eine plastische Wirkung für den Nutzer. Höhenrelationen zwischen Kartenobjekten können meistens direkt aus dem Bild herausgelesen und interpretiert werden. Sie können so ein Bindeglied sein zwischen der räumlichen Wahrnehmung einer physischen Landschaft (Aussichtspunkt, Flugzeug, Luftbildaufnahme) und der modellhaft abstrahierten und generalisierten Kartensituation. Einmal mehr möchten wir betonen, dass Topografische 3D-Karten keinen Ersatz für Karten in orthogonaler Projektion darstellen, sondern eine sinnvolle Ergänzung dazu sind.

Potenzielle Nutzungsfunktionen

Eine Übersicht über potenzielle Nutzungsfunktionen von Topografischen 3D-Karten aufzustellen ist schwierig. Zu vielschichtig sind die persönlichen Motive der Nutzer. Die nachfolgende Auflistung versucht dies mittels sehr pauschalen Nutzungskategorien, um für die späteren Überlegungen wenigstens ein Grundgerüst bereitzustellen. Die Reihenfolge berücksichtigt bewusst die zunehmende Partizipation des Nutzers. Folgende potenzielle Nutzungsfunktionen von Topografischen 3D-Karten sind zu unterscheiden:

- **Aufmerksamkeit erzeugen**

Oft soll mit einer Topografischen 3D-Karte lediglich die Aufmerksamkeit des (zufälligen) Nutzers (Leser, Internetsurfer, Fernsehzuschauer) auf ein eigentliches Produkt (Artikel, Website, TV-Beitrag) gelenkt werden («Eye-catcher»). Die Illustrationen dienen so mehr der Unterhaltung und Dekoration. Der Nutzer nimmt dabei eine eher passive Rolle ein.

- **Übersicht und Orientierung verschaffen**

Ein grundlegendes Bedürfnis von uns allen ist es, eine räumliche Situation zu erfassen und zu überblicken. Eine Topografische 3D-Karte kann – bei günstiger Präsentation des Karteninhaltes ohne Verdeckungen – dem Nutzer zu dieser Übersicht und Orientierung verhelfen. Denn der Landschaftscharakter kann intuitiver erfasst werden, weil seine Erscheinung im Kartenbild näher bei der direkten visuellen Wahrnehmung der Landschaft «vom Boden aus» liegt. Mit einer klassischen topografischen Karte ist dies schwieriger, da das korrekte Kartenlesen geübt sein will.

- **Wissen vermitteln**

Wissensvermittlung räumlich verorteter Phänomene ist eine der zentralsten Funktionen einer Topografischen 3D-Karte. Die kartografische Darstellung als Vermittlerin von räumlicher Geoinformation muss diesem Anspruch in allen Belangen gerecht werden (Abs. 2.2.3). Mit der Abbildung der topografischen Gegebenheiten lässt die Topografische 3D-Karte beim Nutzer neue Erkenntnisse bezüglich Lage und Zusammenhänge derselben innerhalb des Geländeausschnittes entstehen.

- **Räumliches Vorstellungsvermögen und Raumgefühl fördern**

Eine weitere wesentliche Funktion – und gleichzeitig einer der unbestrittenen Vorzüge von Topografischen 3D-Karten – ist die gleichzeitige Darstellung der abstrahierten und generalisierten Karteninformation mit der natürlichen Anschauung eines Geländeausschnittes in perspektivischer Ansicht. Das Vereinen dieser beiden Informationsebenen lässt dem Kartennutzer – zusammen mit seinen bisherigen Erkenntnissen der realen Gegebenheiten aus seiner Erinnerung – ein neues tertiäres Raummodell in seinen Gedanken entstehen. Zudem kann er sich aufgrund des Vergleichs mit der klassischen topografischen Karte und der massstabsabhängigen Symbolisierung der Kartenobjekte innerhalb der Topografischen 3D-Karte auch ein neues Raumgefühl bezüglich Distanzen und Höhenlage aneignen.

- **Analysen ermöglichen**

Abgebildete dreidimensionale (Raum-)Strukturen und Phänomene können durch die perspektivische Ansicht meist besser erfasst und ausgewertet werden. Vor allem werden solche Analyseprozesse erleichtert, bei denen diverse Landschaftsobjekte bezüglich ihrer Höhe und zum Geländecharakter beurteilt werden müssen.

- **Entscheidungen und Handlungen vorbereiten**

Die anschauliche Präsentation des Karteninhaltes in Topografischen 3D-Karten kann mithelfen, Argumentationen zu führen und Entscheidungsprozesse zu räumlich komplexen Strukturen im Bereich Raumplanung, Naturschutz, Erschliessung o.ä. zu klären. In solchen Situationen werden wohl eher kleinräumige thematisch-topografische Darstellungen herangezogen.

- **Überzeugungen und Identifikation fördern**

Durch ihre Anschaulichkeit und Vergleichbarkeit mit realen Situationen können Topografische 3D-Karten verwendet werden, um getroffene raumwirksame Entscheidungen (Massnahmen in der Raumplanung, Verkehrsführung, grosse Bauprojekte) anschaulich zu vermitteln. So kann die Akzeptanz späterer Auswirkungen und die Identifikation bei betroffenen Akteuren gefördert werden.

Anwendungsbereiche

Bisherige und zukünftige Anwendungen von Topografischen 3D-Karten sind – vor allem in Kombination mit thematischen Zusatzinformationen – in einer Vielzahl von Bereichen denkbar (HURNI 1995). Eine systematische detaillierte Aufzählung ist uns aber nicht bekannt.

Die folgende stichwortartige Aufzählung von Anwendungsbereichen mit bereits realisierten und potenziellen Publikationsformen von Topografischen 3D-Karten (Tab. 2.2) ist ein weiterer Vorschlag. Diese Liste gilt es in der Zukunft zu verfeinern und erweitern.

Bereich	Anwendungsbereich
Kartografie	Atlas-Informationssysteme Internet-Suchsysteme
Newsmedien	TV-Nachrichten TV-Magazine (Polit-, Natur-, Sportsendungen) Wetterpräsentationen Printmedien (Zeitungen, Magazine)
Schulen	Geografieunterricht Geschichtsunterricht
Wissenschaft	in sämtlichen raumrelevanten Disziplinen
Planung	Raum-, Siedlungs-, Nutzungsplanung Bauplanung
Verkehr	Verkehrskontrolle auf Haupt- und Nebenstrassennetz Öffentlicher Verkehr (Netzpläne, Angebot)
Tourismus	Hotellerie (Vernetzung von Hotels) Museen Lehrpfade (historische-, technische-, naturkundliche-)
Freizeit und Sport	Skigebiete (Panoramaansichten) Wanderrouten (Reiseführer) Klettergebiete (Kletterführer) Fahrradtouren (Fahrrad- und Mountainbike-Führer) Boots- und Kanutouren (Boots- und Kanuführer)
Unterhaltung	Flug- und Fahrsimulatoren Computerspiele

Tab. 2.2: Anwendungsbereiche von Topografischen 3D-Karten.

2.6 Ausgewählte Aspekte der Wahrnehmung Topografischer 3D-Karten

2.6.1 Räumliche Wahrnehmung von perspektivischen Darstellungen

Ein zentrales Thema in der 3D-Kartografie ist die räumliche Wahrnehmung des dargestellten Karteninhaltes durch den Nutzer. Aufgrund der Abbildungsgesetze der jeweiligen Projektionsart werden die dreidimensionalen topografischen Geodaten auf einem zweidimensionalen Medium abgebildet. Der Nutzer bekommt aber dennoch den Eindruck, das Kartenmodell sei dreidimensional anzuschauen und zu begreifen. Dies hat mit dem menschlichen visuellen Wahrnehmungssystem, also dem Zusammenspiel zwischen Auge (optischer Wahrnehmungsapparat) und dem Gehirn (Auswertungssystem der optischen Reize und Speichermedium erworbenen Wissens) zu tun. Dieser in seinen Details

äusserst komplexe Prozess bildet den Übergang von der Bildinformation, welche getragen wird durch die Topografische 3D-Karte, hin zur Gewinnung neuer Erkenntnisse beim Nutzer. Dieser umfasst die einzelnen Schritte vom physischen Erkennen bis zur intellektuellen-kognitiven Interpretation des Karteninhaltes und seines semantischen Gehaltes.

Der räumliche Wahrnehmungsprozess hängt mit vielen Teilaspekten zusammen. Dieser geht aus vom darzustellenden (semantischen) dreidimensionalen Inhalt einer Topografischen 3D-Karte und seiner grafischen Umsetzung (äussere Gestalt). Von der qualitativen Wiedergabe der Darstellung über ein Abbildungsmedium hängen wiederum die physischen und psychischen Wahrnehmungsfähigkeiten des Nutzers fürs räumliche Erkennen und Interpretieren ab. Gepaart mit seinen bisherigen Kenntnissen zum Thema kann der Nutzer gemäss seinen Wissensansprüchen, ausgelöst durch seine Nutzungssituation, die kartografische Darstellung räumlich interpretieren.

An dieser Stelle soll keine ausführliche Beschreibung übers räumliche Sehen und Wahrnehmen erfolgen. Vertiefende Abhandlungen über das MVW, die Physiognomie des Auges, die physikalischen Eigenschaften des Lichts, die Informationsverarbeitung der visuellen Reize von der Netzhaut zum Gehirn lassen sich in den Arbeiten von MARR (1982), NEISSER (1996) und ROCK (1998) finden. Zudem werden in den Beiträgen von OKOSHI (1976), KRAAK (1988), GRAF (1995), SIEBER (1996), ALBERTZ (1997/1 und 1997/2), BUZIEK (2003) sowie ZIMBARDO (1992), KRAAK/ORMELING (2003) weitere Erklärungen gegeben bezüglich Wahrnehmung und Interpretation von georäumlichen Darstellungen (Karten, Landschaftsvisualisierungen) zu den Voraussetzungen an die Abbildungsmedien sowie den Hilfsmitteln fürs räumliche Sehen.

Es werden anschliessend nur die wichtigsten Einflussfaktoren im Zusammenhang mit räumlichem Erkennen und Interpretieren von dreidimensionalen Strukturen genannt, um die weiteren Grundüberlegungen dieser Arbeit einzuordnen und zu begründen.

2.6.2 Depth Cues und Grundsätze der räumlichen Tiefenwahrnehmung

Das Erkennen von Objekten in einer gestaffelten Anordnung und einer gewissen Entfernung erfordert eine räumliche Tiefenwahrnehmung. Diese wird erreicht durch räumliche Abbildungsfaktoren, den sogenannten «Depth Cues» oder «räumlichen Anhaltspunkten». Sie vermitteln dem Betrachter trotz des zweidimensionalen Abbildes einen räumlichen, dreidimensionalen Eindruck. Sie sind auch für die entwickelten Beurteilungsbeispiele von Topografischen 3D-Karten relevant (Kap. 4). In der räumlichen Tiefenwahrnehmung wird grundsätzlich zwischen psychologischen und physiologischen Depth Cues unterschieden (KRAAK 1988; NEISSER 1996; ROCK 1998). Alle diese Depth Cues und die davon abgeleiteten Grundsätze der räumlichen Tiefenwahrnehmung werden in jeder Topografischen 3D-Karte als Kombination auftreten.

Unter die psychologischen Depth Cues der räumlichen Tiefenwahrnehmung, welche von einer kognitiven Leistung des Gehirns aufgrund von Erfahrung und Erlerntem ausgeht, fallen (SIEBER 1996; ROCK 1998):

- **Überlappung und Verdeckung von Bildobjekten**

Sobald ein Objekt durch ein zweites verdeckt wird und nicht mehr in seiner vollen äusseren Kontur sichtbar ist, so identifizieren wir es als weiter vom Betrachter entfernt, somit als hintenliegend. Umgekehrt erscheinen uns überlappende Objekte als näher zum Betrachter positioniert (Abb. 2.18).

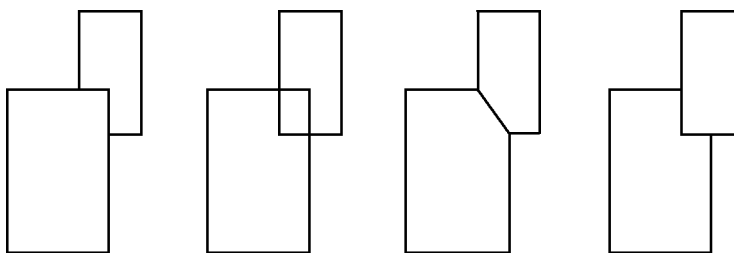


Abb. 2.18: Möglichkeiten räumlicher Überlappung und Verdeckung von Objekten
(Quelle: ROCK 1998).

- **Schattenbildung**

Der vom Objekt verursachte Eigenschatten gibt in Abhängigkeit der Beleuchtungsrichtung erst die perspektivische Form des Objektes wieder. Hingegen dient der Schlagsschatten eines beleuchteten Objektes auf eine Geländeoberfläche zur Erkennung der Raumposition (Abb. 2.19).

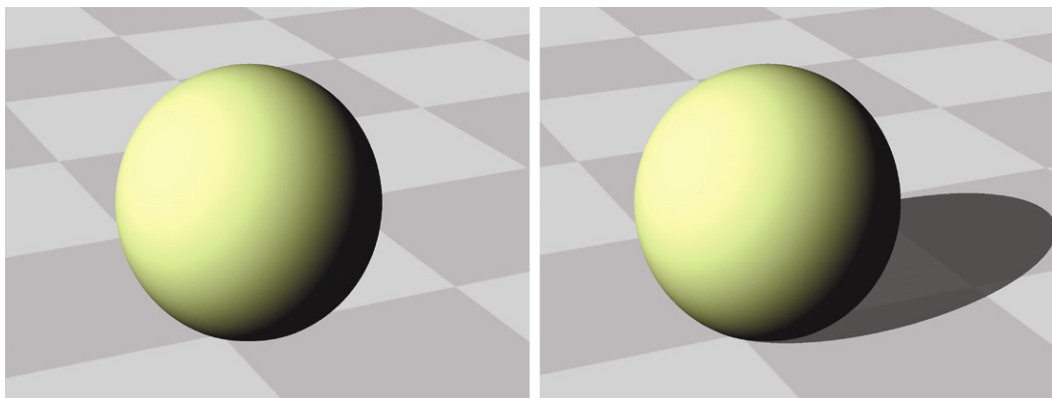


Abb. 2.19: Räumliche «Schattenbildung». Links:) Eigenschatten eines 3D-Objekts; rechts: Eigenschatten mit Schlagschatten kombiniert.

- **Perspektive**

Die Perspektive ist das Abbildungsgesetz, wie einzelne (reale) Raumpunkte oder Objekte auf dem Abbildungsmedium (bedruckbares Material, Bildschirm, Projektion) dargestellt werden. Auch wenn es dabei zu Verzerrungen in der Abbildung kommt, kann das menschliche visuelle Wahrnehmungssystem von den Objekten in der Topografischen 3D-Karte dennoch ihre Form sowie ihre absolute und relative Lage im (Modell-) Raum feststellen.

- **Farbe und Farbsättigung**

Die strukturierende Wirkung der Farben und ihrer Sättigung ist auch bei der räumlichen Tiefenwahrnehmung gross. So werden kräftige, gesättigte Farben als «nah», blasser und matte Farbtöne als «weiter entfernt» wahrgenommen (SIEBER 1996). Dies wird in der Kartografie vor allem ausgenützt zur Darstellung der sogenannten «Luftperspektive» (IMHOF 1965). Dabei wird ein Dunstschleier ins Kartenbild hineingebracht, der mit zunehmender Raumtiefe die Sichtbarkeit der Kartenobjekte abnehmen lässt.

- **Helligkeit**

Bei der Helligkeit von Farbtönen gilt folgendes: je heller der Farbton eines Objekts ist, desto näher scheint das Objekt gegenüber dem Betrachter zu liegen. Voraussetzung

dazu sind konstante Verhältnisse des Lichts und der umliegenden Farben sowie fehlende Einflüsse atmosphärischer Phänomene (SIEBER 1996).

- **Texturgradient**

Bei regelmässigen Texturen haben alle drei charakteristischen strukturellen Bestandteile «Grösse», «Gestalt» und «Dichte» (Anzahl sich wiederholender Bildelemente pro Flächeneinheit) Einfluss auf die räumliche Tiefenwahrnehmung. Denn mit zunehmender Entfernung vom Auge werden sowohl die Flächen und Abstände der grafischen Grundelemente als auch die Konturenstärken immer kleiner (Texturgradient) (Abb. 2.20).

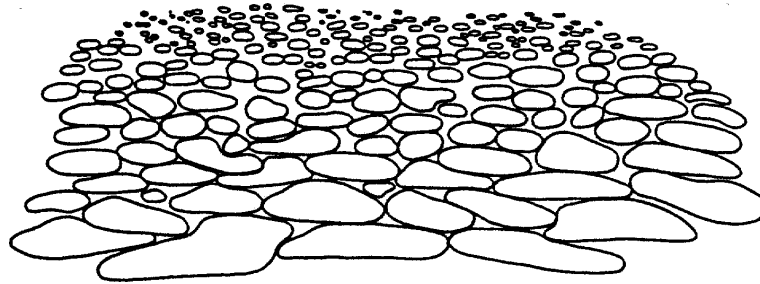


Abb. 2.20: Texturgradient und der Einfluss der strukturellen Bestandteile (Quelle: OKOSHI 1976).

Zu den physiologischen Depth Cues der räumlichen Tiefenwahrnehmung, die abhängig sind von den Fähigkeiten der Augenmuskeln (okumolotorische Faktoren), sind die Folgenden zu zählen (SIEBER 1996; ROCK 1998):

- **Retinale Disparität**

Verschieden entfernte Objekte werden vom Betrachter mit seinem gleichen Augenabstand (durchschnittlich 6.5 cm) unter kleineren oder grösseren Winkeln zwischen den Lichtstrahlen, welche von den angestrahlten Objekten auf die Netzhaut (Retina) reflektiert werden, gesehen (Abb. 2.21). Dies führt zu unterschiedlichen (disparaten) Netzhautbildern und somit zu unterschiedlich empfundenen Distanzen der Objekte zum Betrachter.

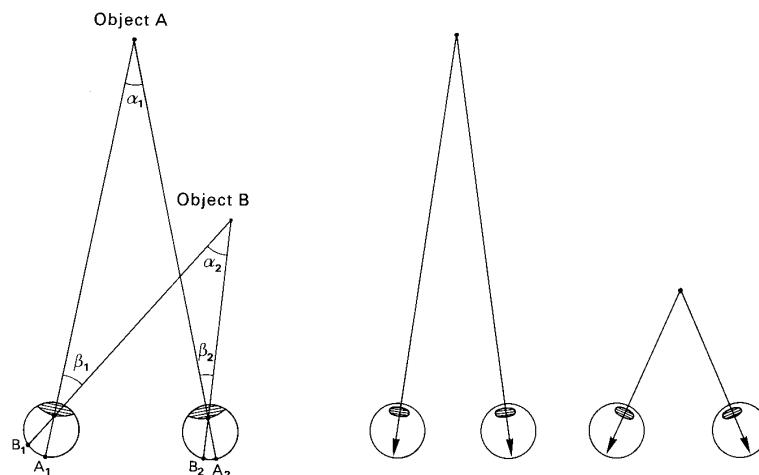


Abb. 2.21: Physiologische Depth Cues. Links: Retinale Disparität; rechts: Konvergenz (Quelle: KRAAK 1988).

- **Akkommodation**

Bei der Akkommodation, also bei der Anpassung der Augenmuskulatur an die Licht- und Entfernungsverhältnisse, wird beim physiologischen Augenapparat die Linsenöffnung so verändert, dass die vom Objekt reflektierten Lichtstrahlen sich auf der Netzhaut treffen, was ein scharfes Bild ergibt. Bei der simultanen Abbildung unterschiedlich entfernter Objekte bewirkt dies eine unterschiedliche Sehschärfe auf der Netzhaut. Diese Schärfe bzw. Unschärfe wird ebenfalls zur Unterscheidung der räumlichen Tiefe von Objekten benützt.

- **Konvergenz**

Ein Objekt wird mit dem Augenpaar je nach Distanz unter einem bestimmten Winkel betrachtet, dem Konvergenzwinkel (Abb. 2.21). Sind Objekte unterschiedlich entfernt, so sind auch die Winkel verschieden, was das menschliche visuelle Wahrnehmungssystem beim Betrachten des Objektes zur Tiefenwirkung verarbeitet. Erst bei sehr grosser Distanz bzw. kleinen Winkelunterschieden ist dies nicht mehr unterscheidbar.

Aus den Besonderheiten des menschlichen visuellen Wahrnehmungsapparates sowie den psychologischen und physiologischen Depth Cues ergeben sich mindestens drei wichtige Grundsätze, die es bei der Abbildung von Objekten in Topografischen 3D-Karten zu berücksichtigen gilt (MARR 1982; KRAAK 1988; ROCK 1998):

- Der Grundsatz der Gestaltkonstanz
- Der Grundsatz der Grössenkonstanz
- Der Grundsatz der Bewegungsparallaxe

- **Der Grundsatz der Gestaltkonstanz**

Der Grundsatz der Gestaltkonstanz besagt, dass gleichartige Objekte trotz unvollständiger oder inkonstanter Form wegen Verdeckungen oder Verzerrungen immer noch als gleich interpretiert werden (Abb. 2.22).

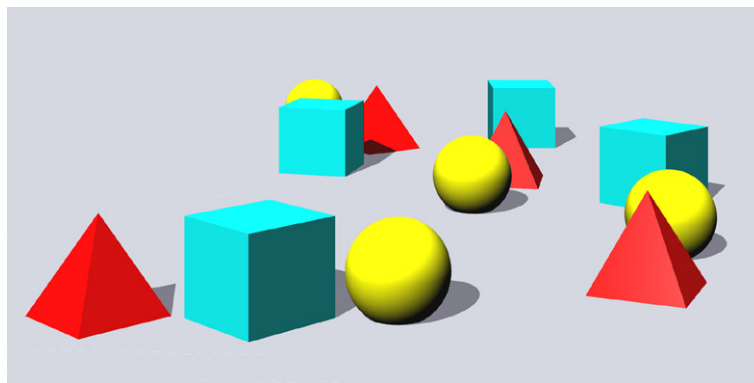


Abb. 2.22: Gestaltkonstanz trotz unterschiedlicher Überlappung und Verdeckung.

- **Der Grundsatz der Grössenkonstanz**

Beim Grundsatz der Grössenkonstanz geht man davon aus, dass gleichartige Objekte trotz unterschiedlicher Abbildungsgrösse aufgrund ihrer unterschiedlichen räumlichen Distanz zum Betrachter als gleich gross beurteilt werden (Abb. 2.23).

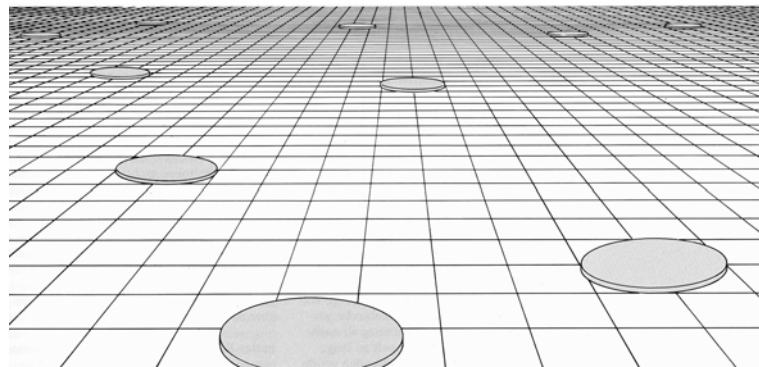


Abb. 2.23: Grössenkonstanz trotz zunehmender Entfernung (Quelle: ROCK 1998).

- **Der Grundsatz der Bewegungsparallaxe**

Der Grundsatz der (monokularen) Bewegungsparallaxe beschreibt die Winkeländerung der Betrachtungsrichtung, unter denen ein Betrachter ein bewegtes Objekt – oder umgekehrt ein bewegter Beobachter ein statisches Objekt – sieht. Diese Änderungen geben Hinweise auf die sich verändernde Raumposition des Objektes bzw. des Beobachters. Bei einem nahen bewegten Objekt ändern sich die Winkel stärker (das Objekt scheint schneller zu sein) als bei einem – mit gleicher Geschwindigkeit bewegtem – entfernteren Objekt mit (Abb. 2.24).

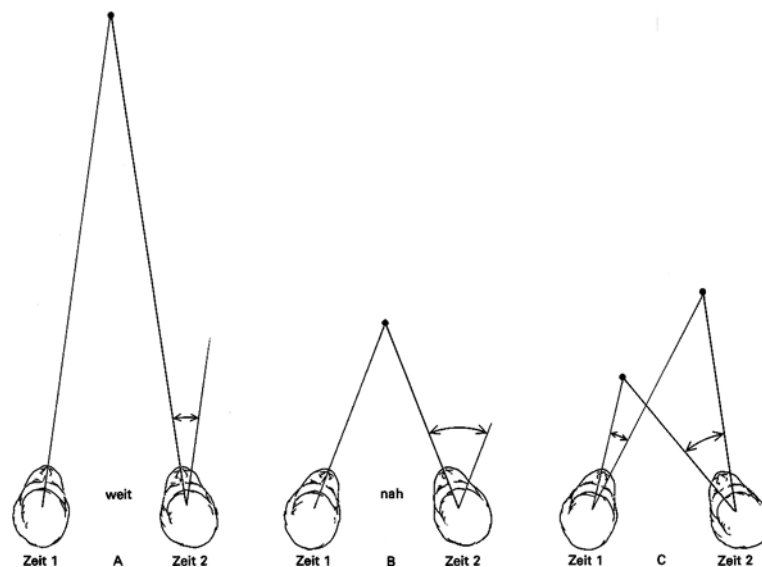


Abb. 2.24: Bewegungsparallaxe als physiologische Depth Cue. Grössere Winkeländerungen der Betrachtungsrichtung ergeben sich bei nahen bewegten Objekten (Quelle: ROCK 1998).

2.6.3 Weitere Voraussetzungen zur Wahrnehmung Topografischer 3D-Karten

Um Topografische 3D-Karten visuell wahrzunehmen, sind weitere grundlegende Voraussetzungen notwendig (HÄBERLING/TERRIBILINI 2000; TERRIBILINI 2001). Andernfalls bestehen zum Teil erhebliche Wahrnehmungsschwierigkeiten. Bei diesen Voraussetzungen handelt es sich um folgende Aspekte:

- **Physikalische Sichtbarkeit der Kartenobjekte**

Es müssen absolute Minimaldimensionen eingehalten werden, damit die physikalische Sichtbarkeit von Kartenobjekten gewährleistet bleibt. Unter die Auflösung des menschlichen Auges kann nicht gegangen werden. Diese ist unterschiedlich je nach Abbildungsmedium (Tab. 2.3; HAKE ET AL. 2002; SPIESS 1996/1).

bei analogen Medien (gedruckte Karten, Bilder, usw.)	ca. 0.07 mm (entspricht ca. 360 dpi)
bei elektronischen Medien (Computerbildschirme, Fernseher, usw.)	ca. 0.1 – 0.2 mm (entspricht ca. 240 – 120 dpi)

Tab. 2.3: Auflösungsvermögen des menschlichen Auges (HAKE ET AL. 2002).

- **Erkennbarkeit der Objekte**

Die Kartenobjekte müssen in ihrer äusseren Erscheinung erkennbar sein. Die geometrische Form wird durch eine minimale Anzahl charakteristischer Elemente gewährleistet (z.B. die neun Kanten eines Würfels). Alle wichtigen grafischen Ausprägungen (Farbe, Textur, Strichstärken, Schattierung, usw.) müssen ebenfalls bestimmt werden können.

- **Klassifizierung der Objekte**

Zur Erkennung des semantischen Gehaltes müssen die Kartenobjekte anhand einer vorher festgelegten Legende klassiert und bekannt sein.

Zur physiologischen Erkennung und Wahrnehmung sowie zur qualitativen Beurteilung von Topografischen 3D-Karten spielen noch eine ganze Reihe weiterer Faktoren eine Rolle. Sie betreffen nicht direkt die Gestaltung der einzelnen Kartenobjekte oder der Gesamtkomposition. Vielmehr sind es Faktoren, welche von der Abbildungstechnik, der Nutzungssituation und dem Nutzer selbst abhängig sind. Einige davon seien hier kurz erwähnt.

- **Technische Qualität des Abbildungsmediums**

Falls es sich bei der Topografischen 3D-Karten um ein analoges Kartenprodukt handelt, ist die Druckqualität für den Wahrnehmungsprozess nicht zu unterschätzen. Falls diese ungenügend ausfällt und qualitative Mängel offenbart (reprotechnische Passungsgenauigkeiten bei den Farbenen, «Blitzer»), kann dies sehr störend wirken. Bei Monitoren ist die Bildschirmauflösung sowie die Bildschärfe sehr zu beachten. Sichtbare und somit störende Treppenbildungen an kontrastreichen Rändern bei der Pixeldarstellung (sogenanntes «Aliasing») werden durch verschiedene software-technische Glättungsalgorithmen vermieden (Antialiasing) (LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK 2001/1). Auch ist kaum ein Nutzer einem verschwommenen Bild gegenüber positiv eingestellt. Vor allem bei der elektronischen Präsentation muss dem technisch benutzten Farbraum Beachtung geschenkt werden. Denn die Anzahl nutzbarer Farben, die Farbbrillanz sowie die Farbkontraste haben Einfluss auf das endgültige Kartenprodukt.

- **Beleuchtungsverhältnisse während der Nutzungssituation**

Ein nutzungsabhängiger Faktor sind die Beleuchtungsverhältnisse bei der Betrachtung Topografischer 3D-Karten. Gerade bei gedruckten Karten oder Broschüren kann nicht auf genügend Umgebungs- oder Leselicht verzichtet werden. Bei Bildschirmdarstellungen muss die Selbstilluminanz des Monitors genügend hoch sein, um die Kartensituation zu erkennen. Auch darf die Nutzungssituation nicht durch zuviel Streu- und reflektierendes Licht gestört werden.

- **Betrachtungsabstand zum Abbildungsmedium**

Der Nutzer wird einen dem Medium angepassten Abstandsbereich zur Topografischen 3D-Karte einhalten müssen, dies vor allem aufgrund seiner persönlichen physiologischen Augenqualität. Nimmt man für analoge Darstellungen (Karte, Zeitschrift, usw.) eine Betrachtungsentfernung zwischen 20–50 cm als sinnvoll an, so erhöht sich diese bei Bildschirmen auf 50–70 cm. Bei Grossprojektionen oder Plakaten darf ein Betrachtungsabstand von einem Meter als minimal angenommen werden.

- **Ortskenntnisse und Wiedererkennung der Situation**

Ob ein Nutzer vorgängig den dargestellten Landschaftsausschnitt aus eigener Anschauung oder Erfahrung schon kennt oder ob er bereits anderweitig kartografische Darstellungen über denselben geografischen Raum benutzt hat, ist für das Wahrnehmen einer neuen Kartensituation von grosser Bedeutung.

- **Zeitliche Faktoren und Gemütsverfassung**

Sehr bedeutsam sind auch die zeitlichen Umstände, wie lange der Nutzer eine Topografische 3D-Karten überhaupt betrachten und visuell auswerten kann. Ob der gesamte Karteninhalt von ihm in der gegebenen Zeit wahrgenommen wird, hängt zudem von seinem Interesse und seinen Erwartungen sowie von seiner Gemütsverfassung (innere Ausgeglichenheit und Ruhe, Nervosität, Stress) ab.

3. *Gestaltungsaspekte bei Topografischen 3D-Karten*

In der Einführung zu Kapitel 3 wird der grundlegende Gestaltungsprozess von 3D-Karten mit seinen drei Teilschritten *Modellierung*, *Symbolisierung* und *Visualisierung* beschrieben. Zudem werden die veränderbaren Grössen *Gestaltungsaspekt*, *Gestaltungsvariable* sowie deren *Variation* definiert und erläutert (Abs. 3.1). In detaillierten Auflistungen werden die einzelnen Gestaltungsaspekte der Modellierung (Abs. 3.2), der Symbolisierung (Abs. 3.3) und der Visualisierung (Abs. 3.4) kurz erklärt. Ergänzt wird das Kapitel mit einigen Bemerkungen zur Benutzeroberfläche und zum Kartenbild einer Topografischen 3D-Karte (Abs. 3.5).

3.1 *Gestaltung und Gestaltungsmöglichkeiten*

3.1.1 *Gestaltungsprozess bei Topografischen 3D-Karten*

Jede Geoinformation in einer Topografischen 3D-Karte besteht aus zwei grundlegenden Aspekten: einem semantischen Aspekt (Bedeutung, Symbolgehalt, Assoziationen¹) und einem grafischen Aspekt. In dieser Arbeit befassen wir uns ausschliesslich mit der grafischen Seite. Trotzdem wollen wir die semantische Bedeutung der kartografischen Darstellung und ihrer Objekte nie ausser Acht lassen. Zum grafischen Aspekt gehören alle äusseren Erscheinungsmerkmale von Kartenobjekten oder der gesamten Darstellung. Diese Merkmale können vom Kartenautor durch eine Vielfalt an Möglichkeiten willentlich beeinflusst werden. Diese Beeinflussung wollen wir «grafische Gestaltung» nennen.

Definition «grafische Gestaltung» von Topografischen 3D-Karten

Unter «grafischer Gestaltung» von Topografischen 3D-Karten wird das bewusste Anwenden aller Möglichkeiten zur visuellen Gestaltung des Karteninhaltes verstanden.

Zur «grafischen Gestaltung» können sowohl die einzelnen Ablaufschritte (Gestaltungsprozess) als auch die gewünschte äussere Erscheinung der Kartenobjekte (Struktur) gezählt werden.

Wichtig bei der Bedeutung von «grafischer Gestaltung» ist, dass stets auch die Form der späteren Präsentation berücksichtigt werden muss. Um die äussere Erscheinung eines Kartenproduktes zu gestalten, müssen die verschiedenen Schritte der Generierung bekannt sein. Der Erstellungsprozess von Topografischen 3D-Karten kann betrachtet werden bezüglich seiner zeitlichen Abfolge (Datenfluss) oder seiner Struktur (Akteure, Methoden). Für diese Arbeit besonders interessant ist die sukzessive Verarbeitung der Daten.

Zur Einordnung der diversen Gestaltungsmöglichkeiten muss die Gestaltung hier sinnvollerweise als Prozess verstanden werden. Dabei werden aber auch immer Überlegungen zur Struktur und zur Form nötig sein. Alle Gestaltungsbereiche sind aufs Engste miteinander verknüpft. Sie lassen sich kaum sauber voneinander abgrenzen. In all den Teilpro-

¹ Unter «Assoziation» versteht man eine Vorstellungsverknüpfung, die eine gefühlsmässige Interpretation weckt (DUDEN 1996).

zessen muss der Kartenautor als Akteur stets aktiv mitentscheiden. Wie bei konventionellen Karten können zur Gestaltung Topografischer 3D-Karten ebenfalls Flächen, Linien oder Punkte als grafische Gestaltungsmittel gewählt werden. Weil allerdings Linien oder Punkte eindimensional bzw. dimensionslos sind, werden alle Objekte grafisch durch Flächen dargestellt. Die Bedeutung der Objekte bleibt dann aber immer noch linienhaft bzw. punkthaft. Des weiteren können Objekte oder die Topografische 3D-Karten als Ganzes durch textliche Elemente beschriftet werden. Diese Ergänzungen erhöhen für den Nutzer den semantischen Gehalt der dargestellten Geoinformation.

3.1.2 Gestaltungsaspekte

In der kartografischen Theorie gibt es keinen eindeutigen Terminus für eine Gruppe von Gestaltungsmöglichkeiten für konventionelle kartografische Darstellungen, geschweige denn für Topografische 3D-Karten. Um eine Grundlage für detailliertere Analysen und zur systematischen Einteilung zu erhalten, führen wir hier den Begriff «Gestaltungsaspekt» ein (HÄBERLING 2000).

Definition «Gestaltungsaspekt»

Unter einem «Gestaltungsaspekt» verstehen wir einen unabhängigen Gestaltungsbereich eines bestimmten äusseren Merkmales oder eines Verhaltensmerkmals einer Topografischen 3D-Karte oder ihrer Kartenobjekte.

Für Topografische 3D-Karten und ihre Kartenobjekte haben folgende Gestaltungsaspekte eine wichtige Bedeutung:

- Perspektive (Abbildungsgesetze)
- Modellbetrachtung (Kamera)
- Beleuchtung und Schattierung
- Position
- Geometrie (formliche Ausprägung)
- visuelle Erscheinung (grafische Erscheinung, äussere Gestalt)
- Orientierung und Beschriftung (Nutzerführung innerhalb der Topografischen 3D-Karte)
- Atmosphärische Effekte und Naturphänomene
- Nutzersteuerung und Nutzerführung (innerhalb des umgebenden Systems; z.B. grafische Benutzerschnittstelle oder Graphic User Interface GUI)

3.1.3 Gestaltungsvariablen und deren Variationen

Die Gestaltungsaspekte enthalten grafische Gestaltungsgrössen, die einen spezifischen Einfluss auf die Gestalt der Kartenobjekte oder der topografischen 3D-Karte als Ganzes haben. Wir wollen zur Benennung solcher Aspekte den Begriff «Gestaltungsvariable» einführen (HÄBERLING 2000).

Definition «Gestaltungsvariable»

Unter einer «Gestaltungsvariablen» soll ein Gestaltungsmerkmal innerhalb eines Gestaltungsaspektes verstanden werden, das die Erscheinung einer Topografischen 3D-Karte bzw. ihrer Kartenobjekte verändert.

Eine Gestaltungsvariable ist somit die elementarste veränderbare Grösse im Gestaltungsprozess. Ein Gestaltungsaspekt umfasst unter Umständen mehrere Gestal-

tungsvariablen. Gestaltungsvariablen wollen wir in ähnlicher Weise verstanden wissen wie BERTIN (1974) seine «visuellen Variablen» (Abs. 2.3.2).

Für eine bestimmte Ausprägung der Gestaltungsvariablen soll zudem der Begriff «Variation» definiert werden (HÄBERLING 2000).

Definition «Variation» einer Gestaltungsvariablen

Unter einer «Variation» wird eine Wahlmöglichkeit einer Gestaltungsvariablen verstanden. Sie kann eine bestimmte qualitative Ausprägung aufweisen, eine Option einer (logischen) Abstufung darstellen oder ein numerischer Wert aus einem begrenzten Wertebereich sein.

Jede Gestaltungsvariable umfasst mindestens zwei Variationen. Der Variationsbereich, also die Länge der Variablen, kann aber auch «unendlich» sein, vor allem bei numerischen, nicht ganzzahligen Werten eines Wertebereiches. Er lässt sich nicht immer präzise festlegen und ist abhängig von der Natur der Variablen. Zur besseren Handhabung und praktikablen Differenzierbarkeit beschränken wir uns aber auf eine diskrete Anzahl von Variationen (HÄBERLING 2000).

3.1.4 Nutzen einer Übersicht von Gestaltungsaspekten und Gestaltungsvariablen

Mittels systematischer Anwendung von kartografischen Gestaltungsgrundsätzen wird schneller eine nutzerorientierte Informationsübertragung erreicht als durch zufallsbedingte, intuitive Wahl. Eine Übersicht der involvierten Gestaltungsmöglichkeiten bietet dabei eine wertvolle Hilfe. Sie dient auch dazu, Gestaltungsvariablen kennen zu lernen und später besser einzusetzen. Bei der Formulierung der fehlenden Gestaltungsgrundsätze kann so gezielter vorgegangen werden (Zielsetzung 2). Die angestrebte Übersicht über die Gestaltungsaspekte verfolgt somit drei hauptsächliche Absichten:

- **Bewusstseinsbildung über den Gestaltungsprozess**

Die Gestaltung der Topografischen 3D-Karte sowie die grafische Erscheinung der Kartenobjekte sollten bewusst angegangen werden. Dieses Übersichtskapitel soll die Planung der einzelnen Gestaltungsschritte positiv beeinflussen.

- **Verstehen der Wirkungsweise von grafischen Gestaltungsaspekten**

Die Übersicht hilft die Wirkungsweise einzelner Variablen besser zu verstehen. Welche Variationen das Aussehen der Objekte und damit das Erkennen und die Wahrnehmung der Darstellung in welcher Weise beeinflussen können, wird vom Kartenautor systematischer erkannt. Der iterative Prozess bei Detailänderungen wird so sicherlich verkürzt.

- **Vereinfachung der Gestaltung**

Der Gestaltungsprozess wird dahingehend erleichtert, indem die Übersicht wie eine Art Ideenkatalog die wichtigsten gestaltbaren Aspekte und Objekteigenschaften in Erinnerung ruft. Die Kartenobjekte könnten nun Punkt für Punkt geprüft werden, welche sinnvolle Variation bei den Gestaltungsvariablen für die gestalterische Differenzierung gewählt werden soll oder welche Möglichkeiten zusätzlich noch offen stehen. Durch die Begrenzungen der Variationsbereiche gelangt der Kartenautor rascher zu konkreten und sinnvollen Einstellungen.

Eine Übersicht von Gestaltungsaspekten mit den dazugehörigen Variablen und Variationsbereichen wird kaum je vollständig oder bis ins letzte Detail ausgearbeitet sein können. Dies wird auch hier nicht bezweckt. Dennoch soll die Absicht sein, dass immer wieder neue Aspekte hinzugefügt sowie die bisherigen hinterfragt und ergänzt werden.

3.1.5 Schritte des Gestaltungsprozesses

Zur Erstellung und Gestaltung von 3D-Karten werden heute ausschliesslich Informatikmittel (Hard-, Software) angewendet. Auch wenn sich bei verschiedenen Produkten die technischen Systemkomponenten durchaus unterscheiden können (SIEBER/BÄR 1996; DÖLLNER ET AL. 2002), läuft der Gestaltungsprozess grundsätzlich in der gleichen Abfolge ab (Abb. 3.1). Ob interaktiv oder halbautomatisch erstellt, beim allgemeinen Gestaltungsprozess können wir drei Teilprozesse unterscheiden (HÄBERLING/TERRIBILINI 2000; TERRIBILINI 2001):

- Modellierung
- Symbolisierung
- Visualisierung

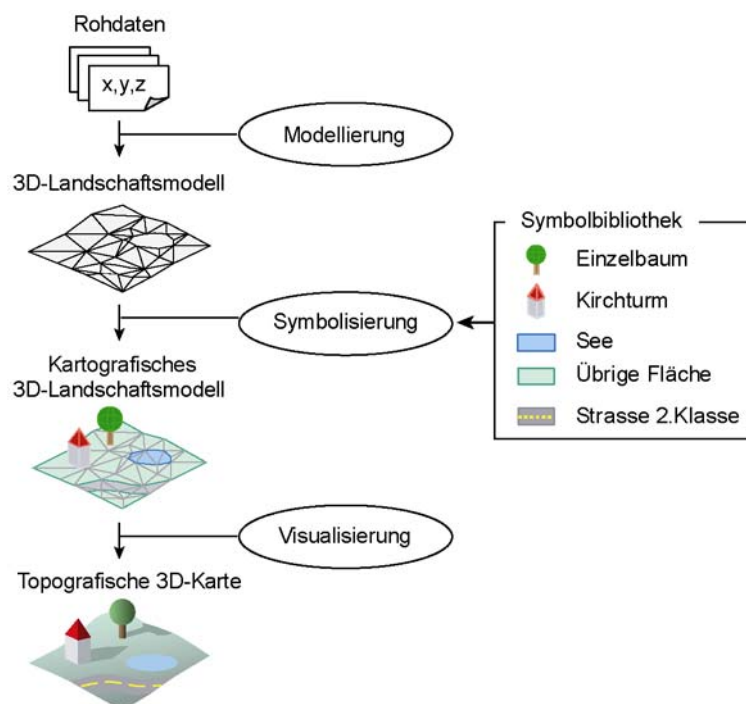


Abb. 3.1: Gestaltungsprozess einer Topografischen 3D-Karte (Quelle: TERRIBILINI 2001).

Nachfolgend sollen die drei Gestaltungsprozesse kurz charakterisiert werden. Detailliertere Beschreibungen zu diversen technischen Gestaltungsansätzen finden sich in TERRIBILINI (2001), DÖLLNER ET AL. (2000) oder DÖLLNER (2001/1).

Modellierung

Zur Modellierung von (Topografischen) 3D-Karten werden die originären Geodaten (Rohdaten) zuerst in die benötigte Modellierungssoftware eingelesen. Diese originären Geodaten können Geländemodelle oder allgemeine topografische Geo-Objekte sein. Die digitalen Daten werden durch spezifische Algorithmen in ihrer Datenstruktur und ihrem Dateiformat so modelliert, dass sie ein sogenanntes «3D-Landschaftsmodell» bilden (TERRIBILINI 2001).

Es geht bei der Modellierung primär darum, die Geo-Objekte aus vorhandenen Datensätzen so zu ergänzen, zu verändern oder zu eliminieren, dass sie im definitiven 3D-Landschaftsmodell integriert sind. Die Objekte können bei diesem Teilprozess in ihrer Geome-

trie (Form, Grössen) oder ihrer Position verändert werden. Sie werden so modelliert, wie es die Zweckbestimmung der Darstellung, die Informationsdichte im Modellraum, der daraus abgeleitete Generalisierungsgrad sowie die Qualitätsansprüche der Nutzer und Kartenautoren erfordert. Auch der semantische Gehalt kann durch Modellierungsprozesse wie Vereinfachung, Generalisierung, Aggregation, Verschneidung usw. geändert werden.

Die weiteren grafischen Attribute, ausgedrückt durch die BERTIN'SCHEN visuellen Variablen «Farbe», «Helligkeit», «Textur» oder «Orientierung» werden dabei nicht tangiert. Denn bei diesem ersten Prozessschritt besitzen die Kartenobjekte keine vollständige äussere Gestalt (HÄBERLING 2000; TERRIBILINI 2001). Es existiert also noch kein visuell wahrnehmbares Kartenprodukt. Vielmehr steht nach dem Modellierungsprozess ein umfassendes Datenmodell einer 3D-Karte bereit, das alle benötigten Objektdaten mit weiteren Modellierungselementen beinhaltet. Beispielsweise unterscheiden DÖLLNER, KERSTING und HINRICHS bei ihrem technischen Generierungsansatz von interaktiven 3D-Karten weitere sogenannte «3D-Kartenkomponenten», also noch «strukturelle» (modellierende Beziehungen von Objektgruppen) und «verhaltensgebende» Kartenobjekte (also Ereignisse, die über Statusänderungen und die Zeit gesteuert werden) (DÖLLNER ET AL. 2002). In dieser Arbeit werden wir diese Objektarten allerdings nicht weiter berücksichtigen.

Symbolisierung

Beim Symbolisierungsprozess erhalten die modellierten Objekte des 3D-Landschaftsmodells ihre grafischen Attribute, namentlich die endgültige Form und Grösse, sowie ihre Farbe, Helligkeit, Textur oder Orientierung. Bei diesem Prozessschritt wird festgelegt, wie sie später bei der Visualisierung auszusehen haben.

Der Symbolisierungsprozess umfasst die Ausarbeitung von Kartensymbolen in einer Kartenlegende (Zeichenschlüssel, Zeichenerklärung), und zwar unabhängig vom 3D-Landschaftsmodell. Anschliessend werden den Kartenobjekten gemäss ihrer Bedeutung (semantischer Gehalt) die einzelnen Symbole zugewiesen. Diese Zuweisung kann interaktiv durch den Kartenautor oder automatisch gemäss den semantischen Attributen aus der Datenbank erfolgen. So gelangen wir zum kartografischen 3D-Landschaftsmodell (HÄBERLING/TERRIBILINI 2000; TERRIBILINI 2001).

Die Symbolisierung orientiert sich stark an kartografischen Gestaltungsgrundsätzen. Sie stellt aber durchaus auch einen kreativen oder künstlerischen Prozess dar, bei dem das ästhetische Empfinden des Kartenautors einfließen kann.

Visualisierung

Die Visualisierung des kartografischen 3D-Landschaftsmodells als letzter der drei Teilprozesse stellt die eigentliche Abbildung des 3D-Kartenmodells auf dem vorgesehenen Abbildungsmedium dar (HÄBERLING/TERRIBILINI 2000; TERRIBILINI 2001). Die darin involvierten Gestaltungsaspekte steuern somit das zweidimensionale Bild. Es geht bei diesem Schritt nicht mehr um die Gestaltung der einzelnen Kartenobjekte, sondern um die globale Betrachtung des ausgestatteten und grafisch definierten Modellausschnittes. Die Betrachtungs- und Ausgabeparameter, also die Kameraeinstellungen, das Beleuchtungsmodell sowie die Abbildungsgesetze und die Parameter des Ausgabemediums (Zoomfaktor bei der Bildschirmdarstellung, Vergrösserungsfaktor beim Druck) sind die hauptsächlich festzulegenden Variablen.

3.1.6 Überblick über Gestaltungsaspekte bei Topografischen 3D-Karten

Analog den Schritten im Gestaltungsprozess können auch verschiedene Typen von Gestaltungsaspekten unterschieden werden. Wir wollen uns zu deren Einteilung – und nachfolgende Beschreibung – an die Bezeichnung der Teilprozesse anlehnen und nennen sie somit:

- Modellierungsaspekte
- Symbolisierungsaspekte
- Visualisierungsaspekte

Die drei nachfolgenden Tabellen 3.1 bis 3.3 geben einen summarischen Überblick über die diversen Gestaltungsaspekte und -variablen innerhalb der drei Teilschritte des Gestaltungsprozesses. Die einzelnen aufgeführten Aspekte und Variablen werden in den nächstfolgenden Abschnitten näher erläutert (Abs. 3.2, Abs. 3.3 und Abs. 3.4).

Es gilt zu beachten, dass einzelne Gestaltungsvariablen auch bei einem Gestaltungsaspekt eines anderen Teilprozesses eingegliedert werden könnte. Zum Beispiel könnte die Modellierung der Geometrie des Geländemodells durchaus zur Gestaltung der Form, also zum Gestaltungsaspekt *Äussere Gestalt* des Symbolisierungsprozesses gehören.

Aspekte	Variablen
Modellierung von Geländeobjekten	Ausschnittsgestalt Position im räumlichen Bezugssystem Geografische Ausdehnung Datenstruktur Modellauflösung Modellproportionen (Skalierung)
Modellierung von topografischen Kartenobjekten	Datenstruktur Modellgeometrie (originäre) Semantische Attribute Position (im räumlichen Bezugssystem)
Modellierung von orientierenden Kartenobjekten	Objekterklärungen Positionsangaben Richtungsangaben Massstabs- und Distanzangaben

Tab. 3.1: Gestaltungsaspekte und Variablen der Modellierung.

Aspekte	Variablen
Äussere Erscheinung	<ul style="list-style-type: none"> Form Grösse Farbe (Farbton, Sättigung, Farbverlauf) Helligkeit
Flächentextur	<ul style="list-style-type: none"> Oberflächenunterteilung (Fraktalstruktur) Oberflächenrauigkeit Transparenz Materialeigenschaft Oberflächenmuster Wiederholungsrate des Musters Musterwinkelung (Orientierung)
(Weitere Überlegungen zur äusseren Erscheinung)	<ul style="list-style-type: none"> Konturen Kantenglättung Realitätsnahe Erscheinung Objektverteilung und Objektgruppen Positionsänderung (wegen Symbolisierung)
Schriftobjekte	<ul style="list-style-type: none"> Schriftart Schriftgrösse Schriftschnitt Schriftsperrung Schreibart Schriftorientierung Schriftauszeichnung Schriftfarbe Bewegung/Veränderung der Kartenschrift Beschriftungstechnik
Objektanimation (bei Kartenobjekten)	<ul style="list-style-type: none"> Abbildungsstatus des Kartenobjekts Grössenänderung Gestaltänderung Positionsänderung Orientierungsänderung Farbänderung Helligkeitsänderung Texturänderung

Tab. 3.2: Gestaltungsaspekte und Variablen der Symbolisierung.

Aspekte	Variablen (mit Subvariablen)
Abbildungsgesetz	<ul style="list-style-type: none"> Parallelperspektive Zentralperspektive Zylinderprojektion (inkl. Kugelprojektion)
Modellbetrachtung (Kamera)	
Innere Kamerageometrie	<ul style="list-style-type: none"> Öffnungswinkel Zoom (Vergrößerung)
Äussere Kamerageometrie	<ul style="list-style-type: none"> horizontale Kameraposition Kamerahöhe Position und Höhe vom Zielpunkt Betrachtungsrichtung (horizontal) Betrachtungsdistanz Betrachtungswinkel (Neigungswinkel) Kamerarotation Kamerabewegung
Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"> Lichtart Lichtposition Lichtgeometrie (Einfallrichtung, Einfallswinkel, Streuwinkel des Lichtkegels) Lichtintensität Lichtfarbe
Schattierung	<ul style="list-style-type: none"> Schattierungsmodelle (Flat shading, Gouraud shading, Phong shading) Schattierungintensität Schlagschattenintensität
Atmosphärische Effekte und Naturphänomene	<ul style="list-style-type: none"> Himmelsstruktur (Himmelsfarbe, Bewölkungstyp, Bewölkungsfarbe) Dunst (Distanzen des Dunsteinsatzes und des vollen Dunsteffekts, Intensität des vollen Dunstes, Dunstfarbe) Nebel (Nebelobergrenze, Nebeluntergrenze, Nebelintensität, Nebelfarbe) Reflexionen (Reflexionsintensität, Reflexionscharakter) Himmelskörper (Sonne, Mond, Planeten, Sterne) Jahreszeit

Tab. 3.3 Gestaltungaspekte und Variablen der Visualisierung.

3.2 Gestaltungsaspekte der Modellierung

3.2.1 Das 3D-Landschaftsmodell und seine Objekte

Das 3D-Landschaftsmodell beschreibt die Geometrie und die Position der darin enthaltenen Objekte dreidimensional. Es basiert auf den Rohdaten, die durch den Modellierungsprozess in die für den weiteren Bearbeitungsprozess passenden Datenstrukturen überführt wurden. Dabei geschieht auch die eigentliche Raumgestaltung, also die Anordnung der Kartenobjekte im georeferenzierten Modellausschnitt. Das 3D-Kartenmodell und demzufolge jedes einzelne Objekt werden nicht direkt visualisiert. Sie existieren als Datenmenge auch ohne Abbildung, z.B. abgelegt in einer Datenbank. Zu den Objekten des 3D-Landschaftsmodells zählen wir:

- Geländeobjekte
- topografische Kartenobjekte
- orientierende Kartenobjekte.

Nachfolgend werden die diversen Gestaltungsaspekte zusammen mit den Gestaltungsvariablen aufgelistet und kurz beschrieben. Die Reihenfolge der Auflistung entspricht nicht einer logischen Gewichtung. Da es sich bei dieser Arbeit primär um die grafische Gestaltung der Objekte geht, soll auf die semantischen Attribute nicht eingetreten werden.

3.2.2 Gestaltungsaspekte zur Modellierung von Geländeobjekten

Bei einer Topografischen 3D-Karte stellt der Ausschnitt eines Geländemodells die Grundlage für die weiteren topografischen Objekte dar. Somit ist die Geometrie des Geländeobjektes das erste, was es im 3D-Landschaftsmodell zu definieren gilt².

- **Gestaltungsvariable Ausschnittsgestalt**

Bei der Ausschnittsgestalt geht es um die grundrissliche Form der äusseren Begrenzung eines Teilausschnittes aus einem gesamtheitlichen DHM. Dieses ist in der Regel ebenfalls begrenzt (z.B. DHM25; SWISSTOPO 2003/4). Die Menge der extrahierten Geländepunkte bildet eine abgegrenzte Objektfläche mit – grundrisslich gesehen – geometrischer Form. (Abb. 3.2).

Variationen:

- | | |
|-----------------------------|--|
| Rechteckiger Ausschnitt: | geeignet für Blockbilder; |
| Kreis Sektor: | Kreismitelpunkt entspricht dem späteren Beobachtungsstandort; geeignet für Panoramadarstellungen; |
| Unregelmässiger Ausschnitt: | individuell gewählter Ausschnitt entlang eines Polygons; geeignet für unregelmässige 3D-Geländeobjekte zur Darstellung von Inseln, Staatsgebieten usw. |

² Gerne würde man auf diesen Prozess der Ausschnittsbildung verzichten, um die Abbildung der Modellbegrenzungen zu vermeiden. Dies bedingt aber ein «grenzenloses» DHM. Die ideale Fläche eines DHM wäre somit die Oberflächenbeschreibung der Erdkugel, die keine Begrenzung der horizontalen Ausdehnung kennt. Lediglich die vertikalen Wertebereiche durch die Tiefseegräben oder Depressionen und den höchstgelegenen Geländepunkten (Bergspitzen) sind definiert. Allerdings existiert ein solches Geländemodell derzeit noch nicht. Zudem wird dieser Schritt des Ausschneidens auch erzwungen durch datenmässige Begrenzungen (z.B. bei topografischen Daten) und computer-technische Verarbeitungslimiten.

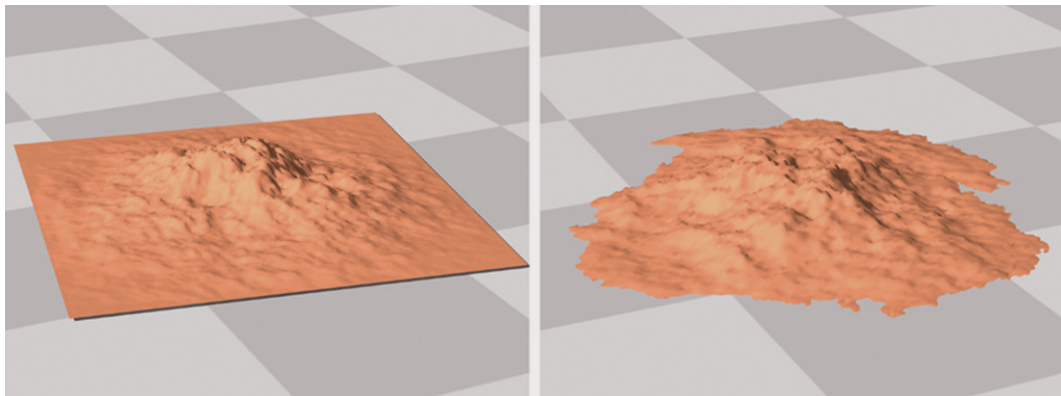


Abb. 3.2: Ausschnittsgestalt des Geländeobjekts. Links: rechteckiger Ausschnitt; rechts: unregelmässiger Ausschnitt.

- **Gestaltungsvariable *Position im räumlichen Bezugssystem***

Um das Geländeobjekt als Grundlage eines 3D-Landschaftsmodells zu verwenden, muss seine Position innerhalb des übergeordneten räumlichen Bezugssystems bekannt sein. Die georeferenzierte Lage des DHM-Ausschnitts ist an sich bereits positioniert durch jeden einzelnen Geländepunkt, v.a. durch Punkte entlang der Ausschnittsgrenze. Zur Bestimmung sind im Minimum die Koordinaten von zwei definierten Punkten und eine Bezugsebene notwendig.

Die Koordinaten können als Weltkoordinaten mit der geografischen Länge λ , der geografischen Breite φ und der Höhe h gegenüber dem Meeresniveau vorliegen. Oder sie dürfen auch xyz-Wertetripel in anderen Bezugssystemen (z.B. einem nationalen Koordinatensystem) aufweisen.

Aus praktischen Gründen ist es sinnvoll, dafür spezielle Kontrollpunkte zu kennen. Bei einem Rechtecksausschnitt sollten die Eckpunkte definiert sein. Bei einem kreisförmigen Ausschnitt müssen die Position des Mittelpunktes sowie die Entfernung zum äusseren Rand des Geländeausschnittes bekannt sein. Bei unregelmässigen Ausschnitten werden je nach äusserer Gestalt neben einer Anzahl von Geländepunkten ebenso die Verzerrungsverhältnisse benötigt.

Sub-Variablen und Variationen:

x-Koordinate (oder geografische Länge λ)
 y-Koordinate (oder geografischen Breite φ)
 z-Koordinate (oder Höhe h gegenüber Meeresniveau)

Bei Kreissektoren:

Position des Kreismittelpunktes;
 Entfernung vom Kreismittelpunkt zur äusseren Begrenzung;
 Azimut der äusseren Sektorenbegrenzungen
 (oder: Azimut einer Sektorbegrenzung und ein Öffnungswinkel).

- **Gestaltungsvariable *Geografische Ausdehnung***

Jeder Geländemodellausschnitt repräsentiert einen bestimmten geografischen Bereich der Welt. Dieser hat eine endliche räumliche Ausdehnung. Somit ist auch das 3D-Geländeobjekt dimensionsmässig begrenzt. Durch Eingabe der Koordinatenbegrenzung (rechteckiger Ausschnitt), Koordinaten des Beobachtungsstandortes und zugehöriger Sichtbereich (kreissektorförmiger Ausschnitt) oder der Beschneidungslinie seines gewünschten Geländeausschnittes (unregelmässiger Ausschnitt) wird auch das Geländeobjekt geografisch eingegrenzt. Durch einen allfälligen Massstabsfaktor wird es an-

schliessend in die gewünschte Grösse transformiert. Allerdings kann mit heutigen GIS-Daten weiterhin in originalen Dimensionen modelliert und gerechnet werden. Eine massstäbliche Verkleinerung des 3D-Kartenmodells aufs Abbildungsmedium kann auch später durch die Gestaltungsvariablen zur Kameraeinstellung erfolgen.

Variationen: Die Vielfalt an Möglichkeiten, welchen geografischen Ausschnitt der Erdoberfläche das Geländeobjekt repräsentiert, ist unbegrenzt.

- **Gestaltungsvariable Datenstruktur**

Ein Geländeobjekt kann verschiedene digitale Datenstrukturen aufweisen. Wie im analogen Bereich – dort werden Geländeoberflächen bekanntlich durch Höhenlinien, Geländeschraffen, Schummerung, Knotenpunkte oder Profillinien repräsentiert –, können die einzelnen Geländepunkte in verschiedener Art und Anordnung vorliegen (BÄR 1995; DÖLLNER ET AL. 2000; TERRIBILINI 2001) (Abb. 3.3).

Variationen:

- | | |
|-----------------|---|
| Grid: | Anordnung der Geländepunkte in der Struktur eines regelmässigen Gitters; praktisch zu verarbeiten; |
| Graustufenbild: | Grid-Darstellung mit Graustufenwerten, die den Höhenwerten der gittermässig angeordneten Geländepunkte zugewiesen werden; das Geländeobjekt liegt als Rasterbild in diversen Formaten vor; |
| TIN: | Anordnung der Geländepunkte in der Struktur eines unregelmässigen Dreiecksgitters (TIN: <i>Triangulated Irregular Network</i>); meist als Punktwolke oder Vektorvermaschung vorliegend; |
| Geländelinien: | Höhenlinien: zum Gelände horizontal liegende Schnittlinien gleicher Höhe (Isohypsen); als Vektoren vorliegend;
Profillinien: zum Gelände senkrechte oder schräggehende Schnittlinien; als Vektoren vorliegend;
Bruchkanten: Geländelinien, welche die Änderung der Geländeneigung darstellen; als Vektoren vorliegend;
Strukturlinien (ohne praktische Bedeutung). |

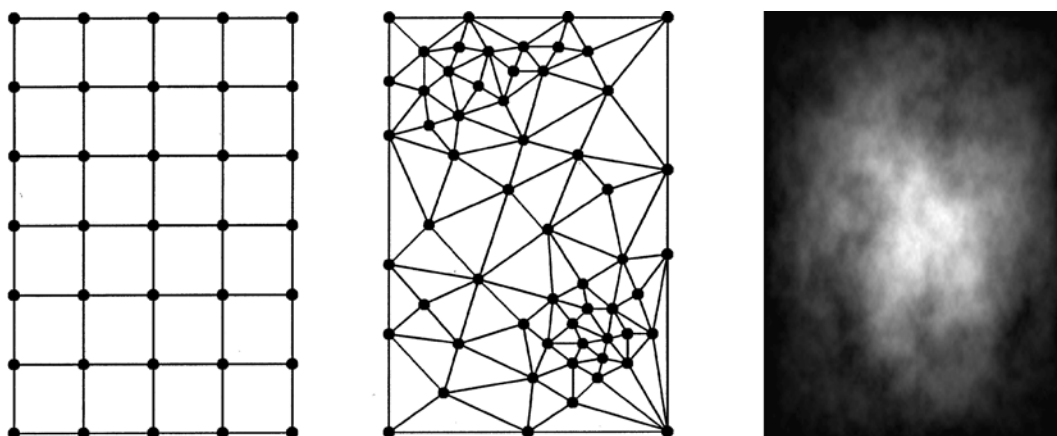


Abb. 3.3: Datenstruktur von Geländeobjekten. Links: Grid-Struktur; Mitte: TIN-Struktur; rechts: Graustufenbild.

- **Gestaltungsvariable Modellauflösung**

Jeder DHM-Ausschnitt weist gewisse Ausdehnungen seiner von den Geländepunkten aufgespannten Teilflächen auf. Je dichter die Punktansammlung ist, desto hoch aufgelöster (feinmaschiger) fällt das DHM aus. Das Modell kann sich der realen Geländeoberfläche immer besser annähern. Voraussetzung dafür wäre die exakte Einmessung der Geländepunkte. Modellierungsmässig lässt sich die Auflösung auch durch Hinzufügen bzw. Löschen von weiteren Geländepunkten erhöhen bzw. verringern (BÄR 1995; DÖLLNER ET AL. 2001; TERRIBILINI 2001).

Variationen: Die Variationsmöglichkeiten zur Oberflächenmodellierung des Geländeobjekts sind zahlreich. Je nach technischem Modellierungsansatz und Datenstruktur können diverse Variablen eingegeben werden, welche die Auflösung (z.B. Anzahl berechneter Geländepunkte je Flächeneinheit) und die Fehlertoleranz (z.B. durch maximal tolerierte Höhendifferenz zur realen Höhe von berechneten Zwischenpunkten) steuern (BÄR 1995; TERRIBILINI 2001).

- **Gestaltungsvariable Modellproportionen (Skalierung)**

Die Möglichkeiten zur Veränderung der originären Modellproportionen ist gerade bei Geländeobjekten von grosser Bedeutung. Vor allem die willentliche Überhöhung oder Abflachung von DHM-Ausschnitten, also die Veränderung der Proportionen in den Höhenwerten (z-Koordinaten), tragen viel zur Verdeutlichung der Geländecharakteristik bei (Abb. 3.4; HÄBERLING 2000). Ein nicht-proportionales Skalieren der horizontalen Ausdehnungen x- und y-Koordinaten) ist zwar möglich, ergibt aber wenig Sinn. Denn bei einer Topografischen 3D-Karte sollen die realen Ausdehnungsverhältnisse möglichst authentisch wiedergegeben werden.

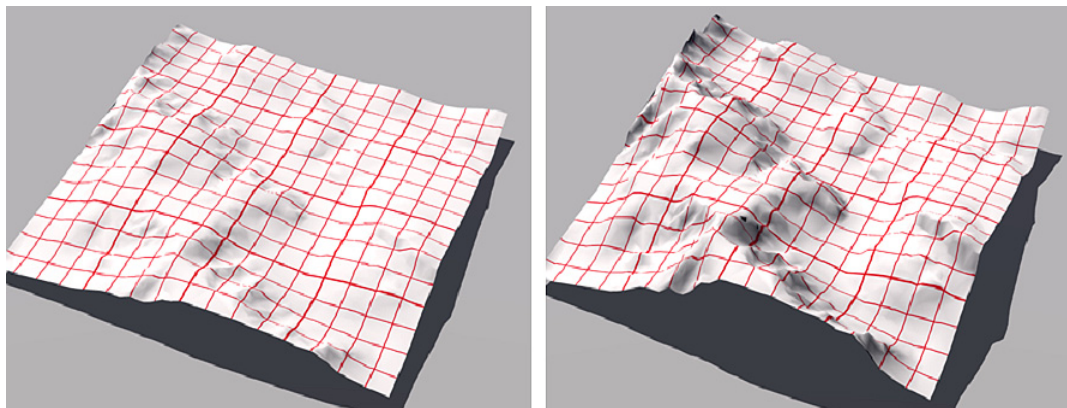


Abb. 3.4: Skalierung der Höhenproportionen von Geländeobjekten. Durch proportionales Erhöhen der z-Koordinaten jedes Geländepunktes verändert sich der Charakter des Geländes. Links: keine Überhöhung (100 %); rechts: 2-fache Überhöhung (200%).

Die Technik, einzelne Geländepartien durch Skalierung zu betonen und bei gleichzeitiger Abdrehung in einen günstigeren Sichtbereich zu stellen, haben schon die berühmten Panoramamalier mit analogen Mitteln praktiziert (BERANN 1986; IMHOF 1963; HÖLZEL 1963). Heute kann dieses Bedürfnis mit digitalen Modellierungsmethoden noch nicht elegant gelöst werden. Selbst für statische Topografische 3D-Karten bedarf es Kombinationen diverser Geländeobjekte mit unterschiedlicher Skalierung und Position, um zum Ziel zu gelangen (PATTERSON 2000; TAIT 2002).

Sub-Variablen und Variationen:

Skalierung der x-Koordinate: möglich; aber reales Seitenverhältnis wird zerstört.

Skalierung der y-Koordinate: möglich; aber reales Seitenverhältnis wird zerstört.
 Skalierung der z-Koordinate: Höhenunterschiede werden betont bzw. abgeschwächt;
 sinnvoll zur Darstellung der Geländecharakteristik.

3.2.3 Gestaltungsaspekte zur Modellierung von topografischen Objekten

- **Gestaltungsvariable Datenstruktur**

Die in Topografischen 3D-Karten abgebildeten topografischen Objekte sind grundsätzlich Vektorobjekte, welche in Datenbanken abgelegt sind (z.B. in einem GIS). Je nachdem, ob die Objekte punkthaften, linienhaften, flächenhaften oder volumenhaften Charakter aufweisen, unterscheiden sie sich vor allem in ihrer Dimensionalität.

Topografische Objekte können auch rasterbasiert sein. Ein einzelnes rasterbasiertes Objekt ist an sich nur ein Bild, das lediglich durch seine Pixelstruktur und seine Farbwerte definiert ist. Erst mit der Verknüpfung mit einem Vektorobjekt (Geländemodell, Kartenobjekt, Positionsvektor) wird es ins 3D-Landschaftsmodell integriert. Es wird somit Bestandteil einer Topografischen 3D-Karte, insbesondere als Textur von Kartenobjekten. Und zu dessen sinnvollen Verortung braucht es mindestens ein Geländeobjekt und einen Richtungsvektor.

Näheres zu Datenstrukturen topografischer Objekte sowie deren Modellierung und Management findet sich in FOLEY ET AL. (1995), DÖLLNER ET AL. (2000), DÖLLNER (2001) und TERRIBILINI (2001).

Variationen

Punktobjekt:	null-dimensionales Vektorobjekt; besitzt punkthaften Charakter; gibt die Position des Objektes an;
Linienobjekt:	eindimensionales, lineares Vektorobjekt; besitzt linienhaften Charakter; gibt den Verlauf des Objektes an;
Flächenobjekt:	zweidimensionales Vektorobjekt; besitzt flächenhaften Charakter; definiert die Ausdehnung eines Objektes;
3D-Objekt:	dreidimensionales, meist komplex strukturiertes Vektorobjekt; besitzt volumenhaften Charakter; definiert ein Volumen eines Objektes;
Rasterobjekt:	kaum eigenständiges topografisches Objekt; oft ergänzender Bestandteil eines Vektorobjektes; geeignet zur Gestaltung der äusseren Gestalt eines zugrundeliegenden Vektorobjektes; v.a. als Textur eingesetzt.

- **Gestaltungsvariable Originäre Modellgeometrie**

Die Modellgeometrie der einzelnen topografischen Objekte wird bestimmt durch die Anzahl und Lage der einzelnen Datenpunkte (Stützpunkte, Knotenpunkte), welche das Objekt definieren. Die Verbindungen zwischen ihnen (Kanten) konstruieren den Verlauf des linearen Objektes (Vektorlinie), die aufgespannte Fläche (Vektorfläche) oder die äussere Hülle (3D-Objekt). Durch Hinzufügen, Löschen oder Verschieben von Datenpunkten lässt sich die originäre Geometrie der topografischen Objekte bereits bei der Modellierung nutzungsgerecht verändern (z.B. zur Aktualisierung von Siedlungsflächenobjekten).

Variationen: unbegrenzte Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten für jedes Vektorobjekt.

- **Gestaltungsvariable Semantische Attribute**

Semantische Attribute von topografischen Objekten (z.B. die Sachbezüge aus GIS-Daten) sollten bei der Modellierung immer integriert bleiben. Sie sind nur existent als

Bestandteil von Objekten, werden aber nicht grafisch dargestellt. Attribute beeinflussen massgeblich die spätere grafische Gestaltung durch ihre assoziative Verbindung (z.B. Bedeutung von «See» → blaue Fläche). Ziel muss es sein, die semantischen Attribute der digitalen Objektdaten bei der Modellierung nicht zu verlieren.

Variationen: unbegrenzte Vielfalt an qualitativen Ausprägungen und Manipulationsmöglichkeiten für jedes Kartenobjekt oder jeden Datenpunkt.

- **Gestaltungsvariable *Position im räumlichen Bezugssystem***

Mit der Position im räumlichen Bezugssystem ist die absolute Lage des Objektes im übergeordneten räumlichen Bezugssystem gemeint. Falls es sich bei diesem räumlichen Bezugssystem um die Erdoberfläche handelt, sprechen wir von der georeferenzierten Lage des Objektes. Jedes georeferenzierte topografische Objekt besitzt ein Tripel an Weltkoordinaten: die geografische Länge λ , die geografische Breite φ und die Höhe gegenüber dem Meeresniveau. Die einzelnen Koordinatenangaben könnten auch als lokalisierende Variablen bezeichnet werden.

Innerhalb des Weltkoordinatensystems können zusätzlich noch weitere Bezugssysteme (z.B. nationale Koordinatensysteme, eigenes Modellkoordinatensystem des GIS- oder CAD-Systems) integriert werden, in welche die Objektkoordinaten zusätzlich transformiert werden können. Damit erhält jedes topografische Objekt zusätzliche, relative Koordinaten x , y , z bezüglich seiner Position zum untergeordneten Bezugssystem (z.B. Geländeobjekt). Für eine Topografische 3D-Karte empfiehlt es sich, innerhalb eines einzigen Koordinatensystems zu modellieren (DÖLLNER 2001; TERRIBILINI 2001).

Sub-Variablen:

x-Koordinate:	Koordinatenangabe der geografischen Länge λ oder eines anderen räumlichen Bezugssystems (z.B. Landeskoordinatensystem);
y-Koordinate:	Koordinatenangabe der geografischen Breite φ oder eines anderen räumlichen Bezugssystems (z.B. Landeskoordinatensystem);
z-Koordinate:	Höhenangabe gegenüber Meeresniveau oder eines anderen räumlichen Bezugssystems.

Nicht nur die georeferenzierte Position des Kartenobjekts, auch eine abweichende Lage gegenüber der Normallage kann schon bei der Modellierung definiert werden. Damit wird frühzeitig – also noch vor dem Symbolisierungsprozess – die effektive Anordnung in der 3D-Karte erreicht, um die Objekte besser zu präsentieren oder räumlich voneinander zu separieren. In der Regel jedoch wird erst bei der Symbolisierung dieses Ziel angestrebt (Abs. 3.3). Durch Translationen und Rotationen werden die einzelnen Koordinatenwerte differenziert verändert, sodass das Objekt gegenüber dem Geländeobjekt anders positioniert wird.

Sub-Variablen:

Translation der x-Koordinate:	lineare horizontale Lageverschiebung; abhängig vom räumlichen Bezugssystem (Koordinatensystem);
Translation der y-Koordinate:	lineare horizontale Lageverschiebung; abhängig vom räumlichen Bezugssystem (Koordinatensystem);
Translation der z-Koordinate:	lineare Erhöhung oder Absenkung (Objekt scheint zu schweben oder ist tiefergestellt); abhängig vom räumlichen Bezugssystem (Koordinatensystem);
Rotation um Längsachse:	Drehung um horizontale Körperachse (x-Achse);
Rotation um Querachse:	Drehung um horizontale Körperachse (y-Achse);
Rotation um Hochachse:	Drehung um vertikale Körperachse (z-Achse).

3.2.4 Modellierung von orientierenden Kartenobjekten

Neben den topografischen Objekten des 3D-Landschaftsmodells werden dem Nutzer Objekte in der Kartenabbildung präsentiert, die ihm die Orientierung in der Topografischen 3D-Karte ermöglichen und weitere Erklärungen geben sollen. Wir wollen diese zusätzlichen Objekte «orientierende Kartenobjekte» nennen (HÄBERLING 2000 und 2002). Diese gilt es ebenfalls zu modellieren. Unter den orientierenden Objekten in Topografischen 3D-Karten unterscheiden wir folgende Gruppen:

- **Objekterklärungen**

Objekte können durch Beschriftung direkt schon in der 3D-Karte erklärt werden. Dazu wird mindestens ein Positionsvektor benötigt, an dem die Textinformation (z.B. in Form eines Rasterbildes mit einem abgebildeten Wort) angehängt ist.

- **Positionsangaben**

Ähnlich wie Objekterklärungen ist es möglich, Angaben zur Position direkt ins Landschaftsmodell zu integrieren. Dazu werden Positionsvektoren mit Koordinatenlabels versehen. Zudem könnten lineare Objekte ins Modell integriert werden, die sich beim Visualisieren als grafisches Koordinatennetz gestalten lassen.

- **Richtungsangaben**

Labels für die Himmelsrichtungen oder grafische Windrosen (z.B. als horizontale Kompassscheibe oder -zylinder modelliert) geben dem Nutzer wichtige Unterstützung, sich innerhalb des Geländeausschnittes über die Blickrichtung und die geografische Ausrichtung der Objekte zu orientieren.

- **Masstabs- und Distanzangaben**

Als Angaben zum Masstab und zu dessen Abschätzung sind weitere Orientierungsobjekte denkbar. Falls die Informationen nicht später durch rechnerische Analysen des zugrundeliegenden Geländeobjektes erfolgt und mittels Messfunktionen und Informationsbox am Kartenrand angezeigt wird, so könnten bereits definierte Objekte ins Kartenbild integriert werden (z.B. grafischer Masstabsbalken).

Zur Distanzabschätzung wären auch die modellierten Koordinatennetze oder in regelmässiger Distanz verteilte Positionsstangen überlegenswert. Die Modellierung könnte wie bei den Objekterklärungen erfolgen.

Ausgeführt, gestaltet und symbolisiert werden orientierende Objekte ähnlich wie topografische Kartenobjekte (Abs. 3.3). So sind die Gestaltungsvariablen auch auf sie in gleicher Weise anzuwenden. Eine alternative Möglichkeit bei dynamischen Topografischen 3D-Karten, dem Nutzer zusätzliche Orientierung übers 3D-Landschaftsmodell zu ermöglichen, wäre durch Einblendung von objektrelationalen Datenbankeinträgen zur Position oder semantischen Attributierung inklusive Benennung. Diese Einträge müssten bei der Visualisierung über Anzeigemechanismen in der Karte oder im GUI erscheinen, sobald die Selektion des vektorbasierten topografischen Objekts oder des Geländeobjektes erfolgt.

3.3 Gestaltungsaspekte der Symbolisierung

3.3.1 Die Symbolisierung Topografischer 3D-Karten

Durch die Symbolisierung erhalten die Kartenobjekte einer Topografischen 3D-Karte ihre äussere Gestalt und Lage innerhalb des Modells. Dazu braucht es zu jeder klassierten Objektart ein geeignetes Symbol. Diese Symbole werden vorgängig in einer Legende gemäss dem Generalisierungsgrad und übergeordneten Vorgaben (Gestaltungskonventionen, Farbkonzept) entworfen und für den Symbolisierungsprozess bereitgestellt. Anschliessend wird jedem Objekt gemäss seiner Objektart das entsprechende Symbol zugewiesen. Erst mit diesem Schritt erhält das Kartenobjekt – seien es nun Geländeobjekte, topografische Objekte oder orientierende Objekte – seine potenzielle äussere grafische Erscheinung. Als Gestaltungsmittel in diesem Symbolisierungsprozess kommen in erster Linie die grafischen Gestaltungsvariablen bzw. die visuellen Variablen von J. BERTIN (1974) ins Spiel.

Falls bei der geplanten Topografischen 3D-Karte ein «Level-of-Detail»-(LoD-)Ansatz integriert werden soll, muss dies sinnvollerweise bereits beim Schritt der Symbolisierung berücksichtigt werden. Der LoD-Ansatz, der eine distanzabhängige äussere Erscheinung berücksichtigt (TERRIBILINI 2001; DÖLLNER ET AL. 2002; BUZIEK 2003), wird eigentlich erst beim Visualisierungsprozess angewendet. Doch müssen die einzelnen grafischen Abstufungen für gleiche Objekte in unterschiedlicher Betrachtungsdistanz schon bei der Legendenbildung berücksichtigt werden (Abb. 3.5). Es sollten somit mehrere Symbolzusammenstellungen (Symbolsets) für die unterschiedlichen Distanzbereiche bereitgestellt werden (Abs. 3.4).

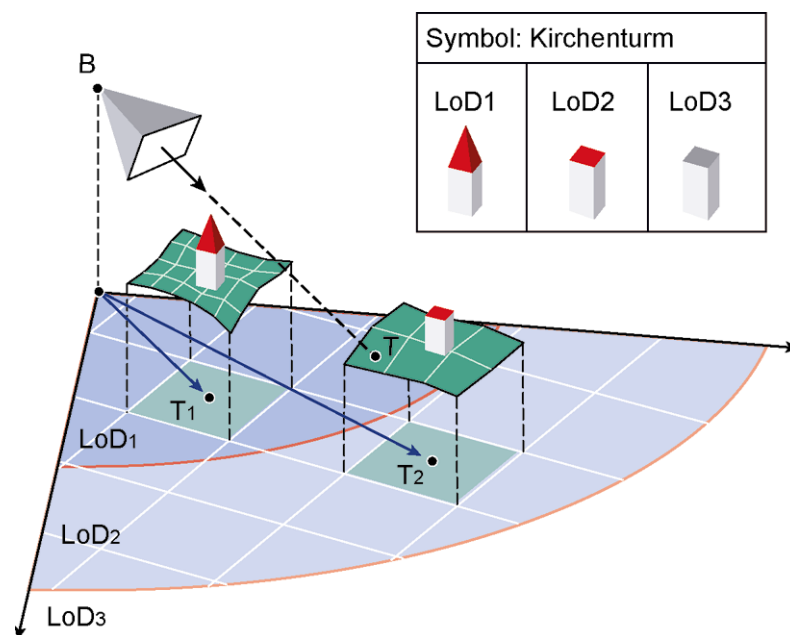


Abb. 3.5: Ansatz des «Level-of-Detail» (LoD). Mit zunehmender Betrachtungsdistanz werden die topografischen Objekte mit einfacheren Symbolen dargestellt (Quelle: TERRIBILINI 2001).

Die Erscheinung der Objekte auf dem Ausgabemedium wird allerdings erst beim Visualisierungsprozess definitiv festgelegt. Denn die Gestaltungsaspekte der Visualisierung (Betrachtung, Beleuchtung, Schattierung, atmosphärische Effekte, Naturphänomene) sind ebenfalls entscheidend für die Präsentation der gesamten 3D-Karte und somit auch für deren Wirkung auf den Nutzer.

3.3.2 Gestaltungsaspekte zur äusseren Erscheinung

- **Gestaltungsvariable Form**

Durch die Gestaltungsvariable *Form* wird die äussere Hülle des Objektes festgelegt. Die Festlegung der Form bestimmt wesentlich den Abstraktionsgrad der Objektdarstellung. Die reale Form des dargestellten topografischen Objektes kann sowohl durch eine abstrakte Form ausgedrückt werden, als auch durch eine bildhafte. Aus Generalisierungsgründen (Vereinheitlichung zu Objektklassen, Formvereinfachung komplexer Objekte) drängen sich aber Anpassungen auf. Die Form muss nicht identisch sein mit der ursprünglichen Geometrie des Objektes aus dem Modellierungsprozess. Sinnvollerweise wird diese ursprüngliche Modellgeometrie aber nicht verändert, sondern bloss durch eine neue ersetzt.

Die Formen von Kartenobjekten können von vielen Kriterien abhängen: vom Gebietsausschnitt, vom abzubildenden mittleren «Massstabsbereich», vom Generalisierungsgrad der Objekte, von der Objektdichte, vom angestrebten formlichen Abstraktionsgrad. Bei der Wahl der Formen muss stets auf perspektivische Einflüsse (Verzerrungen, Vergrösserungen, Verkleinerungen) durch die Abbildungsgesetze im Visualisierungsprozess Rücksicht genommen werden.

Variationen: Variationen der Formen zu einer bestimmten Objektart gibt es grenzenlos viele. Das Spektrum kann sich von einfachen Körpern (für punkthafte Objekte) und Verläufen (für linienhafte Objekte) bis hin zu filigranen und detailreichen Formen erstrecken. Bei der Erkennbarkeit kann es von der sehr abstrakt-geometrischen bis hin zur bildhaften, oder exakt realitätsnahen Umrissform gehen (Abb. 3.6). Grundsätzlich muss auf gute Formdifferenzierungen zwischen den einzelnen Objektklassen geachtet werden (diverse Gebäudeklassen, Strassenklassen, Waldtypen, usw.).



Abb. 3.6: Beispiele von Symbolformen für punkthafte topografische Kartenobjekte: a) Kirche; b) Aussichtsturm; c) Brücke; d) Baum (Quelle: PETROVIC 2001).

- **Gestaltungsvariable Grösse**

Als Grösse von punkt- und linienhaften Objekten in Topografischen 3D-Karten werden die metrischen Dimensionen der Länge, Breite und Höhe von zwei- oder dreidimensionalen Symbolformen sowie die Breiten linearer Symbole verstanden. Die horizontale Flächenausdehnung ergibt sich meistens bereits aus dem Modellierungsprozess. Eine Ausweitung oder Verringerung erübrigt sich in der Regel. Durch Einbezug einer Höhe bekommen linien- und flächenhafte Objekte einen volumenhaften Charakter.

Die Grössen der Objekte sind in der Legende zwar definiert. Wegen der Raumanordnung und perspektivischen Abbildung – und den damit verbundenen Verkleinerungen und Verzerrungen – sind sie im Kartenbild aber nicht konstant. Durch den Grundsatz

der Grössenkonstanz werden die Objekte aber dennoch als gleich gross wahrgenommen (Abs. 2.6.2). Relative Grössenunterschiede zwischen Objektklassen derselben Objektart können gut wahrgenommen werden, vorausgesetzt die zu vergleichenden Objekte befinden sich stets in den gleichen Raumbereichen des Kartenbildes (Vorder-, Mittel- und Hintergrund) (Abb. 3.7).

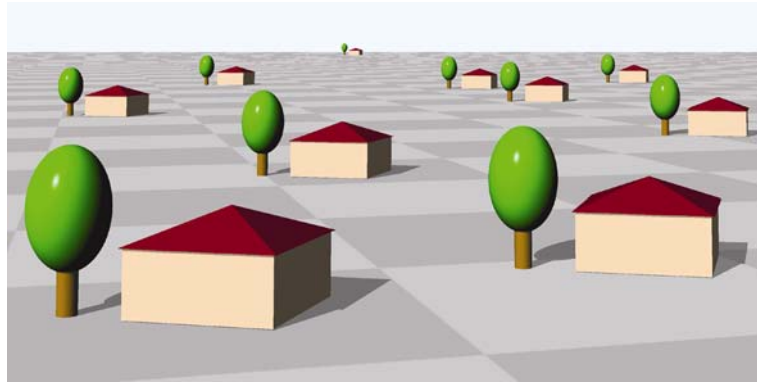


Abb. 3.7: Gleichbleibende relative Grössenverhältnisse bei unterschiedlicher Raumposition.

Sub-Variablen und Variationen: Die Grösse der Objekte im Kartenbild wird durch Skalierung der Originaldimensionen aus dem 3D-Landschaftsmodell über die Länge, die Breite und die Höhe bestimmt. Bei allen Objekten, unabhängig davon, ob sie punkt-, linien-, flächen- oder gar volumenhaften Charakter aufweisen, können diese Raumausdehnungen verändert werden. Dennoch empfiehlt es sich je nach Objektcharakter, nur gewisse Dimensionen – evtl. sogar proportional – zu skalieren. Das Spektrum an Variationen ist enorm breit. Eine Angabe der sinnvollen prozentualen Skalierungsfaktoren ist kaum möglich. Allerdings sind hier Grenzen klar ersichtlich: Wie in der klassischen topografischen Kartografie dürfen gewisse Minimaldimensionen nicht unterschritten werden. Die Erkennbarkeit der Objekte muss auch im Bildhintergrund noch gewährleistet sein. Ebenso sollten Objekte im Bildvordergrund durch ihre flächige Abbildung das Kartenbild nicht zu sehr dominieren, indem sie andere Objekte nicht zudecken. Anbei seien gewisse Minimaldimensionen von Objekten nochmals in Erinnerung gerufen (SPIESS 1996):

- Minimaldimensionen in Printkarten: absolut 0.02mm; empfohlen 0.08mm.
- Minimaldimensionen am Bildschirm (bei einer Auflösung von 72dpi): absolut 1 Pixel (= 0.25 – 0.3mm); empfohlen 2-3 Pixel (0.7 – 1.05mm).

- **Gestaltungsvariable Farbe**

Die Farbe ist eine der bedeutendsten Unterscheidungsmerkmale zwischen Objekten. Sie wird vor allem als qualitativ differenzierend eingesetzt (KNÖPFLI 1990; SPIESS 1996). Die Belegung von Objektteilen (Flächen, Konturen, Muster) mit einer Farbe geschieht meist mittels homogener Einfärbung in einem bestimmten Farbton.

Dank moderner Computertechnologie kann die Einfärbung aber auch über Farbverläufe erfolgen, bei dem sich das angewendete Farbspektrum über mehrere Farbtöne erstreckt. Beim Einsatz von Farben in Topografischen 3D-Karten gilt es stets zu beachten, dass beim späteren Visualisierungsprozess durch die Beleuchtung und Schattierung von Kartenpartien verschiedene Aufhellungs- oder Abdunkelungseffekte (Vergrauung) bei Objektfarben stattfinden können. Deswegen ist stets auch auf guten Kontrast zwischen den einzelnen Farbtönen zu achten. Ausführlichere Details über Farbe

und Farbanwendung in der Kartografie sind in GROSSER/SCHOPPMAYER (2001) nachzulesen.

Variationen:

Farbton: anteilige Mischung aus verschiedenen Komponenten eines bestimmten Farbraumes (Farbmodell); homogene Anwendung eines Farbtons auf Objektpartien;

Farbverlauf: Einfärbung von Objektpartien durch einen stufenlosen Übergang von einem Farbton in einen nächsten Farbton; Verläufe über mehrere Farbtöne hinweg können ebenfalls einfach realisiert werden.

Variationsbereiche: Je nach angewendetem Farbraum (z.B. RGB, CMYK, HVS, Indizierte Farben) können mittels Computertechnik theoretisch über 16 Millionen einzelne Farbtöne definiert werden. Allerdings beschränkt sich das Variationspektrum bei Topografischen 3D-Karten aus Gründen der klaren Unterscheidbarkeit durch das menschliche visuelle Wahrnehmungssystem auf wenige hundert Farbtöne.

- **Gestaltungsvariable *Helligkeit***

Die Helligkeit drückt das Verhältnis zwischen Schwarz- und Weissanteilen auf einer Fläche aus. Die Helligkeit einer Farbe beschreibt den Weissanteil in einem Farbton (Sättigung). Sie lässt sich auch durch den gleich hell empfundenen Grauwert einer Grauskala beschreiben (BERTIN 1974; LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK 2001/1).

Variationen:

Graustufe: Verhältnis zwischen Schwarz- und Weissanteil;

Farbhelligkeit: jeder Farbton kann einen Wert aus dem ganzen Helligkeitsspektrum der Grauskala annehmen.

Computer-technisch lassen sich enorm viele Graustufen generieren (z.B. 256 bei 8-Bit; 65'536 bei 16-Bit). Die Helligkeit einer Farbe lässt sich je nach Farbraum mit diesen Stufen variieren. Das normal funktionierende menschliche visuelle Wahrnehmungssystem nimmt aber wesentlich weniger Stufen wahr. Empfehlung je nach Grössen der Flächen: sechs bis sieben Helligkeitsstufen (BERTIN 1974).

Gestaltungsaspekt *Flächentextur*

Die Flächentextur bestimmt die Beschaffenheit und die grafische Erscheinung der Objektoberflächen. Dies kann sowohl hinsichtlich der Oberflächenstruktur als auch des Oberflächenmusters sein. Unter die Oberflächenstruktur fällt vor allem die Beschaffenheit der Oberfläche (Oberflächenunterteilung, Oberflächenrauigkeit, Oberflächeneigenschaften). Beim Oberflächenmuster geht es eher um die grafisch-figürliche Struktur, deren Farbabstimmung und Kontraste wie auch um deren Zusammensetzung und deren Regelmässigkeit. Die Flächentextur umfasst somit eine Kombination der Variablen *Form*, *Grösse*, *Farbe*, *Helligkeit* und *Orientierung*, und zwar angewendet auf die Gestaltung der Oberflächen der einzelnen Objekte. Zur computer-technischen Generierung solcher Flächentexturen gibt es diverse Verfahren. Die bekanntesten von ihnen sind sicherlich das Texture-Mapping mittels Bitmap-Bildern, das Bump-Mapping (Mikrostrukturen) oder die Billboard-Technik (FOLEY ET AL. 1995; MACH 2000; METACREATIONS 1998; QUESTAR PRODUCTIONS 1998).

Es lassen sich bei der Oberflächenstruktur wie auch beim Oberflächenmuster diverse Variablen mit verschiedenen Variationen unterscheiden. Die wichtigsten Eigenschaften und Variationen seien nachfolgend kurz erklärt.

- **Gestaltungsvariable Oberflächenunterteilung (Fraktalstruktur)**

Grössere Oberflächen sind häufig untergliedert in kleinere Teilflächen, insbesondere wenn sie nicht eben sind. Diese sogenannte *Fraktalstruktur* wird vor allem bei Geländeobjekten angewendet, um die oft grobe Grid- oder TIN-Struktur auszugleichen (Abb. 3.8; JONES 1997).

Variationen: Die Unterteilungsvariationen können von «sehr grob» bis zu «sehr fein» gehen. Verschiedene Softwareprodukte, welche diese Funktion unterstützen, bieten dafür eigene numerische Variationsbereiche oder Optionen an (QUESTAR PRODUCTIONS (1998).

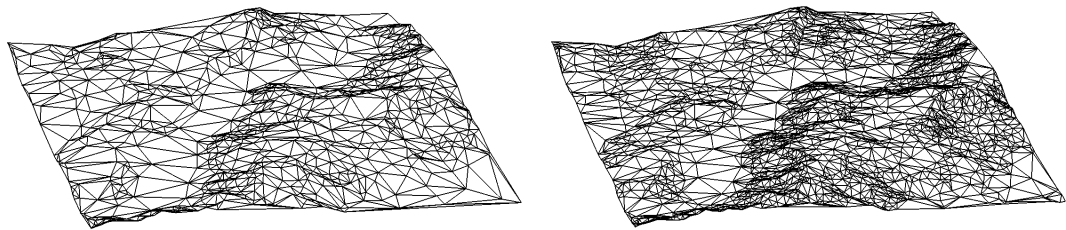


Abb. 3.8: Oberflächenunterteilung bei TIN-Strukturen. Links: grobe Fraktalstruktur; rechts: feine Fraktalstruktur.

- **Gestaltungsvariable Oberflächenrauigkeit**

Bei der Oberflächenrauigkeit geht es um die Feinstruktur der Oberfläche. Verschiedene Schattierungsalgorithmen (z.B. *Phong*, *Gouraud*) (Abs. 3.4.5) und Struktur- und Texturierungsfunktionen lassen Oberflächen geglätteter oder körniger aussehen (Abb. 3.9; METACREATIONS 1998; MACH 2000).

Variationen: Die Variationen zu dieser Feinstrukturierung können von «sehr grobkörnig» (*rough*) bis «absolut geglättet» (*smooth*) reichen. Wiederum sind die Variationsbereiche in den Computerprogrammen nicht einheitlich. Die Anweisungen erfolgen meist durch Eingabe kontinuierlicher numerischer Werte. Oder es können gewisse Abstufungen als Option angewählt werden.

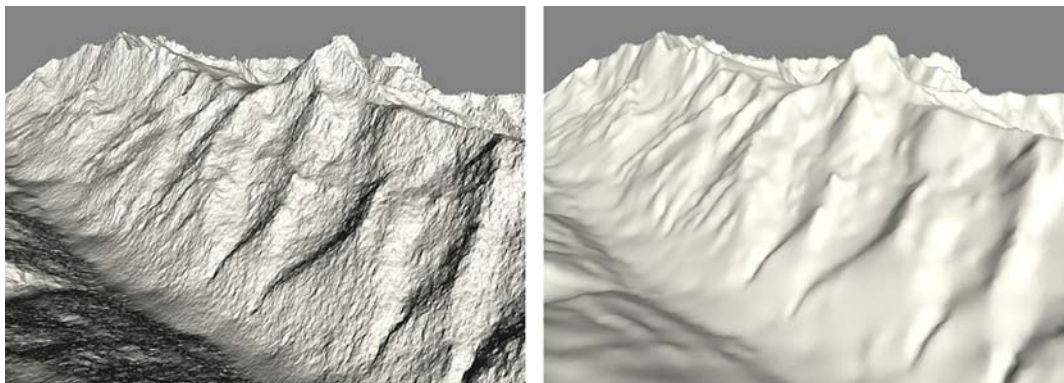


Abb. 3.9: Oberflächenrauigkeit eines Geländeobjekts. Links: rauhe DHM-Oberfläche; rechts: geglättete DHM-Oberfläche.

- **Gestaltungsvariable *Transparenz***

Die Gestaltungsvariable *Transparenz* wurde eigentlich erst richtig durch die Computer-visualisierung ermöglicht. Sie kann als Variable der *Flächentextur* überall dort sehr effektiv angewendet werden, wo ein Objekt andere dahinter- oder darunterliegende Objekte verdeckt (Abb. 3.10).

Variationen: Das Variationsspektrum reicht von den beiden Extremmöglichkeiten «keine *Transparenz*» bis «volle *Transparenz*», also von den Flächeneigenschaften «opak» bis «vollständig durchsichtig».

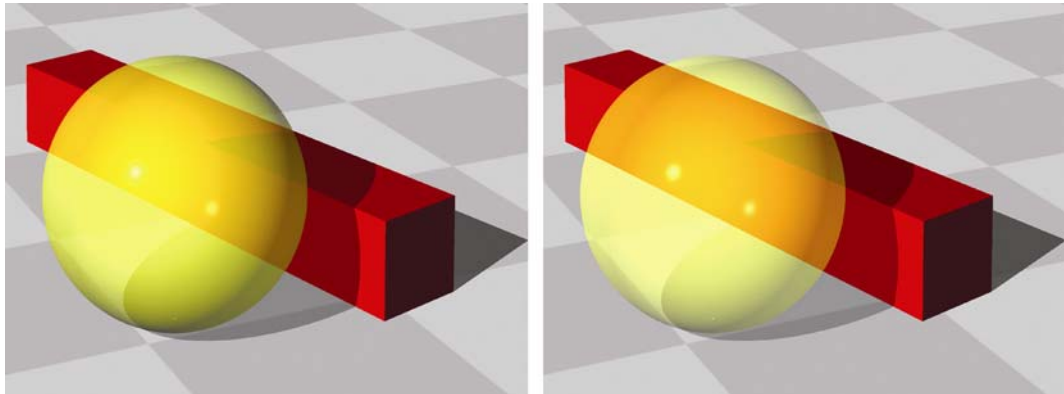


Abb. 3.10: *Transparenz von Objektoberflächen. Links: Transparenz 35%; rechts: Transparenz 50%.*

- **Gestaltungsvariable *Materialeigenschaft***

Durch diverse *Materialeigenschaften*, welche reale physikalische Phänomene simulieren, kann eine Objektoberfläche ein natürliches Aussehen erhalten (Abb. 3.11). Dieser Umstand lässt sich sehr gut zur Betonung einzelner Objekte oder zur Gestaltung der gesamten Kartenkomposition einsetzen (*Map realism*) (PATTERSON 2002).

Vielseitige Softwarefunktionen ermöglichen es dem Kartenantor heute, den Objekten ohne Probleme solche *Oberflächeneigenschaften* zuzuweisen. Die diversen *Eigenschaften* können sich auch miteinander oder mit andern *Sub-Variablen* der Gestaltungsvariablen *Flächentextur* überlagern.

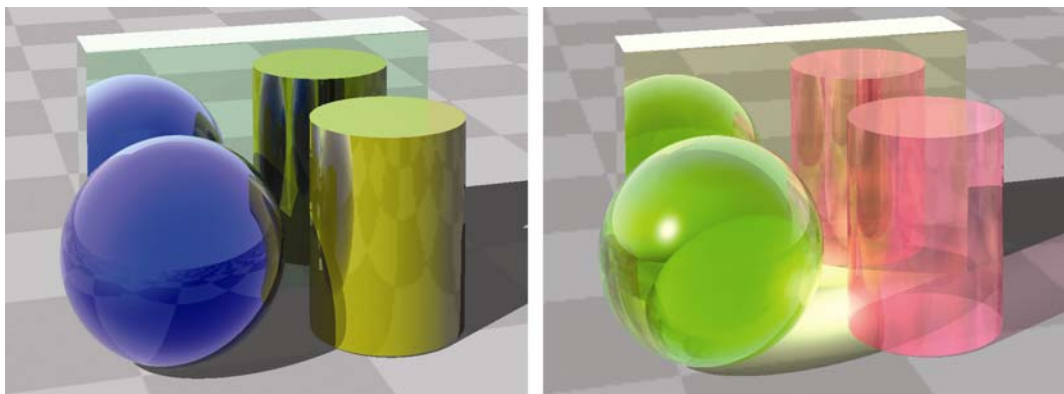


Abb. 3.11: *Materialeigenschaften von Objekten. Links: Reflexions- und Spiegelungseffekte; rechts: Lichtbrechungs- und Spiegelungseffekte.*

Variationen: Die zwei wichtigsten Variationen solcher Phänomene sind Reflexionseigenschaften und Lichtbrechungen.

Reflexionen: vor allem Spiegelungen und Glanzeffekte, hervorgerufen durch Lichtquellen oder benachbarte Objekte; können gemäss realen Materialien (Metall, Glas, Kunststoff) unterschiedlich intensiv ausfallen.

Lichtbrechung: verschiedene spektrale Lichtphänomene und Verzerrungen dank Lichtbrechung (z.B. in Flüssigkeiten oder gewölbten Glasflächen).

- **Gestaltungsvariable Oberflächenmuster**

Ein Oberflächenmuster ist eine grafische Textur, die auf dem Kartenobjekt abgebildet wird. Diese Textur kann alle erdenklichen Bildstrukturen aufweisen, von geometrisch-abstrakten über symbolisiert-bildhaften bis hin zu fotorealistischen (Abb. 3.12). Bei den Grundlagedaten für Muster handelt es sich meist um unabhängige Rasterdateien, die vor dem Texturieren der Objekte (*Drappierung*) bereitgestellt werden.

Neben der Form und Struktur haben bei der Generierung von Oberflächenmustern andere elementare Gestaltungsvariablen wie Farben und Helligkeit (und damit auch Farbkontraste), Grössen sowie Position und Lage (und damit auch die Anordnung) grossen Einfluss auf die visuelle Erscheinung des Musters.

Variationen: Der Variationsvielfalt an anwendbaren Mustern sind keine Grenzen gesetzt. Wichtig ist jedoch, dass sich der semantische Gehalt des Objekts und das Oberflächenmuster entsprechen, zumindest nicht widersprechen (z.B. ein Industrieareal belegt mit einem Waldmuster). Das Spektrum reicht von geometrisch-abstrakten (z.B. Punktraster für Markierung eines Naturschutzgebietes) über symbolisiert-bildhaften (z.B. Strukturraster mit Kuhsignaturen als Textur für Weideland) bis hin zu fotorealistischen Texturen (z.B. Luftbilder).

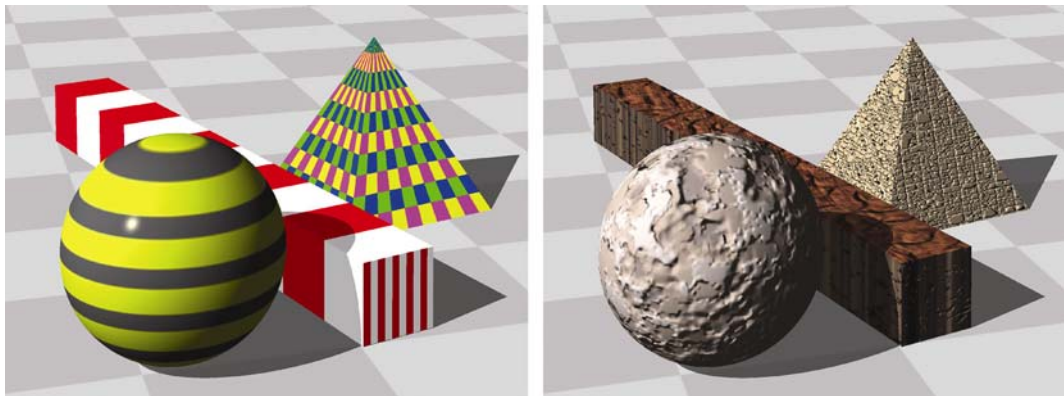


Abb. 3.12: Oberflächenmuster bei Objekten. Links: geometrisch-abstrakte Muster; rechts: Stein- und Erdtexturen..

- **Gestaltungsvariable Wiederholungsrate des Musters**

Ein Muster kann durch die regelmässige Wiederholung einer strukturierten Einheitsfläche (Kachel) erzeugt werden. Durch die Festlegung dieser Variablen wird vor allem die Feinheit der Bildstrukturen beeinflusst. Bei einer hohen Wiederholungsrate erhöht sich der Abstraktionsgrad des ganzen Kartenbildes meist markant.

Variationen: Die Wiederholungsrate kann von Null (gar keine Wiederholung) bis zu einem ganzzahligen Vielfachem gehen. Entscheidend ist, dass visuelle Mindestgrössen bei den Texturstrukturen nicht unterschritten werden und damit die Lesbarkeit auch im Hintergrund des Kartenbildes gewährleistet bleibt.

- **Gestaltungsvariable *Musterwinkelung (Orientierung)***

Eine Anbringung der Textur aufs Kartenobjekt unter veränderten Winkeln kann die Erscheinung und somit auch die Aussagekraft des Oberflächenmusters beeinflussen. Denn die Orientierung des Musters ist für den Betrachter nur unter einem Blickwinkel konstant und damit vergleichbar. Somit ist diese Variable vor allem bei statischen Topografischen 3D-Karten interessant. Bei dynamischen und interaktiv nutzbaren 3D-Karten mit wechselndem Betrachterstandort verliert sie diese Konstanz und damit an differenzierender Wirkung. Die Texturwinkelung wird beim Einsatz in 3D-Karten kaum je eine grosse Bedeutung erlangen.

Variationen: Die Variationen liegen im Wertebereich von 0° – 360° . Effektiv stehen bei symmetrischen Flächenmustern nur die Winkelwerte von $360^\circ / (\text{Anzahl der Symmetrieachsen})$ zur Verfügung.

3.3.3 Weitere Überlegungen zur äusseren Erscheinung

Konturen

Die meisten topografischen Kartenobjekte besitzen als äussere Erscheinung entweder Konturen (gestaltete Ränder) oder Begrenzungsflächen oder beides zusammen. Diese stilistischen Gestaltungsmittel werden mittels den elementaren Gestaltungsvariablen *Form* (Verlauf), *Grösse* (Breite), *Farbe*, *Helligkeit*, *Muster* (Strichlierung) gestaltet. Auch unterliegen diese ebenfalls den perspektivischen Gesetzmässigkeiten (Verkleinerung/Vergrösserung, Verzerrungen).

Bei der Symbolisierung von Objektklassen soll stets die Frage gestellt werden, ob eine Kontur oder eine Fläche später bei der Visualisierung überhaupt erscheinen soll oder ob auf sie verzichtet werden kann. Diese Überlegung ist deshalb von Bedeutung, weil nachfolgende Gestaltungsentscheide davon wesentlich beeinflusst werden. Mit Konturen lassen sich beispielsweise Flächen trotz schwachem Farbkontrast dennoch differenzierend darstellen. Andererseits wirkt das gesamte Kartenbild ohne dominante Begrenzungslinien ruhiger und harmonischer. Beim Verzicht von Objektflächen wird die Sichtbarkeit von dahinterliegenden Objekten begünstigt.

Kantenglättung

Bei der Visualisierung auf dem Bildschirm besteht oft die Gefahr, dass beim Aneinandertreffen zweier kontrastreicher Farbflächen unschöne Treppeneffekte sichtbar werden (*Aliasing*) (SPIESS 1996; BRUNNER 2000). Bei einer Bildschirmauflösung von 72 bzw. 96 dpi wirkt dies sehr störend. Diesem Effekt begegnet man am besten mit Glättungsfunktionen (*Antialiasing*), welche in moderner Grafik- und Visualisierungssoftware enthalten sind. Für ein störungsfreies harmonisches Bildgefüge und damit zur effektvolleren Informationsübertragung sollten diese Features bei der Generierung von Bildschirmdarstellungen – und somit auch für Topografische 3D-Karten – stets eingesetzt werden.

Realitätsnahe Erscheinung

Bereits mehrfach in dieser Arbeit wurde erwähnt, dass mit den heute zur Verfügung stehenden Informatikmitteln Möglichkeiten zur realitätsnahen Gestaltung von Geodaten vorhanden sind. Dieser Umstand lässt sich auch zur Gestaltung der Kartenobjekte in Topografischen 3D-Karten einsetzen.

Einige der oben beschriebenen Gestaltungsvariablen zur visuellen Erscheinung wie der *Form* oder die *Oberflächenrauigkeit*, *Materialeigenschaften* und *Oberflächenmuster* lassen naturalistische, nahezu fotorealistische Variationen zu. In Softwarepaketen zur Landschaftsvisualisierung und für Computerspiele (z.B. *World Construction Set*, *Bryce3D*, *Kashmir3D*) können integrierte Textur- und Symbolbibliotheken oder Softwaretools zur

Gestaltung des Aussehens und Verhaltens von Landschaftselementen (Flüsse, Vegetation, Strassen) dafür eingesetzt werden. Was früher Karten- und Panoramamalern kunstvoll zustande brachten, kann heute jeder Autor von Topografischen 3D-Karten bei entsprechenden Programmkenntnissen selber erreichen.

Zu diesen Möglichkeiten der realitätsnahen Gestaltung gesellen sich später auch noch die Beleuchtungs- und Schattierungseffekte sowie die Möglichkeiten zur Integration von atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen (Abs. 3.4.5 und 3.4.6).

Objektverteilung und Objektgruppen

Bei der visuellen Gestaltung gilt es zudem die Nachbarschaftsverhältnisse und die Verteilung von gleichartigen Kartenobjekten zu beachten. Bei den Nachbarschaftsverhältnissen geht es primär um die Abstände, die Objektähnlichkeit sowie die Erscheinungsverwandtschaft der Objekte. Und bei der Verteilung wird die Konzentration der Objekte in den verschiedenen Raumbereichen (Vorder-, Mittel-, Hintergrund) beurteilt (von «extrem locker» bis «extrem dicht»). Ob im grafischen Gefüge die Objekte dispers gestreut oder klumpenhaft angeordnet sind, kann für den Wahrnehmungsprozess in der jeweiligen Nutzungssituation von grosser Bedeutung sein (HAKE ET AL. 2002).

Falls nicht schon im Modellierungsprozess gleiche Kartenobjekte zu einer Gruppe zusammengefasst worden sind, liesse sich eine solche Aggregation auch über die Symbolisierung erreichen. Programmfunktionen müssten dafür sorgen, dass für nahe beieinander stehende Einzelobjekte ein Gruppensymbol eingeführt wird, welches dieser Gruppe eine eigene Geometrie zuweist (z.B. Siedlungsfläche statt Einzelhausgrundrisse). Die Einzelobjekte dürften dann bei der Visualisierung nicht mehr berücksichtigt werden. Besonders interessant scheinen solche Generalisierungsprozesse der Zusammenfassung und Neuklassierung zur Gestaltung der einzelnen Stufen bei einem integrierten LoD-Ansatz. Das 3D-Landschaftsmodell müsste dazu nicht verändert werden (Abs. 3.1.5).

Mit Hilfe solcher Symbolisierungsansätze wird einerseits die Raumdisposition klarer gegliedert und das Kartenbild entschlackt. Andererseits kann der Nutzer die wesentlichen Strukturen – namentlich im Hintergrund – besser wahrnehmen.

Änderung der Position von Kartenobjekten wegen der Symbolisierung

Obwohl die modellmässige Position innerhalb des 3D-Kartenmodells beim Modellierungsprozess schon definiert worden ist (Abs. 3.2.3), kann bei einzelnen Kartenobjekten dennoch eine Änderung unumgänglich sein. Denn wegen der Zuweisung von platzbeanspruchenden Symbolen können sich benachbarte Objekte gegenseitig stören, da sie sich durch die festgelegte Symbolgrösse überlappen und ineinander verschachteln. Die eindeutige Erkenn- und Lesbarkeit ist in solchen Fällen nicht mehr gewährleistet. In derartigen Konfliktsituationen ist es meist notwendig, die georeferenzierte Position eines oder mehrerer Objekte aufzugeben. Die symbolisierten Objekte müssen innerhalb des kartografischen 3D-Landschaftsmodells so verschoben werden, dass die Überlappung aufgehoben wird. Dennoch darf der georäumliche Bezug nicht allzu verfälscht werden. Dies entspricht im klassischen Sinne dem Generalisierungsprozess des Verdrängens (HAKE ET AL. 2002; SGK 2002; MACEACHREN 1995).

Änderungen in der Position werden wiederum über Translationen gegenüber den Positionskordinaten und Rotationen gegenüber den Objektachsen durchgeführt (Abs. 3.2.3). Wie bei der Änderung der Position bereits erwähnt, sollten dabei die Einstellungen zur Lage aus dem Modellierungsprozess lediglich überlagert (z.B. durch Inaktivierung der modellierten Lageeinstellungen), keinesfalls aber verändert werden.

Beim Symbolisierungsprozess sollten demzufolge Steuerungsmechanismen in der Symbolisierungssoftware integriert sein, welche diese Konfliktsituationen erkennen. Gleichzeitig wäre es wünschbar, dass in die Positionsdaten des kartografischen 3D-Landschaftsmodells (nicht ins 3D-Landschaftsmodell direkt!) interaktiv-manuell oder (halb-)automatisch eingegriffen wird. Eventuell lassen sich in Zukunft auch konstruktiv-grafische Ansätze durch Objektselektion und Verschiebung gemäss Symboldimension realisieren.

3.3.4 Gestaltungsaspekte zur Kartenschrift

Die Kartenschrift ist eine erläuternde Ergänzung von Kartenobjekten innerhalb des Kartenbildes von Topografischen 3D-Karten. Sie wird überall dort eingesetzt, wo die grafische Symbolisierung allein nicht zur Sinnklärung beitragen kann. Dies ist überwiegend zur Offenlegung von semantischen Attributen der Kartenobjekte der Fall (Namen, numerische Bezeichnungen, statistische Werte, Angaben) (HAKE ET AL. 2002; SGK 2002). Auch zur Gestaltung der Kartenschrift können diverse Gestaltungsvariablen unterschieden werden, die nachfolgend kurz aufgeführt sind. Die meisten Variationen und Variationsbereiche fallen dabei enorm vielfältig und breit aus. Detailliertere Informationen zu Schriften und zur Typografie finden sich in GULBINS/KAHRMANN (1993), TURTSCHI (1995), REIMANN/RIETHMÜLLER (1997) oder FRUTIGER (2001).

- **Gestaltungsvariable Schriftart**

Nur schon lateinische Schriftarten gibt es Hunderte mit jeglicher Ausprägung. Wie in der klassischen topografischen Karte sollte die Schriftart ein ruhiges, unauffälliges Bild abgeben. Das Kartenbild darf nicht durch die Schrift dominiert werden. Der Kartennutzer sollte somit nicht durch die Schrift beim Interpretieren des Karteninhaltes abgelenkt werden.

Variationen: Auch in topografischen 3D-Karten eignen sich grundsätzlich serifenlose Schriftarten besser als solche mit Serifen. Sie muss sich in jeglicher Grösse ins Kartenbild integrieren lassen und jederzeit lesbar bleiben.

- **Gestaltungsvariable Schriftgrösse**

Die Grösse der Schrift ist entscheidend für deren Erkennung im Kartenbild. Da die Schriftobjekte im kartografischen 3D-Landschaftsmodell häufig an topografischen Kartenobjekten angehängt sind, werden solche Labels je nach Position im Raumbereich (Vorder-, Mittel-, Hintergrund) vergrössert oder verkürzt dargestellt. Somit muss eine Grösse gewählt werden, die mit anderen benachbarten Objekten in einem harmonischen Verhältnis steht. Falls die Kartenschrift nachträglich ins Kartenbild eingesetzt wurde, darf die Schriftgrösse nicht konstant gehalten werden. Dies würde dem Grundsatz der Grössenkonstanz in der perspektivischen Wahrnehmung widersprechen (Abs. 2.6.2). In diesem Fall ist ebenfalls auf eine perspektivische Verjüngung zu achten.

Variationen: Je nach Betrachtungsstandort, Gebietsausschnitt und Objektklassen werden die verschiedenen Schriftgrössen gewählt. Hierfür finden sich in den Softwarepaketen zur 3D-Visualisierung unterschiedliche Eingabemöglichkeiten. Die Grössenwahl kann in optionalen Punktwerten oder sogar in metrischen Massen erfolgen. Letztere Möglichkeit ist insofern sinnvoll für einen direkten Vergleich mit den metrischen Dimensionen der weiteren Kartenobjekte.

- **Gestaltungsvariable *Schriftschnitt***

Mit der Gestaltungsvariablen *Schriftschnitt*, also der unterschiedlichen Ausprägung der Schriftart, lassen sich vor allem verschiedene Objektklassen gut voneinander differenzieren. Sie lässt sich in mehrere Sub-Variablen aufsplitten (SGK 2002):

 - Sub-Variable *Schriftstärke*
Variationen: mager, normal, halbfett, fett, extrafett.
 - Sub-Variable *Schriftlage*
Variationen: stehend, liegend (kursiv), rückwärtsliegend.
 - Sub-Variable *Schriftbreite*
(Breite der Buchstaben, Ziffern und sonstigen Zeichen)
Variationen: schmal, normal, breit, extra breit.

- **Gestaltungsvariable *Schriftsperrung***

(Abstand zwischen den einzelnen Buchstaben, Ziffern und sonstigen Zeichen)
Variationen: schmal, normal, breit, extra breit.

- **Gestaltungsvariable *Schreibart***

Variationen: normal, versal, Kapitälchen.

- **Gestaltungsvariable *Schriftorientierung***

Variationen: normal stehend bis senkrecht stehend;
die Biegung der Schrift könnte man ebenfalls zu dieser Gestaltungsvariable zählen.

- **Gestaltungsvariable *Schriftauszeichnung (Spezialeffekte, Ausgestaltung)***

Variationen: unterstrichen, unterlegt, negativ, umrahmt, schattiert, 3D-Effekte.

- **Gestaltungsvariable *Schriftfarbe***

Wie jedes Gestaltungsmittel eines Kartenobjektes kann auch der Schriftzug und sein allfälliger Schrifthintergrund alle erdenklichen Farben und Farbverläufe annehmen. Wichtig dabei ist, dass stets auf gute Kontraste zwischen Text, Schrifthintergrund und des übrigen Karteninhaltes geachtet wird. Die Überlegungen zur Farbenwahl bei topografischen Kartenobjekten treffen auch bei den Schriften zu (Abs. 3.3.2).
Variationen: je nach Farbraum (z.B. RGB, CMYK, HVS, Indizierte Farben) bis zu 16 Millionen Farbtöne.

- **Gestaltungsvariable *Bewegung/Veränderung der Kartenschrift***

Kartenschriften lassen sich in dynamischen Topografischen 3D-Karten auch als bewegte Kartenobjekte gestalten. Dies kann sehr effektiv bei der Selektion über interaktives Anklicken oder eine Suchfunktion sein. Dazu stehen diverse Möglichkeiten der Bewegung bzw. Veränderung der grafischen Ausprägung zur Verfügung. Nachfolgend seien einige potenzielle Sub-Variablen kurz erwähnt:

 - Sub-Variable *Größenveränderung*
Variationen: (pulsierendes) Vergrössern bzw. Verkleinern des Labels.
 - Sub-Variable *Positionsänderung*
Variationen: (pulsierende) Höherstellung.
 - Sub-Variable *Drehung*
Variationen: Drehungen um die drei Körperachsen oder festgelegte Ankerpunkte.

- Sub-Variable *Farbänderung*
Variationen: (pulsierende) Änderung von bisheriger Farbe zu festgelegter Signalfarbe.
 - Sub-Variable *Erhellen*
Variationen: (pulsierendes) Aufleuchten von einer Stufe mit erhöhter bzw. reduzierter Helligkeit gegenüber einer mit normaler Helligkeit.
- **Gestaltungsvariable *Beschriftungstechnik***
Zur Beschriftung der dargestellten Kartenobjekte gibt es Techniken, die optional gewählt werden können (Abb. 3.13). Ob sie zur Anwendung kommen, hängt sowohl von konzeptionellen Layoutüberlegungen zum Kartenprodukt als auch von den programmierten Routinen der Software ab.
 - Sub-Variable *Cursoranzeige*
Variationen: Anzeige durch Anklicken,
Anzeige beim Überfahren (Mouse-roll-over).
 - Sub-Variable *Infobox*
Variationen: Position im Kartenbild,
Position im *Grafischen User Interface* (GUI).
 - Sub-Variable *Billboard*
Bei der Billboard-Technik wird ein Namenszug (Rasterobjekt) mit einem Positionsvektor verknüpft und so als Textobjekt ins 3D-Landschaftsmodell integriert.
Variationen: Ausrichtung zum Betrachter, konstante Ausrichtung gegenüber 3D-Landschaftsmodell.



Abb. 3.13: Beschriftungstechniken im Kartenbild: a) Cursoranzeige; b) Infobox; c) Billboard.

3.3.5 Gestaltungsaspekte zur Objektanimation

Kartenobjekte können nicht nur statisch im 3D-Landschaftsmodell gezeigt werden. Dank verschiedensten Softwarewerkzeugen können sie so gestaltet werden, dass sie während der Nutzung von dynamischen Topografischen 3D-Karten – interaktiv oder automatisch ausgelöst – eine Positions- oder Lageveränderung oder auch Änderungen ihrer äusseren Gestalt erfahren. Die entsprechenden Gestaltungsaspekte zur Objektanimation basieren grundsätzlich auf den Variablen statischer Objekte. Doch müssen im Animationsvorgang mindestens zwei Zustände eines Attributes integriert sein (z.B. Wechsel von einer Farbe zur anderen).

Vom Rhythmus und von der zeitlichen Abfolge her können Objektänderungen grundsätzlich ...

- ... abrupt oder langsam einsetzen,
- ... einmalig oder wiederholend (pulsierend) ablaufen sowie
- ... dezent oder auffällig erscheinen.

Die thematischen Überlegungen und die Priorität der Kartenobjekte bestimmen die genauen Ausprägungen dieser rhythmischen und zeitlichen Aspekte.

Im Folgenden führen wir einige Variablen auf, die der dynamischen Gestaltung von Kartenobjekten dienen und die objektimmanent sind. Die technischen Details der Algorithmen und Mechanismen (Selektion durch Anklicken, Auffinden über Suchindex), wie die Bewegungen und Veränderungen vom Nutzer gesteuert werden, sind nicht Gegenstand der Arbeit. Den ganzen Bereich der Nutzerführung und Navigation wollen wir an dieser Stelle ausklammern. Ausführliche Konzepte und technische Lösungsansätze zur interaktiven und dynamischen Gestaltung von perspektivischen Visualisierungen finden sich in den Arbeiten von DÖLLNER ET AL. (2000), KRAAK (2001), TERRIBILINI (2001), DRANSCH (2002) oder BUZIEK (2003).

- **Gestaltungsvariable *Abbildungsstatus des Kartenobjektes***

Ein Kartenobjekt kann die Aufmerksamkeit des Nutzers auf sich ziehen, in dem es innerhalb des Kartenbildes erscheint und ausgeblendet wird. Dies geschieht am besten durch repetierendes Abbilden und Verschwinden lassen, was einen Blinkeneffekt mittels Anzeige ergibt.

Variationen: Optionen «Abbildung» und «Nicht-Abbildung».

- **Gestaltungsvariable *Größenänderung***

Durch Skalierung kann die Geometrie eines Kartenobjektes im kartografischen 3D-Landschaftsmodell derart vergrößert bzw. verkleinert werden, dass es im Kartenbild nach der Visualisierung wie ein Aufblähen bzw. Schrumpfen desselben erscheint. Die Skalierungsverhältnisse können fest vorgegeben sind oder interaktiv – bei entsprechender Entwicklung der Software einst sogar stufenlos – wählbar sein.

Variationen: Jegliche im Verhältnis zur Originalgröße stehenden Skalierungsfaktoren sind zur Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Kartenobjektes denkbar. Ein festgelegter Wertebereich kann verhindern, dass die Objekte nicht zu klein (Mindestgröße zur Erkennung) und nicht zu gross (Gefahr der Dominanz und zu starken Verdeckung) ausgegeben werden.

- **Gestaltungsvariable *Gestaltänderung***

Die Form eines Objektes kann im Verlaufe der Nutzung (z.B. bei der interaktiven Selektion oder beim Auffinden mit Suchfunktion) ändern. Dies geschieht über eine oder über mehrere Stufen. Auch kann das Kartenobjekt dabei eine oder mehrere neue Formen annehmen.

- Sub-Variable *Form des Objektes*

Variationen: Anzahl der Variationen unbegrenzt.

- Sub-Variable *Änderungsvorgang*

Variationen: Viele Optionen zwischen «schlagartig» und «kontinuierlich» denkbar.

- **Gestaltungsvariable *Positionsänderung***

Bei der Positionsänderung geht es um den Standortwechsel eines Kartenobjektes. Dies könnte zur Präsentation eines besonderen Standortes (z.B. pulsierendes Hüpfen) oder Ausdruck einer Entwicklung sein. Die dynamische Positionsänderung geschieht

ebenfalls durch Festlegung der Anfangs- und Endposition (bzw. Zwischenpositionen), des Bewegungspfades und des zeitlichen Rhythmus (Geschwindigkeit, Beschleunigung, Abbremsen).

- Sub-Variable *Anfangsposition*
Variationen: Werte der drei Raumkoordinaten x, y, z (Wertebereich je nach zugrundeliegendem räumlichen Bezugssystem).
 - Sub-Variable *Endposition (bzw. Zwischenpositionen)*
Variationen: Werte der drei Raumkoordinaten x, y, z (Wertebereich je nach zugrundeliegendem räumlichen Bezugssystem).
 - Sub-Variable *Bewegungspfad*
Variationen: geradliniger Pfad, gekrümmter Pfad, Schlaufe (Variationsbereiche unbegrenzt).
 - Sub-Variable zeitlicher *Rhythmus*
Variationen: einmalige Bewegung (von Anfangs- zur Endposition), zurückführende Bewegung (über Zwischenposition zurück zur Anfangsposition), permanente Bewegung (entlang des Bewegungspfades).
 - Sub-Variable *Geschwindigkeit*
Variationen: zwischen «langsam» und «sehr schnell», abgestimmt auf semantischen Gehalt und gewünschte Augenfälligkeit.
 - Sub-Variable *Beschleunigung bzw. Verlangsamung*
Variationen: zwischen «niedrig» und «sehr hoch», abgestimmt auf semantischen Gehalt und gewünschte Augenfälligkeit.
- **Gestaltungsvariable *Orientierungsänderung***
Auch die dynamische Veränderung der Orientierung des Kartenobjektes gegenüber seiner Ursprungsorientierung kann in einer interaktiven Topografischen 3D-Karte vorgesehen werden. Wie bei unbewegten Objekten kann der Ablauf der festgelegten Rotationen gestaltet werden. Wir müssen hier Sub-Variablen wie Ursprungs- und Endorientierung, Rotationsrichtungen, zeitlichen Rhythmus und Rotationsgeschwindigkeit voneinander unterscheiden, und dies stets bezogen auf die drei möglichen Rotationen um die Körperhauptachsen der Kartenobjekte.
 - Sub-Variable *Ursprungsorientierung*
Variationen: Rotationswinkel der Körperhauptachsen gegenüber der Normalorientierung (Wertebereich von 0° bis 360°).
 - Sub-Variable *Endorientierung*
Variationen: Rotationswinkel der Körperhauptachsen gegenüber der Ursprungsorientierung (Wertebereich von 0° bis 360°).
 - Sub-Variable *Rotationsrichtungen*
Variationen: Optionen «Linksdrehung» oder «Rechtsdrehung» bei den Rotationen um die Körperhauptachsen.
 - Sub-Variable zeitlicher *Rhythmus*
Variationen: Einmalige Rotation (von Ursprungs- zur Endlage), zurückführende Lageänderung (über Zwischenorientierung zurück zur Ursprungsorientierung), permanente Rotation.
 - Sub-Variable *Rotationsgeschwindigkeit*
Variationen: Zwischen «langsam» und «sehr schnell», abgestimmt auf semantischem Gehalt und gewünschter Augenfälligkeit (Wertebereich kontinuierlich).

- **Gestaltungsvariable *Farbänderung***

Eine Änderung der Farbe oder des Farbverlaufes kann als eines der augenfälligsten grafischen Gestaltungsmittel eingesetzt werden. Das Kartenobjekt wird so gestaltet, dass es seine farbliche Erscheinung je nach beabsichtigtem Effekt oder seinem realen Verhalten (z.B. saisonale Farbänderungen der Vegetation) wechselt.

- Sub-Variable *Anfangsfarbe (-Farbverlauf)*
Variationen: Unbegrenzte Anzahl an Farbwerten und Farbkombinationen (Wertebereich je nach Farbraum).
- Sub-Variable *Endfarbe (-Farbverlauf)*
Variationen: Unbegrenzte Anzahl an Farbwerten und Farbkombinationen (Wertebereich je nach Farbraum).
- Sub-Variable *Geschwindigkeit der Farbänderung*
Variationen: Zwischen «langsam» und «sehr schnell», abgestimmt auf semantischen Gehalt und gewünschte Augenfälligkeit (Wertebereich kontinuierlich)
- Sub-Variable *zeitlicher Rhythmus der Farbänderung*
Variationen: Einmalige Farbänderung (von Anfangs- zur Endfarbe), zurückführende Farbänderung (über Zwischenfarbe zurück zur Ursprungsfarbe), permanenter Farbwechsel (pulsierende Farbänderung).

- **Gestaltungsvariable *Helligkeitsänderung***

Auch Helligkeitsänderungen können viel zur Steigerung der Aufmerksamkeit und Attraktivität beitragen. Anders als bei der Farbänderung ist hier der Wertebereich durch den kleineren Wertebereich von 256 technisch möglichen Graustufen (bei 8-Bit) weniger gross. Doch in Anbetracht der beschränkten menschlichen Wahrnehmbarkeit von Unterschieden benachbarter Werte wirkt sich dies nicht nachteilig aus. Helligkeitsveränderungen dienen ebenfalls dem markanten Herausheben des gewünschten Objektes (z.B. durch Blinken). Analog zur Gestaltungsvariablen *Farbveränderung* unterscheiden wir auch hier diverse Sub-Variablen (mit sinngemäss gleichen Variationen).

- Sub-Variable *Anfangshelligkeit*
- Sub-Variable *Endhelligkeit*
- Sub-Variable *Geschwindigkeit der Helligkeitsänderung*
- Sub-Variable *zeitlicher Rhythmus der Helligkeitsänderung*

- **Gestaltungsvariable *Texturänderung***

Zur effektvollen Präsentation von animierten Kartenobjekten könnte sich auch eine Änderung der Texturen anbieten. Wie bei anderen Gestaltungsvariablen, welche zur Änderung der äusseren Erscheinung der Objekte im Kartenbild beitragen (Position, Lage, Farbe, Helligkeit), müssen wir auch hier unterscheiden zwischen mindestens zwei, gut voneinander unterscheidbaren Oberflächentexturen. Das Muster und die farbliche Gestaltung muss genügend differenzierend sein. Diese unterschiedlichen Texturen werden animierten Kartenobjekten zu genau definierten Zeitpunkten der Auslösung und in bestimmtem zeitlichen Rhythmus (einmalig, rückkehrend, wiederholend) zugewiesen.

- Sub-Variable *Ursprungstextur*
- Sub-Variable *Endtextur*
- Sub-Variable *Geschwindigkeit der Texturänderung*
- Sub-Variable *Zeitlicher Rhythmus der Texturänderung*

3.3.6 Gestaltungsaspekte zu orientierenden Kartenobjekten

Im Symbolisierungsprozess sind die orientierenden Kartenobjekte gleich wie die übrigen topografischen Kartenobjekte zu behandeln. So müssen die Objekterklärungen, die Positionsangaben, die Richtungsangaben, die Massstabs- und die Distanzangaben ebenso durch die verschiedenen Gestaltungsaspekte der Symbolisierung in ihrer äusseren Erscheinung gestaltet werden (Abs. 3.2.4).

Wichtig ist zudem die vorgängige und klare Definition in einer Legende. Insbesondere ist dabei auf gute Unterscheidbarkeit untereinander, aber auch gegenüber den topografischen Objekten zu achten. Die grössenmässigen, farblichen und texturellen Merkmale sollen klar hervortreten. Doch gleichzeitig dürfen die Ausprägungen nicht zu dominant im Kartenbild erscheinen, um die Aufmerksamkeit des Nutzers nicht von der eigentlichen Hauptinformation, den topografischen Gegebenheiten, abzulenken.

Als Gestaltungsmittel kommen auch bei orientierenden Kartenobjekten die bisherigen in Frage, also Konturen, Flächen, Texturen, 3D-Objekte oder Text sowie die Möglichkeiten zur Objektanimation.

3.4 Gestaltungsaspekte bei der Visualisierung

3.4.1 Die Visualisierung Topografischer 3D-Karten

Die Visualisierung ist der dritte Teilprozess im gesamten Generierungsprozess von Topografischen 3D-Karten (Abs. 3.1.5). In diesem Prozessschritt werden die Gestaltungsentscheidungen der Modellierung und Symbolisierung in eine – heutzutage digitale – Kartengrafik umgesetzt. Sie bewirkt die eigentliche Sichtbarmachung des Karteninhaltes. Die Visualisierung bestimmt demzufolge weitgehend die endgültige Bild- und Darstellungsqualität der gesamten Karte.

Der Computer als Arbeits- und Präsentationsinstrument bekommt hier eine überragende Bedeutung. Denn die eingesetzte Visualisierungssoftware kann nun all die Modellierungsschritte sowie die Einstellungen im Symbolisierungsablauf in ein zweidimensionales Bild umsetzen (*Rendering*). Dies geschieht vorerst einmal auf einem Bildschirm. Wenn beabsichtigt, können aus diesem ersten digitalen Resultat weitere Darstellungen erzeugt werden, sei es als aufbereitete Druckdatei für eine Printausgabe, sei es als verfeinerte Bilddatei, die später in einer Bildschirmpräsentation oder fürs Internet benötigt wird. Es gilt demzufolge, auch die Eigenschaften des Abbildungsmediums und Rahmenbedingungen zur Nutzung desselben zu berücksichtigen. Denn der Nutzer ist ja in erster Linie nur mit der abgebildeten 3D-Karte als Ergebnis des Kartenerstellungsprozesses konfrontiert.

Bevor das Rendering des kartografischen 3D-Landschaftsmodells geschieht, müssen auch in diesem Generierungsschritt einige Variationen diverser Gestaltungsvariablen bestimmt werden.

3.4.2 Vorbereitung der Modellstruktur zur Visualisierung

Ziel bei der Vorbereitung der Modellstruktur, dem ersten Teilschritt der Visualisierung, ist die sinnvolle (nach Möglichkeit: optimale) Bereitstellung der Kartenobjekte für den eigentlichen Abbildungsprozess. Dabei geht es in erster Linie um eine übersichtliche Bildaufteilung, die abhängig ist von der Anordnung und der äusseren Gestalt der einzelnen Karten-

objekte. Die Bildaufteilung umfasst zwei Aspekte: zum einen die Raumstaffelung und zum anderen die Bilddichte.

Die Raumstaffelung gibt an, wo die topografischen Kartenobjekte in den Raumbereichen Vorder-, Mittel- und Hintergrund lokalisiert sind. Und unter der Bilddichte verstehen wir die Objektkonzentration innerhalb des dargestellten Raumausschnittes. Sie liefert Hinweise über das Verhältnis der Belegung des Kartenbildes durch die symbolisierten Kartenobjekte zur noch sichtbaren Fläche des Geländeobjektes. Je höher dieses Verhältnis, desto weniger sieht man im Kartenbild von der Geländeoberfläche. Massgeblich abhängig ist die Bilddichte – neben der Struktur des 3D-Landschaftsmodells mit seinem symbolisierten Inhalt – hauptsächlich von den Betrachtungsvariablen wie beispielsweise dem mittleren Betrachtungswinkel (Kameraneigung) (Abs. 3.4.4).

Wegen der perspektivischen Betrachtung des kartografischen 3D-Landschaftsmodells erscheinen Objekte versetzt (Raumstaffelung). Je nach Raumposition und Nähe zur Kamera erscheinen die Objekte unterschiedlich gross, verdeckt und verzerrt. Es stellen sich Grundsatzüberlegungen, ob Kartenobjekte überhaupt noch erkennbar sind aufgrund ihrer Position und Grösse aus dem Symbolisierungsprozess. Gleichzeitig interessiert, ob sie überhaupt gezeigt werden sollen und – wenn ja – in welcher Grösse.

Die Raumstaffelung und die Bilddichte lassen sich in diesem Teilprozess durch zwei Möglichkeiten beeinflussen:

- ... durch Weglassen gewisser Objekte und Objektklassen oder
- ... durch Integration eines *Level-of-Detail*-Ansatzes.

Beim Weglassen müssen vorab in der Visualisierungssoftware und den dazugehörigen Datenbanken (semi-)automatisch Einstellungen vorgenommen werden, welche individuelle Kartenobjekte oder ganze Objektklassen und -gruppen von der Visualisierung ausschliessen (z.B. kleine Bäche oder Strassen, Waldflächen unterhalb einer gewissen Flächengrösse, alle Siedlungen im Hintergrund). Wir können hier wiederum von einem Generalisierungsprozess durch Weglassen sprechen. Das dahinterstehende 3D-Landschaftsmodell bleibt dadurch weiterhin unverändert.

Bei der Integration eines *Level-of-Detail*-Ansatzes (LoD) kommen zur Symbolisierung der topografischen Kartenobjekte vorbereitete Symbolsets zum Zuge (Abs. 3.1.1). Die Anwendung eines LoD-Ansatzes ist abhängig von der Distanz des Kartenobjektes zum Betrachter (bzw. zur Kamera) (Abb. 3.5). Je weiter weg sich das Objekt von der Kamera bzw. Abbildungsebene befindet, desto einfacher strukturiert soll das stufengerechte gleichbedeutende Symbol sein. Denn im Mittel- und Hintergrund des Kartenbildes können filigrane Geometrie sowie detailreiche Symbolstrukturen oder Texturen nur noch reduziert wahrgenommen werden. So werden im Vordergrund den Kartenobjekten eher komplexe oder sogar naturähnliche Symbole und Texturen zugewiesen, wohingegen für Objekte der gleichen Objektklasse in ferneren Bildbereichen nur noch sehr vereinfachte, abstrakte Symbole genügen. Die sinnvolle Anzahl von Symbolstufen bewegt sich zwischen zwei bis vier. Der Einbezug des LoD-Ansatzes reduziert einerseits die grafische Komplexität des Kartenbildes und andererseits auch die Rechenzeit beim Abbilden des 3D-Kartenmodells in die perspektivische Darstellung, beschleunigt also das Rendering (GRAF 1995; TERRIBILINI 2001).

3.4.3 Gestaltungsaspekte der Abbildungsgesetze

Wie das fertig modellierte und symbolisierte kartografische 3D-Landschaftsmodell in ein Kartenbild gelangt, hängt im wesentlichen von der Wahl der Projektion ab. Je nachdem, ob der Nutzer den Ausschnitt als Blockbild, als Panorama oder als anderweitigen Abbil-

dungstyp perspektivisch darstellen möchte, muss er zielgerichtet die sinnvollen – oder in der Visualisierungssoftware verfügbaren – Abbildungsgesetze anwenden.

Projektion und Perspektive

Erst bei der Visualisierung wird das fertig modellierte und symbolisierte kartografische 3D-Landschaftsmodell auf einem zweidimensionalen Medium abgebildet. Mittels dieser Abbildung – auch *Projektion* oder *Perspektive* genannt – mit ihren geometrischen und mathematischen Gesetzmässigkeiten wird die dreidimensionale Datenstruktur des DHM und der weiteren Kartenobjekte auf eine Ebene projiziert. Bei Topografischen 3D-Karten steht diese Abbildungsebene grundsätzlich schräg zum 3D-Modell (besser 2.5D-Modell). Gleichzeitig geschieht dabei noch eine Verkleinerung der ursprünglichen Modelldimensionen, damit die Abbildung formatmässig aufs Präsentationsmedium passt (Massstabsfrage). Zu unterscheiden gilt es hier die parallelen Projektionen, bei der die Projektionsstrahlen (*Sehstrahlen*) parallel zueinander verlaufen und sich so auch Parallelstrukturen in der Abbildung ergeben können, und Zentralprojektionen, wo die Projektionsstrahlen von einem einzigen Projektionszentrum aus verlaufen. Auf die exakten geometrischen und mathematischen Abbildungsgesetze soll hier nicht eingegangen werden. Vielmehr sei dafür verwiesen auf HÖLZEL (1963), IMHOF (1963), FOLEY ET AL. (1995), GRAF (1995), LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK (2001/1 UND 2001/2), TERRIBILINI (2001) sowie HAKE ET AL. (2002).

Wir wollen im Rahmen dieser Arbeit den Begriff «Perspektive» verwenden. Obwohl häufig als Synonym für den Begriff «Projektion» verwendet, beschreibt dieser weniger die mathematische Konstruktion, sondern rückt eher die räumliche Wirkung in den Vordergrund (LEXIKON KARTOGRAPHIE/GEOMATIK 2001/2). Analog zu den Begriffen bei der Projektionen werden grundsätzlich zwei verschiedene Arten von Perspektiven unterschieden: die *Parallelperspektive* und die *Zentralperspektive*.

• **Parallelperspektive**

Je nach geometrischen und mathematischen Regeln bei der Projektion können wir beim Abbildungsergebnis unterscheiden zwischen *senkrechten Parallelperspektiven* (*senkrechte Axonometrien*; mit senkrechten Projektionsstrahlen zu einer Abbildungsebene) und *schiefen Parallelperspektiven* (*schiefe Axonometrien*; mit schräg verlaufenden Projektionsstrahlen zur Abbildungsebene) (Abb. 3.14). Zu den senkrechten Axonometrien gehören die *dimetrische* und die *isometrische Perspektive*, während dem die *Kavalier-* und die *Militärperspektive* zu den schiefen Axonometrien zu zählen sind (HAKE ET AL. 2002).

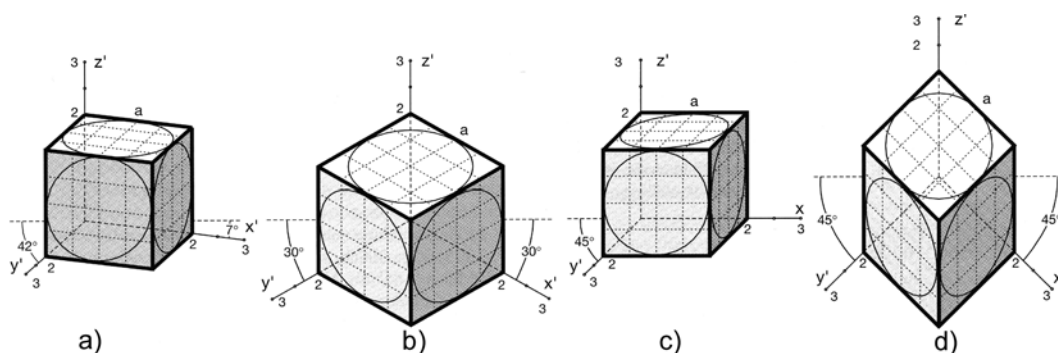


Abb. 3.14: Senkrechte Axonometrien: a) dimetrische Perspektiv; b) isometrischer Perspektive. Schiefe Axonometrien: c) Kavaliersperspektive, d) Militärperspektive (Quelle: HAKE ET AL. 2002).

Darstellungen in Parallelperspektive lassen beliebig grosse geografische Räume abbilden. Ebenso können benachbarte Raumausschnitte aneinandergesetzt werden (IMHOF 1963). Diese Arten der Perspektive eignen sich eher für die manuelle Konstruktion einer Abbildung. Auch können Streckenverhältnisse meist miteinander verglichen werden und – unter dem günstigen Umstand von parallelen Abbildungsebenen – sogar Strecken direkt aus der Abbildung herausgemessen werden (Längentreue).

- **Zentralperspektive**

Das natürliche Sehen mit unserem menschlichen visuellen Wahrnehmungsvermögen unterliegt den Gesetzen der Zentralprojektion. Demzufolge empfinden wir zentralperspektivische Darstellungen von räumlichen Gegebenheiten als realitätsnah (IMHOF 1963). Das Projektionszentrum liegt in einer endlichen Distanz zu den abgebildeten Raumpunkten und zur Abbildungsebene. Da die Projektionsstrahlen zentral auf dieses Zentrum zulaufen, erscheinen in der Abbildung parallele Linien und Ebenen im Allgemeinen nicht mehr parallel. Je nachdem, wieviele Koordinatenachsen von der Abbildungsebene geschnitten werden, werden maximal drei Fluchtpunkte in der Abbildung auftreten (Abb. 3.15). So ist die perspektivische Darstellung von Objekten grundsätzlich weder längen- noch winkeltreu. Dies hat wiederum zur Folge, dass in fast allen Fällen Verzerrungen auftreten, je weiter vom senkrechten Projektionsstrahl weg (Bildzentrum), desto markanter. Für weitere Informationen zu den Charakteristika der Zentralperspektive sei wiederum verwiesen auf GRAF (1995), TERRIBILINI (2001) sowie HAKE ET AL. (2002).

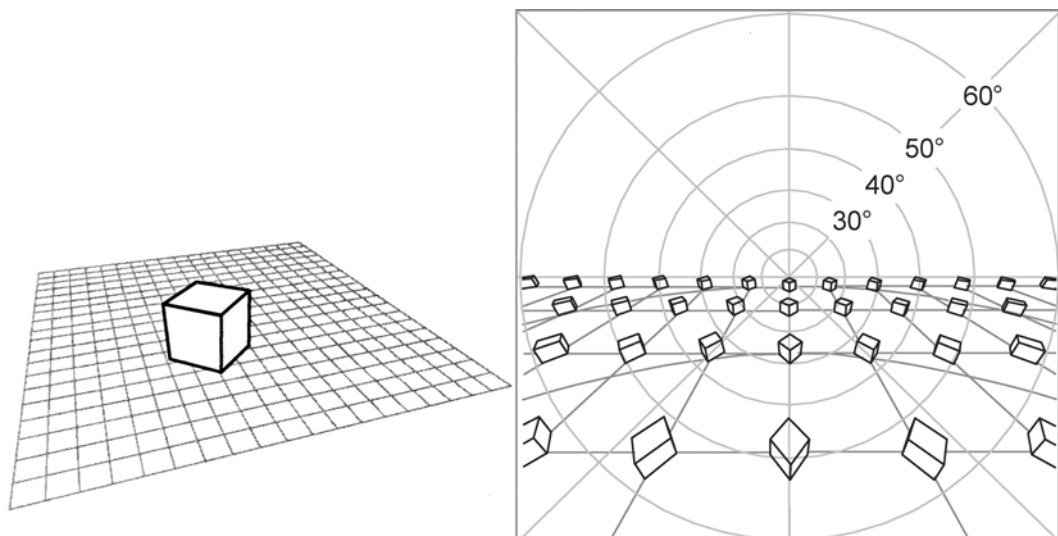


Abb. 3.15: Zentralperspektive. Links: zentralperspektivische Abbildung eines Würfels; b) Verzerrungen eines Würfels in Abhängigkeit der Distanz vom Bildzentrum (Quelle: TERRIBILINI 2001).

Eine konstruktive Art der Zentralperspektive hat sich schon vor einigen Jahrzehnten in der Kartografie etabliert: die «progressive Zentralperspektive» (HÖLZEL 1963; IMHOF 1963; BERANN 1986). Dabei handelt es sich um eine zentralperspektivische Abbildung mit nach vorne gewölbter Abbildungsebene. Sie wird vor allem zur Konstruktion von Vogelschaukarten und Panoramen angewendet (Abb. 3.16).

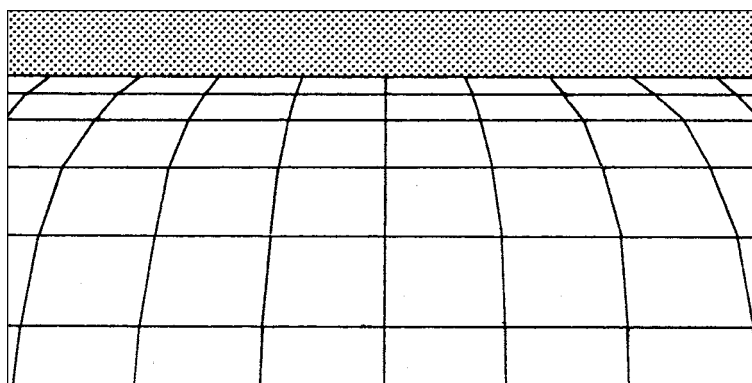


Abb. 3.16: Progressive Zentralperspektive. (Quelle: HÖLZEL 1963)

Für die modernen Formen der Topografischen 3D-Karten wird in erster Linie die einfache Zentralperspektive herangezogen. Dies geschieht nicht zuletzt deshalb, weil die Abbildungsgesetze der Zentralprojektion in den meisten Softwarepaketen implementiert sind (META CREATIONS 1998; QUESTAR PRODUCTIONS 1998; COREL 2000).

- **Zylinderprojektion**

Zur Projizierung von Panoramen wird sinnvollerweise die Zylinderprojektion gewählt (Abb. 3.17). Die Zylinderachse steht lotrecht zum kartografischen 3D-Landschaftsmodell. Die Höhe des Projektionszentrums wird häufig in die Mitte der vertikalen Ausdehnung des DHM-Ausschnittes gelegt, um die Abbildungsverzerrungen für die tiefsten und höchsten Punkte zu minimieren (IMHOF 1963).

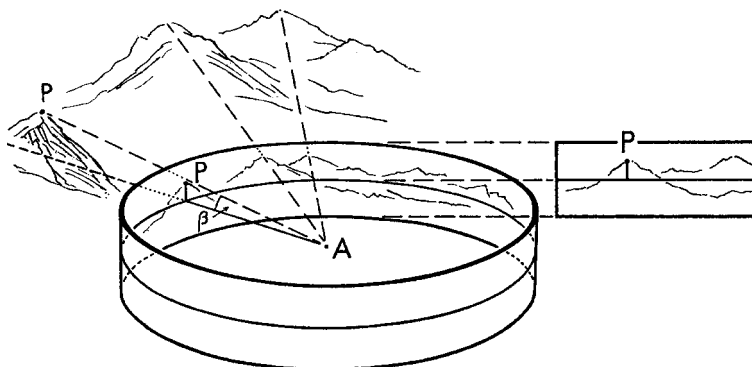


Abb. 3.17: Zylinderprojektion mit lotrechter Achse (Quelle: IMHOF 1963).

Als Grundlage der Zylinderprojektion ist die Kugelprojektion zu betrachten (RICKENBACHER 2001). Sie entspricht am ehesten dem natürlichen Sehen, da die Abbildungsfläche einer sphärischen Kugelfläche mit konstantem Abstand zu den Augen des Betrachters oder des Panoramamalers entspricht. Die Rotationsachse steht dann sinnvollerweise senkrecht. Allerdings dient nur ein schmaler horizontaler Ausschnitt der Kugeloberfläche als Projektionsebene. Zur Berechnung von Panoramen würde man idealerweise diese Projektionsart wählen, da sich daraus minimale Verzerrungseffekte ergeben. Allerdings wird man doch auf die Zylinderprojektion zurück kommen, weil gewölbte Abbildungsmedien (z.B. sphärisch gewölbte Leinwand) eher selten zur Verfügung stehen.

3.4.4 Gestaltungsaspekte der Modellbetrachtung

Die Gestaltungsaspekte der Modellbetrachtung (auch Raumbetrachtung genannt) steuern die Art und Weise, wie der Betrachter (hier der Kartennutzer) das 3D-Landschaftsmodell im Kartenbild sieht. Der Betrachterblick ist analog einer Kamera, mit deren Hilfe eine natürliche Situation als Bild erfasst werden kann. Wir sprechen daher im Folgenden ebenfalls von der Kamera und den Variablen bei deren Einstellung (Abb. 3.18).

Die Kameraeinstellungen umfassen neben der inneren Kamerageometrie auch eine äussere Geometrie mit der Kameraposition, der Betrachtungsrichtung, Einstellungen eines Zielpunktes, des Betrachtungswinkels sowie – bei dynamischen Topografischen 3D-Karten – die Kamerabewegungen und -veränderungen. Bei jedem dieser Aspekte der Betrachtung sind diverse Gestaltungsvariablen für eine nutzungsgerechte Abbildung der Modellszene festzulegen.

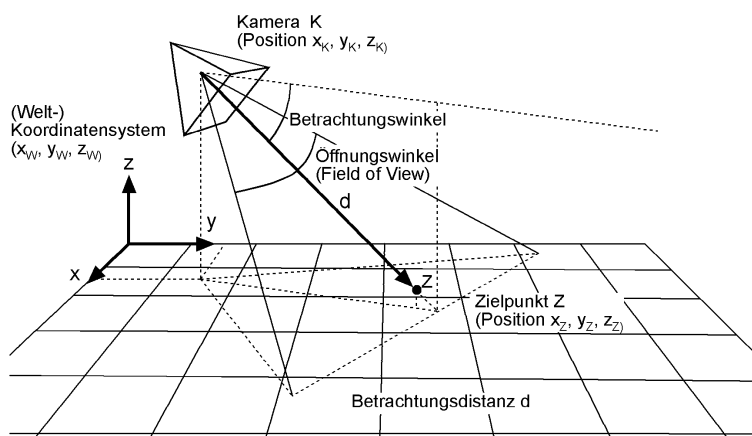


Abb. 3.18: Position und verschiedene Gestaltungsvariablen zur Kamera (Öffnungswinkel, Betrachtungswinkel, Betrachtungsdistanz, Zielpunkt).

Innere Kamerageometrie

Bei der inneren Kamerageometrie sprechen wir von Grundeinstellungen, die der Kamera immanent sind, wie dem Öffnungswinkel und dem Zoom³.

- **Gestaltungsvariable Öffnungswinkel**

Beim Öffnungswinkel – auch *Field of View* (FoV) oder Gesichtsfeld genannt – handelt es sich um den Winkel des Betrachtungskegels (oder -pyramide), unter dem die Kamera den Modellausschnitt abdecken kann. Er wird durch die Brennweite bestimmt, also dem Abstand der Kameralinse zur Abbildungsfläche. Je grösser der Winkel ist, desto mehr wird vom Modell erfasst. Allerdings werden durch die Zentralperspektive mit zunehmendem Winkel die Verzerrungen bei den abgebildeten Kartenobjekten immer grösser.

Variationen: Software-technisch sind für perspektivische Darstellungen Winkel von mehr als 0° und kleiner als 360° denkbar. Das natürliche Gesichtsfeld beim menschlichen Sehen schwankt allerdings zwischen 40° und 50° (IMHOF 1963). Somit ist auch bei Topografischen 3D-Karten ein Winkel in dieser Grössenordnung empfohlen. Für Panoramen in Zylinderprojektion sind Öffnungswinkel bis 360° möglich.

³ Ein *Zoom* ist – foto-technisch betrachtet – ein Objektiv mit veränderlicher Brennweite zur optischen Vergrösserung des Fotosujets (DUDEN 1996). In unserem Zusammenhang wollen wir darunter die Möglichkeit der computer-technischen Skalierung des Kartenbildes verstehen.

- **Gestaltungsvariable Zoom (Vergrößerung)**

Mit der Zoomfunktion kann die projizierte Abbildung des fokussierten Modellausschnittes auf dem Bildschirm (Projektionsfläche) vergrößert oder verkleinert werden. Mit ihr wird der «mittlere» Massstab der 3D-Karte gesteuert.

Variationen: Jede moderne Visualisierungssoftware verfügt über Möglichkeiten einer stufenlosen Zoomfunktion in den Kameraeinstellungen. Der Einstellungsbereich kann von 0% bis mehrere 100% der ursprünglichen Abbildungsgrösse betragen.

Äussere Kamerageometrie

Bei der äusseren Kamerageometrie stellt der Kartenautor diejenigen Grössen ein, mit welchen die Kamera positioniert und auf den interessierenden Modellausschnitt gerichtet wird. Dabei bedingen sich die einzelnen Variablen gegenseitig und werden auch voneinander abgeleitet.

- **Gestaltungsvariable horizontale Kameraposition**

Für eine perspektivische Ansicht soll die horizontale Position der Kamera nicht direkt über dem Modell liegen. Sondern sie ist etwas ausserhalb der Modellbegrenzungen festzulegen. Mit der Wahl des horizontalen Standortes relativ zum Modell werden bereits Einschränkungen zur Betrachtung des topografischen Karteninhalts vorweggenommen (Verdeckungen). Die Horizontal-Koordinaten x und y der Kamera können unabhängig voneinander definiert werden. In der Regel werden sie in den gleichen Einheiten eingegeben, mit denen das zugrunde liegende Modell georeferenziert und dimensioniert ist.

- **Gestaltungsvariable Kamerahöhe**

Mit der Festlegung der Kamerahöhe (z -Koordinate), also der relativen vertikalen Distanz der Kamera zum 3D-Modell, wird die endgültige Raumposition der Kamera fixiert. Gleichzeitig wird so der vertikale Betrachtungswinkel definiert, falls der Zielpunkt bekannt ist.

Variationen: Die Kamerahöhe kann alle numerischen Höhenwerte zwischen dem tiefsten Geländepunkt und unendlich ($+\infty$; orthogonale Betrachtung) annehmen.

- **Gestaltungsvariable Position des Zielpunktes**

Beim Zielpunkt handelt es sich um einen Raumpunkt auf oder über dem DHM-Ausschnitt, der definitionsgemäss im Zentrum des Kartenbildes abgebildet wird. Er wird unabhängig von seiner semantischen Bedeutung bestimmt. Durch seine Wahl werden die umgebenden Kartenobjekte ins Kartenbild gerückt. Die Bestimmung der Position und der Höhe eines Zielpunktes im 3D-Modell, auf den später die Kamera gerichtet ist, ist zwar nicht absolut notwendig. In einigen Visualisierungsprogrammen ist dieser Schritt jedoch zwingend vorgeschrieben (QUESTAR PRODUCTIONS 1998). Mit der Kameraposition zusammen wird so die mittlere horizontale Betrachtungsrichtung sowie eine mittlere Betrachtungsdistanz ermittelt. Sowohl die Horizontal-Koordinaten als auch die Höhe des Zielpunktes erfolgen in den Einheiten des Landschaftsmodells.

- **Gestaltungsvariable horizontale Betrachtungsrichtung**

Durch Rotation um die vertikale Hochachse der Kamera lässt sich die horizontale Betrachtungsrichtung festlegen. Sie kann auch bereits aus der Wahl der horizontalen Kameraposition und des Zielpunktes berechnet werden.

Variationen: In den meisten Softwarepaketen sind Eingaben zwischen 0° und 360° gegenüber einer Normalrichtung (bei georeferenzierten Modellen meist die Nordrichtung) verlangt.

- **Gestaltungsvariable *Betrachtungsdistanz***

Bei der Betrachtungsdistanz handelt es sich eher um eine resultierende Grösse als um eine wählbare. Sobald der zentrale *Sehstrahl* der Kamera die Oberfläche des Geländeausschnitts durchstösst, könnte daraus eine mittlere Betrachtungsdistanz berechnet werden. Dieser Durchstosspunkt entspricht einem Zielpunkt. Falls kein solcher gewählt werden muss, könnte man durch die Festlegung einer mittleren Betrachtungsdistanz unter Berücksichtigung der Kameraposition und der Kamerahöhe indirekt die Zoomstufe bestimmen.

- **Gestaltungsvariable *Betrachtungswinkel (Neigungswinkel)***

Der vertikale Betrachtungswinkel kann auch direkt definiert werden, indem die Kamera bei festgelegter Position über ihre Querachse nach unten geneigt wird. Den Winkel zwischen der Betrachtungsrichtung und der Horizontalebene nennen wir Betrachtungswinkel (Neigungswinkel).

Variationen: Der Betrachtungswinkel (Neigungswinkel) variiert zwischen minimal 0° (Panoramadarstellung) und maximal 90° (orthogonale Perspektive; Kartenansicht).

- **Gestaltungsvariable *Kamerarotation***

Eine Topografische 3D-Karte muss nicht a priori als horizontal liegend im Kartenbild erscheinen. Denkbar ist auch ein gegenüber der Horizontlinie abgedrehtes Abbild, z.B. für ein Standbild einer Überflugsimulation. Dies würde eine Kamerarotation in Betrachtungsrichtung erfordern.

Variationen: Der Rotationswinkel müsste im Bereich von 0° bis 360° liegen, und zwar um die Achse, welche der Betrachtungsrichtung entspricht.

- **Gestaltungsvariable *Kamerabewegung***

Die Variablen der statischen Kameraführung können auch zur Festlegung von Einstellungen einer bewegten Kamera herangezogen werden. Dies wird notwendig sein, sobald eine Topografische 3D-Karte für einen dynamischen Modus konzipiert wird (Abs. 2.5.3). Dabei wird der Kartennutzer den Eindruck bekommen, sich selber in der Karte zu bewegen oder darüber zu fliegen (*Walk-through-Modus* oder *Fly-by-Modus*).

Ähnlich wie bei der Veränderung von Gestaltungsvariablen zur Objektanimation (Abs. 3.3.5) können für diese Art der Dynamisierung (Animation) sämtliche Gestaltungsvariablen der statischen Darstellungen herangezogen werden. Wiederum müssen dafür mindestens zwei Zustände einer Variablen bekannt sein.

All den bisher besprochenen Gestaltungsvariablen der Modellbetrachtung müsste neben einem Ausgangs- und einem Endzustand auf alle Fälle noch zeitliche Komponenten beigelegt werden, damit Geschwindigkeiten, Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge umgesetzt werden können.

Durch interne Funktionalitäten innerhalb der Visualisierungssoftware müsste es möglich sein, zwischen diesen Zuständen veränderte Bilder zu interpolieren. Auf diese Weise würden die Kamerabewegungen simuliert und abgebildet. Wiederum bietet sich dafür der Bildschirm (oder indirekt auch die Projektionsfläche) als Präsentationsmedium an. Ob diese interpolierten Kamerabewegungen in Videosequenzen, die als Frame-by-frame-Applikationen erstellt wurden, zum Ausdruck kommen oder ob dafür Real-time-Technologien mit Interaktionspotenzial (z.B. durch VRML-Applikationen) verwendet werden, entscheidet sich aufgrund der späteren Nutzung.

Da sich die weitere Arbeit, insbesondere die Expertenbefragung (Kap. 4) sowie die Schlüsse zur Ableitung von Thesen von Gestaltungsgrundsätzen für Topografische 3D-Karten (Kap. 6), ausschliesslich auf statische Darstellungen bezieht, wollen wir die Diskussion um die dynamische Gestaltung an dieser Stelle abbrechen. Doch das Forschungsfeld bezüglich der Gestaltung von dynamischen (und interaktiven) Topografischen 3D-Karten bietet in der Zukunft sehr grosses Potenzial. In diesem Zusammenhang sei verwiesen auf FOLEY ET AL. (1995), GRAF (1995), KRAAK/ORMELING (1996 und 2003), SUTER (1997), DÖLLNER (2001), TERRIBILINI (2001), DRANSCH (2002), BUZIEK (2003).

3.4.5 Gestaltungsaspekte der Beleuchtung und Schattierung

Das Zusammenspiel von Licht und Schatten erlauben es überhaupt erst, eine dreidimensionale Struktur räumlich wahrzunehmen (FOLEY ET AL. 1995; SIEBER 1996). Beleuchtung und Schattierung sind notwendige Gestaltungsaspekte zur Raumgestaltung. Mit Methoden der Computergrafik lassen sich sowohl Beleuchtungssituationen, Eigenschaften von Lichtquellen, Schattierungs- und Schatteneffekte modellieren und abbilden, um so die natürlichen Gegebenheiten zu simulieren. Dies lässt sich auch auf Topografische 3D-Karten anwenden, um sie perspektivisch erscheinen zu lassen. Der Kartenautor kann so sein 3D-Landschaftsmodell mit moderner Visualisierungssoftware, in der viele solcher komplexen Algorithmen zur Beleuchtung und Schattierung meist integriert sind, verhältnismässig einfach in ein Kartenbild umsetzen (TERRIBILINI 2001; HÄBERLING 2002).

Beleuchtungsaspekte

- **Gestaltungsvariable *Lichtart***

Durch die Beschaffenheit physischer Gegenstände und lichtdurchlässiger Medien gibt es in der Natur eine Vielzahl von Beleuchtungssituationen. Computer-technisch werden einige davon in Beleuchtungsmodellen abgebildet (FOLEY ET AL. 1995; GRAF 1995; TERRIBILINI 2001). Solche Modelle stützen sich wiederum ab auf verschiedene Arten des Lichts. Jede modellmässige Lichtart wirkt sich unterschiedlich auf die Gestaltung einer Modellszene mit ihren Kartenobjekten aus. Bei gezieltem Einsatz mehrerer Arten ergeben sich auch Überlagerungen der diversen Beleuchtungseffekte.

Variationen

- Umgebungslicht: auch ambientes oder diffuses (Streu-)Licht genannt; das Licht wird von allen Oberflächen reflektiert; lässt Gelände und Objekte matt erhellt erscheinen; erzeugt eine Grundhelligkeit im Modellraum.
- Gerichtetes Licht: auch paralleles Licht genannt; die Lichtquelle liegt im Unendlichen mit parallelen Lichtstrahlen; simuliert virtuelles Sonnenlicht; zur globalen Ausleuchtung einer Modellszene geeignet.
- Punktlicht: von einer punktförmigen Lichtquelle gleichmässig verteiltes Licht; relativ nahe Lichtquelle mit kugelförmiger Lichtstreuung; für lokale Beleuchtung von Modellausschnitten geeignet.
- Strahllicht: auch Spot-Licht genannt; punktförmige Lichtquelle mit gerichtetem Lichtkegel; für lokale Beleuchtung von Objekten geeignet.

- **Gestaltungsvariable *Lichtposition***

Sofern die Lichtquelle nicht im Unendlichen liegt wie beim gerichteten Licht, müssen die Lichtquellen eine bestimmte Raumposition einnehmen. Diese liegt je nach Lichtart und auszuleuchtendem Gebiet nahe oder weiter weg vom abzubildenden Modellausschnitt. Die Höhen der Lichtquellen müssen mindestens die Höhe des tiefsten Geländepunktes aufweisen.

- **Gestaltungsvariable *Lichtgeometrie***

Sowohl die Ausbreitung des Lichts von den verschiedenen Lichtquellen wie auch das Auftreffen der Lichtstrahlen haben Einfluss auf die Ausleuchtung des 3D-Landschaftsmodells.

- Sub-Variable *Einfallrichtung des Lichts*

Variationen: Horizontale Hauptrichtung des parallelen Lichtes oder des Lichtkegels; kann relativ zu einer Normalrichtung (z.B. Nordrichtung bei georeferenziertem Landschaftsmodell) oder zur mittleren Betrachtungsrichtung sein; Variationsbereich ist der ganze 360°-Kreis.

- Sub-Variable *Einfallswinkel des Lichts*

Variationen: (Mittlerer) Winkel zwischen dem (zentralen) Lichtstrahl und der Horizontalebene; der Variationsbereich liegt zwischen 0° (horizontale Beleuchtung) und 90° (senkrechte Beleuchtung).

- Sub-Variable *Streuwinkel des Lichtkegels*

Variationen: Öffnungswinkel des Lichtkegels bei Strahllicht (punktförmige Lichtquelle mit gerichtetem Licht); der Variationsbereich liegt zwischen 0° und 180°.

- **Gestaltungsvariable *Lichtintensität***

Für jede Lichtquelle muss deren Lichtintensität gewählt werden. So können bei Überlagerung der Beleuchtungseffekte Hervorhebungen oder Abdämpfungen von Modellausschnitten oder einzelnen Kartenobjekten gezielt gesteuert werden (Abb. 3.19).

Variationen: Jede 3D-Visualisierungssoftware kennt eigene Einstellungsparameter für die Lichtintensität, die nicht physikalischen Gesetzen unterliegen, sondern programmiertechnisch vorgenommen worden sind. Entweder kann die Intensität stufenlos innerhalb einer Bandbreite gewählt werden (z.B. von 0% bis 100%) oder als gestufte Option erfolgen.

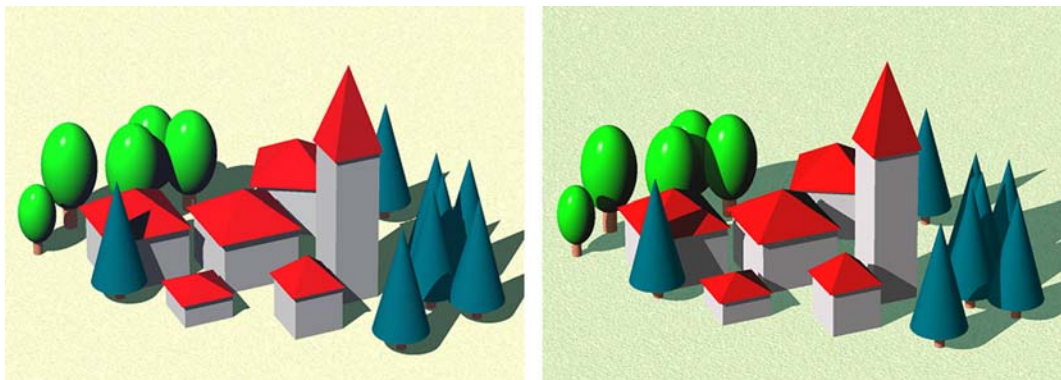


Abb. 3.19: *Lichtintensität*. Links: *Intensität 100%*; rechts: *Intensität 70%*.

- **Gestaltungsvariable *Lichtfarbe***

Dem Licht jeder Lichtquelle muss eine spezifische Lichtfarbe zugeordnet werden. Punkt- oder Strahllichter werden dadurch effektvoller eingesetzt. Bestimmte Modellausschnitte oder Einzelobjekte werden so augenfälliger und differenzierter dargestellt.

Variationen: Je nach Farbraum könnten bis zu 16 Millionen Lichtfarben ausgewählt werden. Zu bedenken ist allerdings, dass sich – computertechnisch wie auch in der Realität – diese mit allfälligen Farben bei der Schattierung, bei Reflexionen sowie bei

atmosphärischen Effekten noch überlagern. Dies macht die Wirkungsabschätzung von Lichtfarben schwierig.

Schattierungsaspekte

Unsere Fähigkeit, dreidimensionale Formen in zweidimensionalen Abbildungen zu erkennen, wird massgeblich beeinflusst durch die Oberflächenschattierung von Objekten (JONES 1997). Aus der gerichteten Beleuchtung von 3D-Landschaftsmodellen mit ihren Gelände- und Kartenobjekten resultiert bei dreidimensionalen Strukturen (unebene Geländeformen, 3D-Symbole) grundsätzlich ein Schattierungseffekt. Er entfaltet sich natürlicherweise in Beleuchtungsrichtung. Die Geometrie der Schattierung ist sowohl abhängig von der Objektform selbst als auch von den verschiedenen Beleuchtungsaspekten.

Licht und Objekte erzeugen zwei Phänomene: die Schattierung von Kartenobjekten und die Schlagschatten, welche Objekte auf andere werfen. Zur Gestaltung von Topografischen 3D-Karten lassen sich beide Phänomene – je nach Funktionalität der 3D-Visualisierungssoftware – computer-technisch in einem Kartenbild umsetzen.

- **Gestaltungsvariable Schattierungsmodelle**

Um für die Teilflächen des Geländemodells (häufig Grid- oder TIN-Flächen) und der übrigen Kartenobjekte (polygonale Teilflächen) einen Grauwert zu berechnen – um damit die Schattierung zu simulieren – braucht es Schattierungsmodelle. In solchen Modellen sind Berechnungsalgorithmen integriert, welche die Orientierung der Objektfläche, die Winkel der auftreffenden Lichtstrahlen und die Reflexionseigenschaften des Materials berücksichtigen sowie allfällige Glättungsmechanismen zwischen den Grauwerten ermöglichen. In den letzten Jahrzehnten sind in der Computergrafik einige Schattierungsmodelle entwickelt worden. Sie haben unterschiedliche, teilweise fast fotorealistische Wirkung auf die äussere Erscheinung der Kartenobjekte. Üblicherweise werden mit diesen Modellen die planaren Flächenfacetten von Geländeobjekten oder 3D-Objekten schattiert (Abb. 3.20). Die bekanntesten Modelle davon sind ...

... das *Flat shading* (konstante Schattierung gemäss Oberflächen-Normalvektor),

... das *Gouraud shading* (interpolierte Intensitätswerte bei Knoten-Normalvektoren) sowie

... das *Phong shading* (lineare Interpolation aller Normalvektoren).

Für die technischen und mathematischen Details zur Berechnung und Zuweisung von Grauwerten an einen beliebigen Objektpunkt sei verwiesen auf FOLEY ET AL. (1995) und TERRIBILINI (2001).

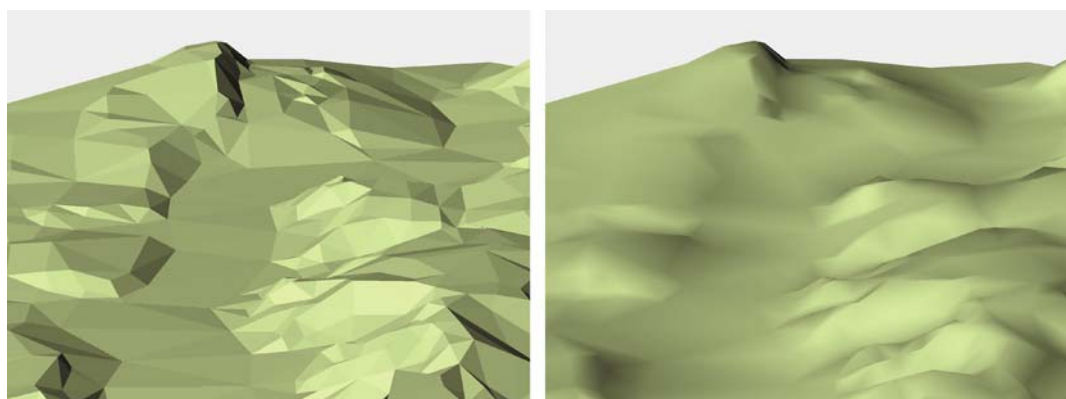


Abb. 3.20: Schattierungsmodelle; gezeigt am Beispiel eines Geländeobjekts.
Links: Flat shading; rechts: Gouraud shading.

- **Gestaltungsvariable *Schattierungsintensität***

Sobald man Schattierung bei der Gestaltung und Visualisierung des 3D-Landschaftsmodelles zulässt, stellt sich die Frage nach deren Stärke. Neben den Gestaltungsvariablen *Lichtintensität* und *Lichtfarbe* kann man häufig auch die Schattierungsintensität software-technisch durch die diffuse Reflexion und die Spiegelungsreflexion individuell steuern. So kann man zugunsten der Hervorhebung oder besseren Erkennung einzelner Objekte und deren Details die Schattungsverhältnisse gezielt anpassen.

Variationen: In den Softwareeinstellungen kann die Intensität meist zwischen 0% (keine Schattierung) und 100% (maximal mögliche Schattierung) gewählt werden.

- **Gestaltungsvariable *Schlagschattenintensität***

Der Schlagschatten eines Kartenobjektes, also der Schattenwurf auf seine Umgebung, ist vor allem zur Positionierung und Höhenbestimmung nützlich. Ohne dieses Phänomen scheint das Objekt über dem Gelände zu schweben. Allerdings werden bei zu hellen Lichtbedingungen oder zu flachem Lichteinfallswinkel die Schlagschatten die benachbarten Objekte ungünstig beeinflussen. Zu dunkle, zu lange und damit zu verdeckende Schlagschatten können das Resultat sein. Korrekturmöglichkeiten, die unabhängig der Beleuchtungsaspekte funktionieren, sind daher unumgänglich.

Variationen: In den meisten 3D-Visualisierungsprogrammen sind Einstellmöglichkeiten zur (künstlichen) Verstärkung bzw. Abschwächung der Schlagschattenwirkung integriert. Die Werte liegen in der Regel zwischen 0% (kein Schlagschatten möglich) und 100% (volle Schlagschattenwirkung) (Abb. 3.21).

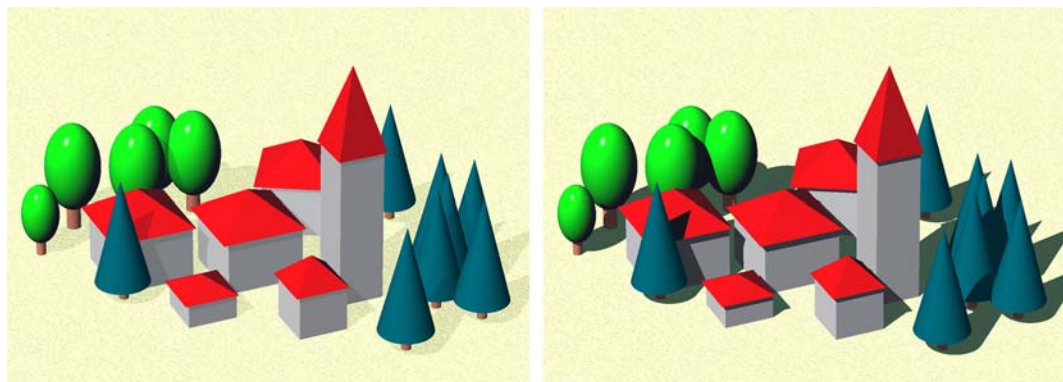


Abb. 3.21: *Schlagschattenintensität*. Links: *Intensität 25%*; rechts: *Intensität 100%*.

3.4.6 Gestaltungsaspekte zur Integration von atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen

Falls eine möglichst naturgetreue Abbildung angestrebt werden soll, kann die Topografische 3D-Karte mit diversen atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen ergänzt werden. Obwohl der Charakter der visuellen Abstraktion der Karte beibehalten werden soll, können solche Gestaltungsaspekte beim Nutzer eine assoziative Wirkung auslösen (JONES 1997). Auch muss dabei kein Fotorealismus angestrebt werden, sondern lediglich das Kartenbild (Sekundärmodell) noch näher an die Mental map des Nutzers (Tertiärmodell) angleichen lassen. Die heutigen computer-technischen Gestaltungsmittel (3D-Visualisierungssoftware, Rechenleistung) ermöglichen durch vorprogrammierte Funktionen oder durch kreative Adaption von Routinen eine unendliche Zahl von Gestaltungsvarianten.

- **Gestaltungsvariable *Himmelsstruktur (inklusive Bewölkung)***

Weil in der perspektivischen Darstellung je nach Betrachtungswinkel und Begrenztheit des Geländemodells häufig die Horizontlinie sichtbar ist, könnte der darüber befindliche Bildteil als Himmel angesehen werden. Dies würde zumindest unserer Alltagserfahrung entsprechen. Es ist software-technisch problemlos möglich, diesen Raum als künstlichen Himmel zu gestalten. Gleichzeitig können darin auch Wolken hineinmodelliert oder zumindest hineinkopiert werden. Zusammen mit den diversen Lichtfarben und Lichtintensitäten werden die Farben für die Himmelschichten (Horizont und im Zenit) so gewählt, dass sich für den Nutzer ein stimmiges Bild ergibt. Die Variationen bei all den Sub-Variablen sind unendlich vielfältig (Abb. 3.22).

- Sub-Variable *Himmelsfarbe (inkl. Farbverlauf)*
- Sub-Variable *Bewölkungstyp*
- Sub-Variable *Bewölkungsfarbe*

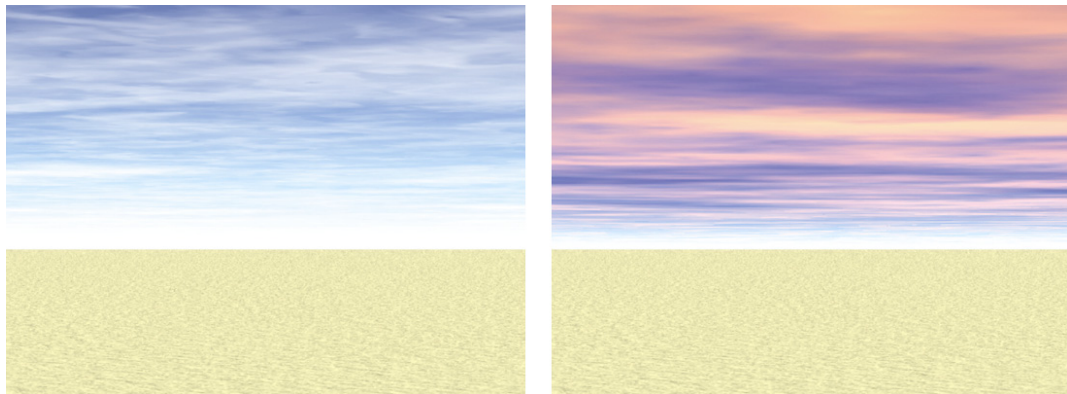


Abb. 3.22: Himmelsstruktur. Zwei Beispiele mit unterschiedlichen Himmelsfarben und Bewölkungstypen.

- **Gestaltungsvariable *Dunst***

In der Natur bewirken Wassertröpfchen und anderweitige Partikel in der Luft eine Trübung der Sicht mit zunehmender Distanz vom Betrachter weg. Es handelt sich somit um eine distanzabhängige graduelle Sichtabschwächung des Hintergrundes gegenüber dem Vordergrund (Abb. 3.23).

Die Integration von Dunst (oder mit Staub- und Russpartikel vermischt als Smog bekannt) ist eine Möglichkeit, die Raumtiefe noch mehr zu betonen. Schon IMHOF (1965) nannte diesen Effekt «Luftperspektive». Er integrierte bewusst dieses atmosphärische Phänomen in einigen seiner klassischen topografischen Karten und manuell erstellten Vogelschaukarten. Auch andere bekannte Kartenmaler wie H. BERANN oder F. HÖLZEL bedienten sich dieser Gestaltungsvariablen. Falls erwünscht, lassen sich durch unterschiedliche Dunstfarbe sogar Szenen mit Smog erzeugen. Dieser könnte gewisse Modellausschnitte von Agglomerationsgebieten noch charakteristischer darstellen lassen. In vielen 3D-Visualisierungsprogrammen oder einigen Applikationen, in denen Topografische 3D-Karten erzeugt werden können (ADS 2000), lässt sich Dunst rechnerisch problemlos generieren. Dafür sind Eingaben für diverse Sub-Variablen erforderlich.

- Sub-Variable *Distanz des Dunsteinsatzes*
- Sub-Variable *Distanz des vollen Dunstes*

- Sub-Variable *Intensität des vollen Dunstes*
- Sub-Variable *Dunstfarbe*

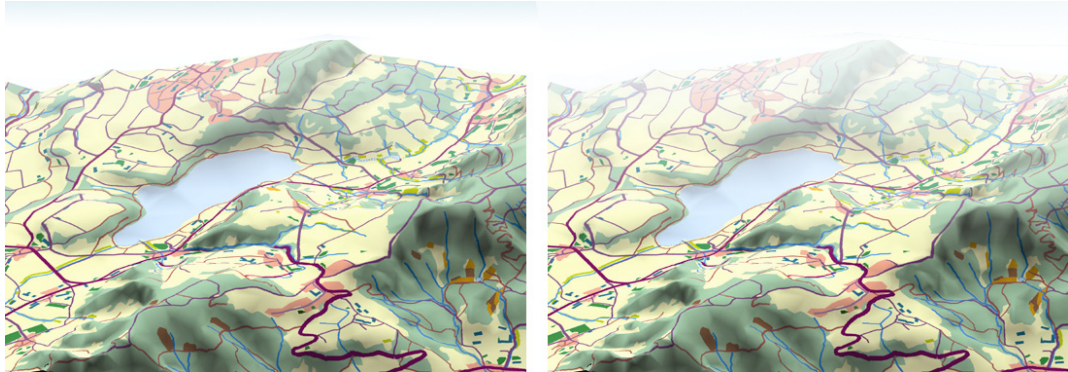


Abb. 3.23: *Intensität des Dunstes. Links: Intensität 40%; rechts: Intensität 80%.*

- **Gestaltungsvariable *Nebel***

Stärker als Dunst kann Nebel die Sicht in der horizontalen wie auch vertikalen Richtung beeinträchtigen. Natürlicherweise ist er lokaler und bodennah anzutreffen. Auch wären klare Schichtungsgrenzen bei Hochnebeldecken (Nebelmeer) und damit Ausblenden von Geländepartien durchaus als Gestaltungsmittel denkbar. Auch wenn die fotorealistische Gestaltung des Kartenausschnittes bei Topografischen 3D-Karten nicht angestrebt wird, so könnte Nebel trotzdem die Charakteristik von Gebirgsgegenden oder Flusstälern betonen. Allerdings müssen dabei mögliche Verdeckungen von Geländepartien oder Kartenobjekten gut überlegt werden.

- Sub-Variable *Nebelobergrenze*
- Sub-Variable *Nebeluntergrenze*
- Sub-Variable *Nebelintensität*
- Sub-Variable *Nebelfarbe*

- **Gestaltungsvariable *Reflexionen***

Reflexionen der Lichtstrahlen sind abhängig von den Oberflächeneigenschaften von Objekten (Materialeigenschaften) und den Beleuchtungsverhältnissen. Beide Gestaltungsaspekte beeinflussen die Möglichkeiten zur Berechnung von reflektierenden Oberflächen und davon ausgehenden Reflexionseffekten (Abb. 3.24).

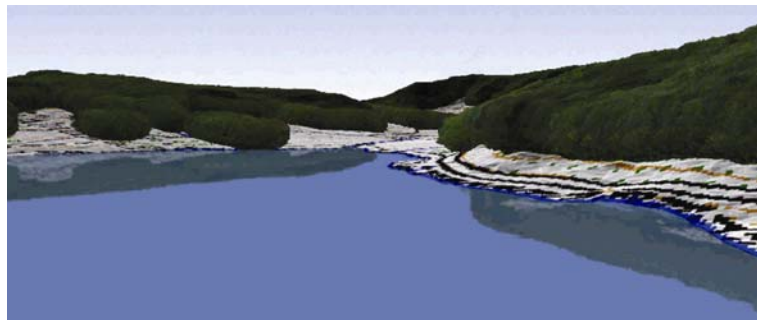


Abb. 3.24: *Reflexionen. Dargestellt an einer spiegelnden Seeoberfläche (Quelle: BITZI/JORAY 2000).*

Der Reflexionscharakter kann von einer direkten Reflexion (Spiegelung) bis hin zu einer diffusen (matten) Reflexion gehen (JONES 1997). Gerade für Gewässer-oberflächen könnte dies eine gut erkennbare und typische Eigenschaft sein, die der einfachen Identifikation sehr dienlich ist.

- Sub-Variable *Reflexionsintensität*
- Sub-Variable *Reflexionscharakter (Glanzeffekt)*

- **Gestaltungsvariable *Himmelskörper***

In Topografischen 3D-Karten mit sichtbarer Himmelsstruktur wäre auch die Darstellung von weiteren Himmelskörpern denkbar. Sonne, Mond, Planeten oder Sterne können entweder als eigenständige Objekte mit entsprechenden Eigenschaften (Position, Grösse, Lichtart, Strahlungseigenschaften, scheinbare Bewegung) modelliert werden. Oder sie werden als Bild (Textur, Billboard) integriert. Einige 3D-Visualisierungsprogramme weisen entsprechende Funktionen auf, um Himmelskörper zu modellieren und ihr Verhalten zu steuern (QUESTAR PRODUCTIONS 1998). Ob sich die doch eher fotorealistische und von der Tageszeit abhängige Gestaltung von Himmelskörpern in einer geometrisch-abstrakten, für den Allgemeinfall gültigen 3D-Karte als sinnvoll erweist, muss der Kartenautor selber entscheiden.

- **Gestaltungsvariable *Jahreszeit***

Für gewisse Anwendungszwecke von Topografischen 3D-Karten wären Anpassungen an die jahreszeitlichen Gegebenheiten sicher sehr nützlich (JONES 1997; PETROVIC 2001). Gerade für kleinräumige Tourismus-, Sport- oder Nationalparkkarten in Regionen, in denen Infrastruktur und Dienstleistungen sowohl für den Sommer wie auch für den Winter angeboten werden, wäre eine saisongerechte grafische Erscheinung des topografischen Karteninhaltes sehr nutzbringend und effektiv.

Die je nach Jahreszeit unterschiedliche äussere Erscheinung der Kartenobjekte (Geländeoberfläche, Waldflächen, Gewässerflächen, Siedlungsbild) müsste beim Symbolisierungsschritt schon vorgängig in Symbolsets festgelegt werden. Anschliessend gilt es dann deren Anwendung durch die Wahl der entsprechenden Jahreszeit auszulösen. Gleichzeitig könnten noch weitere Visualisierungsaspekte wie z.B. die Beleuchtung und Schattierung oder die Wahl des Himmels damit gekoppelt sein, um eine typische saisonale Atmosphäre im Kartenbild zu vermitteln. Die Möglichkeiten zur Gestaltung sind unerschöpflich.

3.5 Benutzeroberfläche und Einbettung des Kartenbildes

Wie jede klassische topografische Karte hat auch eine Topografische 3D-Karte ein Layout mit vielen Segmenten aufzuweisen. Dies gilt sowohl für analoge, statische 3D-Karten wie auch für dynamische Bildschirmmanwendungen. Die Segmentierung beinhaltet neben dem eigentlichen Kartenbild auch Titel- und Themenangaben, eine Legende, Orientierungsinformationen (Massstab, Koordinatenangaben, Referenzanzeigen), Zusatzinformationen zu den Themen und zur Karte selbst (Metadaten), ein Impressum und Kartenrandangaben sowie – bei dynamischen 3D-Karten – auch Navigations- und Interaktionsinstrumente (Such-, Selektions- und Analysefunktionen). Diese Segmente sind bei elektronischen Anwendungen teilweise auf mehrschichtigen Oberflächen zu finden. Der Nutzer wird in seiner Kartenwahrnehmung grundsätzlich mit dieser Oberfläche konfrontiert. Er sucht und extrahiert seine gewünschte Geoinformation über diese Struktur. Wir sprechen hier auch von einer grafischen Nutzerschnittstelle, dem sogenannten *Graphic User Interface* (GUI).

Die einzelnen Segmente des GUI sollen übersichtlich angeordnet und logisch aufeinander aufgebaut sein. Vor allem bei elektronisch genutzten 3D-Karten müssen die einzelnen Teile aber auch funktionell miteinander verknüpft sein (Abb. 3.25). Dies bedingt, dass sowohl der Datenfluss als auch die interaktiven Aktionen durch den Nutzer (Eingabe von alpha-numerischen Werten, Auswahl von Optionen, Selektion über die Eingabegeräte Tastatur oder Maus) optimal gestaltet sind. Ein ergonomisches und grafisch nutzerorientiertes Design des GUI wie auch funktionelle software-technische Berechnungsalgorithmen sorgen zusätzlich für eine effiziente Anbindung der Datenbank, in welcher das kartografische 3D-Landschaftsmodell gespeichert ist.

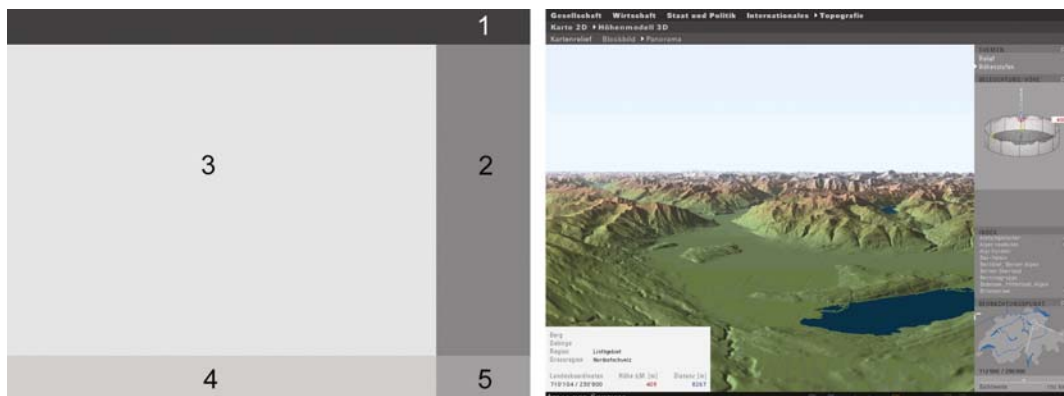


Abb. 3.25: Segmentierung eines Bildschirmlayouts. Links: Bildschirmaufteilung mit 1) allgemeinem Informationssegment (Menü, Übersicht), 2) Interaktionssegment, 3) Kartenbild (Grafiksegment), 4) Karteninformationssegment, 5) permanentes Aktionssegment; rechts: Beispiel aus dem 3D-Modul des «Atlas der Schweiz - Interaktiv», Version 1.0 (Quellen: SIEBER/BÄR 1996; ADS 2000).

Im Rahmen dieser Arbeit geht es ausschliesslich um die Erscheinung der Topografischen 3D-Karte im Kartenbild. So sollen hier primär Aussagen und Erkenntnisse zu diesem Segment im Zentrum des Interesses stehen. Die anderen Segmente des GUI sehen wir zwar ebenso als notwendige Bestandteile einer voll funktionsfähigen Karte an. Bezüglich ihrer Gestaltung verweisen wir aber gerne auf weitere Forschungsarbeiten und Implementierungen (SIEBER/BÄR 1996; DRANSCH 1997; DÖLLNER/KERSTING 2001; HUBER/SIEBER 2001; BUZIEK 2003; HUBER/SCHMID 2003).

4. Expertenbefragung zur Gestaltung von Topografischen 3D-Karten

Kapitel 4 beschreibt die methodischen Überlegungen und Ablaufschritte der beabsichtigten Expertenbefragung und deren Auswertung. Zunächst werden allgemeine Gedanken zu Expertengesprächen als Instrument der Erkenntnisgewinnung und zum Einsatz in der Kartografie angestellt (Abs. 4.1). Anschliessend werden die Bedeutung der beiden interessierenden Gestaltungsaspekte «Abstraktion» und «Dimension» sowie fünf unabhängige Gestaltungsvariablen näher vorgestellt (Abs. 4.2). Mit diesen Aspekten und Variablen werden Beispiele von Topografischen 3D-Karten erzeugt, die den Expertengesprächen als Diskussionsgrundlage dienen (Abs. 4.3). Im Rahmen von Einzelgesprächen werden die Kartenbeispiele dann durch Fachexpertinnen und -experten aus der Kartografie und der Geomatik beurteilt. Darauf folgen die näheren Umstände zur Durchführung der Befragung und die zugrunde liegenden Fragestellungen (Abs. 4.4). Zuletzt interessiert das Vorgehen bei der Auswertung der Bewertungen und Expertenaussagen sowie die Präsentation der Resultate (Abs. 4.5).

4.1 Expertenbefragung

4.1.1 Grundgedanken zur vorliegenden Expertenbefragung

Um die Wirkung von Topografischen 3D-Karten zu erfahren, müssten wir eigentlich über Aussagen von Kartennutzern verfügen. Diese könnten im Rahmen von Tests anhand standardisierter Kartenbeispiele und mit realitätsbezogenen Nutzungsaufgaben geschehen. Leider sind bis heute keine empirisch gesicherten Aussagen zur Gestaltung von Topografischen 3D-Karten vorhanden, sodass diese Standardisierung noch nicht möglich ist. Deshalb sind zuerst Aussagen bezüglich potenziellem Einsatz der Gestaltungsvariablen und gestalterischem Wert von 3D-Karten nötig. Diese werden sinnvollerweise erst von Akteuren bei der Generierung solcher Karten gemacht (Datenlieferanten, Datenmodellierer, Kartenautoren). Wir ziehen es somit vor, mittels einer Expertenbefragung zu ersten Thesen für Gestaltungsgrundsätze (Zielsetzung 2) zu gelangen. Die Verifizierung derselben muss später in den erwähnten Nutzertests erfolgen.

4.1.2 Merkmale der Expertenbefragung

Expertenbefragung

Grundsätzlich handelt es sich bei einer Expertenbefragung (auch Experteninterview genannt) um ein teilstandardisiertes, qualitatives Interview (FLICK ET AL. 2000). MIEG/BRUNNER (2001: 6) erklären den Begriff «Experteninterview» einfach aber treffend wie folgt: «Bei einem Experteninterview wird jemand zu seinem Wissen interviewt». Die Fachkompetenz und das Fachwissen der befragten Person steht somit im Vordergrund. Wichtig ist auch, dass sich der fragende wie auch der antwortende Gesprächsteilnehmer auf einen vorab bestimmten Gesprächsgegenstand bzw. Gesprächsanreiz (Bewertungsgegenstand) konzentrieren. Damit gehört die Expertenbefragung zur Gruppe der «fokussierten Interviews». Sie erlaubt den Zugang zu einer subjektiven Sichtweise der Expertinnen und Experten. Diese haben dabei die Chance, auch nicht vorweggenommene (antizipierte) Gesichtspunkte aufzubringen (FLICK ET AL. 2000).

Die Befragung wird mittels eines strukturierten Gesprächsleitfadens durchgeführt. Dieser Leitfaden gibt sowohl den Untersuchungsgegenstand (Gesprächsthema, konkrete Bilder und Aussagen, Fragestellungen) als auch den strukturellen und zeitlichen Ablauf vor. Er übernimmt eine wichtige Steuerfunktion. Zudem schränkt er auch die Bandbreite der potenziell relevanten Informationen ein (FLICK 1995). Eine Expertenbefragung ist sowohl als Einzelgespräch als auch in einer Gruppensituation durchführbar (FLICK ET AL. 2000).

Bei der vorliegenden Expertenbefragung hat die Expertin bzw. der Experte gleichzeitig zu ihren bzw. seinen verbalen Äusserungen auch eine Bewertung der Kartenbeispiele vorzunehmen. Dies geschieht durch Vergabe von Punkten nach einem einfachen Verteilungsschlüssel. Gerade damit äussert die Fachperson ihre ästhetische wie auch funktionelle Präferenz bezüglich einzelnen Gestaltungsvariablen. Diese ordinale Bewertung hat einen stark quantitativen Charakter (Abs. 4.4).

Einsatz von Expertenbefragungen in der qualitativen Forschung

Bevorzugt werden Expertenbefragungen vor allem in der qualitativen Forschung, insbesondere in der qualitativen Sozialforschung. Diese Forschungsdomäne stützt sich seit jeher ab auf eine starke Anwenderorientierung in ihren Fragestellungen und Vorgehensweisen (FLICK ET AL. 2000; MAYRING 2002). Dabei ist die Expertenbefragung eine verbreitete Methode aus dem gesamten Spektrum. Generell hat die qualitative Forschung gemäss FLICK ET AL. (2000) einige Vorteile gegenüber der quantitativen Ausrichtung:

- Qualitative Forschung ist immer dort sinnvoll einzusetzen, wo es noch wenig Wissenskenntnis gibt. Meist schliesst sich dann eine Thesenformulierung an.
- Sie bedient sich eines breiten methodischen Spektrums statt einer Einheitsmethode. Die einzelnen Methoden können flexibel auf die Fragestellung und die Forschungstradition angepasst werden.
- Ihre Methoden lassen den Rückschluss zum besonderen Forschungsgegenstand zu (Gegenstandsangemessenheit).
- Die Datenerhebung ist vom Prinzip der Offenheit geprägt. Ihre Fragen werden meist offen formuliert.
- Die einzelnen Fälle (bei Expertenbefragungen die einzelnen Interviews) werden als Ausgangspunkt für Vergleiche und verallgemeinernde Zusammenfassungen herangezogen (Fallanalyse).
- Ihr Ziel ist primär die Gewinnung neuer Erkenntnis. Erst dann schliesst sich die Theoriebildung daran an. Man könnte von einem (halb-)deduktiven Vorgehen sprechen.

Qualitative Expertenbefragungen können repräsentative quantitative Studien differenzierend und vertiefend ergänzen. Zudem liefern sie Erklärungen für zu interpretierende statistische Zusammenhänge (FLICK ET AL. 2000).

An die Expertenbefragung – wie auch an die weiteren Methoden der qualitativen Forschung (Gruppendiskussionen, Beobachtungen, Quellenanalyse) – werden spezifische Anforderungen und Qualitätskriterien gestellt: So darf die Reichweite der angeschnittenen Problemstellung nicht zu eng gefasst sein. Auch müssen die aufgeworfenen Themen und Fragen detailliert beantwortet werden und nicht nur allgemein. Und drittens muss der personelle Kontext für die spätere Auswertung ausreichend bekannt sein (z.B. Expertinnen und Experten in Kartografie und Geomatik) (FLICK ET AL. 2000).

Experten

Wer als Experte gelten kann und wer nicht, muss einigen Anforderungen genügen. Die kurze, aber prägnante Definition von MIEG und BRUNNER (2001: 7) lautet:

Definition «Experte»

«Als Experte gilt eine Person, die aufgrund langjähriger Erfahrung über reichsspezifisches Wissen bzw. Können verfügt».

Bei der Expertenbefragung steht also die Fachkompetenz des Gesprächspartners im Vordergrund. Generelle Fähigkeiten (Intelligenz, Sozialkompetenz) haben eine geringere Bedeutung. Die Sachkompetenz der Expertinnen und Experten ist demzufolge nicht auf andere Bereiche übertragbar. Sie müssen zudem eine langjährige Erfahrung auf dem entsprechenden Gebiet aufweisen. Der Interviewer sieht in der Expertin oder im Experten einen kompetenten Gesprächspartner für den zur Diskussion gestellten Gesprächsgegenstand. Eine Fachperson wird auch nicht wegen ihrer Persönlichkeit befragt. Vielmehr repräsentiert sie eine bestimmte Berufs- oder Wissenschaftlergruppe (FLICK 1995).

4.1.3 Einsatz der Expertenbefragung in der kartografischen Forschung

Geht es um die Erfassung von spezifischen Karteninhalten oder um Beurteilungen von Darstellungstypen für den gleichen Zweck, so werden meist Nutzertests durchgeführt (z.B. BRODERSEN 1986, SIEBER 1996, LANGE 1999, WASTL 1999). In einer spezifischen Nutzungssituation und mit spezifizierten Darstellungsbeispielen erlauben sie es, die kognitive und motorische Leistung der Probanden gezielt auf einzelne Detailspekte bei der Erkennung, der Gestaltung oder der Handhabung von Kartenprodukten oder deren Inhalt zu erfassen.

Im Gegensatz dazu kommen Expertenbefragungen in der kartografischen Forschung selten zum Einsatz. Sinnvollerweise wird dabei das Augenmerk auf technische und gestalterische Details innerhalb eines Generierungsschrittes oder eines geplanten oder bereits erstellten Kartenproduktes gelegt. Der Befragungsgegenstand wird also eher eng gehalten. Wenn in einem bestimmten Teilgebiet noch keine gesicherten theoretischen Aussagen vorhanden sind (Thesen), so muss sich die kartografische Forschung empirisch um solche bemühen, die sie dann als Hypothesen in gesicherten Nutzertests unter kontrollierten Bedingungen verifiziert. Und zur Erarbeitung von Thesen scheinen uns Expertengespräche mit einem homogenen Befragtenkreis sinnvoll.

4.1.4 Aussagekraft und Grenzen der angewendeten Befragungsmethode

Jede Befragungsmethode hat ihre Vor- und Nachteile. Einer der grössten Vorteile dieser zurückhaltenden, nicht-direktiven Art von Gesprächsführung ist die Möglichkeit zu gegenstandsbezogenen Erklärungen der Expertin oder des Experten während der Gesprächsdauer. Auch der Gesprächsleiter kann bei Interesse an spezifischen Informationen anknüpfen und nachhaken (FLICK ET AL. 2000). Zudem ist die Befragungsmethode einfach in der Organisation und effizient in der Durchführung. Für die Expertinnen und Experten ergibt sich zusätzlich ein motivierendes Moment, indem sie ihr spezifisches Wissen in die Befragungssituation einbringen können.

Als Nachteil der Expertenbefragung – wie bei allen Formen von Interviews – wird die Einmaligkeit genannt. Im Gegensatz zum naturwissenschaftlichen Experiment kann die exakt gleiche Gesprächssituation nie ein zweites Mal erreicht werden. Die Ansprüche der Wiederholbarkeit und Kontrollierbarkeit sind nicht gegeben. Die Berechtigung der Wissenschaftlichkeit wird ihr deshalb oft abgesprochen, zumindest stark hinterfragt. Doch

sind dies Fakten, mit denen die qualitative (Sozial-)Forschung in der wissenschaftlichen Debatte stets zu kämpfen hat (FLICK ET AL. 2000). Und doch erschliesst sie den Bedeutungsgehalt von diskutierten Gegenständen fundierter. Die Möglichkeiten zur Interpretation von Aussagen verbessern sich, die Validität der Resultate wird erhöht.

4.2 Befragungsgegenstände

4.2.1 Grundanforderungen an Kartenbeispiele

Zur Beurteilung von bestimmten Gestaltungsvariablen müssen Beispiele von Topografischen 3D-Karten realisiert werden. Damit können die Auswirkungen von Variationsänderungen direkt im Kartenbild erkannt werden. Vor allem durch das Wechselspiel zwischen der Variablen und den weiteren Gestaltungsaspekten, die eine Karte ebenfalls noch in sich trägt, wird die Wirkungsweise der einzelnen Variation auf den Kartennutzer offensichtlich. Es ist somit sinnvoll, dass nebst den hinterfragten Variablen die sonstigen Gestaltungsaspekte aufgrund ihrer Bedeutung sorgfältig gewählt werden. Sie sollen einen möglichst grossen Einfluss auf die visuelle Erscheinung haben. Hier bieten sich besonders die Variablen der Symbolisierung und Visualisierung an. Um die Eignung verschiedener Variationen auf die visuelle Erscheinung und die funktionelle Ausprägung der gesamten 3D-Karte zu beurteilen, darf diese inhaltlich nicht überladen sein. Das kartografische 3D-Landschaftsmodell muss klar interpretierbar bleiben.

4.2.2 Abstraktionsstufen und Dimensionsstufen

Wie bereits erwähnt weist auch jede Topografische 3D-Karte diverse immanente Gestaltungsaspekte auf, welche deren äussere Erscheinung beeinflussen (Abs. 3.1). Zwei wichtige und augenscheinliche Aspekte sind die *Abstraktion* und die *Dimension*. Sie bilden einen wertvollen Anhaltspunkt, um die ästhetische Wirkung der 3D-Karte und die funktionelle Charakteristik bezüglich Erkennbarkeit der Kartenobjekte zu beurteilen.

Gestaltungsaspekt *Abstraktion*

Der Gestaltungsaspekt der *Abstraktion* drückt die äussere Erscheinung der Kartenobjekte aus. Sie wird vor allem durch die Gestaltungsvariablen der (geometrischen) *Form*, der *Textur (Muster)*, der *Farbe* (oder des *Farbverlaufes*) und der *Helligkeit* geprägt. Die Variationsbreite der Abstraktion kann von «sehr hoch» bis «sehr niedrig» reichen. Ein hoher Abstraktionsgrad könnte die Kartenobjekte in sehr vereinfachten geometrischen Formen, schlichten Farben und uniformen Texturen zeigen. Zudem sind die Objekte flächenhaft ausgeprägt und liegen auf dem Geländeobjekt flach auf. Hingegen dürften bei einem niedrigen Abstraktionsgrad die Kartenobjekte volumenhafte und mit sprechenden, sogar naturähnlichen 3D-Symbolen gestaltet sein. Sowohl die Farben als auch die Texturen weisen eine fotorealistische Ausprägung auf. Das visualisierte kartografische 3D-Landschaftsmodell ähnelt einer physischen Modelllandschaft.

Gestaltungsaspekt *Dimension*

Zum Gestaltungsaspekt der *Dimension* tragen vor allem Gestaltungsvariablen der Modellierung und Symbolisierung bei. Von der Modellierung des Geländeobjektes stammen die Variablen *Geografische Ausdehnung* und *Modellproportionen*. Aus der Symbolisierung muss vor allem die Gestaltungsvariable *Grösse* bei den topografischen Kartenobjekten berücksichtigt werden. Grundsätzlich werden die Variablen *Position* und *Lage* der einzelnen Kartenobjekte nicht tangiert. Einzig bei einer Verdrängung der Objekte durch überdi-

mensionierte Symbolgrößen oder -breiten müsste nochmals korrigierend eingegriffen werden. Unter dem Gestaltungsaspekt *Dimension* werden also nicht nur die Abmessungen der einzelnen topografischen Kartenobjekte und des Geländemodells verstanden. Auch sind sämtliche Abstände der Objekte untereinander dazu zu zählen.

Grundsätzlich müssen Dimensionen immer relativ zu einer anderen Referenzgröße gesehen werden. Nimmt man die Höhenverhältnisse des Geländeausschnitts als Massstab, so können die Abmessungen von Objekten und deren Abstände zueinander von «sinnvoll» (harmonisches Gefüge) bis zu «nicht sinnvoll» (zu klein, zu gross, zu gedrängt) eingestuft werden. Dabei können verschiedene Konfliktsituationen auftreten. Bei zu kleinen Dimensionen ist die Erkennbarkeit der Kartenobjekte in den verschiedenen Raumbereichen nicht immer gewährleistet. Umgekehrt wird bei zu massiven Dimensionen der Kartenobjekte das Kartenbild zu stark belastet. Verdeckungen können gravierend sein.

Die beiden Gestaltungsaspekte lassen sich nun zum Beziehungsfeld «Abstraktion/Dimension» kombinieren. Sie spannen eine zweidimensionale Matrix auf, bei der man sich jeden Aspekt als eine Achse vorstellen kann. Jede dieser Achsen wird sodann in drei praxistaugliche, gut unterscheidbare Abstufungen unterteilt. Dieses Beziehungsfeld mit neun verschiedenen Kombinationen aus je einer Abstraktions- und Dimensionsstufe bildet die Basis, aufgrund der anschliessend jede Variation einer unabhängigen Gestaltungsvariablen in Szene gesetzt wird (Abb. 4.1). In der Expertenbefragung werden diese neun Kombinationen zur Diskussion stehen.

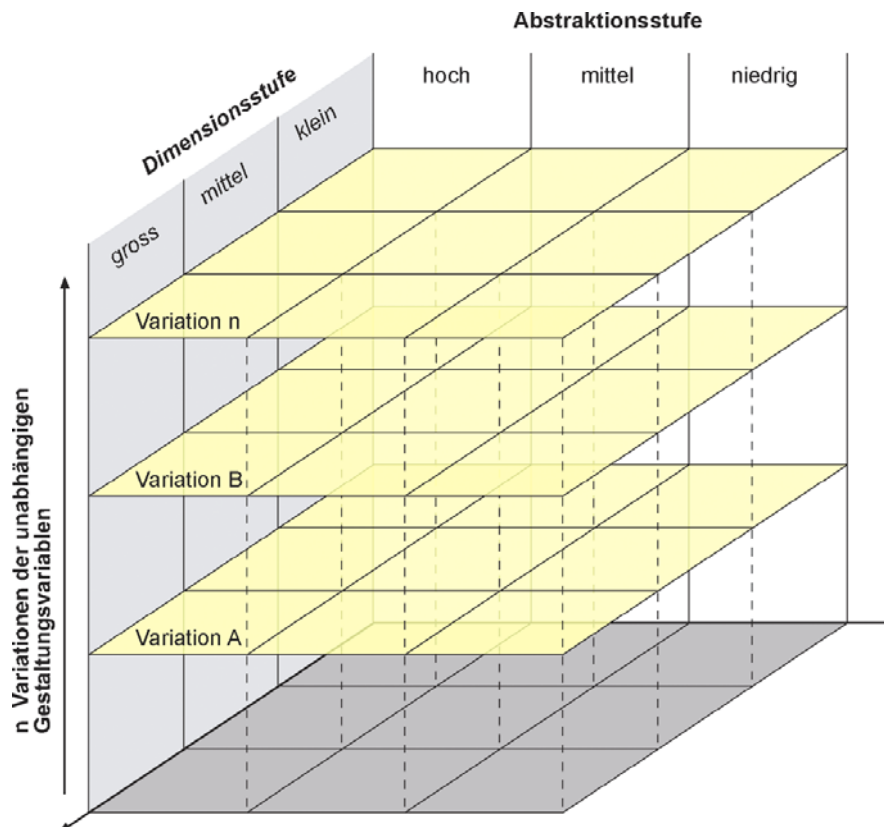


Abb. 4.1: Beziehungsfeld «Abstraktion/Dimension». Jede untersuchte Variation einer Gestaltungsvariable kann unabhängig von anderen Variationen vergleichbar in Topografische 3D-Karten umgesetzt werden.

4.2.3 Ausgewählte Gestaltungsvariablen und Variationen

Für die Kartenbeispiele zur Expertenbefragung werden unter den vielen Gestaltungsvariablen fünf ausgewählt:

- *Betrachtungswinkel*
Gestaltungsaspekt der Modellbetrachtung (Kamera); beeinflusst die Übersicht und die Sichtbarkeit der Objekte.
- *Betrachtungsdistanz*
Gestaltungsaspekt der Modellbetrachtung (Kamera); beeinflusst den sichtbaren Ausschnitt aus dem gesamten 3D-Kartenmodell («Massstab»).
- *Beleuchtungsrichtung*
Gestaltungsaspekt der Beleuchtung; definiert gegenüber der Betrachtungsrichtung; beeinflusst die Schattierung der Objekte und die Richtung der Schlagschatten.
- *Himmelsstruktur*
Gestaltungsaspekt zu atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen; beeinflusst die Wahrnehmung der Kartenszene als naturähnlichen Raum.
- *Dunst*
Gestaltungsaspekt zu atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen; beeinflusst die Sichtbarkeit des Horizontes und die Erkennbarkeit der Objekte, unterstützt die Raumstaffelung und die Tiefenwahrnehmung.

Die Wahl dieser fünf Gestaltungsvariablen begründet sich vor allem aufgrund ihrer Bedeutung beim Gestaltungsprozess. Denn sowohl bei den Gestaltungsaspekten *Betrachtung* und *Beleuchtung* müssen die ersten drei Variablen zwingend festgelegt werden, soll das kartografische 3D-Landschaftsmodell überhaupt visualisiert werden (Abs. 3.1.5). Auch über die Gestaltung des umgebenden Modellraumes muss über eine Berücksichtigung der Variablen *Himmelsstruktur* und *Dunst* entschieden werden.

Die Gestaltungsvariablen können alle unabhängig voneinander variiert werden. Für die Kartenbeispiele soll mit der Wahl von je drei Variationen pro Gestaltungsvariable deren Wirkungsweise auf die visuelle Erscheinung der 3D-Karte aufgezeigt werden (Abs. 4.3.4). Die Auswahl dieser unterschiedlichen Variationen verdeutlicht sehr gut die Spannweite der Einsatzmöglichkeiten. Sie müssen einerseits genügend differenzierbare Karten hervorbringen. Andererseits sollten nur Variationen umgesetzt werden, mit deren Einsatz in Topografischen 3D-Karten auch sinnvolle Resultate erzielt werden. Folgende Variationen wurden bei den jeweiligen Gestaltungsvariablen gewählt:

- Variationen zur Gestaltungsvariablen *Betrachtungswinkel*:
Variation 1: «*Flacher Betrachtungswinkel – 30°*»
Variation 2: «*Mittlerer Betrachtungswinkel – 45°*»
Variation 3: «*Steiler Betrachtungswinkel – 60°*»
- Variationen zur Gestaltungsvariablen *Betrachtungsdistanz (Zoom)*:
Variation 1: «*Kurze Betrachtungsdistanz*»
Variation 2: «*Mittlere Betrachtungsdistanz*»
Variation 3: «*Lange Betrachtungsdistanz*»
- Variationen zur Gestaltungsvariablen *Beleuchtungsrichtung*:
Variation 1: «*Schräges Rückenlicht – 45°*»
Variation 2: «*Rechtwinklig einfallendes Licht – 90°*»
Variation 3: «*Schräges Gegenlicht – 135°*»
(Das Licht fällt jeweils von rechts ein.)

- Variationen zur Gestaltungsvariablen *Himmelsstruktur*:
Variation 1: «*Neutrale Himmelsstruktur*»
Variation 2: «*Farbintensive Himmelsstruktur*»
Variation 3: «*Schwach farbintensive Himmelsstruktur*»
- Variationen zur Gestaltungsvariablen *Dunst*:
Variation 1: «*Ohne Dunst*»
Variation 2: «*Mittlerer Dunst*»
Variation 3: «*Starker Dunst*»

4.2.4 Gestaltung von Einzelobjekten und Kartenschrift

Neben den Gestaltungsaspekten *Abstraktion* und *Dimension* sowie den einzelnen Gestaltungsvariablen mit ihren Variationen stehen bei der Expertenbefragung auch die konkrete Gestaltung von Einzelobjekten (topografische und orientierende Kartenobjekte) und der Kartenschrift zur Diskussion. Eine auffällige visuelle Erscheinung einzelner Objekte zieht unweigerlich die Aufmerksamkeit und Kritik des Nutzers auf sich. Dasselbe gilt auch für die Kartenschrift. Soll sie lesbar – und damit auch funktional – sein, muss sie Merkmale aufweisen, die sie rasch vom übrigen Karteninhalt unterscheidet. Dennoch sollte sie gegenüber den eigentlichen Kartenobjekten genügend zurückhaltend gestaltet sein, damit diese nicht dominiert oder gar überdeckt werden (Abs. 4.3.5).

4.3 Beispiele von Topografischen 3D-Karten

4.3.1 3D-Landschaftsmodell als Grundlage

Als Basis zur Expertenbefragung müssen die Befragungsgegenstände möglichst *expressiv*¹ und *effektiv*² in Beispielen von Topografischen 3D-Karten umgesetzt werden. Die Möglichkeiten zur Ausgestaltung sind ebenso vielschichtig wie die Variabilität der einzelnen Gestaltungsvariablen (Kap. 3). So erachten wir es als sinnvoll, die benötigten Kartenbeispiele von einem einzigen kartografischen 3D-Landschaftsmodell mit konstantem topografischem Karteninhalt abzuleiten. Der Nutzer – also die Expertin oder der Experte in der Befragungssituation – wird so am besten mit dem zu beurteilenden Karteninhalt vertraut. Er kann sich auf die Unterschiede, welche durch die einzelnen Stufen beim Beziehungsfeld «*Abstraktion/Dimension*» sowie den Variationen der Gestaltungsvariablen hervorgerufen werden, konzentrieren. Auch wenn dies nicht zwingend erforderlich ist, so ist damit eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Gestaltungsvariablen gegeben.

Das 3D-Landschaftsmodell wird vektoriell aufgebaut, dies vor allem wegen der grossen Flexibilität bei der Symbolisierung und Visualisierung. Ergänzt wird es mit allfälligen Rasterdaten als Texturen (z.B. Luft-, Satellitenbilder, Hausfassaden). Idealerweise sind die Geodaten bereits in ihrer Datenstruktur homogenisiert und in ihrer Geometrie generalisiert. Das Modell weist für eine grundrissliche Übersichtsdarstellung genügend Details auf. Auch müssen sich Kartenobjekte im Hintergrund in der perspektivischen Darstellung noch gut erkennen lassen. Je nach späterem Kartenzweck drängen sich dafür gross- bis mittelmasstäbige Landschaftsmodelle wie zum Beispiel *VECTOR25* oder *VECTOR200*

¹ Unter «*Expressivität*» versteht man die Ausdrucksfähigkeit, eine darzustellende Datenmenge mit ihrem semantischen Gehalt möglichst unverfälscht wiederzugeben (SCHUMANN/MÜLLER 2000).

² Als «*Effektivität*» wird die Eigenschaft einer Visualisierung bezeichnet, bei der die Darstellung die (visuellen) Fähigkeiten eines Betrachters und die charakteristischen Eigenschaften des Ausgabegerätes bezüglich Zielsetzung und Anwenderkontext optimal ausnutzt (SCHUMANN/MÜLLER 2000).

(SWISSTOPO 2003/2 und 2003/1), die diversen *ATKIS*-Datensätze (ATKIS 2003; JÄGER 2003) oder die kostenlosen topografischen *Digital Line Graph*-Datensätze (DLG) des U.S. *GEOLOGICAL SURVEY* (USGS 2003) in den diversen Massstäben auf. Falls auf originäre GIS-Datensätze zurückgegriffen würde, müsste vorgängig noch eine Generalisierung mit Geometrieanpassung im Modellierungsprozess durchgeführt werden (Abs. 3.1.5). Ungeneralisierte topografische Geodaten mit ihren feinen originären Strukturen sind zur perspektivischen Darstellung wenig geeignet.

Nochmals soll betont werden, dass wir uns hier bewusst auf flächendeckend verfügbare Datensätze abstützen wollen. So können wir auf die Digitalisierung von weiteren topografischen Kartenobjekten verzichten. Ergänzungen können aber je nach Kartenthema nötig werden.

4.3.2 Modellregion «Greifensee»

Die Wahl für eine exemplarische topografische Situation fiel auf die Region Greifensee (Schweiz) (Abb. 4.2). Diese leicht gewellte Mittellandregion liegt im Südosten von Zürich und gehört geografisch zum Oberen Glatttal und westlichen Zürcher Oberland. Mit einer gleichmässig dichten Besiedlung – Uster, Wetzikon und Pfäffikon sind die grössten darin gelegenen Ortschaften – und einem dichtem Strassen- und Schienennetz weist sie urbanen Charakter auf. Der Waldanteil ist gegenüber dem landwirtschaftlich und industriell genutzten Boden hoch (zwischen 20 und 25% der Gesamtfläche). Im Ausschnitt befinden sich neben dem Greifensee und dem Pfäffikersee auch eine südlich davon gelegene und glazialmorphologisch interessante Drumlinlandschaft. Im westlichen Teil wird die Region vom markanten Hügelzug des Pfannenstiels (von Nord nach Süd verlaufend) geprägt.



Abb. 4.2: Modellregion «Greifensee». Links: Ausschnitt der topografischen Situation aus der Pixelkarte PK200 (Geodaten: © SWISSTOPO (BA035796)); rechts: perspektivische Darstellung eines Höhenmodellausschnittes, überlagert mit einem Orthofoto (Geodaten: © SWISSTOPO (BA035796) und SWISSCOM 2001).

Der Ausschnitt wird durch die Schweizer Landeskoordinaten 691000/237000 (südwestlicher Eckpunkt) und 703000/249000 (nordöstlicher Eckpunkt) begrenzt. Der Modellausschnitt misst somit real 12 x 12 Kilometer. Der tiefste Punkt liegt bei 435 Meter über Meer (Glatt bei Schwerzenbach), der höchste auf 853 Meter (Aussichtsturm auf dem Pfannenstiel). Dies entspricht einer Höhendifferenz von rund 418 Metern bzw. 3.5% der horizontalen Modellausdehnung.

4.3.3 Grundlagedaten

Das verwendete 3D-Landschaftsmodell enthält alle Arten von Kartenobjekten einer Topografischen 3D-Karte (Geländeobjekt, topografische Kartenobjekte, orientierende Kartenobjekte). Die Daten selbst entstammen verschiedenen Datensätzen von SWISSTOPO (Bundesamt für Landestopografie, Wabern). Bei der Auswahl wurde in erster Linie auf eine ausgewogene Verteilung der Objekte geachtet (Bildichte). Zudem lassen sich mit den ausgewählten Objekten idealtypische Beispiele für flächen-, linien- und punkthafte Objekte sowie für die Kartenschrift darstellen.

Geländemodell

Der Geländeausschnitt entstammt dem digitalen Höhenmodell *DHM25* (SWISSTOPO 2003/4). Dieses Modell ist flächendeckend für die gesamte Schweiz in der Gridstruktur verfügbar. Um es ins *DXF*-Datenformat zu bringen – dieses Format wurde für den Import und die weiteren Modellierungsschritte in der verwendeten 3D-Visualisierungssoftware benötigt –, wurde es in eine TIN-Struktur transformiert. Das neue Modell weist einen maximalen Höhenfehler von 10 Metern gegenüber der ursprünglichen Gridstruktur auf.

Topografische Daten

Der topografische Inhalt der Kartenbeispiele stammt aus dem digitalen Landschaftsmodell *VECTOR200* (SWISSTOPO 2003/1). Dieses Modell umfasst heute sechs thematische Ebenen (*Primärflächen, Verkehrsnetz, Gewässernetz, Grenzen, Gebäude, Einzelobjekte*), auf denen die einzelnen Objekte auf Objektarten-Ebenen abgelegt sind (Abb. 4.3).

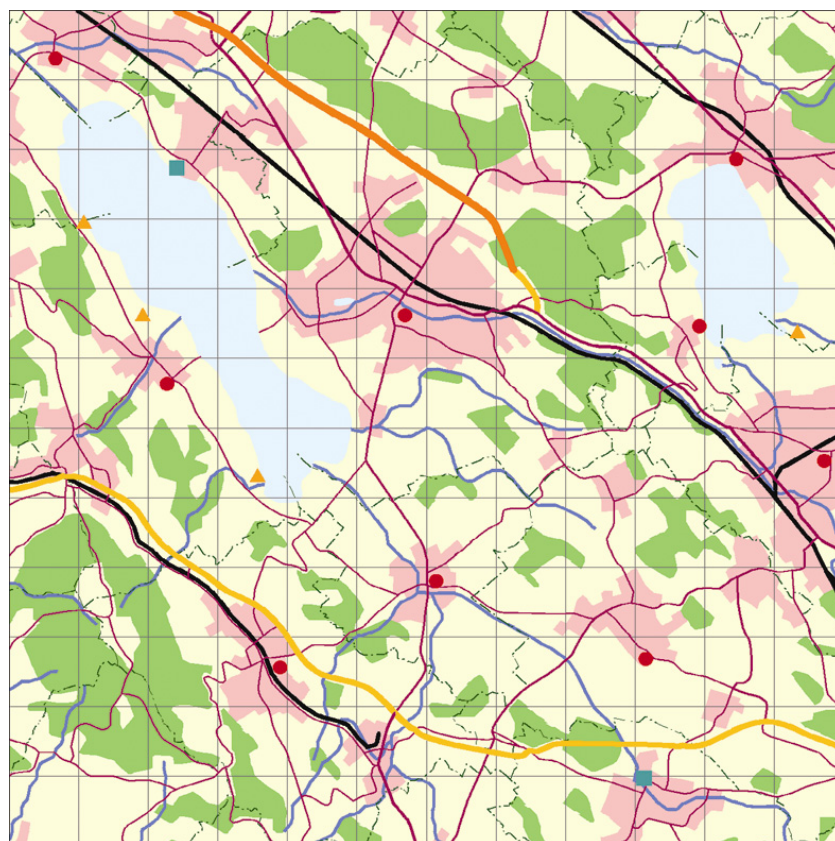


Abb. 4.3: Verwendeter Ausschnitt des digitalen Landschaftsmodells VECTOR200 (orthogonale Ansicht) (Daten: © SWISSTOPO BA035796).

Da zum Zeitpunkt der Kartengenerierung die Ebenen *Gebäude* und *Grenzen* noch nicht zur Verfügung standen, wurden nur vier Arten ins 3D-Landschaftsmodell integriert:

- **Primärflächen** Siedlung, Wald, See, übriges Gebiet
- **Verkehrsnetz** Autobahn, Autostrasse, Hauptstrasse, Nebenstrasse, Fahrsträsschen, Normalspurbahn, Schmalspurbahn
- **Gewässernetz** Fluss oder Bach, unterirdischer Fluss-/Bachabschnitt
- **Einzelobjekte** Kirche oder Kapelle, Campingplatz, Schloss

Gleichzeitig konnten vom Datensatz *GG25*, der politische und administrative Grenzlinien enthält, die Gemeindegrenzen entnommen werden (SWISSTOPO 2003/3). Diese Daten wurden allerdings aus der Landeskarte 1: 25 000 digitalisiert. Sie sind somit in einer feineren Auflösung generalisiert. Da aber Grenzen grundsätzlich geradliniger verlaufen als andere linienhafte Objekte, wirkt der feinere Generalisierungsgrad insgesamt nicht störend.

Daten für orientierende Kartenobjekte

Zur besseren Orientierung und Abschätzung der Streckenverhältnisse wurden zusätzlich einige orientierende Kartenobjekte ins 3D-Kartenmodell integriert. Dafür wurde kein externer Datensatz verwendet. Vielmehr wurden sie nach eigenen Überlegungen bezüglich Kartenzweck und Bilddichte direkt im Kartenmodell mit der verwendeten 3D-Visualisierungssoftware editiert (Abb. 4.4).

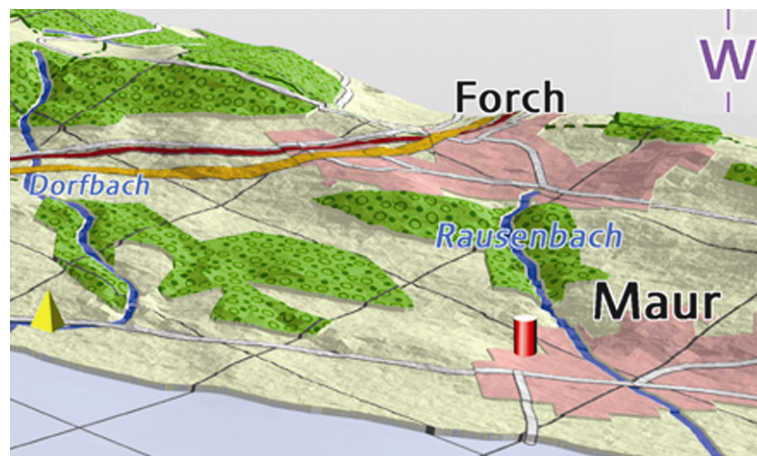


Abb. 4.4: Orientierende Kartenobjekte im 3D-Landschaftsmodell: Koordinatennetz, Siedlungs- und Gewässerlabels und Labels für die Himmelsrichtungen.

- **Koordinatennetz:** Ein feines, dunkelgraues Koordinatennetz mit einem Kilometerraster wurde über das Geländeobjekt gelegt. Es soll vor allem die Verortung der einzelnen topografischen Objekte auf der Geländeoberfläche erleichtern. Auf die Anzeige der numerischen Koordinatenangaben wurde bewusst verzichtet.
- **Beschriftung von topografischen Kartenobjekten:** Insgesamt 28 Siedlungslabes sowie zwölf Fluss- und zwei Seelabels wurden zur näheren Kennzeichnung mit den Flächenzentroiden oder den nachträglich digitalisierten Ortsvektoren verknüpft. Die Namenszüge selber sind einzelne Rasterdateien (im *IFF*-Format), welche mittels *Billboard-Technik* (Abs. 3.3.4) visualisiert wurden.
- **Angaben zur Himmelsrichtung:** Ebenfalls sind Abkürzungen von Himmelsrichtungen (Rasterdateien) an vertikal gerichteten Ortsvektoren angehängt, welche die azimutale

Ausrichtung des Modells angeben (*Billboard-Technik*). Die dafür benötigten acht Ortsvektoren sind rund um das Modell an den Eckpunkten sowie in der Mitte der Begrenzungslinien angeordnet. Alle Bezeichnungen können zusammen wie eine imaginäre Windrose angesehen werden, welche die 3D-Karte umgibt. Um Missverständnisse mit den Ortslabeln zu vermeiden, könnte der Richtungscharakter noch prägnanter symbolisiert werden, z.B. durch perspektivische Pfeilsymbole.

4.3.4 Werkzeuge

Hardware

Die Kartenbeispiele wurden auf einem handelsüblichen PC mit Intel-Prozessor und leistungsfähiger Grafikkarte generiert. Die Kartenbeispiele sind auf einem qualitativ hochwertigen Farb-Laserdrucker im Format DIN A4 ausgedruckt worden (*Color Laser Jet 8500* der Firma *HEWLETT PACKARD*[®]).

Software

In den verschiedenen Gestaltungsprozessen sind eine Reihe von Softwarepaketen zur Anwendung gelangt. Die Aufzählung soll die Vielschichtigkeit des Generierungsprozesses aufzeigen.

- **ArcInfo[™] 8.1** und **ArcView[™] 3.5** der Firma *ESRI*[®]: GIS-Software; zur Extraktion der topografischen Geodaten aus den digitalen Landschaftmodellen *VECTOR200* und *GG25*; Speicherung im *Shape*-Format.
- **Programmmodule *BaseModel* und *TIN-Converter*** der Modellierungssoftware **AdTIN** (von A. TERRIBILINI, Institut für Kartographie, ETH Zürich): Modellierungssoftware; zur Extraktion des Geländemodellausschnittes aus dem *DHM25* und Konvertierung der Grid- in eine TIN-Struktur; Speicherung im *DXF*-Format.
- **Programmmodul *VecModel*** der Modellierungssoftware **AdTIN**: Modellierungssoftware; zur Verschneidung der *VECTOR200*- bzw. *GG25*-Daten mit dem *DHM25*-Ausschnitt und Zuweisung von entsprechenden Höhenkoordinaten; Speicherung im *DXF*-Format.
- **Bryce3D[™], V3** (der Firma *METACREATIONS*[®]; heute *COREL*[®]): 3D-Visualisierungssoftware; zur Modellierung von 3D-Symbolen bei punkthaften Geodaten; Speicherung im *3DS*-Format (Format der 3D-Visualisierungssoftware *3D Studio Max[™]*).
- **World Construction Set 4[™]** (der Firma *QUESTARPRODUCTIONS*[®]; heute *3DNATURE*[®]): 3D-Visualisierungssoftware; zur Modellierung, Symbolisierung und Visualisierung des 3D-Landschaftsmodells.
- **MaPublisher[™] 3.5** (der Firma *AVENZA*[®]): Software zur Übernahme von *ArcView*-Daten in eine *Freehand*-Datei (*Version 8*).
- **Freehand[™] 8** (der Firma *MACROMEDIA*[®]): Grafiksoftware; zur Gestaltung und Speicherung von Texturen (Waldraster); Speicherung im *BMP*-Format.
- **Photoshop[™] 5.5** (der Firma *ADOBE*[®]): Bildbearbeitungssoftware; zur Generierung von Labels; Speicherung der Labels und Texturen im *IFF*-Format.

4.3.5 Generierung und Gestaltung

Allgemeine Überlegungen und Einstellungen

Die generierten Topografischen 3D-Karten dienen als Grundlage für die Expertenbefragung. Mit ihnen wurden die gewählten Gestaltungsvariablen und deren Variationen in kartografischen Darstellungen umgesetzt. Denn nur mit konkreten 3D-Karten kann auch eine verlässliche Evaluation und Validierung durchgeführt werden.

Bewusst wurden sowohl globale Übersichten wie auch Detailansichten des 3D-Kartenmodells berechnet. Das breite Spektrum unterschiedlichster Kamerapositionen und Zumeinstellungen beugte auch einer ermüdenden Befragungssituation vor. Der Expertin oder dem Experten musste nicht immer die gleiche Ansicht des Modellausschnittes zur Beurteilung vorgelegt werden. Der Öffnungswinkel der Kamera wurde bei allen Kartenbeispielen konstant gehalten. Er war mit 45° dem natürlichen Sehen nachempfunden. Damit fielen auch die Verzerrungsverhältnisse bei der zentralperspektivischen Abbildung einigermaßen konstant aus.

Auf einen *Level-of-Detail*-Ansatz (Abs. 3.3.1 und 3.4.2) wurde im zugrundegelegten 3D-Landschaftmodell verzichtet. Denn einerseits ist der Modellausschnitt noch genügend klein dimensioniert, sodass die Modellgrenzen gut sichtbar sind. Andererseits sind die Kartenobjekte aus dem Datensatz *VECTOR200* soweit massstabsgerecht generalisiert, dass sich ihre Geometrien auch noch im Bildhintergrund zur Abbildung eignen.

Wir lehnen uns bewusst an den Duktus von allgemeinen topografischen Karten an. Jedoch bleibt er lediglich ein Vorschlag unter vielen Möglichkeiten. Verschiedene Gestaltungsgrundsätze aus der 2D-Kartografie bezüglich Geometrien, Positionen, Dimensionen oder farblicher Gestaltung von Kartenobjekten konnten übernommen werden.

Abgesehen von den Kartenbeispielen, in welchen die Gestaltungsvariable *Beleuchtungsrichtung* explizit verändert wurden, wurden die Beleuchtungs- und Schattierungsaspekte bei jeder Kartenserie konstant gehalten. Im Anhang A.1 finden sich Verkleinerungen aller 135 generierten 3D-Kartenbeispiele.

Ausprägungen der Abstraktionsstufen

Für die 3D-Kartenbeispiele legen wir die drei Abstraktionsstufen wie folgt fest (Abb. 4.5):

- **A1: hohe Abstraktionsstufe**

- | | |
|-----------------------|--|
| Geländeobjekt: | minimale Fraktaltiefe (Abs. 3.2.2); bewirkt leichte Rauigkeit. |
| Flächenhafte Objekte: | Originalgrundriss beibehalten; homogene Farben; direkt auf dem Geländemodell aufliegend. |
| Linienhafte Objekte: | einfache, farbige Linien; dem Geländemodell entlang verlaufend (Ausnahme: <i>Gemeindegrenzen</i> mit einfachem Punkt-Strich-Muster gestaltet, wegen des virtuellen Charakters); Farben gemäss semantischem Gehalt oder gemäss Klassierung. |
| Punkthafte Objekte: | einfache, geometrische Symbole (Kreis, Dreieck, Quadrat); flach auf dem Geländemodell aufliegend; einfarbig und in klar kontrastierenden Farben gehalten. |

- **A2: mittlere Abstraktionsstufe**

Geländeobjekt: gleich wie A1.

Flächenhafte Objekte: Originalgrundrisse beibehalten; *Siedlungsflächen*: aus dem Geländemodell extrudiert (Podest), homogene Farbe; *Wald*: aus dem Geländemodell extrudiert (Podest), mit Muster belegt (Textur), zweifarbig; *Seen*: ins Geländemodell intrudiert (Senke), einfarbig.

Linienhafte Objekte: farbige Doppellinien; dem Geländemodell entlang verlaufend; Ausnahme: *Gemeindegrenzen* weiterhin mit einfachem Punkt-Strich-Muster (wie A1); Farben gemäss der Schweizer Landeskarte 1: 200 000.

Punkthafte Objekte: einfache geometrische 3D-Symbole (Zylinder, Pyramide, Quader); auf dem Geländemodell stehend; einfarbig; in kontrastierenden Farben gehalten.

- **A3: niedrige Abstraktionsstufe**

Geländeobjekt: gleich wie A1.

Flächenhafte Objekte: Originalgrundrisse beibehalten; *Siedlungsflächen*: aus dem Geländemodell extrudiert (Podest), homogene Farbe; *Wald*: aus dem Geländemodell extrudiert (Podest), mit Baumstruktur belegt, Farben gemischt; *Seen*: ins Geländemodell intrudiert (Senke), modellierte Wellenstruktur, mehrfarbig.

Linienhafte Objekte: farbige Doppellinien; leichte Extrusion (Dämme); Ausnahme: *Gemeindegrenzen* weiterhin mit einfachem Punkt-Strich-Muster (wie A1); Farben gemäss der Schweizer Landeskarte 1: 200 000.

Punkthafte Objekte: stilisierte, sprechende 3D-Symbole; auf dem Geländemodell stehend; teilweise mehrfarbig; in kontrastierenden Farben gehalten.

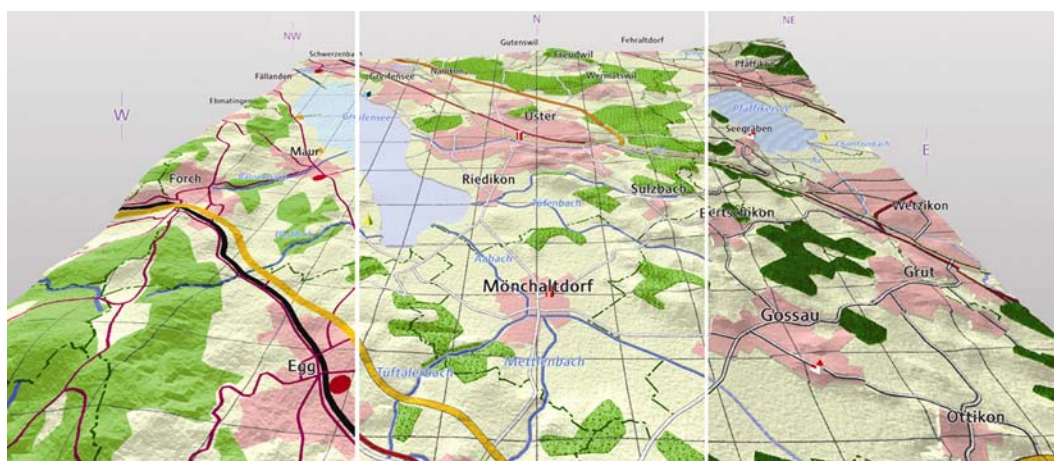


Abb. 4.5: Abstraktionsstufen im 3D-Landschaftsmodell. Links: hohe Abstraktionsstufe; Mitte: mittlere Abstraktionsstufe; rechts: niedrige Abstraktionsstufe.

Ausprägungen der Dimensionsstufen

Als Anhaltspunkt zur Festlegung der horizontalen Objektanmessungen bei den drei Dimensionsstufen dienen die internen Richtlinien der SWISSTOPO, Wabern, zur Gestaltung der Schweizer Landeskarte 1:200 000 (SWISSTOPO 2001). Dabei wurden die dort normierten Breiten der linienhaften Kartenobjekte und die Durchmesser der punkthaften Objekte nur bei Eisenbahnlinien und Flussobjekten überschritten. Die Höhen und Tiefen der extrudierten bzw. intrudierten Objekte sowie die Grössen der Flächenmuster (*Wald*) sind in genügend markanten Schritten gewählt. Ebenso wurden die Grössenverhältnisse der punkthaften Symbole (flächenhafte Symbole, 3D-Symbole) sehr augenfällig abgestuft. Die Dimensionen der orientierenden Objekte (Koordinatennetz, Beschriftungen, Himmelsrichtungen) hielten wir bei allen Dimensionsstufen konstant. Sie dürfen den übrigen Karteninhalt nicht dominieren. Das Geländeobjekt ist wegen der geringen Reliefunterschiede bei allen Kartenbeispielen mit einem Überhöhungsfaktor von 200% modelliert worden. Grundsätzlich ergeben die Kartenobjekte bei allen Dimensionsstufen ein harmonisches Gefüge im Kartenbild. Die Grössenverhältnisse sind gegenseitig sinnvoll aufeinander abgestimmt (Abb. 4.6).

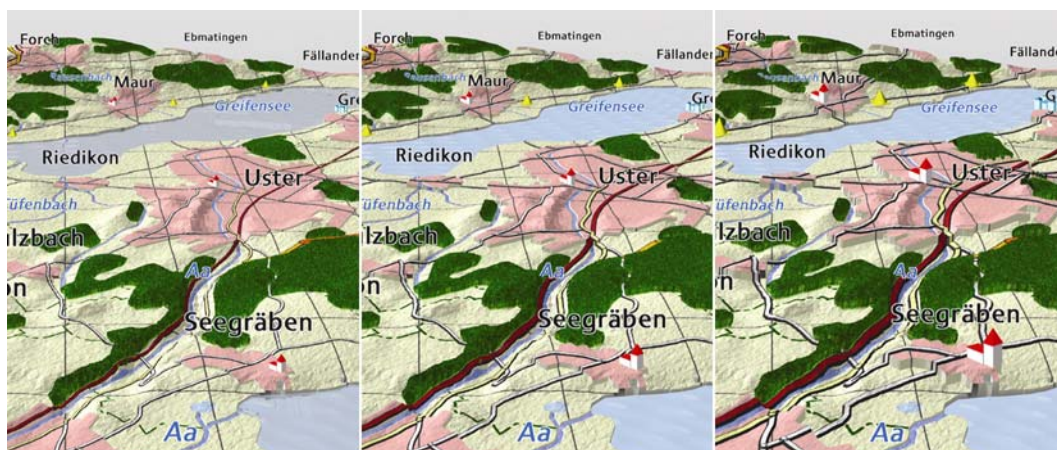


Abb. 4.6: Dimensionsstufen im 3D-Landschaftsmodell. Links: kleine Dimensionsstufe; Mitte: mittlere Dimensionsstufe; rechts: grosse Dimensionsstufe.

- **D1: kleine Dimensionsstufe**

Flächenhafte Objekte: Originalgrundriss beibehalten; bei A1 keine vertikale Dimension (flach auf Geländeobjekt aufliegend), bei A2 und A3 geringe Höhen für Extrusionen und Intrusionen.

Linienhafte Objekte: Breiten zwischen 16% und 66% der Dimension von LK200 (Ausnahme: 100% bei Fluss); bei A2 und A3 geringe Höhen für Extrusionen und Intrusionen.

Punkthafte Objekte: 100% des Durchmessers von Symbolen aus LK200.

- **D2: mittlere Dimensionsstufe**

Flächenhafte Objekte: Originalgrundriss beibehalten; bei A1 keine vertikale Dimension (flach auf Geländeobjekt aufliegend), bei A2 und A3 doppelte Höhen für Extrusionen und Intrusionen wie D1.

Linienhafte Objekte: Breiten zwischen 33% und 110% der Dimension von LK200 (Ausnahme: 150% bei Fluss); Bei A2 und A3 doppelte Höhen für Extrusionen und Intrusionen wie D1.

Punkthafte Objekte: 150% des Durchmessers von Symbolen aus LK200.

- **D3: grosse Dimensionsstufe**

Flächenhafte Objekte: Originalgrundriss beibehalten; bei A1 keine vertikale Dimension (flach auf Geländeobjekt aufliegend), bei A2 und A3 vierfache Höhen für Extrusionen und Intrusionen wie D1.

Linienhafte Objekte: Breiten zwischen 55% und 66% der Dimension von LK200 (Ausnahmen: 133% bei Eisenbahnlinien, 200% bei Fluss); bei A2 und A3 300% der Höhen für Extrusionen und Intrusionen wie D1.

Punkthafte Objekte: 200% des Durchmessers von Symbolen aus LK200.

Kartenschrift

Für die Labels der Siedlungs-, Seen- und Flussnamen sowie der Himmelsrichtungen wurde die Schriftart *CISALPIN* verwendet (Abb. 4.7). Dieser noch junge, speziell für die Kartografie entwickelte serifenlose Font erfüllt ausgezeichnet die Anforderungen an eine gut lesbare Beschriftung von 3D-Karten (Abs. 4.3.5). *CISALPIN* gibt sowohl beim Einsatz für den Bildschirm als auch bei Kartenausdrucken ein eher dezentes und dennoch klares Schriftbild ab. Obwohl sie nicht sehr breit läuft, ist sie auch bei perspektivischer Verkleinerung im Bildhintergrund jederzeit deutlich lesbar. Zur eindeutigen Erkennung wurde die Schrift zusätzlich noch leicht verbreitert.

Die Labels wurden im Vergleich zu den Kartenobjekten und zur Schrift in der LK200 nicht sehr gross gewählt. Die Seen wurden mit den grössten Namenszügen versehen. Siedlungsnamen und Flussnamen gerieten vor allem wegen ihrer Häufigkeit und Position etwas kleiner (90% bzw. 75% der Originalgrösse von 24 Punkten). Labels für die Himmelsrichtungen fielen aufgrund ihrer Kürze und ihrer schwebenden Position im Bildhintergrund am Grössten aus (145%).

Cisalpin regular 24
Cisalpin bold 22
Cisalpin italic 20
Cisalpin bold-italic 18
Cisalpin regular; outlined 16
Cisalpin bold; negative 16
Cisalpin italic; wide 14
Cisalpin bold-italic; outlined 14

Abb. 4.7: Kartenschrift *CISALPIN* für Labels von Siedlungen, Seen, Flüssen und den Abkürzungen für Himmelsrichtungen.

Als Schriftfarbe wurde je nach Kategorie ein eher dunkel gehaltener Farbton verwendet. Auch sind die Labels für die Seen und Flüsse mit kursivem Schriftschnitt geschrieben.

Zur Abgrenzung gegenüber dem Karteninhalt wurde die farbige Schrift zusätzlich weiss konturiert. Auch durch die verschiedenen Höhenpositionen der Labels im kartografischen 3D-Landschaftsmodell sowie der transparenten Gestaltung ist die Freistellung grundsätzlich gewährleistet. Konfliktsituationen (Verdeckung, Versenkung ins Geländemodell), wie sie durch die angewendete *Billboard*-Technik hervorgerufen wurden, konnten aber nicht gänzlich vermieden werden.

Kartengenerierung

Mit den je drei definierten Stufen der *Abstraktion* und *Dimension* konnten neun unterschiedliche kartografische 3D-Landschaftsmodelle abgeleitet werden (Abs. 3.1.5). Zu jeder Variation der fünf unabhängigen Gestaltungsvariablen *Betrachtungswinkel*, *Betrachtungsdistanz*, *Beleuchtungsrichtung*, *Himmel* und *Dunst* wurde eine Kartenserie von neun Topografischen 3D-Karten erzeugt. Insgesamt resultierten somit 15 Kartenserien mit insgesamt 135 Einzelkarten (Anhang A.1). Sie wurden alle mit *World Construction Set*TM modelliert, symbolisiert und visualisiert (gerendert). Anschliessend wurden alle Karten mit der metrischen Dimension von 24.5 x 18.4 cm (entspricht einem 12"-Bildschirm eines Laptops) und einer Auflösung von gegen 450 dpi auf Papier im Format DIN A4 ausgedruckt.

4.4 Durchführung der Expertenbefragung

4.4.1 Eigenheiten und Ablauf der Befragung

Zur Vorbereitung der durchschnittlich zwei Stunden dauernden Gespräche wurden den Expertinnen und Experten schriftliche Informationen zum vorliegenden Projekt und der beabsichtigten Expertenbefragung zugestellt (Anhänge A.3 und A.4). So konnten sie sich mit dem Befragungsleitfaden und dem Fragenblock 4 schon vertraut machen. Die Kartenbeispiele hingegen bekamen sie erst während der Befragung zu Gesicht.

Die 15 verschiedenen Kartenserien wurden in einer hierarchisch randomisierten Reihenfolge präsentiert. Die Reihenfolge der fünf Gestaltungsvariablen wurde für die Befragung mit Zufallszahlen bestimmt, ebenso die Reihenfolge der drei Variationen für jede Gestaltungsvariable (Abb. 4.8). Je nach Raumverhältnissen geschah dies auf einmal oder – nach Gestaltungsvariablen gruppiert – hintereinander. Sodann wurden die Serien von den Expertinnen und Experten stehend beurteilt und kommentiert (Abs. 4.4.3).



Abb. 4.8: Präsentation der Kartenserien zur Bewertung und Kommentierung.

Die Protokollführung der Bewertung und der verbalen Äusserungen verlief aufgrund der meist ruhigen Atmosphäre problemlos. Die Übernahme der Protokollnotizen zu kodierten und kategorisierten Aussagen wurde erst später vorgenommen (Kap. 5).

4.4.2 Befragte Personen

Im Verlaufe der Arbeit wurde mit 27 Expertinnen und Experten ein Gespräch geführt (Anhang A.2). Hierbei handelte es sich um Fachpersonen, die mit Geoinformation seit langer Zeit vertraut sind. Ihre Fachkompetenz stammt entweder aus einer mehr visuell-grafischen, einer datentechnischen oder einem eher semantisch-kommunikativen Bereich. Bei den meisten sind zwei oder alle drei Gebiete tangiert. Alle Gesprächspartnerinnen und -partner weisen langjährige Erfahrung mit 2D-Karten wie auch mit 3D-Karten auf, sei dies bei der Datenmodellierung und Generierung, der Gestaltung oder deren Handhabung und Nutzung. Es wurden keine Personen berücksichtigt, die nicht über die Erfahrung in digitaler Kartografie verfügen.

Von den 27 Personen gehören 21 diversen Hochschulinstituten an, vier von ihnen arbeiten bei einer nationalen Kartenagentur (*SWISSTOPO*, Wabern) und zwei sind Mitarbeiter eines kommerziell-privatwirtschaftlichen Kartografie- oder Geodatenunternehmens. Pensionierte Experten wurden derjenigen Gruppe zugeordnet, welcher sie vor ihrem Ruhestand angehört haben.

4.4.3 Kartenzweck und Fragestellungen

Für die Expertenbefragung wurden vier verschiedene Fragenblöcke zusammengestellt (Anhang A.4). Die übergeordnete Nutzungszweck beim Kartenlesen lautete stets: «*Ver-schaffen eines Überblicks über die Kartensituation und Erfassung des Karteninhalts*». Bei dieser einfachen und realistischen Nutzungssituation ging es ums Erkennen und Erfassen der vorhandenen Strukturen innerhalb des begrenzten geografischen Gebietes.

Als Erstes führten die Expertinnen und Experten eine Bewertung der neun Karten pro Kartenserie durch. Mittels Vergabe von Plus- oder Negativpunkten äusserten sie ihre Präferenz bzw. Ablehnung der Karten. Die drei besten Kartenbeispiele erhielten Pluspunkte (2–1–1), die negativen Beispiele je einen Negativpunkt, die am wenigsten passenden Karten Negativpunkte (2–1–1). Die mündlich geäusserten Kommentare zu den Entscheidungen wurden jeweils stichwortartig protokolliert.

Im zweiten Schritt des offen geführten Gesprächs musste die Präferenz der drei Variationen zur entsprechenden Gestaltungsvariablen ausgedrückt und begründet werden. Dabei waren die Überlegungen zur Einsatzmöglichkeit, zur Erkennbarkeit der Objekte und zur ästhetischen Wirkung der gesamten Karten anzusprechen.

Im dritten Fragenblock waren zwei zusätzliche Aufgabenstellungen mittels der Karten zur *Betrachtungsdistanz* und zum *Betrachtungswinkel* zu lösen: Zum einen musste ein Weg zwischen zwei vorgegebenen Ortschaften per Augen verfolgt werden. Zum andern galt es eine Distanz zwischen zwei Geländepunkten zu schätzen. Die befragten Personen schilderten dabei ihre Strategien, mit welchen Variationen sie die Aufgaben am besten erfüllen konnten. Dieser Fragenblock erwies sich aber als zu trivial, sodass der Erkenntnisgewinn den Zeitaufwand nicht rechtfertigte. Er wurde demzufolge nach der Hälfte der Expertengespräche eingestellt. Zudem wurde auf die Auswertung dieses Teils verzichtet.

Im Fragenblock 4 wurden in Form eines Fragebogens allgemeine Aspekte zu 3D-Karten erfragt. Dabei ging es zuerst um die Bedeutung, die Einsatzbereiche, das Zielpublikum (potenzielle Nutzer) und die zu lösenden Aufgabenstellungen. Der zweite Teil der Fragen betraf eher technische Aspekte wie Funktionalität, Präsentationsmedien, Computertechnologie, Geodaten und die Gestaltung von 3D-Karten. Der Fragebogen wurde in einigen

Fällen zusammen vor Ort ausgefüllt. Mehrheitlich wurde er aber von den Expertinnen und Experten nach der Befragung schriftlich beantwortet und zurückgesandt.

4.5 Auswertungsmethoden

4.5.1 Zweck der Auswertung

Anschliessend an die Expertenbefragung müssen die resultierenden Daten für die spätere Interpretation vorbereitet werden. Dazu werden die individuellen Bewertungen und Äusserungen der Expertinnen und Experten den ausgefüllten Bewertungsformularen entnommen (Anhang A.5) und in Auswertungsdarstellungen übertragen. Diese Darstellungen weisen aber keine einheitliche Form auf, da aus den Expertengesprächen sowohl quantitativ-ordinale Bewertungen als auch qualitative verbale Äusserungen hervorgingen. Zudem betreffen die gewonnenen Daten die verschiedenen Befragungsgegenstände (Abs. 4.2), sodass die Auswertung wegen dieser Vielschichtigkeit ebenfalls dieselbe Aufteilung aufweist. Demzufolge werden sich auch die Resultate auf die explizit zur Diskussion gestellten Gestaltungsaspekte *Abstraktion* und *Dimension*, auf die frei gewählten Variablen *Betrachtungswinkel*, *Betrachtungsdistanz*, *Beleuchtungsrichtung*, *Himmel* oder *Dunst* sowie auf die Gestaltung der Einzelobjekte und der Kartenschrift beziehen.

Es ist wichtig, dass die Resultate wertfrei, präzise und qualitativ gehaltvoll präsentiert werden. Man darf dabei leicht verständliche und einfach weiter zu verwendende Darstellungsformen und Formulierungen erwarten. Dies setzt bei protokollierten verbalen Einzelaussagen, die sich zum Teil auf kleinste Details in einem Kartenbeispiel beziehen, eine starke Verallgemeinerung voraus. Nur so können die notwendigen Voraussetzungen zur späteren Interpretation und zur Formulierung der angestrebten Thesen von kartografischen Gestaltungsgrundsätzen geschaffen werden. Die Resultatdarstellung ist erst der Anfangsschritt im induktiven Prozess der Erkenntnisgewinnung. Dabei wird in einem «bottom-up»-Verfahren von Einzelaussagen zu allgemeinen Aussagen bezüglich Gestaltung von Topografischen 3D-Karten geschlossen (MAYRING 2002).

4.5.2 Analysemethoden

Die Expertengespräche ergeben verschiedenartige Daten und Auswertungen. Diese gehen von quantitativen Bewertungen der erzeugten 3D-Kartenbeispiele über qualitative verbale Äusserungen zu Gestaltungsvariablen und Kartenobjekten hin zu Kommentaren über allgemeine Aspekte von Topografischen 3D-Karten.

Quantitative Bewertungen der Topografischen 3D-Karten

Die Bewertungen der 3D-Karten mittels Punktevergabe innerhalb jeder Kartenserie haben einen stark quantitativen Charakter. Sie ermöglichen die Ableitung von visuellen Bewertungsmustern (Präferenzmuster). Allerdings führten bei den verschiedenen Expertinnen und Experten unterschiedliche Kriterien zur effektiven Punktevergabe. Die Erkenn- und Wahrnehmbarkeit der Objekte, die kartografische Gestaltung des 3D-Landschaftsmodells oder der allgemeine Eindruck bezüglich eines harmonischen Gesamtgefüges könnten dazu beigetragen haben.

Zur Überprüfung der Versuchsanordnung der verschiedenen Kombinationen von *Abstraktion* und *Dimension* eignet sich eine Korrespondenzanalyse. Diese Methode beruht auf einer Kreuztabelle, welche für jede Expertin und jeden Experten (Zeilen) und Kombination

von *Abstraktion* und *Dimension* (Spalten) die Bewertung (-2, -1, 0, 1, 2) enthält. Die Analyse wird nicht einzeln für jede Variation einer Gestaltungsvariablen durchgeführt, sondern über den gesamten Datensatz. Dazu werden für jede Gestaltungsvariable die drei Bewertungen einer Kombination von *Abstraktion* und *Dimension* gemittelt. Daraus ergeben sich 45 mittlere Bewertungsvariablen, eine für jede Kombination von Gestaltungsvariablen (Anzahl 5) und Gestaltungsaspekten *Abstraktion* und *Dimension* (Anzahl $3 \times 3 = 9$). Die Korrespondenzanalyse dient zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen Zeilen und Spalten im zweidimensionalen Raum (Ordinationsdiagramm; Abs. 4.5.3). Dabei werden die ursprünglichen Variablen, welche untereinander korreliert sind, durch ebenso viele neue, unkorrelierte Hilfsvariablen (Ordinationsachsen) ersetzt. Diese sind so gewählt, dass die erste Hilfsvariable den maximalen Informationsgehalt (Varianz) auf sich vereint. Die folgenden Achsen erklären immer kleinere Varianzanteile. Somit genügen oft wenige Ordinationsachsen, um die Struktur eines Datensatzes zu repräsentieren, während die weiteren Achsen zufälliges Rauschen beinhalten (PHILLIPS 2003).

In dieser Arbeit interessiert vor allem die Ähnlichkeit der Bewertung der neun Kombinationen von *Abstraktion* und *Dimension* durch die Expertinnen und Experten. Je näher zwei Kartenbeispiele im Ordinationsdiagramm zueinander liegen, desto ähnlicher wurden sie in der Regel von den Expertinnen und Experten bewertet. Aus der Ähnlichkeitsstruktur kann auf die Wahrnehmung der Unterschiedlichkeit der verschiedenen Kartenbeispiele geschlossen werden. Im vorliegenden Fall kann angenommen werden, dass die Struktur des Datensatzes zweidimensional ist, da bei der Gestaltung der Kartenbeispiele zu jeder Gestaltungsvariablen die zwei Aspekte *Abstraktion* und *Dimension* variiert wurden.

Qualitative Äusserungen zu Gestaltungsvariablen und Kartenobjekten

Aus der Punktvergabe allein lassen sich die genauen Gründe für die Präferenz nicht ableiten. Lediglich der Gesamteindruck einer 3D-Karte relativ zu den andern acht Beispielen jeder Kartenserie lässt sich ordinal erfassen. Es braucht demzufolge zur Begründung der Punktevergabe noch die während des Gesprächs erfolgten verbalen Äusserungen.

Die physische Handlung der Punktevergabe zu den einzelnen Darstellungen war jeweils begleitet von spontan geäußerten Kommentaren der Expertin oder des Experten, in denen die Kriterien fürs Gefallen bzw. Nichtgefallen ausgedrückt wurden. So wurden einerseits die einzelnen Abstraktions- und Dimensionsstufen bei jeder Variation einer Gestaltungsvariablen beurteilt. Andererseits konnte auch die Präferenz zwischen den drei verschiedenen Variationen geäußert werden. Drittens wurde die Gestaltung der Kartenobjekte und des gesamten Kartenbildes sowie das persönliche Empfinden bei der Betrachtung thematisiert.

Alle diese Aussagen wurden vom Befragter möglichst lückenlos in Stichworten notiert und bei der Auswertung in verallgemeinernden Stichworten aufgelistet. Diese eher qualitativen Äusserungen unterstützen und ergänzen die quantitativen Bewertungen.

Qualitative Kommentare zu allgemeinen Aspekten von 3D-Karten

Die Fragen im Fragenblock 4 zu allgemeinen Aspekten von Topografischen 3D-Karten wurden durch die Expertinnen oder die Experten meist in schriftlicher Form beantwortet oder – wenn mündlich geäußert – durch den Befragenden stichwortartig protokolliert. Diese Kommentare sind teilweise sehr global, teilweise aber auch sehr detailliert ausgefallen. Da sie einen Sachverhalt der allgemeinen Art beschreiben, haben sie kaum direkten Bezug zu den vorgelegten Kartenbeispielen. Diese Kommentare sollen deshalb später weniger in den zu formulierenden Thesen für Gestaltungsprinzipien für 3D-Karten verwendet werden. Vielmehr dienen sie bei der Abschätzung des aktuellen, zukünftigen oder gewünschten kartografischen Umfeldes, in denen Topografische 3D-Karten eingebettet sind.

4.5.3 Darstellungsformen

Um die Bewertungen und Aussagen der Expertinnen und Experten übersichtlich und verständlich zu präsentieren, werden je nach Resultatform verschiedene Darstellungsformen gewählt. Diese sollen anschaulich und einfach zu verstehen sein.

Die Bewertungen der Kartenbeispiele konnte grundsätzlich problemlos mittels Bewertungsblatt erfasst werden (Anhang A.5). Die vergebenen Punkte wurden in den entsprechenden Feldern vermerkt und später in eine *Excel*³-Tabelle³ übertragen. Aus dieser Bewertungstabelle wurden nun die einzelnen Eintragungen ins Statistikprogramm *R*⁴ importiert und in die zwei grafischen Darstellungsformen Säulendiagramm und Ordinationsdiagramm umgesetzt.

Säulendiagramm

Die Bewertung der Kartenbeispiele pro Variation einer Gestaltungsvariablen wurde in gruppierten Säulendiagrammen zusammengefasst (Abb. 4.9). Jede Säule zeigt die Häufigkeit eines Bewertungsprädikates für ein Kartenbeispiel (BENNINGHAUS 1997). Die kumulierte Anzahl Nennungen muss jeweils die Anzahl Expertengespräche von 27 ergeben. Die Anordnung der Diagramme entspricht der Kartenauslage während der Expertenbefragung (Abs. 4.3.5).

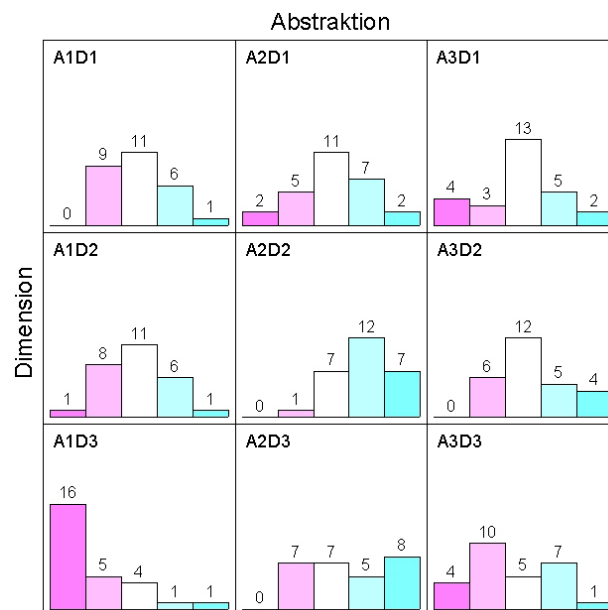


Abb. 4.9: Säulendiagramme zur Präsentation der Anzahl Bewertungsprädikate. Links: Jedes einzelne Säulendiagramm zeigt von links nach rechts die Häufigkeit der Bewertungsprädikate «zwei Negativpunkte» (Rot), «ein Negativpunkt» (Hellrot), «kein Punkt» (Weiss), «ein Positivpunkt» (Hellblau) und «zwei Positivpunkte» (Blau).

³ Das Tabellenkalkulationsprogramm *Excel*TM ist ein Produkt der MICROSOFT CORPORATION, Redmond (WA).

⁴ Das Statistikprogramm *R* ist eine Opensource-Software der weltweit vernetzten *R FOUNDATION FOR STATISTICAL COMPUTING*, Wien (<http://www.cran.r-project.org>).

Die Säulendiagramme für die neun Kombinationen von Abstraktionsstufen (A) und Dimensionsstufen (D) werden pro Variationsstufe und Gestaltungsvariable in einer Matrix von 3x3 Diagrammen dargestellt. Diese Darstellung der Bewertungsergebnisse mit Säulendiagrammen ermöglicht bei der Interpretation einen raschen Überblick über das Präferenzmuster zur jeweiligen Kartenserie. Zudem kann sehr einfach ein visueller Vergleich zwischen den drei Variationen jeder Gestaltungsvariablen erfolgen.

Ordinationsdiagramm

Das Ordinationsdiagramm bildet die Ähnlichkeitsstruktur der neun Kombinationen von Abstraktionsstufen (A) und Dimensionsstufen (D) aufgrund der Rangierung durch die Expertinnen und Experten in einem zweidimensionalen Raum ab. Damit lässt sich die Wahrnehmung der gewählten Abstufungen A1, A2, A3 bzw. D1, D2, D3 für alle fünf Gestaltungsvariablen zusammen überprüfen.

Bei gleichmässig empfundenen Abstufungen innerhalb von A und D sowie einer vergleichbaren Spannweite von A und D erwartet man ein regelmässiges, quadratisches Gitter (Abb. 4.10). Diese idealtypische Topologie der neun Kombinationen wird aber kaum eintreten. Die Verzerrungen der idealen Struktur können Aufschluss geben über die relative Wahrnehmung. Damit lässt sich die Festlegung der Abstraktionsstufen bzw. Dimensionsstufen und somit der Versuchsanordnung überprüfen.

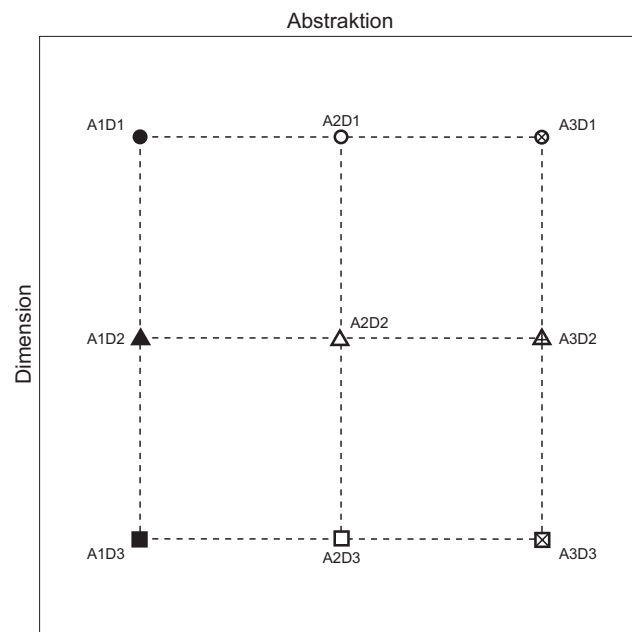


Abb. 4.10: Ordinationsdiagramm zur Präsentation der Ähnlichkeit von Abstraktionsstufen (A) und Dimensionsstufen (D). Durch die Korrespondenzanalyse wird die Aussagekraft der Bewertung auf die beiden Achsen «Abstraktion» und «Dimension» reduziert.

Stichwortlisten

Während der Gesprächsdauer wurden die individuellen verbalen Äusserungen zu den Variationen von Gestaltungsvariablen stichwortartig auf dem Bewertungsformular notiert (Anhang A.5). Diese können entweder als «befürwortend» oder als «ablehnend» eingestuft werden. Die je nach Expertin oder Experte anders verwendete Wortwahl zur Erklärung eines Sachverhaltes wird in gleichbedeutende Begriffe und Umschreibungen umfor-

muliert. Nach dieser Protokollierung werden Aussagen zusammengefasst und in Stichwortlisten präsentiert. In der jeweiligen Spalte wird die Anzahl der befürwortenden oder ablehnenden Äusserungen angegeben. Den Listen sind jeweils nur die wichtigsten Argumente beigefügt.

Die Aussagen zu topografischen und orientierenden Kartenobjekten werden in «positiv lautend» oder «negativ lautend» unterschieden. Sie teilen sich ein in die Themen «Geländeobjekt», «flächenhafte Objekte», «linienhafte Kartenobjekte», «punkthafte Kartenobjekte», «Schriftobjekte» und «weitere Orientierungsobjekte». Jede Äusserung kann direkt einzelnen Objektmerkmalen zugeordnet werden (z.B. Oberflächenbeschaffenheit, Objekthöhen, Farbe, Muster). Wiederum steht die Anzahl gleichbedeutender Äusserungen in Klammern hinter den Stichworten.

Bei den Aussagen zu allgemeinen Aspekten von 3D-Karten (Fragenblock 4) werden die Äusserungen nur noch zu einzelnen Begriffen zusammengefasst und in Stichwortlisten präsentiert (Anhang A.6). Dabei wird nicht mehr zwischen «positiv lautend» oder «negativ lautend» unterschieden, denn die Aussagen liegen zu weit auseinander und die Zufälligkeit der aufgebrachten Themen ist zu gross. Die gemachten Äusserungen der Expertinnen und Experten werden für die Überlegungen zu potenziellen Entwicklungen bei 3D-Karten ergänzend berücksichtigt (Abs. 6.4).

Grundsätzlich sind Mehrfachnennungen von grosser Bedeutung. Denn mit ihnen begründet sich am ehesten eine mögliche Allgemeingültigkeit der Aussagen bezüglich der angesprochenen Aspekte. Bezüglich der Auswertung von Protokollnotizen gilt es zudem auf Folgendes kritisch hinzuweisen: Nicht auszuschliessen ist bei der Deutung, Aufbereitung und Zusammenstellung der Äusserungen, dass die persönlichen Ansichten und Präferenzen des Befragers zum diskutierten Sachverhalt einfließen. Trotz grosser Zurückhaltung ist man in dieser Gesprächsrolle versucht, sich an früher gemachten Formulierungen zu orientieren. Einzig beim Fragenblock 4 sind die Aussagen der Expertinnen und Experten bereits eindeutig und verständlich niedergeschrieben. In diesem Teil der Befragung resultiert eine eher zu grosse und – aufgrund der weitgefassten Themen – eher lückenhafte Spannweite der Aussagen.

5. Resultate der Expertenbefragung

Im vorliegenden Kapitel werden die Bewertungen und Äusserungen aus der Expertenbefragung dargestellt. Der Abschnitt 5.1 präsentiert die quantitativen Bewertungen der 3D-Kartenbeispiele mittels gruppierter Säulendiagramme. Zudem wird das Ordinationsdiagramm der durchgeführten Korrespondenzanalyse kommentiert, welche die Ähnlichkeit der Wahrnehmung der einzelnen Abstraktions- und Dimensionsstufen beschreibt. Im Abschnitt 5.2 folgen Stichwortlisten mit den qualitativen Äusserungen zu den Gestaltungsvariablen und ihren Variationen. Die Stichwortlisten im Abschnitt 5.3 zeigen die Meinungen der Expertinnen und Experten zur Gestaltung der einzelnen Arten von Kartenobjekten und ihrer Integration in Topografischen 3D-Karten auf. Im letzten Abschnitt 5.4 werden Erläuterungen gegeben zu den Expertenaussagen über verschiedene Aspekte von 3D-Karten (Stichwortlisten im Anhang 6).

5.1 Quantitative Bewertung der Kartenbeispiele

Die Auswertung der 3D-Kartenbeispiele wurde getrennt nach den jeweiligen Gestaltungsvariablen vorgenommen. Die einzelnen Kartenserien der drei Variationen der fünf Gestaltungsvariablen sind aus Anhang A.1 ersichtlich. Nähere erläuternde Kommentare zu den Resultaten wurden als Auflistung beigefügt. Die Diskussion dazu folgt in Kapitel 6. Der Übersicht halber werden die gruppierten Säulendiagramme pro Variation in den Abbildungen direkt nebeneinander präsentiert. Damit lassen sich die Präferenzmuster vergleichen und Verschiebungen leichter feststellen. Die Angaben zur jeweiligen Kombination aus Abstraktions- (A) bzw. Dimensionsstufe (D) wurde im einzelnen Säulendiagrammen oben links angegeben.

Das Ordinationsdiagramm über alle fünf Gestaltungsvariablen zur Überprüfung der Abstufungen bezüglich den Gestaltungsaspekten *Abstraktion* und *Dimension* in den Kartenbeispielen folgt im Anschluss. Auch dazu werden die augenfälligsten Merkmale beschrieben.

Gestaltungsvariable «Betrachtungswinkel»

(Gestaltungsaspekt «Kamera»)

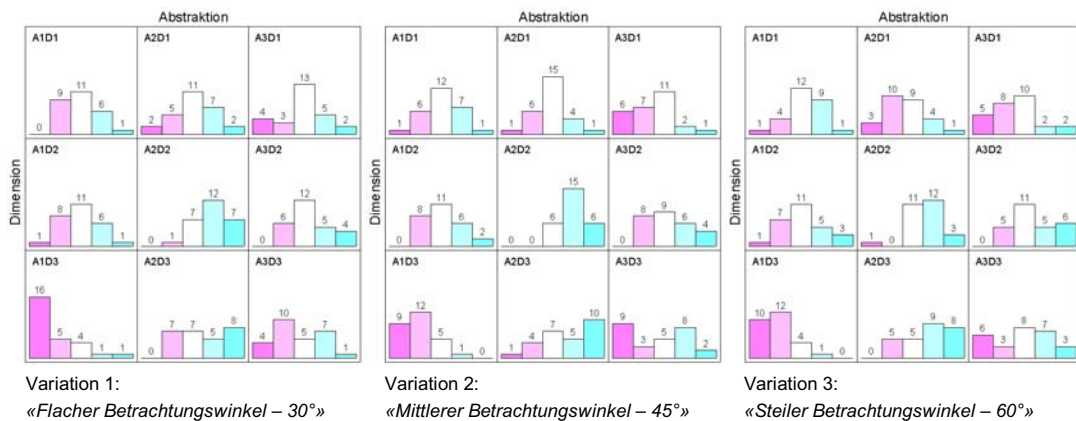


Abb. 5.1: Gruppierete Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen «Betrachtungswinkel» (Gestaltungsaspekt «Kamera»).

Erläuterungen zu den Säulendiagrammen (Abb. 5.1):

- bei Kombination A2D2: viele positive Bewertungen;
- bei Kombination A1D3: viele negative Bewertungen;
- bei Stufe D1: viele mittlere (neutrale) Bewertungen.

Gestaltungsvariable «Betrachtungsdistanz»

(Gestaltungsaspekt «Kamera»)

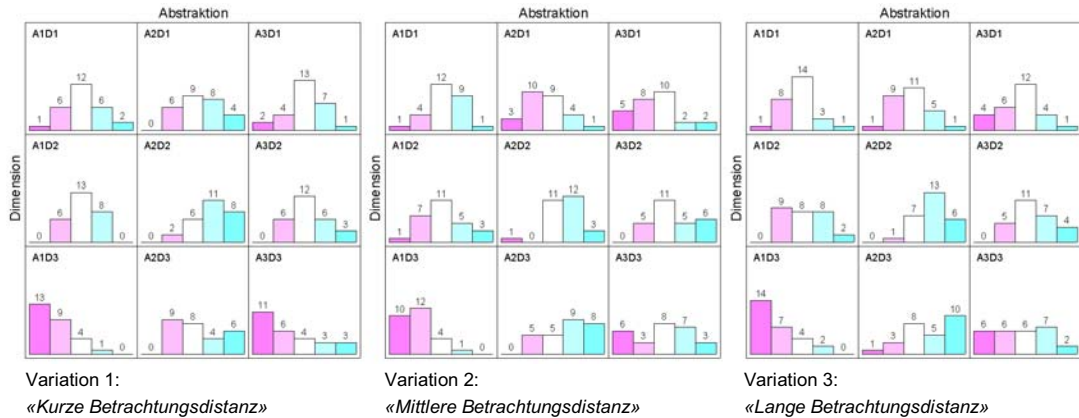


Abb. 5.2: Gruppierte Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen «Betrachtungsdistanz» (Gestaltungsaspekt «Kamera»).

Erläuterungen zu den Säulendiagrammen (Abb. 5.2):

- bei Kombination A2D2: viele positive Bewertungen;
- bei Kombination A1D3: viele negative Bewertungen;
- bei Stufe D1: viele mittlere (neutrale) Bewertungen.

Gestaltungsvariable «Beleuchtungsrichtung»

(Gestaltungsaspekt «Beleuchtung»)

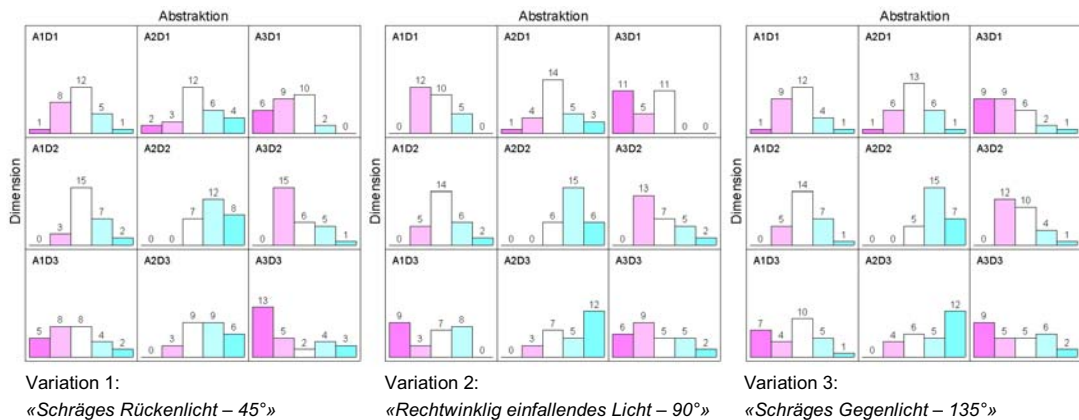


Abb. 5.3: Gruppierte Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen «Beleuchtungsrichtung» (Gestaltungsaspekt «Beleuchtung»).

Erläuterungen zu den Säulendiagrammen (Abb. 5.3):

- bei Kombinationen A2D2 und A2D3: viele positive Bewertungen;
- bei Stufe A3 viele Prädikate: viele negative Bewertungen;
- bei Stufe D1 und Kombination A1D2: viele mittlere (neutrale) Bewertungen.

Gestaltungsvariable «Himmelsstruktur»

(Gestaltungsaspekt «Atmosphärische Effekte und Naturphänomene»)

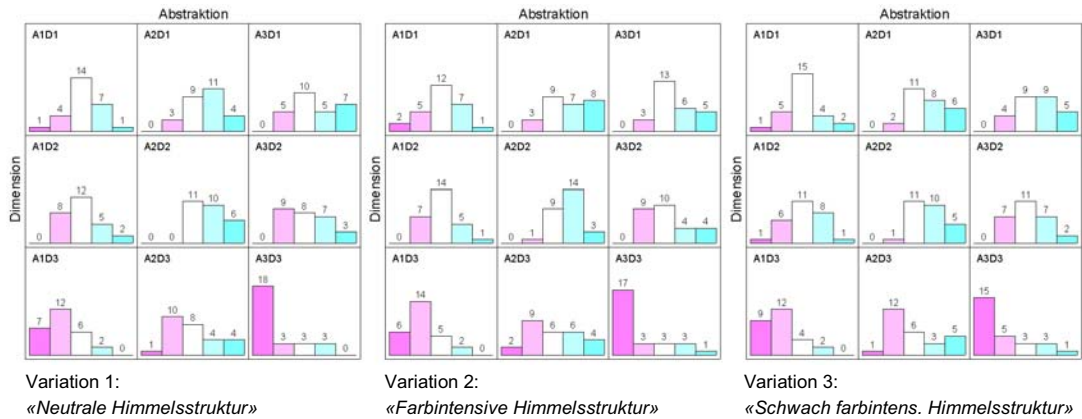


Abb. 5.4: Gruppierte Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen «Himmelsstruktur» (Gestaltungsaspekt «Atmosphärische Effekte und Naturphänomene»).

Erläuterungen zu den Säulendiagrammen (Abb. 5.4):

- bei Kombination A2D2: viele positive Bewertungen;
- bei Kombination A3D3, allgemein bei Stufe D3: viele negative Bewertungen;
- bei Kombination A3D3: wenige positive Bewertungen;
- bei Stufen D1 und D2: viele mittlere (neutrale) Bewertungen.

Gestaltungsvariable «Dunst»

(Gestaltungsaspekt «Atmosphärische Effekte und Naturphänomene»)

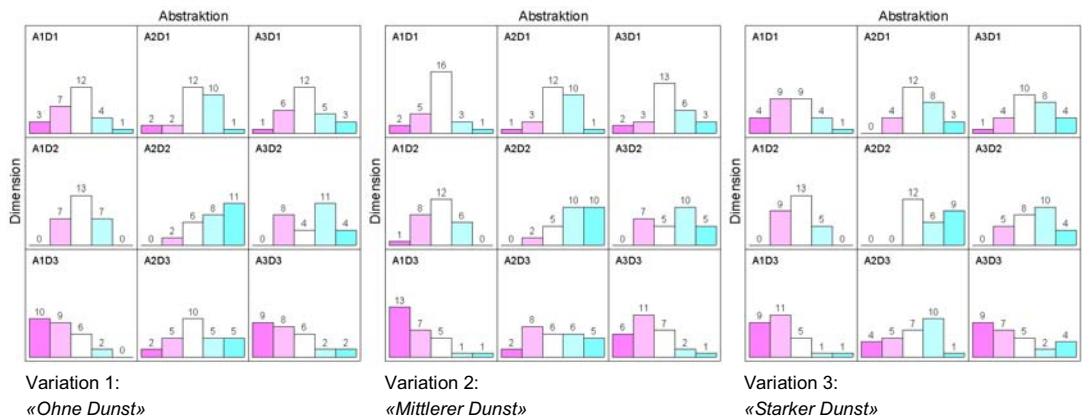


Abb. 5.5: Gruppierte Säulendiagramme zur Gestaltungsvariablen «Dunst» (Gestaltungsaspekt «Atmosphärische Effekte und Naturphänomene»).

Erläuterungen zu den Säulendiagrammen (Abb. 5.5):

- bei Kombinationen A2D2 und A3D2: viele positive Bewertungen;
- bei Kombination A2D2: wenige negative Bewertungen;
- bei Kombination A3D3: wenige positive Bewertungen;
- bei Stufe D1: viele mittlere (neutrale) Bewertungen.

Überprüfung der Abstraktionsstufen und Dimensionsstufen

Zur Erzeugung des Ordinationsdiagramms (Abb. 5.6) wurden pro Kombination aus Abstraktions- und Dimensionsstufen alle 27 Bewertungen der drei Variationen zu jeder Gestaltungsvariablen (V1, V2, V3, V4, V5) gemittelt. Dies ergab für jede Kombination einer Gestaltungsvariablen je einen Punkt. Es gehören somit je fünf Punkte zur entsprechenden Verteilung einer Gestaltungsvariablen. Diese Punkte wurden manuell miteinander verbunden. Das Polygon repräsentiert grafisch die vorhandene Streuung innerhalb der Variablen. Die Verbindungslinien zwischen den geschätzten Polygonschwerpunkten wurden nachträglich eingezeichnet.

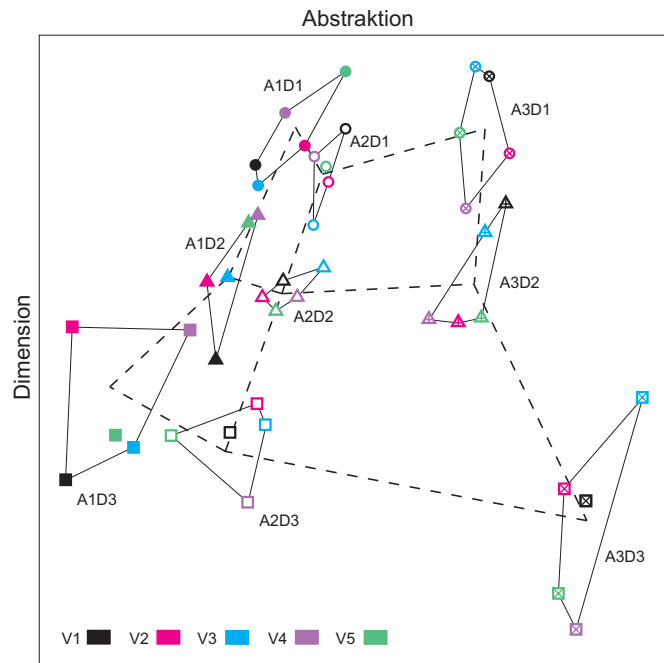


Abb. 5.6: Ordinationsdiagramm zu Bewertungen aller Kombinationen des Beziehungsfeldes «Abstraktion/Dimension», gemittelt über alle Gestaltungsvariablen mit ihren Variationen (V1: «Betrachtungswinkel»; V2: «Betrachtungsdistanz»; V3: «Beleuchtungsrichtung»; V4: «Himmelsstruktur»; V5: «Dunst»).

Erläuterungen zum Ordinationsdiagramm (Abb. 5.6):

- Die allgemeine Topologie (Geometrie der Verbindungslinien) zwischen den Kombinationen fiel wie erwartet aus. Es ergeben sich keine Überschneidungen der Linien.
- Die Abstufungen der Abstraktion A und der Dimension D streuen etwa gleich stark.
- Die Gesamtform entspricht nicht einem quadratischen Gitter, sondern eher einer taillierten, trapezförmigen Figur.

- Der Abstand der Achsen A1 und A2 ist kleiner als derjenige zwischen den Achsen A2 und A3.
- Vor allem die Kombinationen A1D3 und A3D3 liegen weiter aussen als erwartet.
- Bei einigen Kombinationen zeigt sich eine relativ grosse Streuung zwischen den Variablen, vor allem bei den Kombinationen A1D3 und A3D3.

5.2 Qualitative Äusserungen zu Gestaltungsvariablen

Bei den drei Variationen zu jeder Gestaltungsvariablen resultierten sehr unterschiedliche Beurteilungen der Expertinnen und Experten. Pro Variation wurden sowohl befürwortende wie auch ablehnende Aussagen in gleichem Masse registriert. Die meistgenannten Argumente wurden stichwortartig den Aufstellungen beigefügt. Je nach Augenfälligkeit und Brisanz veranlasste die gestalterische Ausprägung der einzelnen Darstellung mehr oder weniger Aussagen. Teilweise wurde über einzelne Variationen auch geschwiegen.

Gestaltungsvariable «Betrachtungswinkel»

(Gestaltungsaspekt «Kamera»)

Bei der Bewertung der Gestaltungsvariablen «Betrachtungswinkel» erstaunt es wenig, dass alle drei Variationen ausgewogen kommentiert wurden. Sie lösten gleichermassen sowohl befürwortende als auch ablehnende Aussagen aus.

Variation 1: «Flacher Betrachtungswinkel – 30°»

Befürwortende Aussagen:	9	Ablehnende Aussagen:	15
Argumente:		Argumente:	
- guter Raumeindruck		- starke Verzerrungen	
- gute Modellierung der Geländeformen und der Höhenverhältnisse		- zunehmende Verdeckungen von Objekten	
- starke Fokussierung auf den Vordergrund		- eingeschränkte Lesbarkeit des Hintergrundes	
		- ungünstige Wegverfolgung und Distanzschätzung	

Variation 2: «Mittlerer Betrachtungswinkel – 45°»

Befürwortende Aussagen:	16	Ablehnende Aussagen:	6
Argumente:		Argumente:	
- gute perspektivische Wirkung		- starke Biegung des Geländemodells	
- gute Modellierung der Geländeformen		- Modell tritt in den Hintergrund	
- guter Überblick möglich		- Raumeindruck geht verloren	

Variation 3: «Steiler Betrachtungswinkel – 60°»

Befürwortende Aussagen:	10	Ablehnende Aussagen:	14
Argumente:		Argumente:	
- vertraute, kartennahe Perspektive, kleine Verzerrungen		- zu kartenähnlich	
- gute Lesbarkeit und Interpretationsmöglichkeit		- zu steil, Geländeformen nicht erkennbar	
- Übersicht gewährleistet		- kein Raumeindruck	

Gestaltungsvariable «*Betrachtungsdistanz*»

(Gestaltungsaspekt «*Kamera*»)

Die verbalen Aussagen zur Variation 2 und zur Variation 3 fielen stark polarisierend aus. Demgegenüber wurde die Variation 1 eher differenziert beurteilt.

Variation 1: «*Kurze Betrachtungsdistanz*»

Befürwortende Aussagen:	8	Ablehnende Aussagen:	9
Argumente:		Argumente:	
- gut für detaillierte, lokale Darstellungen		- Szene wirkt massiv	
- gute Erkennbarkeit feiner Strukturen und Texturen		- zu massige Symbolisierung	
		- Detaillierung zu gering	

Variation 2: «*Mittlere Betrachtungsdistanz*»

Befürwortende Aussagen:	19	Ablehnende Aussagen:	0
Argumente:		Argumente:	
- guter Landschafts- und Raumeindruck		---	
- ausgewogene Bildichte			
- hilfreicher Modellrand und Horizonteinstellung			

Variation 3: «*Lange Betrachtungsdistanz*»

Befürwortende Aussagen:	2	Ablehnende Aussagen:	16
Argumente:		Argumente:	
- günstig für Übersicht		- Modellausschnitt zu klein, wirkt abgeschnitten	
		- Objekte zu wenig erkennbar, zu weit entfernt	
		- Verzerrungen zu stark	

Gestaltungsvariable «*Beleuchtungsrichtung*»

(Gestaltungsaspekt «*Beleuchtung*»)

Wie bei der Bestimmung der Variablen festgelegt, ist die Beleuchtungsrichtung stets gegenüber der Betrachtungsrichtung definiert (Abs. 4.2.3). Die Expertinnen und Experten hielten sich bei der Beurteilung zurück. Möglicherweise war dies vor allem deswegen der Fall, weil die Kartenbeispiele das 3D-Landschaftsmodell in seiner ganzen Ausdehnung zeigen. Bei den Variationen ergaben sich aber eindeutige Präferenzen.

Variation 1: «*Schräges Rückenlicht – 45°*»

Befürwortende Aussagen:	2	Ablehnende Aussagen:	12
Argumente:		Argumente:	
- für spezifische Zwecke sinnvoll		- Ausleuchtung zu direkt	
		- Geländeformen werden kaum modelliert	
		- Entstehung eines «Umkehrreffektes»	

Variation 2: «Rechtwinklig einfallendes Licht – 90°»

Befürwortende Aussagen:	8	Ablehnende Aussagen:	0
Argumente:		Argumente:	---
- Geländeformen gut erkennbar			
- Gelände wirkt lebhaft			

Variation 3: «Schräges Gegenlicht – 135°»

Befürwortende Aussagen:	11	Ablehnende Aussagen:	2
Argumente:		Argumente:	
- Geländeformen gut erkennbar		- Schattenwurf teilweise extrem	
- Kleinformen gut erkennbar		- Schattenwurf störend in Kombination mit dunklen Flächen (z.B. Wald)	

Gestaltungsvariable «Himmelsstruktur»

(Gestaltungsaspekt «*Atmosphärische Effekte und Naturphänomene*»)

Zur Gestaltungsvariablen «*Himmelsstruktur*» kamen die Äusserungen der Expertinnen und Experten spontan und engagiert. Es ergab sich bei der Variation 1 ein eindeutiger Trend. Bei den Variationen 2 und 3 waren die Meinungen sehr geteilt.

Variation 1: «Neutrale Himmelsstruktur»

Befürwortende Aussagen:	16	Ablehnende Aussagen:	2
Argumente:		Argumente:	
- Hintergrund stimmig zum Karteninhalt		- Hintergrund wirkt nicht natürlich	
- ruhig, neutral			
- Karteninhalt wird nicht konkurrenziert			
- Modellcharakter bleibt erhalten			

Variation 2: «Farbintensive Himmelsstruktur»

Befürwortende Aussagen:	8	Ablehnende Aussagen:	12
Argumente:		Argumente:	
- starker Kontrast zum Kartenbild wirkt belebend (z.B. für Tourismuswerbung)		- Augenmerk liegt auf Himmelsstruktur und nicht auf Karteninhalt	
- bewirkt fotorealistischen Eindruck		- Karteninhalt wird zu stark konkurrenziert	
- Lesbarkeit wird verstärkt		- Himmel bewirkt «Umkehreffekt»: dominante, dunkle Farbpartien werden in den oberen Bildteil verlagert	
		- zu dunkel, zu drückend, zu massiv	
		- zu aggressives Blau;stört Farbgleichgewicht	
		- polarisierender Effekt	

Variation 3: «Schwach farbintensive Himmelsstruktur»

Befürwortende Aussagen:	10	Ablehnende Aussagen:	12
Argumente:		Argumente:	
- dezent, zurückhaltend		- kein zusätzlicher Informationswert	
- schafft unterstützende, angenehme atmosphärische Stimmung		- wirkt nicht natürlich	
- Kartenbild bleibt im Vordergrund, wird fokussiert		- wirkt kalt, leblos	
- Modelllandschaft wirkt lebendiger		- wirkt gemalt, «aquarellmässig»	
		- für Karteninhalt (immer noch) zu konkurrenzierend	

Gestaltungsvariable «Dunst»

(Gestaltungsaspekt «*Atmosphärische Effekte und Naturphänomene*»)

Noch eindeutiger fielen die Aussagen zur Gestaltungsvariablen «Dunst» aus. Während bei den Variationen 1 und 2 die befürwortenden Argumente überwogen, ergab sich bei der Variation 3 eine massive Ablehnung.

Variation 1: «Ohne Dunst»

Befürwortende Aussagen:	16	Ablehnende Aussagen:	0
Argumente:		Argumente:	---
- kartenähnlich, neutral, transparent, «unverfälscht»			
- Modellcharakter wird unterstützt			
- Karteninhalt wird fokussiert			
- Kartenbild ist gut lesbar (v.a. Information im Hintergrund)			

Variation 2: «Mittlerer Dunst»

Befürwortende Aussagen:	13	Ablehnende Aussagen:	3
Argumente:		Argumente:	
- unterstützt Tiefenwirkung		- stört Modellcharakter	
- sinnvolles Ausblenden der Modellgrenzen, hat Kulissenwirkung		- bewirkt keinen Mehrwert	
- verdeckt dezent Modellfehler («Kantenschleifer»)			

Variation 3: «Starker Dunst»

Befürwortende Aussagen:	3	Ablehnende Aussagen:	21
Argumente:		Argumente:	
- Modellvordergrund wird fokussiert		- zu stark, betont Perspektive kaum	
- verstärkt Raumtiefe		- verdeckt Modellinformation (v.a. im Hintergrund)	
		- schränkt Lesbarkeit des Kartenbildes ein	
		- zerstört Harmonie des Kartenbildes	
		- lässt negatives Gefühl aufkommen	
		- zu fotorealistisch, zu verspielt	

5.3 Qualitative Äusserungen zu Kartenobjekten

In den Diskussionen wurden von den Expertinnen und Experten viele Äusserungen direkt zur Gestaltung der einzelnen Arten von Kartenobjekten gemacht. Die nachfolgenden Listen mit den protokollierten Stichworten folgen somit derselben Gruppierung nach Objektarten. Mit der Anzahl in Klammern hinter den gleichbedeutenden positiv bzw. negativ lautenden Aussagen kann wiederum auf die Bedeutung oder Auffälligkeit des Sachverhaltes geschlossen werden.

Zu den Dimensionen der verschiedenartigen Kartenobjekte wurde wenig ausgesagt. Doch die Beurteilung derselben hatte sich zuvor bereits in der quantitativen Bewertung der Abbildungen niedergeschlagen. Durch die perspektivische Darstellung sind die Objekte verkleinert abgebildet, sodass ohnehin nur die Grössenverhältnisse zu benachbarten Objekten beurteilt werden konnten. Auch bei diesem Fragenblock können sich Aussagen zum gleichen Sachverhalt widersprechen.

Geländeobjekt

Beim Geländeobjekt waren nur zwei Aspekte von Interesse. Die Oberflächenbeschaffenheit sprang wegen der unruhigen Ausprägung sofort ins Auge (hohe Fraktaltiefe; keine Glättung). Die sichtbare Modellbegrenzung polarisierte stark bezüglich Nutzen und Ästhetik.

<p>Positiv lautende Aussagen:</p> <p>Objektgrenzen (Modellgrenzen)</p> <ul style="list-style-type: none"> - sichtbare Seiten- und Horizontlinien gut (2) 	<p>Negativ lautende Aussagen:</p> <p>Objektgrenzen (Modellgrenzen)</p> <ul style="list-style-type: none"> - sichtbare Modellgrenzen störend (2) - grosse Verzerrungen wegen Perspektive (3) <p>Oberflächenbeschaffenheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rauhigkeit zu unruhig (§)
--	--

Flächenhafte Kartenobjekte

Die flächenhaften Kartenobjekte in den 3D-Kartenbeispielen wurden sehr oft erwähnt und heftig kommentiert. Die nachfolgenden Aussagen zu den verschiedenen Gestaltungsaspekten laufen je nach Objektart sowie Abstraktions- und Dimensionsstufe teilweise diametral auseinander.

<p>Positiv lautende Aussagen:</p> <p>Oberflächenbeschaffenheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - bildhafte, fotorealistische (Wald-)Oberflächen günstig (4) - geglättete, homogene (See-)Oberflächen gut (§) <p>Raumgeometrie</p> <ul style="list-style-type: none"> - volumenhafte Geometrien gut (5) <p>Objekthöhe</p> <ul style="list-style-type: none"> - leichte Erhöhung/Eintiefung gut (1§) <p>Farbe</p> <ul style="list-style-type: none"> - helle bis mittlere Farben günstig (2) <p>Farbkontrast</p> <ul style="list-style-type: none"> - hoher Kontrast günstig (2) <p>Textur (Muster)</p> <ul style="list-style-type: none"> - einfacher, nicht zu grober Strukturraster (Wald) sinnvoll (5) 	<p>Negativ lautende Aussagen:</p> <p>Oberflächenbeschaffenheit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rauhigkeit (Seen, Siedlungen) ungünstig (5) - regelmässige, bildhafte und grobe Wellenstruktur (See) ungünstig (15) <p>Raumgeometrie</p> <ul style="list-style-type: none"> - volumenhafte Geometrien ungünstig (Intrusion im See) (3) <p>Objekthöhe</p> <ul style="list-style-type: none"> - massive Erhöhung störend (Extrusion der Siedlungen) (§) <p>Helligkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - dunkle (Wald-)Flächen störend (17) - helle, beleuchtete (Extrusions-)Kanten (Siedlungen) ungünstig (4) <p>Textur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Strukturraster (Wald) nicht benötigt (§)
--	---

Linienhafte Kartenobjekte

Bei der Befragung wurden die linienhaften Kartenobjekte kaum je erwähnt. Einzig der Verlauf von Strassen und Eisenbahnen über die Podeste der Siedlungsflächen sowie die Artefakte und Unsauberkeiten bei der Visualisierung (hervorgerufen durch die Visualisierungssoftware) gaben Anlass zur Kritik.

<p>Positiv lautende Aussagen:</p> <p>Raumgeometrie</p> <ul style="list-style-type: none"> - volumenhafte Geometrien (Verkehrslinien: «Dammcharakter»; Gewässerlinien: Einschnitte) gut (2) <p>Farbe</p> <ul style="list-style-type: none"> - einfarbige Objekte attraktiv <p>Farbkontrast</p> <ul style="list-style-type: none"> - hoher Kontrast sinnvoll (4) <p>Linienmuster</p> <ul style="list-style-type: none"> - komplexes, feingliedriges Muster (Doppellinien, Mittellinien) günstig (8) - einfache Linienmuster gut lesbar 	<p>Negativ lautende Aussagen:</p> <p>Raumgeometrie</p> <ul style="list-style-type: none"> - auf Geländeoberfläche liegende («flache») Linienführung ungünstig - volumenhafte Effekte (3D-Effekte) unpassend (2) <p>Sichtbarkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - hinter oder in flächenhaften Objekten verdeckte lineare Kartenobjekte (im Wald) schlecht <p>Position</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung und «Sprünge» über flächenhafte Objekte (Siedlungen) unrealistisch, störend (11) <p>Linienmuster</p> <ul style="list-style-type: none"> - einfache Linienmuster wenig attraktiv - generelle Gestaltung - unsaubere Verbindungen («Kringel») und Linienführung (Kreuzungen, Unter-/Überführungen) störend
---	---

Punkthafte Kartenobjekte

Viele Reaktionen kamen von den Expertinnen und Experten zu den punkthaften Kartenobjekten. Vor allem die Formen und die Figürlichkeit waren ein grosses Diskussionsthema.

<p>Positiv lautende Aussagen:</p> <p>Bildhaftigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - abstrakte Geometrien günstig (3) - bildhafte Geometrien günstig (16) <p>Raumgeometrie (Raumeindruck)</p> <ul style="list-style-type: none"> - volumenhafte wirkende Symbole gut (19) <p>Farbe</p> <ul style="list-style-type: none"> - moderate Farben günstig <p>Farbkontrast</p> <ul style="list-style-type: none"> - hoher Kontrast günstig 	<p>Negativ lautende Aussagen:</p> <p>Bildhaftigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - abstrakte Geometrien (v.a. Zylinder als Kirchensymbol) ungünstig (9) - bildhafte Geometrien ungünstig (2) <p>Grundrissgeometrie</p> <ul style="list-style-type: none"> - stark generalisierter Symbolgrundriss schlecht (z.B. Kreisfläche als Kirchensymbol) (4) - Formen zu wenig differenzierbar <p>Raumgeometrie (Raumeindruck)</p> <ul style="list-style-type: none"> - auf Geländeoberfläche liegende («flache») Symbole ungünstig (9)
--	--

Schriftobjekte (Labels)

Noch weniger als die linienhaften Kartenobjekte wurden die Schriftobjekte in den Gesprächen erwähnt.

Positiv lautende Aussagen: Position - Höherstellung über Objekte gut	Negativ lautende Aussagen: Position - Freistellung (teilweise) nicht gewährleistet (4) Schriftgrösse - Grösse im Hintergrund (je nach Perspektive) zu klein - Grösse im Vordergrund (teilweise) zu dominant - Missverhältnis von Schrift- zu Symbolgrösse (teilweise) Farbe - heben sich farblich kaum von Umgebung ab
---	---

Weitere Orientierungsobjekte

Nur vereinzelt lösten die diversen Orientierungsobjekte Reaktionen aus. Lediglich bei expliziten Hinweisen des Befragers wurden direkte Aussagen dazu gemacht.

1) Himmelsrichtungen

	Negativ lautende Aussagen: - Namen (Labels) fallen kaum auf - Symbole müssen Richtung besser ausdrücken (z.B. mit zusätzlichem Pfeilsymbol) - in dieser Form falsch zu interpretieren (Himmelsrichtung als Standorte)
--	--

2) Koordinaten-Gitter

Positiv lautende Aussagen: - zur Abschätzung von Grössen- und Distanzverhältnissen nützlich (12) - zur Distanzschätzung unabdingbar (12) - grundsätzlich sehr hilfreich (3) - als Verzerrungsgitter geeignet	Negativ lautende Aussagen: - zur Raumwahrnehmung nicht nötig (2) - spielt zu hohe Genauigkeit vor - über-präsent (v.a. bei Dunst) - störend, wenn auf Betrachter zulaufend
--	--

5.4 Allgemeine Kommentare zu 3D-Karten

Im Fragenblock 4 wurden allgemeine Aspekte von 3D-Karten thematisiert (Anhang A.4). Die aufgebrachten Bereiche waren nur zur Diskussion gestellt und nicht als Fragen formuliert. Auch wurden sie mit Querverweisen zueinander versehen. Wir beabsichtigten mit diesem Fragenblock nicht, die thematisierten Aspekte abschliessend zu diskutieren.

Vielmehr sollten damit Tendenzen und Prioritäten in der 3D-Kartografie aus Expertensicht aufgezeigt und ergänzt werden.

Es wurden von zwanzig der 27 befragten Personen Stellungnahmen zu den neun zur Diskussion gestellten Bereichen abgegeben, dies entweder in mündlicher (5) oder in schriftlicher Form (15). Aufgrund der offenen Fragen fielen die Äusserungen der Expertinnen und Experten oft interessenabhängig und wenig gezielt aus. Die Streubreite des verwertbaren Informationsgehaltes der Aussagen war somit erwartungsgemäss gross. Auch wichen etliche Expertinnen und Experten oft vom Thema ab und nahmen die Gedanken von zuvor geäusserten Sachverhalten wieder auf.

Im Anhang A.6 sind die gewonnenen Kommentare aufgelistet, und zwar gemäss den fokussierten Aspekten. Eine inhaltliche Gewichtung der Aussagen drückt sich nicht durch die Reihenfolge in der Auflistung aus. Wenn jeweils mehrere positiv lautende und negativ lautende Äusserungen gleichzeitig gemacht wurden, so erscheinen diese in Gruppen getrennt. Bedeutungsmässig gleiche Äusserungen wurden als Mehrfachnennungen berücksichtigt. Deren Anzahl steht am Ende in Klammern. In den Stichwortlisten können sich Aussagen zu gleichen Sachverhalten widersprechen.

Als Grundlage zur Formulierung der Thesen von Gestaltungsgrundsätzen von Topografischen 3D-Karten sind die Aussagen aus dem Fragenblock 4 zuwenig ergiebig. Erst bei der Diskussion um die Gestaltung und der potenziellen Entwicklung von 3D-Karten werden wir sie gebührend berücksichtigen können (Abs. 6.5).

6. Interpretation und Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze

Die Resultate werden wiederum nach der bisherigen Struktur interpretiert: Zuerst gilt es die Bewertungen und Äusserungen bezüglich den beiden Gestaltungsaspekten *Abstraktion* und *Dimension* zu beurteilen (Abs. 6.1). Anschliessend werden die Schlüsse zu den fünf ausgewählten Gestaltungsvariablen und deren Variationen gezogen (Abs. 6.2). Im dritten Abschnitt stellen wir pauschale Überlegungen zur Gestaltung der diversen Arten von Kartenobjekten an (Abs. 6.3). Aus den Folgerungen dieser drei separaten Betrachtungen lassen sich nun Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze von Topografischen 3D-Karten ableiten (Abs. 6.4). Zuletzt werden Anforderungen an 3D-Karten skizziert (Abs. 6.5), die sich auf den Kommentaren zum Fragenblock 4 abstützen. Zur Illustration der nachfolgenden Sachverhalte und Folgerungen dienen Ausschnitte, die wir den 3D-Kartenbeispielen entnommen haben.

6.1 Interpretation zur «Abstraktion» und «Dimension»

Die quantitativen Resultate aus der Bewertung der Kartenbeispiele und die Äusserungen zu den Kartenobjekten haben stets einen Bezug zu den beiden Gestaltungsaspekten *Abstraktion* und *Dimension*. Mögen die Beurteilungskriterien aufgrund der beruflichen Erfahrung oder des persönlichen Geschmacks noch so unterschiedlich sein: immer wurde auch die Zweckmässigkeit der äusseren Erscheinung der 3D-Karte und der darin enthaltenen Kartenobjekte beurteilt. Zudem bleibt aber immer der Zweck zu beachten, welcher der Karte zu Grunde liegt.

Mit dem Ordinationsdiagramm wird die Wahrnehmung der Expertinnen und Experten überprüft, ob diese die jeweils drei Abstufungen der beiden Gestaltungsaspekte *Abstraktion* und *Dimension* als gleichmässig verschieden einschätzten. Diese Einschätzung sollte grundsätzlich unabhängig von der Bewertung zu anderen Gestaltungsvariablen sein. Dies wäre dann der Fall, wenn bei jeder Kombination im Ordinationsdiagramm die Punkte aufeinander fielen. Je kleinflächiger das Polygon, welches durch die fünf einzelnen Punkte beschrieben wird, desto unabhängiger wurde die Bewertung von der Variablen gefällt. Die Abweichungen vom gitterförmigen Abstufungsmuster (Abb. 4.10) können einerseits von einer unregelmässigen Abstufung und andererseits von unterschiedlichen Interaktionen der einzelnen Abstraktions- bzw. Dimensionsstufen mit den anderen Variablen stammen.

Zur Frage, ob die Kartenbeispiele für die durchgeführte Expertenbefragung in den Abstraktions- wie auch in den Dimensionsstufen gleichmässig abgestuft realisiert wurden, gibt das Ordinationsdiagramm folgende Antworten (Abb. 5.6; Abs. 5.1):

- Die neun in den Kartenbeispielen umgesetzten Kombinationen im Beziehungsfeld «Abstraktion/Dimension» weisen aufgrund der Expertenbefragung in etwa die angestrebte Ähnlichkeitsstruktur auf. (Es gibt keine Überschneidungen der hauptsächlichen Verbindungslinien.)
- Die Expertinnen und Experten regierten ungefähr gleich auf die Unterschiede bezüglich den Abstraktionsstufen wie auch den Dimensionsstufen. (Die einzelnen Kombinationen liegen gleichmässig verteilt auf den Verbindungslinien der jeweiligen Stufe.)

- Die Abstufung des Gestaltungsaspektes *Dimension* in die Stufen D1, D2 und D3 wurde bei der Gestaltung der 3D-Kartenbeispiele als gleichmässig wahrgenommen. Der Unterschied von der Abstraktionsstufe A2 zu A3 wurde als grösser wahrgenommen als der Sprung zwischen der Stufe A1 zu A2.
- Die Bewertung der Abstraktionsstufen hängt generell von der Dimensionsstufe ab und umgekehrt. Regeln lassen sich dabei nicht festlegen.
- Die Unterschiede der Abstraktionsstufen traten besonders bei den ausgeprägteren Dimensionsstufen D2 und D3 hervor. Die Objekte erschienen den Expertinnen und Experten grösser als bei der Dimensionsstufe D1.

6.1.1 Folgerungen zur «Abstraktion»

Bei der Abstraktion wird nur die Präferenz, wie die Kartenobjekte symbolisiert sind, ausgedrückt. Hier sind somit die äussere Gestalt wie die Form, die farbliche Gestaltung, die Oberflächenstruktur sowie die Naturähnlichkeit von Bedeutung.

Aus den quantitativen Bewertungen der Kartenserien schliessen wir auf folgende Punkte (Abs. 5.1):

- Die Abstraktionsstufe A2 (Duktus einer topografischen 2D-Karte, feine Strukturen) wird grundsätzlich positiv beurteilt.
- Die Abstraktionsstufe A3 (teilweise naturähnlich) wird bei detaillierten 3D-Karten mit näherer Betrachtungsdistanz mehrheitlich geschätzt.
- Die Abstraktionsstufe A3 bei der Gestaltungsvariable *Beleuchtungsrichtung* wird grundsätzlich als negativ beurteilt; der Grund für diese starke Ablehnung dürfte gemäss den Äusserungen zu den Kartenobjekten vor allem bei der zu dunklen Farbe des Waldes liegen, nicht aber bei der Form (Abs. 5.3).
- Die Abstraktionsstufe A1 (einfache, wenig strukturierte Symbolisierung, überwiegend homogene Farbgebung) findet grundsätzlich wenig Unterstützung.
- Die Abstraktionsstufe A1 wird am wenigsten bei 3D-Karten mit nahen Ansichten abgelehnt (Gestaltungsvariablen *Himmelsstruktur*, *Dunst*, teilweise *Betrachtungsdistanz*).

Die qualitativen Äusserungen zu einzelnen Kartenobjekten sagen Folgendes über die einzelnen Stufen der Abstraktion aus:

- Für alle Objektarten werden in erster Linie volumenhaft wirkende Geometrien bevorzugt (bei A2 und A3). Flachliegende Symbole wurden nur noch bei Übersichten mit steilerem Betrachtungswinkel toleriert.
- Grundsätzlich werden geglättete, homogene Oberflächen bei flächenhaften Objekten sowie dem Geländeobjekt bevorzugt (wie bei A1 und A2). Zusätzliche Strukturraster können unterstützend sein, sind aber nicht zwingend erforderlich.
- Fotorealistische Oberflächenstrukturen werden grundsätzlich als günstig eingestuft (z.B. Wald bei A3). Allerdings müssen sie als naturnah erkannt werden. Ansonsten werden sie eher als störend beurteilt (z.B. Seeoberfläche bei A3).
- Bildhafte (sprechende) Symbole bei punkthaften Objekten (bei A3) werden den abstrakten Symbolen vorgezogen (bei A2).

Nochmals sei betont, dass eine gewählte Abstraktionsstufe je nach Umständen der Betrachtung als günstig bzw. ungünstig eingeschätzt wird. Auch schliessen die verschiedenen Kartenzwecke sowie die persönliche Präferenz des Kartenauteurs keine Abstraktionsstufe a priori aus. Ein kartennahes Erscheinungsbild mit einer mittleren Abstraktionsstufe wird bei einer Topografischen 3D-Karte immer noch sehr geschätzt. Auf alle Fälle müs-

sen dem Kartenautor (vielleicht sogar dem Kartennutzer) beim Symbolisierungsprozess (begrenzte) interaktive Möglichkeiten zur Veränderung des Abstraktionsgrades verfügbar sein.

6.1.2 Folgerungen zur «Dimension»

Durch die Festlegung der einzelnen Symboldimensionen und die Betrachtungsnähe werden die Les- und Interpretierbarkeit von 3D-Karten stark beeinflusst. Nachteilig wirken sich bei einer zu grossen Dimensionierung die Verdeckungen von nahe beieinanderstehenden Objekten aus.

Aus den Säulendiagrammen kann man bezüglich der Dimensionsstufen folgende Schlüsse ziehen (Abs. 5.1):

- Die Dimensionsstufe D2 wurde über alle Gestaltungsvariablen gesehen am meisten bevorzugt, dies sowohl bei Übersichten (*Betrachtungswinkel*, *Betrachtungsdistanz*, *Beleuchtungsrichtung*) wie auch bei Nahansichten (*Himmelsstruktur*, *Dunst*).
- Bei der Dimensionsstufe D1 wurden die Symboldimensionen (Grössen, Breiten, Höhen) generell als zu gering beurteilt.
- Bei der Dimensionsstufe D3 wurden die Symboldimensionen bei den nahen Ansichten (*Himmelsstruktur*, *Dunst* und Variationen von *Betrachtungsdistanz*) generell als zu mächtig und massiv, bei den Übersichtsansichten (*Betrachtungswinkel*, *Beleuchtungsrichtung*) als angemessen empfunden.

Gemäss Äusserungen zu einzelnen Variationen und Kartenobjekten lässt sich noch mehr zu den Dimensionsstufen folgern:

- Bei den Dimensionsstufen D2 und D3 wirkt die Kartenszene vor allem bei einer kleinräumigen Darstellung (Variation «*Nahe Distanz*» bei der *Betrachtungsdistanz*) zu massiv; die Symboldimensionen sind im Verhältnis zum dargestellten Modellausschnitt zu gross.
- Bei Dimensionsstufen D1 und D2 sowie einem bildfüllenden, übersichtlichen Modellausschnitt (Variation «*Mittlere Distanz*» bei der *Betrachtungsdistanz*) wirkt die Bilddichte grundsätzlich ausgewogen.
- Bei der Dimensionsstufe D3 erzeugen massive Erhöhungen (v.a. bei Siedlungsflächen) eine starke Ablehnung.

6.2 Interpretation zu ausgewählten Gestaltungsaspekten und deren Variationen

6.2.1 Folgerungen zu Aspekten der Modellbetrachtung

Die zwei Gestaltungsvariablen *Betrachtungswinkel* und *Betrachtungsdistanz* bestimmen vor allem, wie der gewählte Ausschnitt des kartografischen 3D-Landschaftsmodells im Kartenbild dem Nutzer gegenüber positioniert und orientiert wird. Durch den Vergleich der Variationen wird die unterschiedliche Wahrnehmung in der Perspektive, bei der Ausschnittsbegrenzung und bei der Bilddichte ermittelt. Diese Erkenntnisse interessieren vor allem dann, wenn das Modell dynamisch visualisiert werden soll, sei es als Überflugsanimation oder in einer Echtzeitanwendung mit interaktiver Navigation.

Gestaltungsvariable «Betrachtungswinkel»

Bei den Variationen des Betrachtungswinkels geht es um die Möglichkeiten, einerseits den Überblick zu gewinnen und andererseits, einen perspektivischen Eindruck des Landschaftsmodells zu erhalten (Abb. 6.1). Aus den Quervergleichen der Äusserungen aller Expertinnen und Experten kann folgende Reihenfolge bei den drei Variationen abgeleitet werden:

- Die Variation «*Mittlerer Betrachtungswinkel – 45°*» wird als die sinnvollste Lösung genannt. Auch wenn durch die zentralperspektivische Abbildung eine starke Krümmung des Geländes (Verflachung gegen den Hintergrund) und randliche Verzerrungen auftreten, so resultiert doch eine gute perspektivische Wirkung. Dadurch bleibt der Überblick über den Karteninhalt gewahrt und die Geländeformen werden gut herausmodelliert.
- Die Variation «*Flacher Betrachtungswinkel – 30°*» wird mit grossen Vorbehalten bewertet. Denn dieser Betrachtungswinkel verursachte starke und sehr störende perspektivische Verzerrungen. Der zwar gute Raumeindruck mit der gelungenen Modellierung der Geländeformen ist vor allem im Vordergrund wertvoll. Dagegen weisen solche Darstellungen viele Verdeckungen der Kartenobjekte sowie eine sehr beschränkte Lesbarkeit im Bildhintergrund auf.
- Die Variation «*Steiler Betrachtungswinkel – 60°*» wird sowohl als vorteilhaft wie auch als nachteilig beurteilt. Die vertraute kartennahe Perspektive (mit den kleinsten Verzerrungen) sowie die gute Lesbarkeit und besten Möglichkeiten zur Interpretation und Übersicht sind eindeutige Vorzüge. Hingegen verliert die Abbildung gerade wegen dieser grössten Kartenähnlichkeit und des zu steilen Winkels an Raumeindruck.



Abb. 6.1: Gestaltungsvariable «Betrachtungswinkel» (Kombination A3D2).
Links: Variation «*Flacher Betrachtungswinkel – 30°*» mit starken Verzerrungen; Mitte: Variation «*Mittlerer Betrachtungswinkel – 45°*» für guten räumlichen Eindruck; rechts: Variation «*Steiler Betrachtungswinkel – 60°*» für kartennahe Übersicht.

Gestaltungsvariable «Betrachtungsdistanz»

Mit der Betrachtungsdistanz wird vor allem der Ausschnitt des kartografischen 3D-Landschaftsmodells festgelegt. Somit wird auch die Anzahl der sichtbaren Kartenobjekte bestimmt. Je kleiner die Betrachtungsdistanz des Kartennutzers zum Modell ist, desto grösser erscheinen die Kartenobjekte und desto mehr Details würden sich erkennen lassen. Umgekehrt wird die Übersicht durch einen entfernteren Betrachtungsstandort grösser.

Aufgrund der Resultate lassen sich folgende Präferenzen der Expertinnen und Experten herauskristallisieren:

- Die Variation «*Mittlere Betrachtungsdistanz*» wird eindeutig als die beste befunden (Abb. 6.2). Auch wenn nicht der ganze Modellraum im Kartenbild sichtbar ist, so ist der Ausschnitt gross genug, um einen guten Landschafts- und Raumeindruck zu bekommen. Der harmonische Eindruck wird zudem durch eine ausgewogene Bilddichte gewonnen, dies vor allem bei der mittleren Dimensionsstufe D2. Als hilfreich werden auch der zum Teil noch sichtbare, aber nicht dominante seitliche Modellrand sowie die vollständig erkennbare Horizontlinie empfunden. Diese wird offenbar als gewisse Führung des Auges geschätzt. Die Lokalisierung der Kartenobjekte scheint neben den Nachbarschaftsverhältnissen untereinander auch aufgrund der Modellbegrenzung gemacht zu werden.
- Obwohl die Variation «*Kurze Betrachtungsdistanz*» feine Strukturen und Texturen gut erkennen lassen würde, wirken die Kartenbeispiele offenbar zu massiv. Die Symbolisierung der Kartenobjekte ist entweder zu massiv (Dimensionsstufe D3), oder die Detaillierung der Kartenobjekte im Ausschnitt ist zu gering. Diese Variation eignet sich also insbesondere nur für sehr lokal begrenzte Ausschnitte, die eine hohe Dichte an Objekten aufweisen.
- Die Variation «*Lange Betrachtungsdistanz*» schneidet grundsätzlich schlecht ab. Wegen der grossen Entfernung zum Betrachter sind die Objekte verhältnismässig zu klein und deshalb zu wenig erkennbar. Ausserdem wirkte der Modellausschnitt zu abgeschnitten. Er füllt das Kartenbild zu wenig aus. Zuviel unbelegter Modellraum sollte nicht sichtbar sein. Denn so nützt man das zur Verfügung stehende Bildformat zu wenig aus. Gleichzeitig ist bei dieser Kameraeinstellung der (konstante) Betrachtungswinkel so flach eingestellt, dass bei dieser Distanz die starken Verzerrungen ebenfalls als störend empfunden werden.



Abb. 6.2: Gestaltungsvariable «*Betrachtungsdistanz*» (Kombination A1D3). Links: Variation «*Kurze Betrachtungsdistanz*»; Mitte: Variation «*Mittlere Betrachtungsdistanz*», bester Kompromiss zwischen Detaillierungsgrad und Übersichtlichkeit; rechts: Variation «*Lange Betrachtungsdistanz*».

6.2.2 Folgerungen zu Aspekten der Beleuchtung

Grundsätzlich beeinträchtigt die generelle Beleuchtung ja nicht nur das Erscheinungsbild der einzelnen Kartenobjekte, sondern auch dasjenige des Geländemodells und des gesamten kartografischen 3D-Landschaftsmodells. Trotz der Zurückhaltung in ihren Beurteilungen haben sich die Expertinnen und Experten eindeutig zu den drei vorgeschlagenen Variationen zur *Beleuchtungsrichtung* geäußert. Die sensible Abstimmung zwischen der Beleuchtungsrichtung, der Geländehaupttrichtung und des – hier eher bescheidenen – allgemeinen Reliefs wurde als einer der stark zu beachtenden Aspekte erkannt. Als bemerkenswert zeigte sich zudem, dass vor allem die Kombination A2D2 bei allen drei Variationen durchwegs positiv und absolut nie negativ bewertet wurde (Abb. 5.3). Dies begründet sich vermutlich im günstigen Zusammenspiel der grossen Betrachtungsdistanz des Kartenmodells (Überblicksansicht) mit der besseren Erkennung der ausgewogen dimensionierten Objekte aufgrund der kartenähnlichen Symbolisierung (Abb. 6.3).

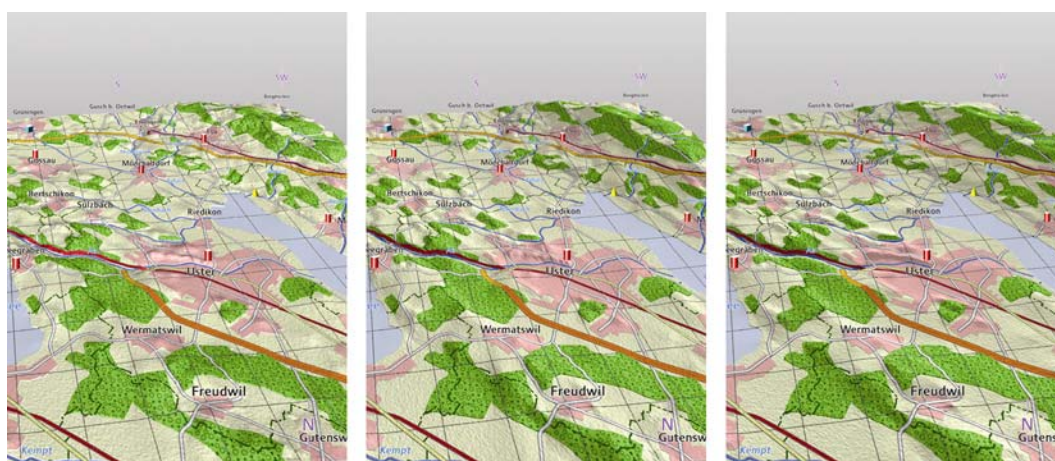


Abb. 6.3: Gestaltungvariable «Beleuchtungsrichtung» (Kombination A2D3).
 Links: Variation «Schräges Rückenlicht – 45°», zu starke Ausleuchtung des 3D-Landschaftsmodells; Mitte: Variation «Rechtwinklig einfallendes Licht – 90°», gute Erkennung der Geländeformen; rechts: Variation «Schräges Gegenlicht – 135°».

- Die Variation «Rechtwinklig einfallendes Licht – 90°», also mit rechtwinklig von der Seite einfallendem Licht, ist als grundsätzlich günstig zu empfehlen. Sie lässt das 3D-Kartenmodell wegen des ausgewogenen Anteils von schattierten und ausgeleuchteten Partien plastisch erscheinen. Die grossen wie auch kleinen Geländeformen wurden in der Regel gut erkannt. Für eine positive Präferenz von 3D-Karten braucht es offenbar Geländestrukturen, die lebhaft erscheinen und in denen sich die übrigen Kartenobjekte gut erkennen und lokalisieren lassen.
- Die Variation «Schräges Gegenlicht – 135°» kann als ebenso sinnvoll und anwendbar gewürdigt werden. Vor allem kommen durch ein gewisses Gegenlicht die Kleinformen ausgezeichnet zur Geltung. Bemängelt werden muss lediglich die vereinzelt störende Schattierung in grossen lichtabgewandten (und somit dem Betrachter zugewandten) Geländepartien, namentlich in Kombination mit dunklen (Wald-)Flächentönen. Dieser farblichen Abstimmung dominanter Kartenobjekte ist daher höchste Beachtung zu schenken.

- Bei der Variation «*Schräges Rückenlicht – 45°*» wird das 3D-Landschaftsmodell zu stark ausgeleuchtet. Das schräg von hinten einfallende Licht (Rückenlicht) lässt die Grossformen des Geländes nicht erkennen. Es findet kaum eine Modellierung für den Betrachter statt. Nur die niedrigen und leicht gewellten Hügelgebiete werden durch die dahinter erkennbaren Schattenpartien etwas plastischer und bewegter abgebildet. Ohnehin findet durch diese Beleuchtungsrichtung beim Betrachter ein gewisser Effekt einer Reliefumkehr bei der Geländewahrnehmung statt: erhellte kleine Erhebungen werden dabei oft zu Senken.

6.2.3 Folgerungen zu atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen

Gestaltungsvariable «*Himmelsstruktur*»

Durch die Einrechnung einer Himmelsstruktur oberhalb der (Modell-)Horizontlinie kann der Modellszene eine naturähnliche, weniger abstrakte Charakteristik verliehen werden (Abb. 6.4). Doch wird dadurch nicht nur die Wahrnehmung des allgemeinen Kartenbildes, sondern auch diejenige der einzelnen Kartenobjekte berührt. Dies erklärt auch die sehr kontroversen Beurteilungen der Expertinnen und Experten bei den vorgelegten Variationen.

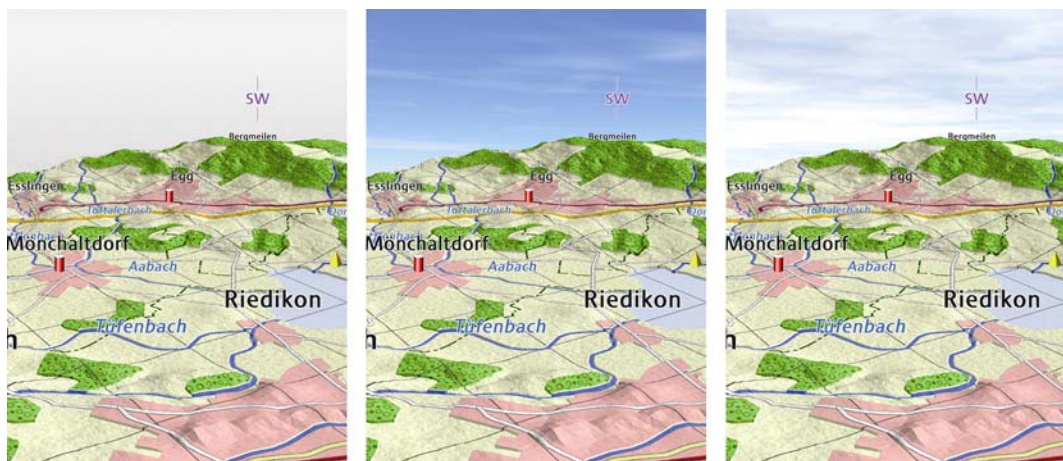


Abb. 6.4: Gestaltungsvariable «*Himmelsstruktur*» (Kombination A2D2). Links: Variation «*Neutrale Himmelsstruktur*»; Mitte: Variation «*Farbintensive Himmelsstruktur*»; rechts: Variation «*Schwach farbintensive Himmelsstruktur*».

- Die Variation «*Neutrale Himmelsstruktur*» wird absolut bevorzugt. Sie konkurrenziert in keiner Weise den Karteninhalt und wirkt am ruhigsten und unscheinbarsten. Der Hintergrund oberhalb der Horizontlinie passt zur modellhaften Charakteristik des 3D-Landschaftsmodells. Diese wird teilweise sogar ausdrücklich gewünscht. Die Himmelsfläche könnte sogar auch leicht farblich getönt ausfallen. Kritik gab es bei dieser Variation nur wenig. Vor allem wegen einer sehr positiven Erwartung gegenüber einer Himmelsdarstellung wurde diese Variation als «*unnatürlich*» bezeichnet.
- Die Variation «*Schwach farbintensive Himmelsstruktur*» darf als durchaus gewinnbringend angesehen werden. Die Aufmerksamkeit wird dadurch nicht abgelenkt. Sie verbleibt beim Karteninhalt im Bildvordergrund. Die dezente Struktur der Bewölkung sowie die blassen Farben eines «*Winterhimmels*» kann eine beruhigende Wirkung ausüben. Allerdings wurde eine etwas eisige, kühle Atmosphäre bemängelt. Wichtig

scheint bei dieser Art von Gestaltungsvariablen somit zu sein, dass die emotionalen Assoziationen des potenziellen Nutzerkreises richtig eingeschätzt werden.

- Die Variation *«Farbintensive Himmelsstruktur»* rief die heftigsten Reaktionen hervor. Sie polarisierte die Meinungen enorm. Bei den positiven Bewertungen wird die belebende Wirkung der Kartenszene durch den fast fotorealistischen und intensiv blauen *«Sommerhimmel»* genannt. Allerdings erweist sich eine solche Himmelsstruktur als grosse Ablenkung gegenüber dem eigentlichen Karteninhalt. Das Farbgleichgewicht ist gestört. Die Aufmerksamkeit des Kartennutzers wird zu stark darauf gelenkt. Eine zu grosse Konkurrenz zu den Kartenobjekten ist abzulehnen.

Gestaltungsvariable *«Dunst»*

Ähnliches wie für die Gestaltungsvariable *Himmelsstruktur* darf auch für die Variable *Dunst* gefolgert werden. In der Regel wird die Simulation dieses Effektes nur idealtypisch realisiert (Abb. 6.5). Eine absolut naturnahe und fotorealistische Darstellung ist aber auch nicht unbedingt nötig. Denn es geht dabei mehr um die Unterstützung der Tiefenwahrnehmung.

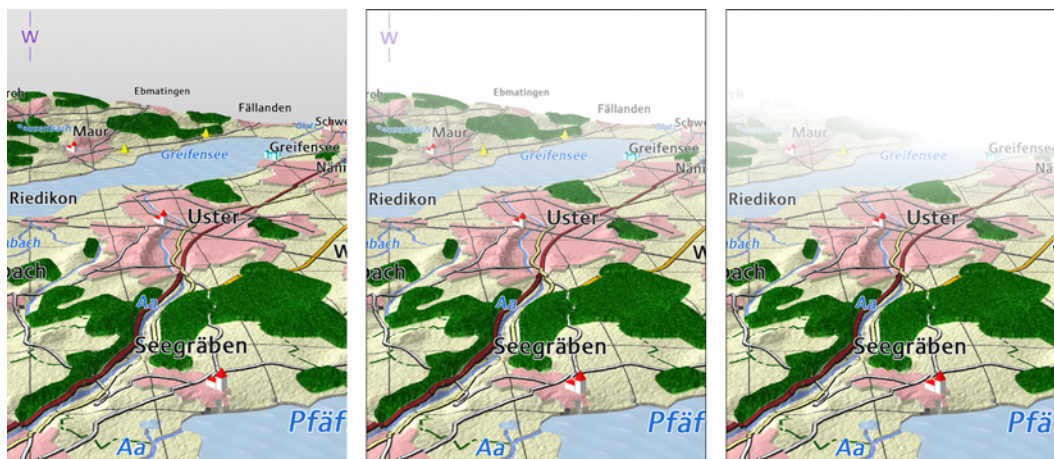


Abb. 6.5: Gestaltungsvariable *«Dunst»* (Kombination A3D2). Links: Variation *«Ohne Dunst»*; Mitte: Variation *«Mittlerer Dunst»*; rechts: Variation *«Starker Dunst»*.

- Die Variation *«Ohne Dunst»* wird grundsätzlich als gut befunden. Sie kann ohne Einschränkungen empfohlen werden. Das Erscheinungsbild des kartografischen 3D-Landschaftsmodell wird nicht von einem zusätzlichen Effekt beeinflusst. Es wirkt transparent und *«unverfälscht»*. Die Hintergrundfarbe muss dabei eher hell gewählt werden. Der Modellcharakter bleibt gewahrt. Das neutrale, kartenähnliche Bild ist im Hintergrund sehr gut lesbar. Der Kartennutzer konzentriert sich somit ausschliesslich auf den Karteninhalt.
- Die Variation *«Mittlerer Dunst»* kann die Tiefenwirkung innerhalb der 3D-Karte unterstützen. Auch wenn dieser Effekt schon fast fotorealistisch wirkt und zum Teil den Modellcharakter der gesamten Szene konkurrenziert, wird durch das Abschwächen und Aufhellen der Farben die Raumstaffelung der Kartenobjekte wahrnehmbarer. Dies wird noch zusätzlich verstärkt durch die Kulissenwirkung der Geländeformen am Horizont. Zudem wird durch das Abdämpfen der Modellgrenzen die Aufmerksamkeit mehr auf den Vorder- und Mittelgrund gelenkt.

- Die Variation «*Starker Dunst*» wurde als sehr negativ beurteilt. Der Einsatz eines so starken Dunsteffektes ist deshalb abzulehnen, weil er zuviel Karteninformation vorenthält. Die Kartenobjekte werden nur verschleiert dargestellt. Eine klare Zuordnung zu den Objektarten im Mittel- und Hintergrund ist nicht mehr möglich. Zudem wird das Kartenbild diffus und farblich abgedämpft. Die Attraktivität der 3D-Karte leidet enorm darunter.

6.3 Interpretation zur Gestaltung von Kartenobjekten

6.3.1 Folgerungen zu Geländeobjekten und flächenhaften Kartenobjekten

Wohl wegen ihrer bildfüllenden Dominanz wurde das Mosaik der flächenhaften Kartenobjekte beim Betrachten der Kartenbeispiele intensiv wahrgenommen (Abb. 6.6). Ein schnelles Vergleichen von identischen Objekten scheint besser möglich als bei kleineren, weiter voneinander liegenden Objekten der gleichen Art. Wahrscheinlich wurden deshalb die Siedlungs-, See- und Waldflächen auffallend oft kommentiert. Die Beurteilungen und Aussagen zu den Kartenbeispielen lassen folgende Schlüsse zu:



Abb. 6.6: Ausschnitte von 3D-Karten zur potenziellen Gestaltung vom Geländeobjekt und flächenhaften Kartenobjekten (Dimensionsstufe D2). Links: Abstraktionsstufe A1; Mitte: Abstraktionsstufe A2; rechts: Abstraktionsstufe A3.

- Flächenhafte Kartenobjekte können jegliche Oberflächenstruktur aufweisen, jedoch immer angepasst auf den jeweiligen Grundcharakter der 3D-Karte. Grundsätzlich sind geglättete Oberflächen für alle Objektarten geeignet, auch für Geländeobjekte. Falls eine naturnahe oder gar fotorealistische Gestaltung der 3D-Karte gewünscht ist, muss die Oberflächencharakteristik die reale Oberflächenerscheinung der Objekte ausdrücken: Eine fotorealistisch texturierte Waldoberfläche (bei A3: «bauschiger» Charakter) wird als sehr authentisch eingestuft. Eine zu stark gewellte und unnatürlich regelmäßige Seeoberfläche wird dagegen negativ aufgenommen. Auch die raue Oberfläche des Geländemodells und diejenige der Seen bei der Abstraktionsstufe A1 ist nicht zu empfehlen.
- Flächenhafte Objekte dürfen eine schwache volumenhafte Erscheinung aufweisen. Dies kann mittels Überhöhungen (Extrusionen) der Fläche (z.B. bei Siedlungsflächen) oder durch Eintiefungen (Intrusionen; z.B. bei Seeflächen) geschehen. Wichtig ist dabei allerdings, dass die entstehenden Ränder nicht zu hoch sind. Denn die flächenhafte Ausdehnung sollte immer noch erkennbar sein. Zu massive Flanken ergeben ein

störendes volumenhaftes Aussehen. Wichtig ist hier auch, dass sie nicht direkt beleuchtet werden oder hell erleuchtet erscheinen. Denn dies bewirkt einen sehr unvorurteilhaften Umkehreffekt in der Wahrnehmung.

- Flächenhafte Objekte sollten grundsätzlich in hellen Farbtönen erscheinen, wie dies auch in klassischen topografischen Karten der Fall sein sollte. Abdunkelungen ergeben sich zudem zwangsläufig durch die Schattierung. Zu dunkle Farben (z.B. durch Eigenschatten der Einzelbäume bei den Waldflächen der Abstraktionsstufe A3) müssen vermieden werden. Denn wegen des fehlenden Farbkontrastes würden sich feingliedrige und dunkle linien- und punkthafte Objekte schlecht von ihnen abheben.
- Strukturraster als Flächentexturen können ebenfalls gewinnbringend integriert werden. Allerdings darf die Struktur des Musters wegen der Verkleinerung der einzelnen Musterelemente mit zunehmender Raumtiefe nicht zu feingliedrig sein. Ansonsten ist die Erkennbarkeit des Musters im Bildhintergrund nicht mehr gewährleistet. Auch muss die Grösse der Musterelemente harmonisch zu den übrigen Objektdimensionen gewählt werden.

6.3.2 Folgerungen zu linienhaften Kartenobjekten

Bei der Expertenbefragung wurde die Symbolisierung der linienhaften Kartenobjekte (namentlich der Strassen und Autobahnen) nur dann erwähnt, wenn sie nicht der gewohnten Symbolisierung von (deutschen oder schweizerischen) topografischen Karten mit Doppellinien entsprach (Abb. 6.7). Möglicherweise wurden diese Objekte – im Vergleich zu den flächenhaften oder punkthafte Kartenobjekten – wegen ihren verhältnismässig geringeren Dimensionen und ihrer dezenteren Gestaltung grundsätzlich weniger beachtet.

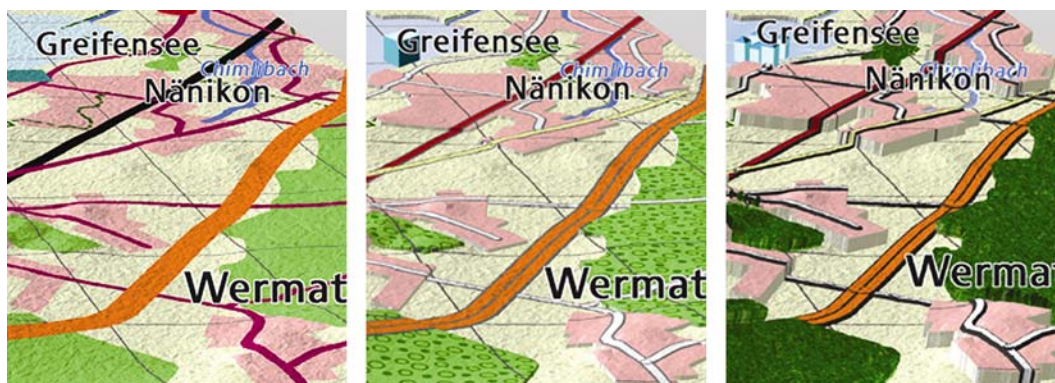


Abb. 6.7: Ausschnitte von 3D-Karten zur potenziellen Gestaltung von linienhaften Kartenobjekten (Dimensionsstufe D2). Links: Abstraktionsstufe A1; Mitte: Abstraktionsstufe A2; rechts: Abstraktionsstufe A3.

- Der geometrische Verlauf der linearen Objekte soll sowohl im Vorder- wie auch im Hintergrund klar erkennbar sein. Deshalb sind generalisierte Formen und relativ breite Objekte günstig.
- Grundsätzlich sind einfach gestaltete und dunkle Linienobjekte sehr einfach zu erkennen. Einfarbige und zur unterliegenden Oberfläche gut kontrastierende Linien lassen sich im sichtbaren Bereich durch das ganze Kartenbild hindurch gut verfolgen.
- Die Symbolisierung darf aber auch eine gewisse Komplexität aufweisen, sofern die Strukturen durch eine genügend grosse Dimensionierung noch verfolgt werden können (z.B. Doppellinien, Mittelstreifen, Strichmuster).

- Sogar kleine Erhöhungen (z.B. Dämme und Böschungen bei Strassen oder Eisenbahnen) bzw. Vertiefungen (z.B. Flussbett) werden grundsätzlich als sinnvoll beurteilt. Denn solche Kartenelemente können von verschiedensten Betrachtungsstandorten wegen ihrer Erhabenheit (Dämme) einfacher ausgemacht werden, als wenn sie ganz auf dem Geländemodell liegen. Dabei muss aber stets auf harmonische Proportionen zwischen Breite und Erhöhung bzw. Vertiefung geachtet werden.
- Bei linienhaften Objekten, die im Kartenbild mit dem Auge einfach verfolgt werden, fallen Artefakte (Sprünge, Symbolunregelmässigkeiten, Abweichungen von der horizontalen Lage) sehr schnell auf. Wenn es die Modellierungs- und Symbolisierungssoftware irgendwie zulässt, so müssen diese Unkorrektheiten unbedingt vermieden werden.

6.3.3 Folgerungen zu punkthaften Kartenobjekten

Aufgrund der vielen spontanen Reaktionen muss geschlossen werden, dass – gute Sicht- und Erkennbarkeit im Kartenbild vorausgesetzt – die punkthaften Kartenobjekte sehr beachtet werden (Abb. 6.8). Der Kartennutzer erfasst rasch die Gestalt und Position der Symbole, insbesondere dann, wenn sie auffallende und provozierende Ausprägungen bezüglich Form, Grösse oder Farbe aufweisen. So wollen wir aus den zahlreichen Äusserungen auf folgende Anforderungen von punkthaften Kartenobjekten schliessen:

- Die Symbolisierung von punkthaften Kartenobjekten soll dem Charakter der 3D-Karte entsprechen. So sind volumenhafte 3D-Symbole grundsätzlich sinnvoll. Die Schattierungs- und Reflexionseffekte erhöhen die Attraktivität zusätzlich.
- Für markante und freistehende Kartenobjekte (Landmarks) müssen klare Symbolformen gewählt werden. Sie sollen nicht zu abstrakt in ihrer äusseren Geometrie ausfallen. Bildhafte, sprechende Symbolformen eignen sich dazu viel besser. Wegen der Position sowohl im Vorder- als auch im Hintergrund sollen sie nicht zu feingliedrig und detailliert sein. Die Formen müssen bei einer teilweisen Verdeckung erkennbar und unterscheidbar bleiben.
- Auf dem Geländeobjekt oder den flächenhaften Kartenobjekten aufliegende flache 2D-Symbole sind ungeeignet. Selbst bei sehr steilen Betrachtungswinkeln – also guter Erkennbarkeit – entfalten sie in der 3D-Karte keine plastische Wirkung. Sie verwirren den Kartennutzer eher (Verwechslung mit flächenhaften Objekten) und zerstören den räumlichen Eindruck.
- Bei Integration eines *Level-of-Detail*-Ansatzes im kartografischen 3D-Landschaftsmodell können Einzelobjekten je nach deren Raumposition durchaus verschiedene Symbolformen in der Karte zugewiesen werden. Allerdings sollen sie die gleichen Anforderungen nach Abstraktheit, Einfachheit und Klarheit erfüllen.
- Die Dimensionen von punkthaften Kartenobjekten müssen im Vergleich v.a. zu linienhaften Objekten gross genug gewählt werden. Sie dürfen im Kartenbild, namentlich im Hintergrund, nicht untergehen.
- Die farbliche Gestaltung soll kontrastreich und in kräftigen, gut separierenden Farbtönen erfolgen. Allzu feine Farbnuancen gegenüber anderen Objektarten sind zu vermeiden. Zudem gilt es bei der Farbwahl stets die Schattierungs- und Aufhellungseffekte durch die Beleuchtung zu berücksichtigen.



Abb. 6.8: Potenzielle Gestaltung von punkthaften Kartenobjekten in 3D-Karten (Dimensionsstufe D1). Links: Abstraktionsstufe A1; Mitte: Abstraktionsstufe A2; rechts: Abstraktionsstufe A3.

6.3.4 Folgerungen zu Schriftobjekten und orientierenden Kartenobjekten

Zu den Schriftobjekten und den weiteren orientierenden Kartenobjekten (Himmelsrichtungen, Koordinaten-Gitter) lassen sich nur wenige Erkenntnisse folgern. Denn sie wurden bei den Beurteilungen der Kartenbeispiele grundsätzlich wenig beachtet (Abs. 5.4).

Schriftobjekte

Dass die Schriftobjekte noch weniger als die linienhaften Kartenobjekte erwähnt wurden, liegt möglicherweise in deren bewusst dezenter Gestaltung (Abs. 4.2.4). Dennoch lässt sich einiges folgern, was für eine nutzergerechte Kartenbeschriftung bei 3D-Karten berücksichtigt werden muss, wenn sie direkt im Kartenbild erscheinen soll.

- Die wichtigste Anforderung an die Beschriftung ist deren jederzeitige und uneingeschränkte Sicht- und Lesbarkeit im Kartenbild. Dazu ist eine permanente Freistellung sinnvoll. Die einzelnen Schriftobjekte dürfen nicht durch andere Kartenobjekte verdeckt werden. Auch sollten jegliche Überlappungen untereinander vermieden werden (Abb. 6.9).

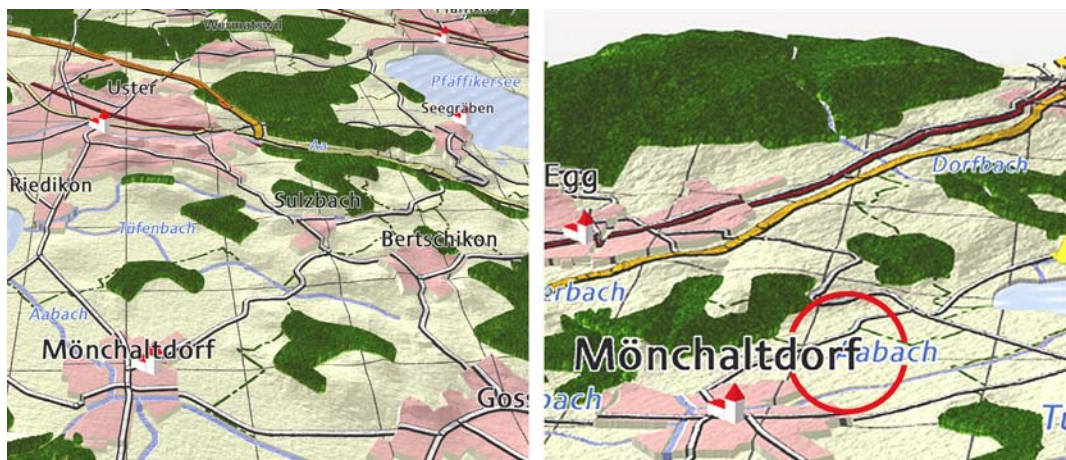


Abb. 6.9: Freistellung der Kartenschrift in 3D-Karten (Kombination A3D2). Links: sinnvolle Freistellung der Schriftobjekte; rechts: Schriftplatzierung mit Verdeckung.

- Die Grösse der Schrift muss so gewählt werden, dass sie in allen Raumbereichen problemlos gelesen werden kann, auch wenn sich die Labels durch die perspektivischen Gesetze zum Bildhintergrund hin verkleinern. Ähnlich einem *Level-of-Detail*-Mechanismus könnte im Symbolisierungsprozess abhängig vom Betrachtungswinkel und der Betrachtungsdistanz eine Umschaltung zu vergrösserten Schriftzügen implementiert werden. Die Grössenabstufungen müssten allerdings sehr fein aufeinander abgestimmt werden, damit die korrekte Wahrnehmung der Raumtiefe weiterhin gewahrt bleibt.
- Schriftobjekte dürfen die zu bezeichnenden Kartenobjekte in deren Erkennbarkeit nicht beeinträchtigen. Es müssen noch genügend charakteristische Objektteile sichtbar bleiben. Dies kann am besten mit darüber oder daneben stehenden Labels erfolgen. Und falls nur die Buchstaben oder die Ziffern ohne einen Labelhintergrund angezeigt werden, können Konfliktstellen noch mehr verhindert werden. Damit die dahinterliegenden Kartenobjekte noch erkannt werden, wäre auch eine Gestaltung mit transparenten Schriftzügen denkbar.
- Beim Farbkonzept der gesamten Beschriftung muss generell auf gute farbliche Kontraste zu den übrigen Kartenobjekten geachtet werden. Eine klare Zuordnung der Schriftobjekte zu einzelnen Objektarten durch klar differenzierende und möglichst assoziative Farben gewährleistet eine klare Strukturierung des 3D-Kartenbildes. Bei der farblichen Gestaltung sind weitere Einflüsse der Schattierung, der Beleuchtung sowie der atmosphärischen Effekte zu berücksichtigen.

Orientierende Kartenobjekte

Unter den orientierenden Kartenobjekten sind Folgerungen vor allem zur Integration eines Koordinaten-Gitters innerhalb der 3D-Karte von Interesse. Bei orientierenden Schriftobjekten (z.B. Himmelsrichtungen, Kotenangaben, Koordinatenangaben) sind die gleichen Forderungen zu stellen wie bei den eigentlichen Schriftobjekten. Zu den implementierten Koordinatenlinien können wir folgende Erkenntnisse festhalten:

- Koordinatenlinien sind grundsätzlich hilfreich in einer 3D-Karte, aber nicht zwingend. Auch wenn die Positionsangaben mittels einer Zahl vermittelt werden könnten, ermöglichen sichtbare Linien eine optische Einordnung der diversen Kartenobjekte innerhalb des Modells. Zur visuellen Abschätzung von Objektabständen oder Verbindungsdistancen sind sie sogar unablässig.
- Wichtig ist eine zurückhaltende, dezente Gestaltung, sinnvollerweise als gut kontrastierende, dünne Linien in Dunkelgrau oder Schwarz. Sie sollten zumindest über den flächenhaften Objekten liegen, damit die Gitterlinien noch als intakt wahrgenommen werden kann.
- Obwohl für die räumliche Tiefenwahrnehmung nicht absolut nötig, ermöglichen die konvergierenden Einzellinien einen räumlichen Eindruck. Perspektivische Verzerrungen und Abstandsänderungen lassen sich aufgrund der Verjüngung gut abschätzen.

6.4 Thesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze

Ausgehend von der Interpretation zur *Abstraktion* und zur *Dimension* einerseits sowie zu den Objektarten und zu einzelnen ausgewählten Gestaltungsvariablen andererseits können wir nun Thesen zur Gestaltung von Topografischen 3D-Karten formulieren (Zielsetzung 2). Es werden dabei nur solche Erkenntnisse zu allgemeinen Gestaltungsgrundsätzen verdichtet, welche klare Aussagen erlauben. Gewisse Folgerungen sind nicht eindeu-

tig genug, sodass sie nicht herangezogen werden dürfen. Die vorgeschlagenen Gestaltungsgrundsätze benennen auch Negativkriterien. Sie weisen ebenfalls einen ausschließenden Sinngehalt auf (Nicht-Empfehlung).

Die Formulierungen der Gestaltungsgrundsätze sollen so kurz und einfach wie möglich, dennoch aber so allgemeingültig und auf alle Präsentationsformen zutreffend gehalten werden. Über die Feinheiten in der konkreten Wortwahl lässt sich zwar immer diskutieren. Entscheidend ist aber letztlich immer der Sinngehalt des Grundsatzes.

Die vorgeschlagenen kartografischen Gestaltungsgrundsätze müssen den Charakter als einfach umsetzbare Handlungsempfehlungen aufweisen. Diese Empfehlungen werden nicht einzeln, sondern als Kombination anzuwenden sein. Im Übrigen drückt die Reihenfolge der nachfolgenden Thesen nicht deren Priorität zu deren Anwendung aus.

Wir erliegen nicht der Vorstellung, eine umfassende Aufstellung zu präsentieren. Denn dafür sind die beurteilten 3D-Kartenbeispiele zu spezifisch und zu wenig allgemeingültig gestaltet worden. Vielmehr wurden wichtige Eigenheiten oder Anforderungen aufgezeigt, welche Topografische 3D-Karten generell erfüllen sollen.

Die nachfolgenden Gestaltungsgrundsätze sind noch nicht vollständig wissenschaftlich erhärtet. Sie werden zur Diskussion gestellt und können in weiteren Untersuchungen verifiziert werden.

6.4.1 Thesen zur Abstraktion von Kartenobjekten

In diesem Abschnitt geht es um kartografische Gestaltungsgrundsätze zur *Abstraktion* hinsichtlich der Symbolisierung. Es wird damit in erster Linie die äussere Erscheinung der Kartenobjekte festgelegt, und zwar unabhängig von den Objektdimensionen.

These 1

Eine kartenähnliche Symbolisierung von flächen- und linienhaften Kartenobjekten gewährleistet ein vertrautes und gut zu interpretierendes 3D-Kartenbild.

Flächen- und linienhafte Kartenobjekte können durchaus strukturiert und feingliedrig gestaltet sein wie bei 2D-Karten (z.B. mit Flächenmustern, Strichlierungen, Doppellinien). Wichtig bleibt zudem eine auf die Objekte abgestimmte und kontrastreiche Farbenwahl.

These 2

Körperliche (volumenhafte) 3D-Kartensymbole unterstützen die perspektivische Wahrnehmung einer 3D-Karte.

Sowohl flächen- wie auch linienhafte Kartenobjekte dürfen sich mittels Erhöhungen (Extrusionen) oder durch Eintiefungen (Intrusionen) vom Geländeobjekt markant abheben. Dabei auftretende Schattierungseffekte ergeben zusätzlich eine verbesserte räumliche Erkennung des kartografischen 3D-Landschaftsmodells.

Thesen 3 und 4

Für punkthafte Kartenobjekte eignen sich bildhafte (sprechende) 3D-Symbole.

Bildhafte (sprechende) 3D-Symbole dürfen eine geometrisch einfache Form aufweisen.

Bildhafte (sprechende) 3D-Symbole ergeben eine eindeutig erkennbare äussere Erscheinung. Sie sollen stilisiert und dürfen nicht zu filigran ausgebildet sein. Das Erkennen der Kartenobjekte bleibt so auch im Bildhintergrund und bei flacherem Betrachtungswinkel gewährleistet.

These 5

Topografische Kartenobjekte können eine naturähnliche Erscheinung aufweisen, sollen aber nicht fotorealistisch dargestellt werden.

Sofern die klare Unterscheidung der verschiedenen Objektklassen gewährleistet bleibt, können Kartenobjekte durchaus realitätsnah oder fotorealistisch dargestellt werden. Dies fördert sowohl das Erkennen der Objekte als auch die Attraktivität der Darstellung. Auf einen übertriebenen Fotorealismus (z.B. für jedes einzelne Gebäude) soll zugunsten einer eindeutigen Objektklassierung verzichtet werden. Ausserdem wäre der Erstellungsaufwand dafür ohnehin sehr gross.

Thesen 6, 7 und 8

Für flächenhafte Kartenobjekte eignen sich Strukturraster als Textur.

Strukturraster dürfen nicht zu fein gestaltet sein.

Strukturraster sollen gegenüber dem Untergrund einen gut differenzierbaren farblichen Kontrast aufweisen.

Damit Strukturraster – auch Strukturraster mit 3D-Symbolen sind darunter zu zählen – auf Kartenobjekten im Bildhintergrund ebenfalls erkennbar bleiben, darf das Grundmuster nicht zu komplexe Formen und zu feine Linienstrukturen aufweisen. So bleibt die Gleichartigkeit der Objekte in allen Bildräumen erkenn- und wahrnehmbar.

6.4.2 Thesen zur Dimension von Kartenobjekten

Unter Berücksichtigung des Gestaltungsaspektes *Abstraktion* wollen wir für den Gestaltungsaspekt *Dimension* folgende Thesen formulieren:

These 9

Durch die Überhöhung des Geländeobjektes wird der Geländecharakter betont.

Die überproportionale Abbildung der Höhenverhältnisse ist bei Geländemodellen von flachen bis hügeligen Regionen angebracht. Die Wahrnehmung des Geländecharakters wird verstärkt. Zudem werden Position und Lage der im 3D-Landschaftsmodell befindlichen Kartenobjekte verdeutlicht. Eine zu starke Überhöhung – vor allem für gebirgige Geländeausschnitte – ist abzulehnen.

These 10

Die Dimensionen der topografischen Kartenobjekte müssen so gewählt werden, dass sie sowohl im Kartenvordergrund als auch im Kartenhintergrund erkennbar bleiben.

Aufgrund der perspektivischen Verkleinerung im Kartenbild müssen Kartenobjekte eine gewisse Mindestgrösse aufweisen. Diese ist unter zusätzlicher Berücksichtigung der Gestaltungsvariablen *Betrachtungswinkel*, *Betrachtungsdistanz* und *Geografische Ausdehnung* des 3D-Landschaftsmodells festzulegen.

These 11

Die Dimensionen der linien- und punkthaften Kartenobjekte müssen so gewählt werden, dass das Geländeobjekt nicht vollständig zugedeckt wird.

Das Geländeobjekt soll – zusammen mit den flächenhaften Kartenobjekten – als zusammenhängende Oberfläche erkennbar bleiben. Somit dürfen die Dimensionen der obenliegenden linien- und punkthaften Kartenobjekte nicht zu gross gewählt werden.

These 12

Die Dimensionen der Kartenobjekte müssen so gewählt werden, dass sie sich gegenseitig nicht zu stark verdecken.

Jedes Kartenobjekt soll als solches noch erkennbar sein. Allzu massive Symboldimensionen müssen vermieden werden. Die Harmonie zwischen Geländeobjekt und den übrigen Kartenobjekten darf nicht gestört werden.

Thesen 13 und 14

Punkthafte Kartenobjekte dürfen verhältnismässig grösser dimensioniert sein als linien- oder flächenhafte Kartenobjekte.

Punkthafte Kartenobjekte sollen nicht zu dominant wirken.

Punkthafte Kartenobjekte dienen oft als wichtige Orientierungspunkte (Landmarks), die es auch im Bildhintergrund zu erkennen gilt. Bei zu kleiner Symbolgrösse würden sie aufgrund ihrer kompakten – und gemessen am Kartenbild geringeren – Abbildungsfläche für den Betrachter im Bildhintergrund immer weniger erkennbar. Dennoch dürfen sie die übrige Karteninformation nicht zu stark dominieren.

6.4.3 Thesen zu ausgewählten Gestaltungsaspekten

Modellbetrachtung

Grundsätzlich bleibt die Modellbetrachtung stark vom Anwendungszweck der 3D-Karte abhängig (z.B. statische Übersicht oder dynamischer Überflug). Der Betrachtungswinkel für die perspektivische Darstellung des kartografischen 3D-Landschaftsmodell muss so gewählt werden, dass die Gestalt und die Lage der Kartenobjekte erkennbar bleibt.

These 15

Zur Betrachtung des kartografischen 3D-Landschaftsmodelles erweist sich ein mittlerer Betrachtungswinkel von 45° als sinnvoll.

Ein nicht zu steiler und nicht zu flacher mittlerer Betrachtungswinkel (zwischen 40 und 50°) ergibt einen guten Überblick über das kartografische 3D-Landschaftsmodell. Gleichzeitig wahrt er den perspektivischen Eindruck. Die Kartenobjekte bleiben – abgesehen von nicht zu vermeidenden Verdeckungen – von ihrer Position und Lage her erkennbar. Allerdings ist dieser Eindruck abhängig von der Ausschnittsgröße und vom Geländecharakter.

Modellbeleuchtung

These 16

Die Beleuchtung des kartografischen 3D-Landschaftsmodells soll in erster Linie von der Seite oder schräg von vorne erfolgen.

Zur eindeutigen Erkennung der Geländeformen sollte für den Kartennutzer die Schattierung gleichzeitig mit den beleuchteten Objektteilen erkennbar sein. Am besten sollte er die Schattierung leicht gegen sich gerichtet sehen. Bei der Festlegung der Beleuchtungsrichtung muss auch die Richtung der Hauptstrukturen des Geländemodells (z.B. genereller Verlauf eines Gebirgsmassivs, eines Hügelzuges oder eines Tales) berücksichtigt werden.

Integration von atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen

These 17

Ein farblich neutraler, unstrukturierter Modellhintergrund eignet sich grundsätzlich zur perspektivischen Darstellung des kartografischen 3D-Landschaftsmodells.

Der Einbezug von atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen ins Kartenbild kann einerseits einen unterstützenden, andererseits auch einen konkurrenzierenden Effekt haben. Doch ein neutraler, unstrukturierter Modellhintergrund lässt die Aufmerksamkeit des Betrachters stets auf dem kartografischen 3D-Landschaftsmodell ruhen. Die Integration eines farblich oder strukturell betonten Modellhintergrundes richtet sich stets nach dem Kartenzweck. Die Gefahr der Ablenkung vom Karteninhalt durch eine farblich zu betonte und auffällig strukturierte Himmelsdarstellung darf dabei nicht unterschätzt werden.

Thesen 18 und 19

Auch ohne Einrechnung eines Dunsteffektes wirkt die 3D-Karte perspektivisch.

Die Einrechnung eines leichten Dunsteffektes ins Kartenbild unterstützt die Tiefenwahrnehmung in der perspektivischen Darstellung.

Es ist kein Nachteil, wenn im Kartenbild kein Dunsteffekt eingerechnet wird. Für eine eindeutige Tiefenwahrnehmung genügt bereits die unterschiedliche Grössenwahrnehmung von gleichen Kartenobjekten aufgrund der Raumstaffelung. Bei der Simulation einer Luftperspektive durch Hinzufügen eines leichten Dunsteffektes wird die Tiefenwahrnehmung jedoch verstärkt.

6.5 *Potenzielle Entwicklungen und Anforderungen an 3D-Karten*

Bei der 3D-Kartografie kann auch heute noch von einer relativ jungen Disziplin gesprochen werden, vor allem wenn man auf die computertechnischen Methoden zur Erstellung und die digitalen Grundlagedaten abstützt. Doch wie wird sich dieser Teil der Kartografie grundsätzlich entwickeln? Es sollen im Folgenden ein paar Gedanken zu derzeitigen und zukünftigen Gegebenheiten und Anforderungen aufgezeigt werden, die es durchaus kritisch zu hinterfragen gilt. Hierzu bedienen wir uns in erster Linie der Aussagen der Expertinnen und Experten zu allgemeinen Aspekten von 3D-Karten aus dem Fragenblock 4 (Anhang A.6). Allerdings sind die nachfolgenden Aussagen lückenhaft und bewusst pauschalisierend ausgefallen. Denn all die positiven oder negativen, teilweise völlig konträren Argumente und Erwartungen lassen sich nicht zu einer umfassenden und objektiven Gesamtschau harmonisieren.

6.5.1 *Bedeutung und Einsatzbereiche*

Grundsätzlich wird 3D-Karten eine hohe Bedeutung sowie ein weiterhin grosses Wachstumspotenzial bescheinigt. Vor allem wird das Interesse immer mehr zunehmen, wenn damit eine interaktive Nutzungsform verbunden ist. Das allgemeine Publikum findet 3D-Karten attraktiv und erwartet heute solche Anwendungen.

Generell besitzen 3D-Karten eine hohe Anschaulichkeit. Die Lokalisierung von topografischen oder thematischen Kartenobjekten auf einem Gelände kann intuitiver erfolgen. Der Erkennung der räumlichen Umgebung in der gewohnten Schräg- oder Horizontalansicht lassen den Vergleich mit der Realität eher zu. Allerdings wird der bisherigen orthogonalen Perspektive von klassischen (topografischen) Karten nach wie vor die grössere Rolle beigemessen. 3D-Karten werden deshalb vor allem als sinnvolle Ergänzung angesehen.

Das Spektrum der Aufgaben und die Einsatzbereiche von 3D-Karten werden nach wie vor als breit eingestuft. Grundsätzlich werden die Präsentation von räumlich verorteten Datenbeständen, die Unterstützung von Planungsmassnahmen in unterschiedlichsten Themengebieten sowie die geländebezogene Analyse von natürlichen oder menschlich bedingten Phänomenen und Infrastruktur als die wichtigsten Aufgaben angesehen.

Immer noch gelten der Tourismus, Schulen der unterschiedlichsten Stufen, die Stadt-, Raum- und Landschaftsplanung, sowie weitere Dienstleistungsbranchen (Telekommunikation, elektronische Medien, Internetanbieter) als die bedeutendsten Interessenten, die Inhalte und Botschaften mittels 3D-Karten vermittelt haben möchten.

In der Wissenschaft will man mit 3D-Karten eher die populär-wissenschaftliche Wissensvermittlung pflegen. Es können damit komplexe räumlich verortete Sachverhalte und Fragestellungen dem allgemeinen Publikum auf anschauliche Weise aufgezeigt werden. Für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler als eigentliches Zielpublikum haben solche Darstellungen wohl eher geringere Bedeutung. Denn diese Fachleute bringen grundsätzlich eine gewisse Erfahrung mit in der Interpretation von Forschungsergebnissen in abstrakten grundrisslichen Karten.

6.5.2 Funktionalität und Präsentationsformen

Generell muss angestrebt werden, dass die Funktionalität von 3D-Karten auf einen klar definierten Kartenzweck ausgerichtet wird. Somit muss genau dieser Zweck die potenziellen Aufgaben berücksichtigen, die der Kartennutzer zu lösen hat. Die einhellige Meinung der Expertinnen und Experten ist, dass 3D-Karten vor allem in einem digitalen System präsentiert werden sollten, dies insbesondere wegen der Forderung nach Interaktivität. Der Kartennutzer sollte selbst bestimmen, wie er das 3D-Landschaftsmodell betrachten, beleuchten und gegebenenfalls gestalten will. Eventuell soll er es sogar mit zusätzlichen Informationen ergänzen dürfen.

Auch als dynamische Präsentationsform sind 3D-Karten prädestiniert. Die Integration von dynamischen Funktionen sei sogar eine ihrer Hauptvorteile. Über- oder Durchflüge im 3D-Landschaftsmodell stiften einen weiteren grossen Nutzen. Die Darstellungen müssten sehr genau und detailliert, allenfalls fotorealistisch ausgestaltet sein, um die Attraktivität halten zu können. Allerdings könnte dann das Problem der zu hohen Objektdichte entstehen, welche die Wahrnehmung stört. Diesem Problem müsste mit einem *Level-of-Detail*-Ansatz in Abhängigkeit von Betrachtungsdistanz oder Bewegungsrate begegnet werden.

Die Forderung nach zusätzlicher Datenintegration durch den Kartennutzer ins 3D-Landschaftsmodell mittels Importfunktionen steht in der Prioritätenliste ganz oben. Es sollen weitere thematische Informationen mit der bestehenden Basisinformation verschmolzen und gemeinsam präsentiert werden können. Daraus würden neben eigentlichen Forschungsergebnissen auch Simulationen berechnet und Szenarien abgeleitet, um sie anschliessend nutzergerecht zu visualisieren. Dies würde die Vermittlung von Forschungsergebnissen an ein breites Publikum sehr fördern. Eine intensive Nutzung am Bildschirm wird aber nur anhalten, wenn die visuelle Qualität der Darstellungen hoch genug ist.

Als Präsentationsplattformen scheinen die Expertinnen und Experten das Internet wie auch Offline-CD-ROMs gleichermaßen zu favorisieren. Während die flexible Abfrage von aktualisierten Datenbanken übers Internet für 3D-Karten zusehends nutzbar scheint, bleiben 3D-Karten in geschlossenen Informationssystemen auf CD-ROM wegen ihrer potenziell hochstehenden Präsentationsqualität und der besseren ökonomischen Chancen für Anbieter weiterhin interessant. Durch die tendenziell immer stärker wachsenden Serviceleistungen der Telekommunikation zur mobilen Nutzung (z.B. Local Based Services (LBS) auf Handy und Personal Digital Assistent (PDA)), könnten auch 3D-Karten übers Internet und im Mobilfunkbereich vermehrt genutzt werden.

Die qualitativ hochstehende gedruckte Form hat bei 3D-Karten zwar nicht ausgedient, doch wird sie an Bedeutung verlieren. Zudem wäre sowieso zu wünschen, dass Ausdrücke von 3D-Karten aus den digitalen Medien ermöglicht werden. Dies wird allerdings weiterhin von der anhaltenden urheberrechtlichen Diskussion bezüglich kommerzieller Nutzung von Geo-Daten – nicht nur für 3D-Karten – abhängen. Es wird ein beschränkter Einsatz solcher Produkte für besondere Zwecke verbleiben, z.B. für Prospekte und grossformatige Schautafeln. So werden weiterhin in der Tourismuswerbung ganze Regionen mit ihrer vorhandenen Infrastruktur in perspektivischen Ansichten präsentiert, dies vielleicht sogar in saisongerechter Symbolisierung.

6.5.3 Anforderungen ans Instrumentarium zur Erstellung

Geodaten

Um Topografische 3D-Karten zu generieren, muss der Kartenautor auf bereits existierende Geodaten zurückgreifen können. Die Geodatensätze sollten flächendeckend über

grössere Gebiete vorhanden sein (z.B. nationale oder kontinentale Abdeckung), um daraus den gewünschten Ausschnitt zu extrahieren.

Von Vorteil sind grundsätzlich GIS-Datensätze. Sie liegen heute in grosser Zahl vor. Ihre Daten werden allerdings naturgemäss im originalen Erfassungsmassstab abgelegt. Die dabei vorhandene Strukturierung der Daten ermöglicht einerseits vorgängige Analysen und Neumodellierungen. Andererseits können solche Daten auch nach Objektarten oder Ebenen getrennt in die 3D-Applikationen übernommen werden. Hier sind die ähnlich aufgebauten, bereits verfügbaren topografischen Datenmodelle wie *VECTOR25* oder *VECTOR200* (SWISSTOPO 20/2 und 20/1), *ATKIS* (20) oder die diversen *DLG*-Datensätze des USGS (20) noch besser geeignet. Denn sie weisen bereits den Vorteil der kartenbasierten Erhebung und somit massstabgerechten Generalisierung auf.

Der einheitlichen Qualität bezüglich Vollständigkeit und Generalisierungsgrad muss grundsätzlich grosses Augenmerk geschenkt werden. Denn beim Erstellungsprozess sollten in der Modellierung nur noch Änderungen bei den Daten vorgenommen werden, die zum kartografischen 3D-Landschaftsmodell führen. Das gesamte zugrundeliegende 3D-Landschaftsmodell soll möglichst vollständig übernommen werden.

Die zu verarbeitenden Geodaten werden unbedingt in einem Vektorformat benötigt (z.B. *DXF*, *DLG*, *Shape*, *Coverage*). Denn dadurch ist die spätere nutzergerechte Symbolisierung der Daten überhaupt erst gewährleistet. Georeferenzierte Geodaten im Rasterformat (Luftbilder, Satellitenbilder, eingescannte topografische Karten) eignen sich primär als Texturen für Geländemodelle. Rasterdaten sollten so wenig wie möglich modelliert und umgearbeitet werden müssen. Am besten gelangen sie als «Materialeigenschaften» bei der Symbolisierung der Kartenobjekte zur Anwendung, dies in gängigen Datenformaten (z.B. *TIFF*, *BMP*, *JPEG*, *GIF*).

Software

Bisher ist noch keine spezialisierte und umfassende Software zur Erstellung von 3D-Karten entwickelt worden. Dies ist angesichts der vielseitigen Anforderungen bezüglich der Modellierung, Symbolisierung und Visualisierung nicht weiter erstaunlich. Auch wäre der beschränkte Nachfragemarkt ein zu grosses Risiko für eine Entwicklungsfirma. So muss man sich mit Programmen aus der 3D-Modellierung (z.B. *ArcGIS*[™] von *ESRI*[®], *ViMap* von A. TERRIBILINI (20)) oder der professionellen 3D-Visualisierung (z.B. *3D Studio Max*[™] und *3D Studio VIZ*[™] von *DESCREET*[®] (früher *KINETIX*[®]), *World Construction Set*[™] und *Visual Nature Studio*[™] von *3DNATURE*[®] sowie *Bryce*[™] von *COREL*[®]) behelfen.

Einige notwendige und in den Expertengesprächen geäusserte Anforderungen an spezialisierte Erstellungssoftware für 3D-Karten möchten wir an dieser Stelle aber dennoch aufzählen. Damit möchten wir einen bescheidenen Beitrag an eine potenzielle Entwicklung leisten. Solche Anforderungen könnten wie folgt lauten:

- Ein Softwarepaket soll vor allem übersichtlich und einfach strukturiert sowie in seiner Handhabung bedienfreundlich sein. Neueinsteiger sollten rasch damit umgehen können.
- Verschiedene Importfilter zur Integration externer oder eigens editierter Vektordaten müssen vorhanden sein. Denn durch die Verbreitung von bedienungsfreundlichen und kostengünstigen GIS- und Grafikprogrammen in der Kartografie kann die Weiterverarbeitung damit erstellter und modellierter Geodaten sichergestellt werden.
- Ein gut funktionierendes Objektmanagement mit klaren Ebenen- bzw. Objektklassenstrukturen wäre zwingend.
- Unbedingt sind umfassende Editierfunktionen zu fordern. Mit diesen Funktionen können zusätzliche Vektorobjekte neu erstellt sowie importierte Daten weiter bearbeitet werden, auch Geländeobjekte.

- Mit den Editierfunktionen sollten zudem Mustersymbole generiert und in Symbolbibliotheken abgelegt werden können. Beim Symbolisierungsprozess würden diese «Musterobjekte» dann erneut aufgerufen und den bestimmten Vektorobjekten zugewiesen.
- Für den Editiermodus, bei den Einstellungen zu Betrachtungs- und Beleuchtungsspekten sowie zur Definition von atmosphärischen Effekten und Naturphänomenen sollte die Software unbedingt eine detaillierte Vorschau (Preview) im WSIWG-Modus¹ aufweisen. Damit würden die geänderten Einstellungen rasch beurteilt werden können.

Hardware

Für die Hardware ist wegen der aufwändigen Funktionalität der Modellierungs- und Präsentationssoftware eine hohe Leistungsfähigkeit zu fordern (schnelle Prozessoren und Grafikkarten in PC- und Mac-Computern). Allfällige Real-time-Anwendungen mit nutzergesteuerter Navigation benötigen sehr hohe Rechenkapazität. Vor allem müssen wegen der geforderten Interaktivität und den dynamischen Funktionen sehr kurze Antwortzeiten zur Visualisierung (Renderingprozess) vorausgesetzt werden.

Zudem ist für die angestrebte weitere Verbreitung und Nutzung übers Internet oder mittels CD-ROM eine leistungsfähige, aber dennoch kostengünstige Ausrüstung zu fordern (z.B. hohe Übertragungsrate, leistungsfähige Grafikkarten, hochauflösende Bildschirme). Ähnlich wie die klassische Kartografie heute Techniken im Desk-Top-Publishing-Bereich (DTP-Bereich) gebraucht, soll auch die 3D-Kartografie auf eine vergleichbar einfache und flexible Infrastruktur nutzen.

¹ WSIWG: « **What you see is what you get** ».

7. Schlussbemerkungen

7.1 Bemerkungen zur Arbeit

7.1.1 Erreichung der Zielsetzung

Das erste Hauptziel der Arbeit (Abs. 1.2), die Auflistung und Diskussion der wichtigsten Gestaltungsgrössen, die bei der Erstellung von Topografischen 3D-Karten Einfluss nehmen, wurde erreicht. Unter der Voraussetzung, dass vorerst nur das Kartenbild gestaltet werden soll, konnte der wohl grösste Teil an Gestaltungsaspekten mit den darin einzustellenden Gestaltungsvariablen benannt werden. Sobald aber 3D-Karten in dynamische und interaktive Systeme eingebunden werden, müssen auch die Bereiche der Grafischen Nutzerschnittstelle (Graphic User Interface), der Navigationswerkzeuge, der dynamischen Legendenbildung sowie weitere Interaktions- und Abfragefunktionen miteinbezogen werden. Die Liste müsste dann um viele zusätzliche Variablen ergänzt werden.

Auch das zweite Hauptziel, die Herleitung und Begründung von Thesen zu kartografischen Gestaltungsgrundsätzen für 3D-Karten, wurde erreicht. Die Handlungsempfehlungen sind einerseits prägnant formuliert. Andererseits sind sie auch erfolgreich anwendbar, und zwar nicht nur beschränkt auf den Inhalt von Topografischen 3D-Karten. Obwohl die einzelnen Thesen zu verschiedenen Gestaltungsaspekten wie der Kartenbetrachtung und der Kartenbildgestaltung durch atmosphärische Effekte verschiedene Bereiche betreffen, so bilden sie zusammen dennoch erste Grundsteine einer Theorie zur Gestaltung in der 3D-Kartografie. Dieses solide Fundament zeigt zudem auf, dass von konkret gestalteten 3D-Kartenbeispielen durchaus theoretische Erkenntnisse abgeleitet werden können.

Ein paar Anregungen zur Entwicklung einer sinnvollen 3D-Kartografiesoftware konnten wir ebenfalls aus den Folgerungen und Thesen zu diversen Gestaltungsaspekten eruieren. Allerdings stellen sie nur minimale Wünsche dar, die ein effizientes Verwalten, Modellieren, Symbolisieren und Visualisieren der Daten ermöglichen. Ein komplexes Computerprogramm, das mit einem GIS verknüpft werden könnte und alle notwendige Funktionalität von der Generierung bis zur Präsentation der 3D-Karten enthält, müsste systematisch konzipiert werden. Ob sich dafür ein lukrativer Markt eröffnet, ist aufgrund des speziellen Einsatzzweckes aber eher zu bezweifeln.

7.1.2 Expertenbefragung als methodischer Ansatz

Die verwendete Untersuchungsmethodik mittels Expertenbefragung und Beschränkung auf konkrete Befragungsgegenstände möchten wir als gelungen bezeichnen, insbesondere der Teil der Datenerhebung.

Ein grosser Vorteil der Versuchsanlage lag darin, dass sie einerseits durch das Befragungsschema stark strukturiert war, andererseits aber genügend Flexibilität aufwies, um auf Details einzugehen. Denn jede Expertin und jeder Experte durfte sich die Freiheit nehmen, eine unabhängige Beurteilung zu den konkreten Gestaltungsvarianten abzugeben. So wurde auch über individuelle thematische Schwerpunkte diskutiert. Je nach Wissen und Interesse konnte die jeweilige Fachperson spezielle Begründungen und eigene Ansichten zu den Kartenserien, zu Einzelbildern und zu generellen Gestaltungsmöglichkeiten einbringen. Daraus resultierte eine enorme Vielfalt an Meinungen und Ideen, wel-

che bei der Interpretation der Aussagen sehr nützlich und bereichernd war. Persönliche Einzelgespräche sind deshalb für solche Befragungen sinnvoll.

Mit den Kartenbeispielen wurde eine konkrete, wenn auch bewusst vereinfachte Nutzungssituation («Strukturen erkennen und Überblick verschaffen») simuliert. Zusammen mit der Forderung nach einer spontanen Bewertung der Kartenbeispiele wurde so die Initialzündung gegeben, um sich mit der gestalterischen Umsetzung und Präsentation des Karteninhaltes zu befassen.

Die flexible Handhabung bei der Durchführung ist als positiv zu werten. Durch die ausgedruckten 3D-Kartenbeispiele im A4-Format gestaltete sich die Präsentation und das Bewertungsvorgehen – genügend Auslagefläche vorausgesetzt – sehr einfach. Anders als bei einer Präsentation am Bildschirm war es möglich, alle neun nebeneinander ausgebreiteten Kartenbeispiele einer Serie zu vergleichen. Zudem konnte der zeitliche Rahmen und die örtlichen Umstände der Befragung dank der physischen und mobilen Versuchsanordnung gut auf die Verfügbarkeit der Expertinnen und Experten abgestimmt werden. Diese Umstände dürfen als nicht zu unterschätzende Vorteile bei einer solchen Befragungskampagne gewertet werden.

Einzig bei der Auswertung der quantitativ-numerischen Beurteilungs- und der qualitativen Befragungsergebnisse dürfen gewisse Einschränkungen und Mängel nicht unerwähnt bleiben. Grundsätzlich war und ist es schwierig, solch qualitativ unterschiedliche Datentypen, die sich erst noch auf verschiedene Befragungsgegenstände bezogen, zu homogenen Resultaten zu verdichten. Zudem schwankten die Motive der Expertinnen und Experten zu sehr, als dass man von einheitlichen Entscheidungskriterien ausgehen konnte. So musste auf eine einfache Interpretation der Bewertungsverteilung pro einzelne 3D-Karte (Säulendiagramme) ausgewichen werden. Hingegen waren die Protokolle der mündlichen Aussagen über die vorliegenden Gestaltungsansätze während des Bewertungsvorganges äusserst wertvoll. Sie ergaben detaillierte Hinweise zu den Gestaltungsvariablen und -variationen. Auf diese Kommentare wurde bei der Formulierung der Thesen abgestützt. Erstaunlich war dabei, dass trotz der unterschiedlichen fachlichen Spezialisierung der Expertinnen und Experten die Aussagen zu vielen Gestaltungsaspekten in den Karten oft gleichlautend ausfielen.

7.1.3 Beurteilung der Kartenbeispiele

Mit den vorgelegten Beispielen Topografischer 3D-Karten konnten erste Hinweise zum systematischen und bewussten Einsatz von wenigen, aber grundlegend verschiedenen Gestaltungsvariablen ermittelt werden.

Grundsätzlich drängen sich GIS-gestützte Geodaten zur Erstellung von Topografischen 3D-Karten auf. Die Flexibilität und Präzision bei der Modellierung und späteren Symbolisierung der vektororientierten Kartenobjekte kann mit Rasterdaten nicht erreicht werden. Rasterdaten werden am ehesten zur Texturierung von Gelände- oder weiteren Kartenobjekten gebraucht, wenn eine naturnahe oder gar fotorealistische Darstellung angestrebt wird (z.B. Geländeoberfläche mit Orthofotos, Gebäudeobjekte mit Fotos von Hausfassaden).

Die Verwendung bereits bestehender kartenbasierter digitaler Landschaftsmodelle (hier *VECTOR200* und *Grenzdatensatz GG25*) erwies sich als sehr vorteilhaft. Ausser der Neueditierung von zusätzlichen orientierenden Kartenobjekten (Koordinatenlinien, Vektorpunkte für Labels) mussten kaum Modellierungsschritte durchgeführt werden. Der Generalisierungsprozess konnte sich auf die Neuklassierung oder aufs Weglassen von Kartenobjekten beschränken.

Als besonderes Problem muss die gestalterische Vielschichtigkeit der 3D-Kartenbeispiele erwähnt werden. Die Beispiele waren eigentlich so angelegt, dass sich bei jeder 3x3-Kartenserie gegenüber einer andern nur die Variation der untersuchten Gestaltungsvariablen änderte. Dadurch war es möglich, die Wirkung der Variationsänderung aufs gesamte Kartenbild zu hinterfragen. Gleichzeitig führten wir innerhalb jeder Neuner-Serie eine systematische Änderung der Gestaltungsaspekte *Abstraktion* und *Dimension* ein, um die Präferenzverteilung bei unterschiedlich gestalteten Kartenobjekten zu erfassen. Dies gelang durch die Definition von jeweils drei Stufen für jede Karte. Jede einzelne Karte repräsentierte somit eine der neun Kombinationen aus dem Beziehungsfeld «Abstraktion/Dimension». Die Beispiele wurden vor allem wegen den systematischen Änderungen der Gestaltungsaspekte anders wahrgenommen und somit anders beurteilt. Doch mit ihrer Vergabe von Prädikaten nahmen die Expertinnen und Experten zu den beiden ineinander verwobenen Themen mit einer einzigen Bewertung Stellung.

Im Nachhinein wäre es wohl besser gewesen, wenn die zwei Fragenbereiche «Präferenz bei der Symbolisierung von Kartenobjekten» und «Wirkung der Variationen von Gestaltungsvariablen» getrennt erforscht worden wären. So hätte nach der Ermittlung der Präferenzen bezüglich *Abstraktion* bzw. *Dimension* ein zweiter Bewertungsteil stattfinden sollen. Dazu hätte man lediglich die favorisierten Karten aus dem ersten Teil verwenden können. Dieser zweite Teil wäre zur Ermittlung der sinnvollen Variation der fünf unabhängigen Gestaltungsvariablen durchgeführt worden. Diese zweistufige Anordnung wäre zwar aufwändiger bezüglich Zeit und eventuell Platz gewesen. Doch die Bewertungen und Äusserungen der Expertinnen und Experten hätten sich klar trennen lassen nach den beiden Beurteilungsgegenständen.

Auch wenn versucht wurde, durch verschiedene Stufen der *Abstraktion* und *Dimension* sowie der verschiedenen Betrachtungs- und Beleuchtungseinstellungen eine grosse Bandbreite an Gestaltungsmöglichkeiten aufzuzeigen, waren die Beispiele bezüglich Symbolisierung doch eher einfach gestaltet worden. Viele Form-, Farb-, Muster- oder Grössenvarianten wurden nicht geprüft. Bei der gleichen Abstraktionsstufe blieb der Duktus stets unverändert. Eine breite kreative Vielfalt, wie sie in der 3D-Kartografie durchaus erfolgen könnte, wurde in den vorgelegten 3D-Kartenbeispielen nicht realisiert. Allerdings ergab diese Monotonie eine Vertrautheit im Erscheinungsbild der Kartenauslagen, so dass sich die Expertin oder der Experte auf die Variation der Gestaltungsvariablen oder deren Wirkungsweise mit den Abstraktions- und Dimensionsstufen konzentrieren konnte.

Wichtig ist die grundsätzliche Erkenntnis, dass die äussere Gestalt jeder kartografischen Darstellung, auch einer 3D-Karte, vom ständigen Zusammenspiel aller Gestaltungsvariablen geprägt ist.

7.2 Fazit zu Resultaten und Thesen

7.2.1 Wert der Übersicht von Gestaltungsvariablen

Mit der Übersicht über die wichtigsten Gestaltungsaspekte mit ihren Variablen (Kap. 3) wird dem Kartenautor ein Werkzeug in die Hand gegeben, welches er zur gezielten Gestaltung von Topografischen 3D-Karten heranziehen kann. Allerdings muss er die nutzbringenden Variationsbereiche der einzelnen Variablen häufig selbst bestimmen, da diese in dieser Arbeit nicht erfasst und abgeklärt werden konnten. Doch werden ihm mit den erstellten Kartenbeispielen wichtige Hinweise zur sinnvollen Wahl der Variation gegeben.

7.2.2 Qualität der Folgerungen aus den Bewertungen und Äusserungen

Grundsätzlich ist es anspruchsvoll, quantitative und qualitative Resultate zu gegenseitig abhängigen Befragungsgegenständen in einer Untersuchungsanordnung in Beziehung zu bringen. Angesichts dieser Komplexität sind auch die Bewertungen und die geäusserten Begründungen vielschichtig ausgefallen. Wenn nicht konkrete Motive explizit geäussert wurden, ist die Interpretation hierzu heikel. Die Gefahr der «Überinterpretation» ist gegeben. Angesichts dieser Umstände erschien uns eine vorsichtige Ableitung der Folgerungen angebracht. Dennoch ist die Meinung jeder Expertin oder jedes Experten aussagekräftig genug, um wichtige Grundsatzüberlegungen zur Gestaltung und Präsentation eines 3D-Landschaftsmodells auch ohne validierten statistischen Vergleich zu liefern. Und wenn die Argumente mehrfach und unabhängig voneinander geäussert wurden, so können diese Aussagen mindestens als teilweise gesichert betrachtet werden.

Auch wenn die Anzahl von 27 unabhängigen Bewertungen für quantitative Aussagen als zu klein erscheint, so dürfen die Resultate zu den je 15 einzelnen Kartenserien doch als Trend bei der Wahrnehmung und den Präferenzen zur Gestaltung verstanden werden. Eine grössere Gruppe von Expertinnen und Experten hätte vielleicht eine statistisch robustere Verteilung ergeben. Die Bandbreite der Begründungen mittels qualitativen Aussagen wäre aber vermutlich kaum markant ausgeweitet worden.

Am einfachsten war die rangmässige Reihenfolge der je drei Variationen der einzelnen unabhängigen Gestaltungsvariablen zu ermitteln. Diese ordinalen Bewertungen ergaben meist auch ähnliche Begründungen. Sie konnten – zusammengefasst und auch verallgemeinernd – für die genügend verlässlichen Folgerungen und später für die Thesen herangezogen werden.

Generell müssten die Auswerteverfahren auf noch konkretere Fragestellungen ausgerichtet sein. So könnten die Fragen zu den Kartenbeispielen oder den weiteren Aspekten zu 3D-Karten generell für Expertengespräche geschlossener formuliert sein. Die Antworten könnten dann einfacher kategorisiert und somit besser quantifizierbar gemacht werden. Damit würde die auf diesen Aussagen basierenden Auswertungen standardisierter erfolgen. Gleichzeitig ergäben sich quantitative Resultate.

7.2.3 Qualität und Wert der Thesen

Mit der Expertenbefragung ist es gelungen, Thesen zu kartografischen Gestaltungsgrundsätzen für Topografische 3D-Karten abzuleiten. Sie führen hin zu erfolgversprechenden Lösungsansätzen bei der grafischen Gestaltung und perspektivischen Visualisierung. Die Thesen wurden durch die Gruppe von Expertinnen und Experten mehrheitlich bestätigt. Sie werden mit grosser Wahrscheinlichkeit einer späteren Verifizierung standhalten. Aber bereits jetzt schon sind sie ein Werkzeug in der Hand des Kartenautors, mit dem er spezifische Gestaltungsschritte erfolgreich abwickeln kann.

Die vorgeschlagenen Thesen zu kartografischen Gestaltungsgrundsätzen sind nicht für spezifische Details in 3D-Karten formuliert worden. Sie können bei allen Darstellungen angewendet werden. Sie sollen den vielen Formen von 3D-Karten Rechnung tragen, nicht nur den vektororientierten Topografischen 3D-Karten, welche in dieser Arbeit im Vordergrund standen.

Auf eine systematische Gliederung kartografischer Gestaltungsgrundsätze für 3D-Karten wird bewusst verzichtet. Die geringe Anzahl an Thesen und die noch nicht erfolgte Verifizierung rechtfertigen diesen Arbeitsschritt nicht. Eine solche Gliederung könnte jedoch nach den gleichen beiden Einteilungskriterien erfolgen, wie die Thesen schon postuliert wurden (Abs. 6.4): entweder nach den Gestaltungsvariablen oder aber nach den Karten-

objekten. Das erste Gliederungskriterium würde mehr die technische Umsetzung berücksichtigen. Das zweite betont mehr die äussere Erscheinung der Kartenobjekte, ist also objektorientiert.

7.2.4 Einbindung in die kartografische Theorie

Angesichts des bestehenden Theoriedefizits zur Gestaltung von 3D-Karten sind die Erkenntnisse aus der durchgeführten Expertenbefragung aus unserer Sicht sehr gewinnbringend und nützlich ausgefallen. Aus ihnen lässt sich zwar erst ein rudimentäres Theoriegerüst aufbauen. Doch wäre zu wünschen, wenn sich die kartografische Theorie diesen Gestaltungsgrundsätzen bald annehmen würde.

Anschliessend müssen diese Grundsätze verfeinert, ergänzt und vor allem publik gemacht werden. Denn in der heutigen Zeit werden viele Kartenprodukte, auch 3D-Karten, häufig von kartografisch ungeschulten Personen realisiert. Diese haben wohl das technische Wissen zur Modellierung der Geodaten. Aber es fehlt ihnen oft am gestalterischen Flair bei deren Symbolisierung und Visualisierung zu qualitativ hochstehenden kartografischen Darstellungen. So könnte durch die Verbreitung theoretischer Erkenntnisse diesem Mangel ein wenig abgeholfen werden.

7.3 Ausblick

In der 3D-Kartografie, vor allem im Bereich der Gestaltung, ist der Forschungsbedarf noch gross. Und gerade wegen der vielen Erkenntnislücken und der sich rasant entwickelnden Technologie ist dieses Feld enorm spannend. Es lässt viele Türen zu weiteren Forschungsaktivitäten offen.

Die Entwicklung neuer technischer Ansätze zur Modellierung und Visualisierung der immer umfangreicheren und vielschichtigeren Datensätze wird stetig weitergehen. Eines der Hauptthemen wird die Anbindung von ergänzenden thematischen Inhalten aus unabhängigen Datenbanken in bestehende Datenmodelle sein. Die effiziente Strukturierung von dreidimensionalen Daten – u.a. durch die Fortschritte bei 3D-GIS – wird dabei ebenso bedeutend bleiben wie die Implementierung von neuprogrammierten Funktionen zur Navigation und Interaktion in Atlasinformationssystemen.

Wichtig dürften auch detaillierte Untersuchungen zur Wahrnehmung und zur Nutzung von Topografischen 3D-Karten bleiben. Der Bedarf solcher Studien ist gross. Durch quantitative Nutzertests könnten für ausgewählte Gestaltungsvariablen nutzbringende Variationsbereiche gründlich evaluiert werden. Als Ausgangsfrage würden die postulierten Thesen für Gestaltungsgrundsätze sehr gut dienen. Mittels quantitativen Bewertungsverfahren liessen sich diese Gestaltungsvarianten von 3D-Karten oder einzelne Symbolsstudien in Wirkung, Qualität und Attraktivität empirisch überprüfen. Auch sollte bald der ergänzende Wert von 3D-Karten bei der Wissensvermittlung im Vergleich zu klassischen topografischen Karten abgeklärt werden. Schliesslich könnte untersucht werden, welchen direkten oder indirekten ökonomischen Nutzen diese Form der kartografischen Darstellung hat. Denn kommerzielle Motive würden sicherlich die weitere Entwicklung von 3D-Karten beschleunigen.

Die 3D-Kartografie bleibt ein spannender Teilbereich der Kartografie. Durch die perspektivischen Ansichten schlägt sie eine Brücke zu unserer gewohnten Wahrnehmung der realen Gegebenheiten. Um aber die bisherige Theorie zur Gestaltung von 3D-Karten voranzutreiben, braucht es immer wieder neue Anstrengungen. Die noch ungelösten Fragestellungen bleiben herausfordernd.

Referenzen

- (ADS 2000)
Swisstopo – Bundesamt für Landestopografie (2000): *Atlas der Schweiz – Interaktiv*. Online-Produktinformation. Wabern. [Http://www.swisstopo.ch/de/digital/adsi.htm](http://www.swisstopo.ch/de/digital/adsi.htm) (Stand 11/2003).
- (ALBERTZ 1997/1)
Albertz, J. (1997/1): Sehen, Wahrnehmen und die Wirklichkeit – Zur Einführung in das Thema. *Schriftenreihe der Freien Akademie Berlin, Band 17 (Wahrnehmung und Wirklichkeit – Wie wir unsere Umwelt sehen, erkennen und gestalten)*. 9–40.
- (ALBERTZ 1997/2)
Albertz, J. (1997/2): Die dritte Dimension – Elemente der räumlichen Wahrnehmung. *Schriftenreihe der Freien Akademie Berlin, Band 17 (Wahrnehmung und Wirklichkeit – Wie wir unsere Umwelt sehen, erkennen und gestalten)*. 81–108.
- (ARNBERGER 1966)
Arnberger, E. (1966): *Handbuch der thematischen Kartographie*. Verlag Franz Deuticke, Wien.
- (ATKIS 2003)
Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland AdV (2003): *Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem ATKIS*. Online-Produktinformation. [Http://www.adv-online.de/produkte/atkis.htm](http://www.adv-online.de/produkte/atkis.htm) (Stand 11/2003).
- (BÄCHTOLD 1997)
Bächtold, H.G. (1997): Die Raumplanung braucht Bilder. *Schweizer Ingenieur und Architekt*, 45, 6. November 1997. 925.
- (BÄR 1995)
Bär, H.R. (1995): *Interaktive Bearbeitung von Geländeoberflächen – Konzepte, Methoden, Versuche*. Inaugural-Dissertation, Philosophische Fakultät II der Universität Zürich. Zürich.
- (BARTELME 2000)
Bartelme, N. (2000): *Geoinformatik – Modelle, Strukturen, Funktionen*. Verlag Springer, Berlin/Heidelberg.
- (BENNINGHAUS 1997)
Benninghaus, H. (1997): *Deskriptive Statistik*. Studienskripten zur Soziologie, Statistik für Soziologen 1. Verlag B.G. Teubner, Stuttgart/Leipzig.
- (BERANN 1986)
Berann, H.C. (1986): Darstellende Kunst im Panorama. In: Herrmann, C., H.F. Kern (Hrsg.): *Kartenverwandte Darstellungen – Werkstattberichte. Karlsruher geowissenschaftliche Schriften, Reihe A, Band 4*. Karlsruhe. 57–67.
- (BERTIN 1974)
Bertin, J. (1974): *Graphische Semiologie*. Verlag Walter de Gruyter, Berlin.
- (BILL 1999)
Bill, R. (1999): *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. Band 2, 2. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Wichmann, Heidelberg.

- (BITZI/JORAY 2000)
Bitzi, P., C. Joray (2000): *Darstellung kartographischer Inhalte mit World Construction Set (Queststar Productions)*. Semesterarbeit am Institut für Kartographie, ETH Zürich, unveröffentlicht.
- (BLASCHKE ET AL. 2002)
Blaschke, T., C. Glässer, S. Lang (2002): Bildverarbeitung in einer integrierten GIS/Fernerkundungsumgebung – Trends und Konsequenzen. In: Blaschke, T. (Hrsg.): *Fernerkundung und GIS – Neue Sensoren, innovative Methoden*. Verlag Wichmann, Heidelberg.
- (BOSSE 1986)
Bosse, H. (1986): Geographisch-topographische Bilder von Fritz Hölzel. *Karlsruher geowissenschaftliche Schriften*, Reihe A, Band 4. Karlsruhe. 69–92.
- (BRODERSEN 1986)
Brodersen, L. (1986): *Aspekte der graphischen Gestaltung komplexer Wirtschaftskarten in Schulatlanten*. Dissertation, Institut für Kartographie der ETH Zürich. Zürich.
- (BRUNNER 2000)
Brunner, K. (2000): Neue Gestaltungs- und Modellierungsaufgaben für den Kartographen – Ein Plädoyer für eine attraktive Kartographie zur Bildschirmvisualisierung. *Geowissenschaftliche Mitteilungen, Technische Universität Wien, Heft Nr. 53*. 53–62.
- (BUCHROITHNER/SCHENKEL 2001)
Buchroithner, M., R. Schenkel (2001): 3D-Visualisierung von Geodaten – perzeptionstheoretische und präsentationstechnische Grundlagen. *Kartographische Bausteine, Band 19, TU Dresden*. 113–120.
- (BUHMANN/ERVIN 2003)
Buhmann, E., S. Ervin (Eds.) (2003): *Trends in Landscape Modeling*. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences 2003. Verlag Wichmann, Heidelberg.
- (BUZIEK 2000/1)
Buziek, G. (2000/1): Theoretische Grundlagen der Gestaltung von Animationen und praktische Beispiele. In: Buziek, G., D. Dransch, W.D. Rase: *Dynamische Visualisierung*. Verlag Springer, Berlin, Heidelberg, New York. 15–40.
- BUZIEK (2000/2)
Buziek, G. (2000/2): Zur Untersuchung moderner kartographischer Darstellungsformen und Ableitung von Gestaltungsprinzipien. *Geowissenschaftliche Mitteilungen, Technische Universität Wien, Heft Nr. 53*. 63–76.
- (BUZIEK 2003)
Buziek, G. (2003): *Eine Konzeption der kartographischen Visualisierung*. Habilitationsschrift, Institut für Kartographie und Geoinformatik, Universität Hannover. Hannover.
- (BUZIEK/DÖLLNER 1999)
Buziek, G., J. Döllner (1999): Concept and Implementation of an Interactive, Cartographic Virtual Reality System. *Proceedings of the 19th ICA Conference, Ottawa, Vol. 1*. 637–648.
- (CAROSIO 1999)
Carosio, A. (1999): Drei Dimensionen in Geoinformationssystemen – ein erwarteter technologischer Sprung. *IGP-Bericht 290 d. ETH Zürich*. 1–8.

- (COREL 2000)
Corel (2000): *Bryce 4 – User Guide for Macintosh and Windows*. Corel Corporation, Ottawa.
- (DOBLER 2001)
Dobler, M. (2001): *Symbolisierung und Visualisierung von ausgewählten Landschaftselementen in 3D-Karten*. Semesterarbeit am Institut für Kartographie, ETH Zürich, unveröffentlicht.
- (DOBLER 2002)
Dobler, M. (2002): *Visualisierung Mount Hood*. Diplomarbeit, Institut für Kartographie, ETH Zürich, unveröffentlicht.
- (DÖLLNER ET AL. 2000/1)
Döllner, J., O. Kersting, K. Hinrichs (2000/1): Entwicklung dynamischer, interaktiver 3D-Karten mit Hilfe von Skripting. *IfGI-Prints, Band 8*, Münster. 209–228.
- (DÖLLNER ET AL. 2000/2)
Döllner, J., O. Kersting, K. Hinrichs (2000/2): Programmierbare, interaktive 3D-Karten zur Kommunikation raumbezogener Information. In: Cremers, A.B., K. Greve (Hrsg.): *Umweltinformatik '00 – Umweltinformation für Planung, Politik und Öffentlichkeit, Bd. 1. 14. Internationales Symposium «Informatik für den Umweltschutz» der Gesellschaft für Informatik (GI)*. Verlag Metropolis, Bonn. 131–145.
- (DÖLLNER 2001)
Döllner, J. (2001): Informationsvisualisierung mit dynamischen, interaktiven 3D-Karten. *Kartographische Nachrichten*, 4/2001. 180–185.
- (DÖLLNER/KERSTING 2001)
Döllner, J., O. Kersting (2001): Dynamic digital 3D maps. *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference ICC, Beijing, China, Vol. 3*. 1704.
- (DRANSCH 1997)
Dransch, D. (1997): *Computer-Animation in der Kartographie – Theorie und Praxis*. Verlag Springer, Berlin/Heidelberg.
- (DRANSCH 2002)
Dransch, D. (2002): Handlungsorientierte Mensch-Computer-Interaktion für die kartographische Informationsverarbeitung in Geo-Informationssystemen. *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe C, Kartographie, Band 18*. Berlin.
- (DUDEN 1996)
Duden (1996): *Die deutsche Rechtschreibung*. Dudenverlag, Mannheim/Leipzig/Wien/Zürich.
- (FLICK 1995)
Flick, U. (1995): *Qualitative Forschung*. Verlag Rowohlt Taschenbuch, Hamburg.
- (FLICK ET AL. 2000)
Flick, U., E. von Kardorff, I. Steinke (Hrsg.) (2000): *Qualitative Forschung – Ein Handbuch*. Verlag Rowohlt Taschenbuch, Hamburg.
- (FOLEY ET AL. 1995)
Foley, J.D., A. van Dam, S.K. Feiner, J.F. Hughes (1995): *Computer Graphics – Principles and Practice*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading/Menlo Park/New York.
- (FRUTIGER 2001)
Frutiger, A. (2001): *Eine Typografie*. Verlag Syndor Press, Cham.

- (GARTNER 1999)
Gartner, G. (1999): Towards a New Understanding of Maps – Concerning the Concepts of Quality used in Cartography. *Proceedings of the 19th ICA Conference, Ottawa, Vol. 2.* 14–21.
- (GEONOVA 2003)
Geonova (2003): Flug durch die Schweiz. Internetapplikation.
[Http://www.geonova.ch/gvista/pages/ch/GVista.htm](http://www.geonova.ch/gvista/pages/ch/GVista.htm) (Stand 11/ 2003).
- (GRAF 1995)
Graf, K.C. (1995): Realistic Landscape Rendering using Remote Sensing Images, Digital Terrain Models and 3D Objects. *Remote Sensing Series, Vol. 25, Remote Sensing Laboratories, Department of Geography, University of Zurich.* Zürich.
- (GROSSER/SCHOPPMAYER 2001)
Grosser, K., J. Schoppmeyer (2001): Farbanwendung in der Kartographie. In: Bollmann, J., W.G. Koch (Hrsg.): *Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1, A bis Karti.* Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin. 220–224.
- (GULBINS/KAHRMANN 1993)
Gulbins, J., C. Kahrman (1993): *Mut zur Typographie.* Verlag Springer, Berlin/Heidelberg/New York.
- (HÄBERLING 1999)
Haerberling, C. (1999): Symbolization in Topographic 3D-maps – conceptual Aspects for user-oriented Design. *Proceedings of the 19th ICA Conference, Ottawa, Vol. 2.* 1037–1044.
- (HÄBERLING 2000)
Haerberling, C. (2000): «Topographische 3D-Karten» – Konzeption und Gestaltungsvariablen. *IfGI-Prints, Band 8. Münster.* 59–76.
- (HÄBERLING 2002)
Haerberling, C. (2002): 3D-Map Presentation – a systematic Evaluation of important graphic Aspects. Online-Paper of the ICA Mountain Cartography Workshop «Mount Hood», 2002. [Http://www.karto.ethz.ch/ica-cmc/mt_hood/proceedings.html](http://www.karto.ethz.ch/ica-cmc/mt_hood/proceedings.html) (Stand 11/2003).
- (HÄBERLING/TERRIBILINI 2000)
Haerberling, C., A. Terribilini (2000): Topographische 3D-Karten – nur Zukunftsmusik? *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 10/2000.* 625–627.
- (HAKE 1988)
Hake, G. (1988): Gedanken zu Form und Inhalt heutiger Karten. *Kartographische Nachrichten, 38.* 65–72.
- (HAKE ET AL. 2002)
Hake, G., D. Grünreich, L. Meng (2002): *Kartographie – Visualisierung raum-zeitlicher Informationen.* 8. vollst. neu bearb. und erw. Auflage. Verlag Walter de Gruyter, Berlin/New York.
- (HARBECK 1996)
Harbeck, R. (1996): Anspruch und Stellung der Kartographie in der GIS-Welt. In: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie SGK (Hrsg.) (1996): *Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien.* *Kartographische Publikationsreihe, Nr. 14.* 27–34.
- (HARBECK 2000)
Harbeck, R. (2000): Eine geographische Basis für Europa – Utopie, Vision, Wirklichkeit?. *Kartographische Nachrichten, 3/2000.* 103–112.

- (HEIDMANN 1999)
Heidmann, F. (1999): Aufgaben- und nutzerorientierte Unterstützung kartographischer Kommunikationsprozesse durch Arbeitsgraphik. Dissertation, Universität Trier. In: *Forschen und Wissen – Informatik*. GCA-Verlag, Herdecke.
- (HÖLZEL 1963)
Hölzel, F. (1963): Perspektivische Karten. In: Imhof, E. (Hrsg.) (1963): *Internationales Jahrbuch für Kartographie*, 3. Gütersloh. 100–118.
- (HUBER/SCHMID 2003)
Huber, S., C. Schmid (2003): 2nd Atlas of Switzerland – interactive Concepts, Functionality, Techniques. *Proceedings of the 21th International Cartographic Conference ICC, Durban, South Africa*. 1398–1405.
- (HUBER/SIEBER 2001)
Huber, S., R. Sieber (2001): From flatland to spaceland – concepts for interactive 3D navigation in high standard atlases. *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference ICC, Beijing, China, Vol. 2*. 841–848.
- (HURNI 1995)
Hurni, L. (1995): *Modellhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung von topographischen und geologischen Karten und dreidimensionalen Visualisierungen*. Dissertation, Institut für Kartographie der ETH Zürich. Zürich.
- (HURNI/LEUZINGER 1995)
Hurni, L., H. Leuzinger (1995): Principles of cartographic design and their impact on digital production methods. *Proceedings of the ICA 1995, Barcelona*. 1553–1563.
- (ICA 2003)
International Cartographic Association ICA (2003): Homepage. [Http://www.icaci.org](http://www.icaci.org) (Stand 11/2003).
- (IMHOF 1963)
Imhof, E. (1963): Kartenverwandte Darstellungen der Erdoberfläche – eine systematische Übersicht. In: Imhof, E. (Hrsg.) (1963): *Internationales Jahrbuch für Kartographie*, 3. Gütersloh. 54–99.
- (IMHOF 1965)
Imhof, E. (1965): *Kartographische Geländedarstellung*. Verlag Walter de Gruyter, Berlin.
- (JÄGER 2003)
Jäger, E. (2003): ATKIS® als Gemeinschaftsaufgabe der Länder und des Bundes. *Kartographische Nachrichten*, 3/2003. 113–119.
- (JANSEN/SCHARFE 1999)
Jansen, A., W. Scharfe (1999): *Handbuch der Infografik*. Verlag Springer, Berlin/Heidelberg/New York.
- (JANSSEN/HUURNEMAN 2001)
Janssen, L.L.F., G.C. Huurneman (Ed.) (2001): Principles of Remote Sensing. *ITC Educational Textbook Series*, 2. Enschede.
- (JOBST ET AL. 2002)
Jobst, M., G. Gartner, M. Heisler (2002): «3D-Kartographie» als Voraussetzung für besser verständliche Präsentation raumbezogener Daten. *Multimediplan.AT & IEMAR, TU Wien, 2002*. 255–259.
- (JONES 1997)
Jones, C. (1997): *Geographical Information Systems and Computer Cartography*. Addison Wesley Longman, Essex.

- (KIRSCHENBAUER/BUCHROITHNER 1999)
Kirschenbauer, S., M. Buchroithner (1999): "Real" 3D technologies for relief depiction. *Proceedings of the 19th ICA Conference, Ottawa, Vol. 1.* 975–981.
- (KNÖPFLI 1990)
Knöpfli, R. (1990): Die Bedeutung der Ästhetik für die Übertragung von Information. *Internationales Jahrbuch für Kartographie, Bd. XXX, 1990.* 71–79.
- KRAAK (1988)
Kraak, M.J. (1988): *Computer-assisted cartographical three-dimensional imaging techniques.* Delft University Press, Delft.
- (KRAAK 2000).
Kraak, M.J. (2000): Raumbezogener Content für das Internet. *Beiträge zum Symposium web.mapping.2000.* Karlsruhe. II.1–II.12.
- (KRAAK 2001)
Kraak, M.J. (2001): 3-D-mapping on the World Wide Web. *Kartographie 2001 – multidisziplinär und multimedial: Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag.* Verlag Wichmann, Heidelberg. 215–226.
- (KRAAK/ORMELING 1996)
Kraak, M.J., F. Ormeling (1996): *Cartography – Visualization of Spatial Data.* Addison Wesley Longman, Essex.
- (KRAAK/ORMELING 2003)
Kraak, M.J., F. Ormeling (2003): *Cartography – Visualization of Spatial Data.* Second Edition. Pearson Education Limited, Harlow.
- (KRIZ 2001)
Kriz, K. (2001): Kartographische Ansichten im neuen Millenium. *Kartographie 2001 – multidisziplinär und multimedial: Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag.* Verlag Wichmann, Heidelberg. 229–238.
- (LANGE 1999)
Lange, E. (1999): Realität und computergestützte visuelle Simulation. *ORL-Bericht 106/1999, ETH Zürich.* Verlag vdf, Zürich.
- (LEXIKON GEOGRAPHIE 2002)
Lexikon der Geographie in vier Bänden – Band 2 (2002). Herausgeber: Brunotte, E., H. Gebhardt, M. Meurer, P. Meusburger, J. Nipper. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin.
- (LEXIKON GEOINFORMATIK 2001)
Lexikon Geoinformatik (2001). Herausgeber: Bill, R., M.L. Zehnder. Verlag Wichmann, Heidelberg.
- (LEXIKON KARTOGRAFIE/GEOMATIK 2001/1)
Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 1, A bis Karti (2001/1). Herausgeber: Bollmann, J., W. G. Koch. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin.
- (LEXIKON KARTOGRAFIE/GEOMATIK 2001/2)
Lexikon der Kartographie und Geomatik in zwei Bänden, Band 2, Karto bis Z (2001/2). Herausgeber: Bollmann, J., W. G. Koch. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin.
- (MACEACHREN 1995)
MacEachren, A.M. (1995): *How Maps work – Representation, Visualization and Design.* The Guilford Press, New York.

- (MACH 2000)
Mach, R. (2000): *3D Visualisierung*. Verlag Galileo Press, Bonn.
- (MARR 1982)
Marr, D. (1982): *Vision – A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information*. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- (MAYRING 2002)
Mayring, P. (2002): *Einführung in die Qualitative Sozialforschung*. 5. Auflage. Verlag Beltz, Weinheim/Basel.
- (META CREATIONS 1998)
MetaCreations (1998): *Bryce 3D – Handbuch für Macintosh und Windows*. Deutsche Dokumentation. SoftCare Software-Service GmbH, Bönningstedt.
- (MIEG/BRUNNER 2001)
Mieg, H.A., B. Brunner (2001): *Experteninterviews*. MUB Working Paper 6. Professur für Mensch-Umwelt-Beziehungen, ETH Zürich. Vorlesungs- und Arbeitskript, unveröffentlicht.
- (MUNDLE 2000)
Mundle, H. (2000): Methana 3D – Eine kartografische Online-3D-Plattform mit Datenbankbindung der Halbinsel Methana (Griechenland). *Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe A, Band 13*. Karlsruhe.
- (NEISSER 1996)
Neisser, U. (1996): *Kognition und Wirklichkeit*. Zweite Auflage. Verlag Klett-Cotta, Stuttgart.
- (OKOSHI 1976)
Okoshi, T. (1976): *Three-dimensional imaging techniques*. Academic Press, London.
- (PATTERSON 1998)
Patterson, T. (1998): 3D landscape presentation – experiments at the US National Park Service. *Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 11, Wien*. 187–202.
- (PATTERSON 2000)
Patterson, T. (2000): A view from on high – Heinrich Berann's panoramas and landscapes visualization techniques for the U.S. National Park Service. *Kartographische Bausteine, Band 18, Dresden*. 131–156.
- (PATTERSON 2003)
Patterson, T. (2003): DEM Manipulation and 3-D Terrain Visualization – Techniques Used by the U.S. National Park Service. *Cartographica, Volume 38, 1&2, Spring/Summer 2001*. 89–101.
- (PETROVIC 2001/1)
Petrovic, D. (2001/1): Three-dimensional mountain map. *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference ICC, Beijing, China, Vol. 5*. 3392–3399.
- (PETROVIC 2001/2)
Petrovic, D. (2001/2): *Nacela oblikovanja izraznih sredstev v tridimenzionalnih kartografskih prikazih*. Dissertation an der Universität Ljubljana. Ljubljana.
- (PHILLIPS 2003)
Phillips, D. (2003): *Correspondance Analysis*. Online-Paper; Internetadresse: [Http://www.soc.surrey.ac.uk/sru/SRU7.html](http://www.soc.surrey.ac.uk/sru/SRU7.html) (Stand 11/2003).

- (QUESTAR PRODUCTIONS 1998)
Questar Productions (1998): *World Construction Set 4 – Using WCS 4*. Manual, Revision 2. Questar Productions LLC, Brighton/CO (USA).
- (RASE 2000)
Rase, W.D. (2000): Darstellung von immateriellen Oberflächen in der grossräumigen Planung. *Kartographische Nachrichten*, 1/2000. 10–17.
- (REICHENBACHER/MENG 2003)
Reichenbacher, T., L. Meng (2003): Mobile Kartographie – ein Annäherungsversuch an ein neues Forschungsthema. *Kartographische Nachrichten*, 1/2003. 4/5.
- (REIMANN/RIETHMÜLLER 1997)
Reimann, E., H.J. Riethmüller (1997): *Der Schriftatlas*. Verlag Bechtermünz, Augsburg.
- (RICKENBACHER 2001)
Rickenbacher, M. (2001): Zahlenberge – Das Panorama im digitalen Zeitalter. In: Schweizerisches Alpines Museum SAM und Schweizer Alpen-Club SAC (Hrsg.): *Augenreisen – Das Panorama in der Schweiz*. Bern. 150–173.
- (ROBINSON/PETCHENIK 1976)
Robinson, A.H., B.B. Petchenik (1976): *The nature of maps*. University of Chicago Press, Chicago.
- (ROCK 1998)
Rock, I. (1998): *Wahrnehmung – Vom visuellen Reiz zum Sehen und Erkennen*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin.
- (RSL 2003)
Remote Sensing Laboratories RSL, Geographisches Institut der Universität Zürich (2003): Forschungsprojekte im Bereich *Real-Time Interactive 3-D Landscape Visualization*. http://www.geo.unizh.ch/rsl/research/VisLab/lvg_realtimel/ (Stand 11/2003).
- (SAM-SAC 2001)
Schweizerisches Alpines Museum SAM und Schweizer Alpen-Club SAC (Hrsg.) (2001): *Augenreisen – Das Panorama in der Schweiz*. Bern.
- (SÄNGER 2000)
Sänger, K. (2000): *Umsetzung einer topographischen Karte in 3D mit der Software 3D Studio Max am Beispiel der Hohen Salve (Tirol)*. Diplomarbeit an der Fachhochschule München, Studiengang Kartographie, Vermessungswesen und Kartographie, unveröffentlicht.
- (SCHARFE 1995)
Scharfe, W. (1995): German journalistic cartography – the first reader's poll on maps in newspapers. *Proceedings of the ICA 1995, Barcelona*. 2821–2833.
- (SCHENKEL 2000)
Schenkel, R. (2000): A cartographic systematisation of 3D display technologies. *Kartographische Bausteine, Band 18, Dresden*. 157–166.
- (SCHNEIDER 2002)
Schneider, B. (2002): *GIS-Funktionen in Atlas-Informationssystemen*. Dissertation, Institut für Kartographie der ETH Zürich. Zürich.
- (SCHRÖDER 2000)
Schröder, F. (2000): Animation meteorologischer Daten für Massenmedien. In: Buziek, G., D. Dransch, W.D. Rase (2000): *Dynamische Visualisierung*. Verlag Springer, Berlin/Heidelberg/New York. 159–174.

- (SCHUMANN/MÜLLER 2000)
Schumann, H., W. Müller (2000): *Visualisierung – Grundlagen und allgemeine Methoden*. Verlag Springer, Berlin/Heidelberg.
- (SGK 2002)
Schweizerische Gesellschaft für Kartographie SGK (2002): *Topografische Karten – Kartengrafik und Generalisierung. Kartografische Publikationsreihe, Nr. 16*. Bern.
- (SIEBER 1996)
Sieber, R. (1996): *Visuelle Wahrnehmung dreidimensionaler parametrisierter Objekte und Objektgruppen – Eine empirische Untersuchung zur Bestimmung eines optimalen Betrachterstandortes*. Inaugural-Dissertation, Philosophische Fakultät II der Universität Zürich. Zürich.
- (SIEBER/BÄR 1996)
Sieber, R., H.R. Bär (1996): Das Projekt «Interaktiver Multimedia-Atlas der Schweiz». In: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie SGK (Hrsg.): *Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien. Kartografische Publikationsreihe, Nr. 14*. 211–226.
- (SPIESS 1996/1)
Spiess, E. (1996/1): Digitale Technologie und graphische Qualität von Karten und Plänen. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, 9. 467–472.
- (SPIESS 1996/2)
Spiess, E. (1996/2): Attraktive Karten – Ein Plädoyer für gute Kartengraphik. In: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie SGK (Hrsg.): *Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien. Kartografische Publikationsreihe, Nr. 14*. 56–69.
- (SPRISSLER 1999)
Sprissler, H. (1999): *Infografiken gestalten – Techniken, Tips und Tricks*. Verlag Springer, Berlin/Heidelberg.
- (SUTER (1997)
Suter, M. (1997): Aspekte der interaktiven real-time 3D-Landschaftsvisualisierung. *Remote Sensing Series, Vol. 29, Remote Sensing Laboratories, Geographisches Institut der Universität Zürich*. Zürich.
- (SWISSCOM 2001)
Swisscom (2001): *Swissinfo 11/2001*. CD-ROM. Produziert von Optobyte AG, THEngineering AG und Swisscom Directories AG.
- (SWISSTOPO 2001)
Swisstopo – Bundesamt für Landestopografie (2001): *Symboldimensionen für LK200*. Interne Richtlinien zur Erstellung der Schweizer Landeskarte 1:200 000. Wabern, unveröffentlicht.
- (SWISSTOPO 2003/1)
Swisstopo – Bundesamt für Landestopografie (2003/1): *VECTOR200 – Das digitale Landschaftsmodell in kleinem Massstab*. Online-Produktinformation. Wabern. [Http://www.swisstopo.ch/de/digital/VECTOR200/INDEX.htm](http://www.swisstopo.ch/de/digital/VECTOR200/INDEX.htm) (Stand 11/2003).
- (SWISSTOPO 2003/2)
Swisstopo – Bundesamt für Landestopografie (2003/2): *VECTOR25 – Das digitale Landschaftsmodell im Massstab 1:25 000*. Online-Produktinformation. Wabern. [Http://www.swisstopo.ch/de/digital/VECTOR25/INDEX.htm](http://www.swisstopo.ch/de/digital/VECTOR25/INDEX.htm) (Stand 11/2003).

- (SWISSTOPO 2003/3)
Swisstopo – Bundesamt für Landestopografie (2003/3): *GG25 – Politische und administrative Grenzen als Vektordaten*. Online-Produktinformation. Wabern. [Http://www.swisstopo.ch/de/digital/GG25/INDEX.htm](http://www.swisstopo.ch/de/digital/GG25/INDEX.htm) (Stand 11/2003).
- (SWISSTOPO 2003/4)
Swisstopo – Bundesamt für Landestopografie (2003/4): *Höhenmodell DHM25*. Online-Produktinformation. Wabern. [Http://www.swisstopo.ch/de/digital/dhm25.htm](http://www.swisstopo.ch/de/digital/dhm25.htm) (Stand 11/2003).
- (TAIT 2002)
Tait, A. (2002): *Scratchland – Creating Fictional Terrains in Bryce for Teaching Geography*. Online-Paper of the ICA Mountain Cartography Workshop «Mount Hood», 2002. [Http://www.karto.ethz.ch/ica-cmc/mt_hood/proceedings.html](http://www.karto.ethz.ch/ica-cmc/mt_hood/proceedings.html) (Stand 11/2003).
- (TERRIBILINI 2001)
Terribilini, A. (2001): *Entwicklung von Arbeitsabläufen zur automatischen Erstellung von interaktiven, vektorbasierten topographischen 3D-Karten*. Dissertation, Institut für Kartographie der ETH Zürich. Zürich.
- (TOP50 2000)
Bayerisches Landesvermessungsamt (2000): *Top 50 – Bayern Süd*. CD-ROM. München.
- (TOPOUSA 1999)
DeLorme (1999): *Topo USA 2.0*. CD-ROM. Yarmouth/ME (USA).
- (TURTSCHI 1995)
Turtschi, R. (1995): *Desktop Publishing – Praktische Typografie*. Verlag Niggli, Sulgen.
- (USGS 2003)
U.S. Geological Survey (2003): *Digital Line Graphs (DLGs)*. Online-Datensätze. [Http://edc.usgs.gov/products/map/dlg.html](http://edc.usgs.gov/products/map/dlg.html) (Stand 11/2003).
- (VIELKIND 2003)
Vielkind, H. (2003): *The World of H.C. Berann*. Homepage. [Http://www.berann.com/panorama/index.html](http://www.berann.com/panorama/index.html) (Stand 11/ 2003).
- (WASTL 1999)
Wastl, R. (1999): *Grossmassstäbige kartographische Darstellungen - Empirische Untersuchungen zu ihrem Gebrauchswert*. *Kartographische Nachrichten*, 2/1999. 59–68.
- (WÜTHRICH 1997)
Wüthrich, T. (1997): *Visualisierung für das Planungswesen*. *Schweizer Ingenieur und Architekt*, 4, 23. Januar 1997. 27/28.
- (ZANINI 1998)
Zanini, M. (1998): *Dreidimensionale synthetische Landschaften – Wissensbasierte dreidimensionale Rekonstruktion und Visualisierung raumbezogener Informationen*. Dissertation, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich. Zürich.
- (ZIMBARDO 1992)
Zimbardo, P.G. (1992): *Psychologie*. Verlag Springer, Berlin/Heidelberg/New York.

Lebenslauf

Name: **Christian Häberling**

Geburtsdatum: 13. Januar 1961

Bürgerort: Ottenbach/ZH

Zivilstand: verheiratet

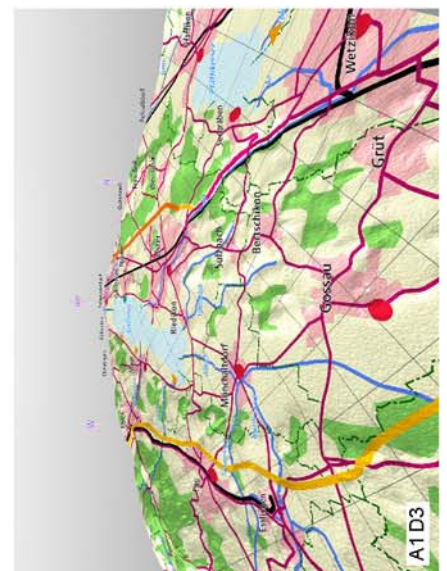
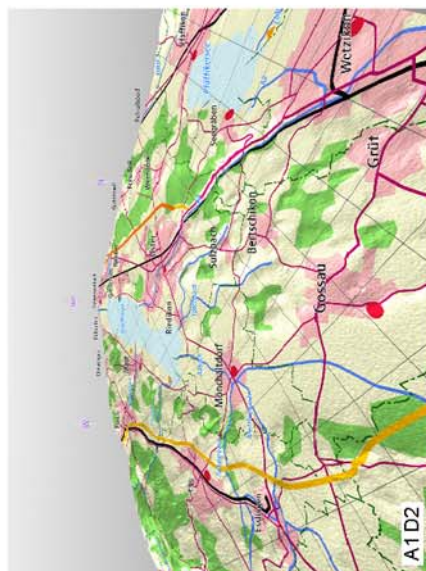
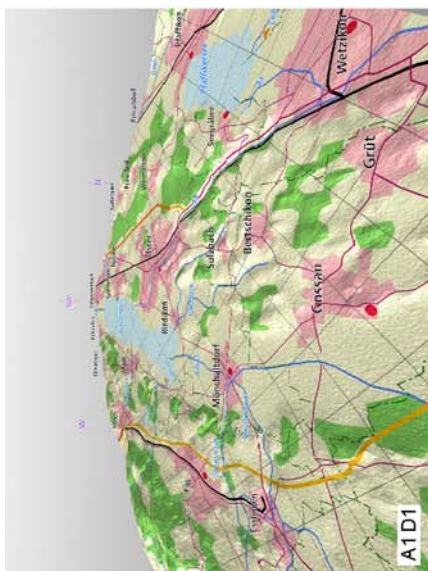
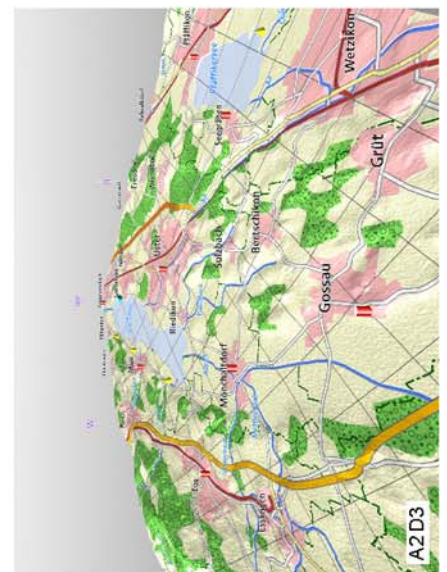
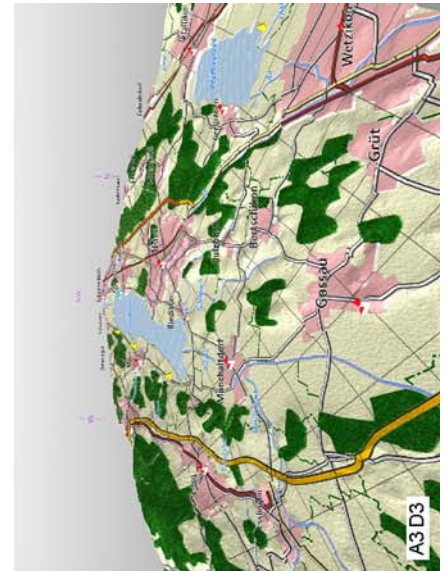
Ausbildung: 4/1968 - 3/1974 Primarschule Effretikon
4/1974 - 3/1976 Sekundarschule Effretikon
4/1976 - 9/1980 Kantonsschule Im Lee, Winterthur.
Abschluss: Matura Typus C
10/1980 - 11/1986 Studium in Betriebsökonomie, Universität Zürich.
Abschluss: Lic. oec. publ.
10/1990 - 4/1996 Studium in Geographie, Universität Zürich.
Abschluss: Dipl. Geogr.

Berufspraxis: 1/1987 - 5/1990 Schweizerische Rückversicherungs-Gesellschaft,
Zürich. Bereichs-Personalverantwortlicher.
7/1990 - 10/1990 Betriebliche Untersuchung zum Naturschutz-
zentrum Aletsch, Riederalp/VS.
Auftrag durch Pro Natura, Basel.
1/1991 - 8/1993 Planungsbüro Jud AG, Unternehmens-, Verkehrs-
und Betriebsplaner, Zürich.
11/1993 - 4/1995 SMA und Partner AG, Unternehmens-, Verkehrs-
und Betriebsplaner, Zürich.
seit 12/1995 Institut für Kartographie, ETH Zürich.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Unterrichts-
assistent.

Anhang A.1: 3D-Kartenbeispiele (Verkleinerte Wiedergabe der Originalgrösse A4)

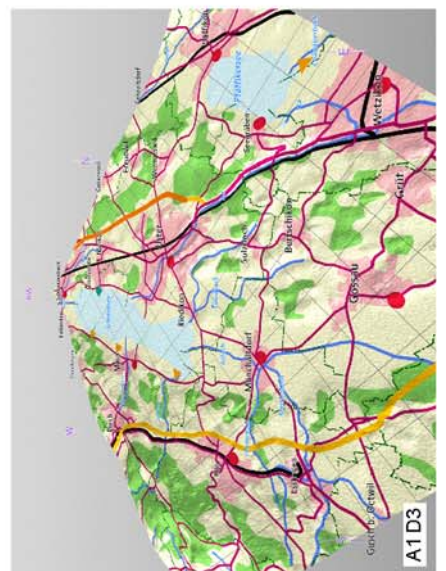
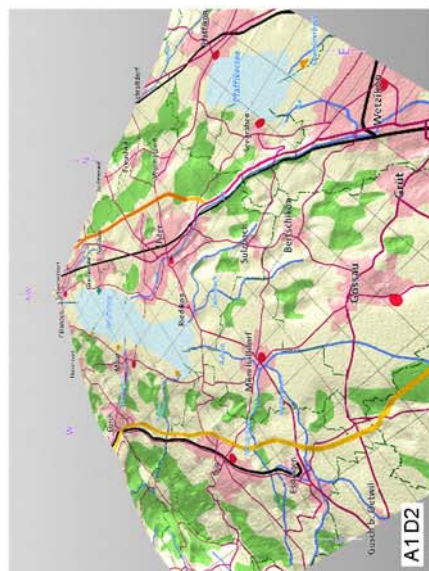
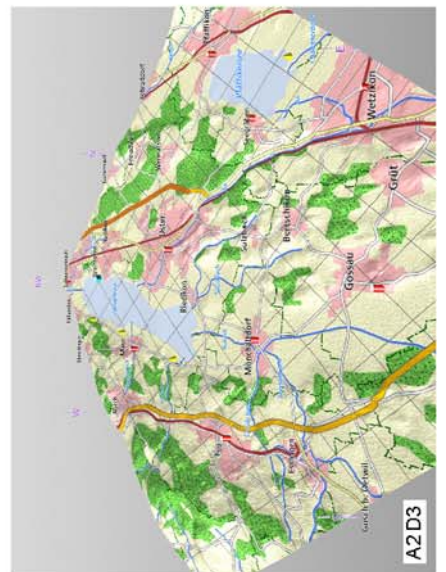
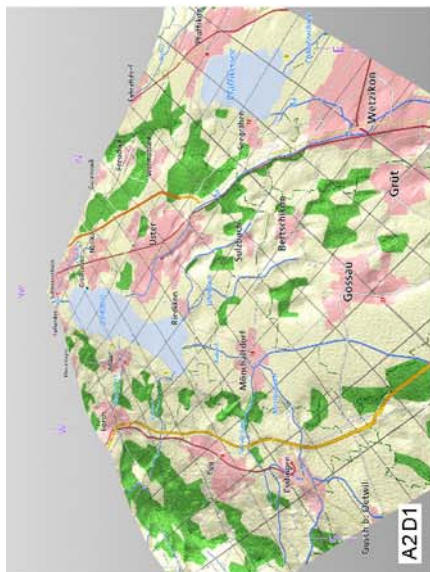
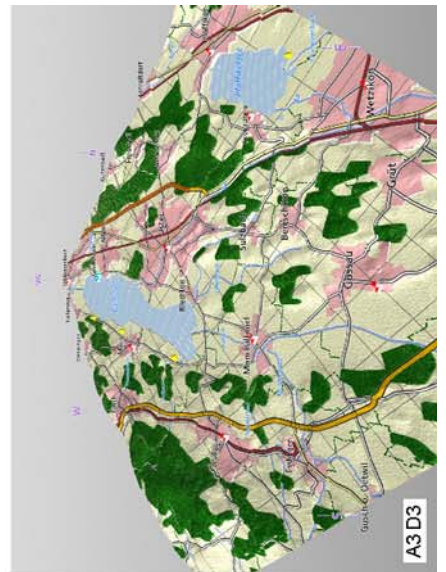
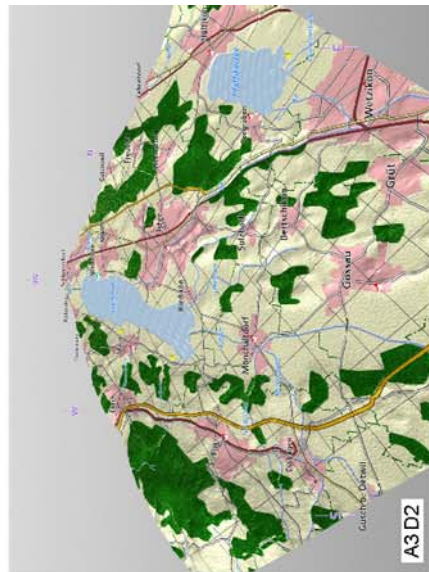
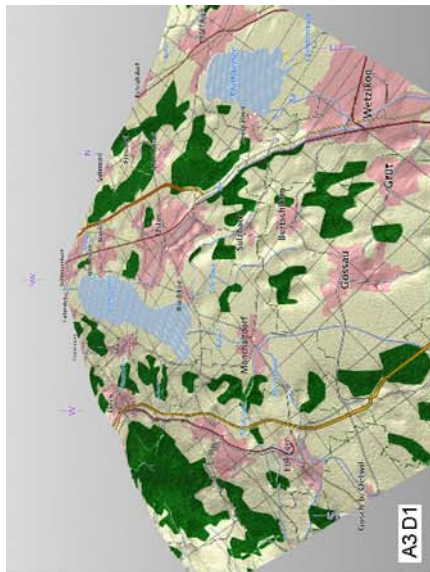
Gestaltungsvariable Betrachtungswinkel (Gestaltungsaspekt Kamera)

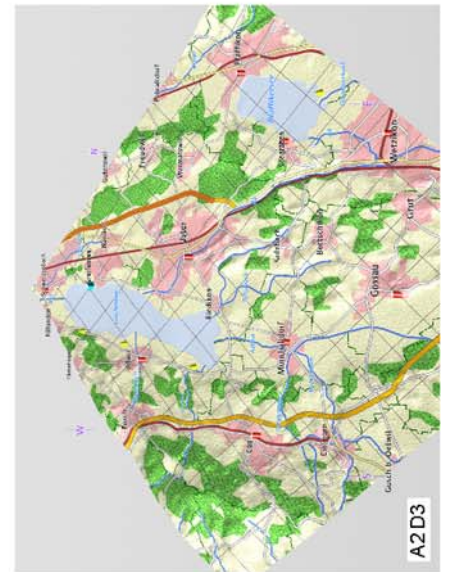
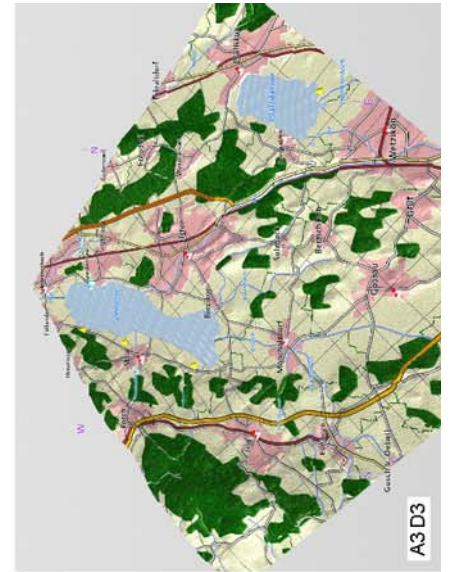
Variation 1: «**Flacher Betrachtungswinkel – 30°**»



Gestaltungsvariable *Betrachtungswinkel* (Gestaltungsaspekt *Kamera*)

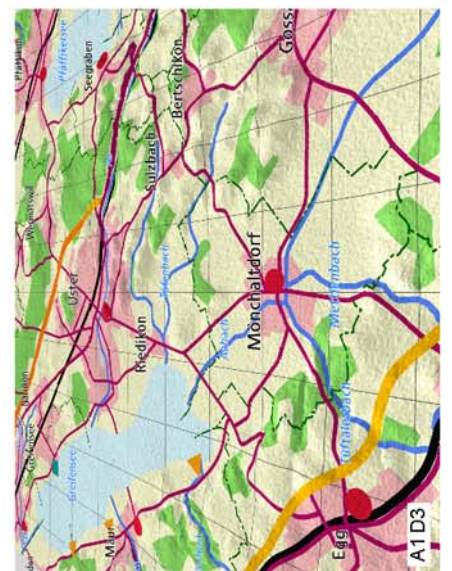
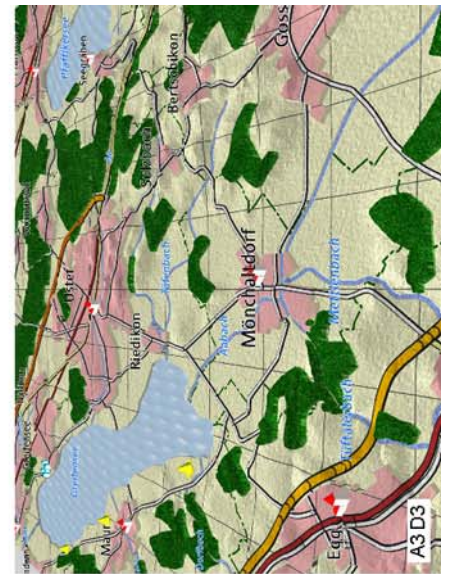
Variation 2: «*Mittlerer Betrachtungswinkel – 45°*»



Gestaltungvariable Betrachtungsdistanz (Gestaltungsaspekt Kamera)Variation 3: «**Steiler Betrachtungswinkel – 60°**»

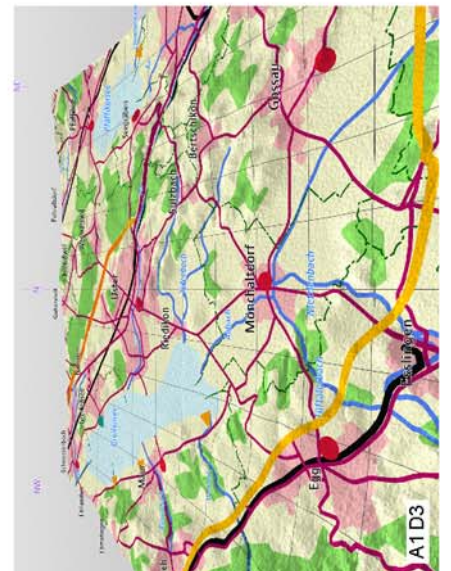
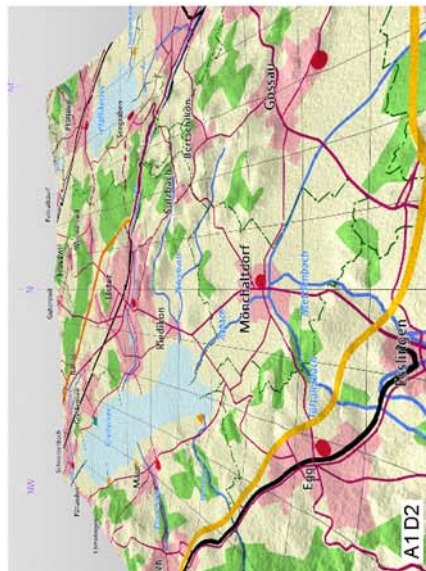
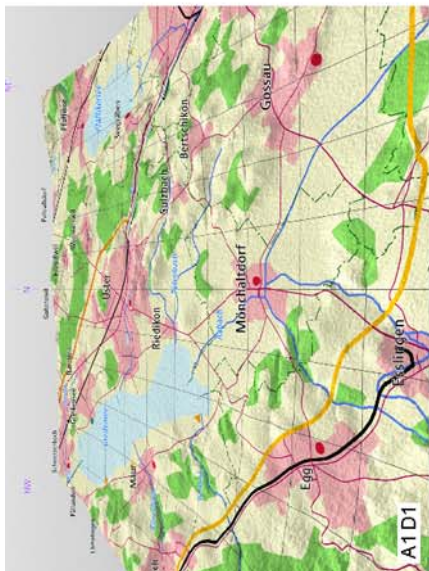
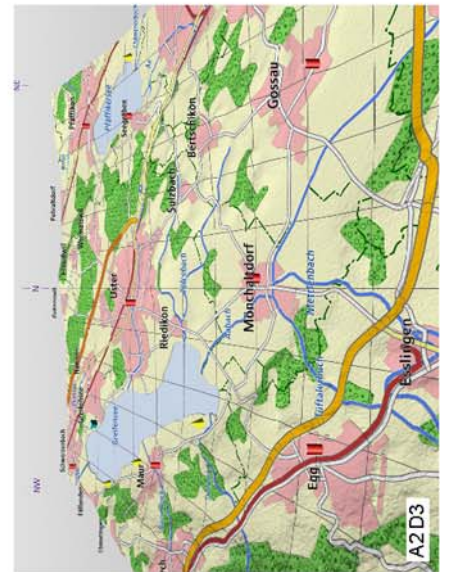
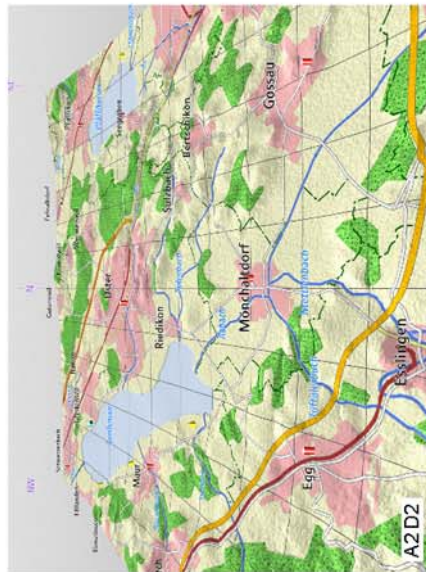
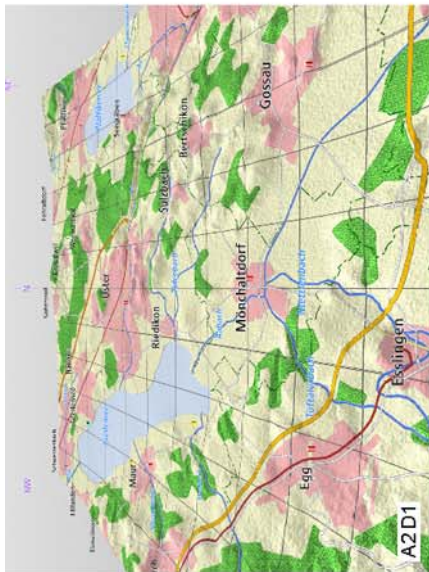
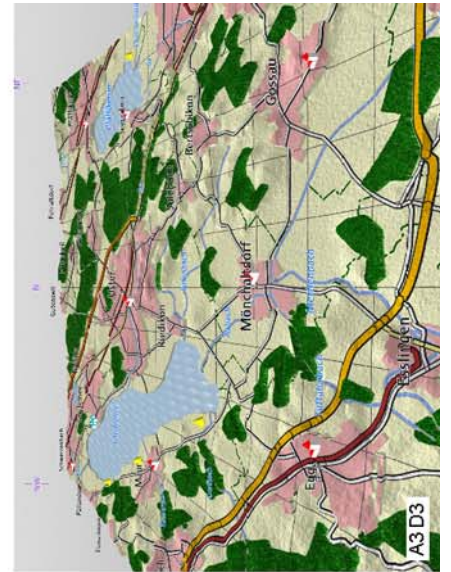
Gestaltungvariable *Betrachtungsdistanz* (Gestaltungsaspekt Kamera)

Variation 1: «Kurze Betrachtungsdistanz»



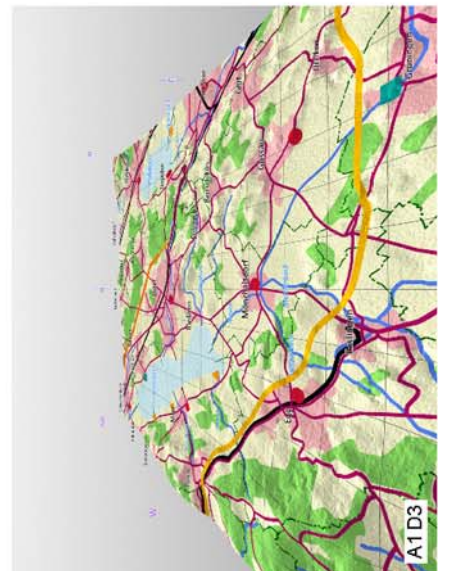
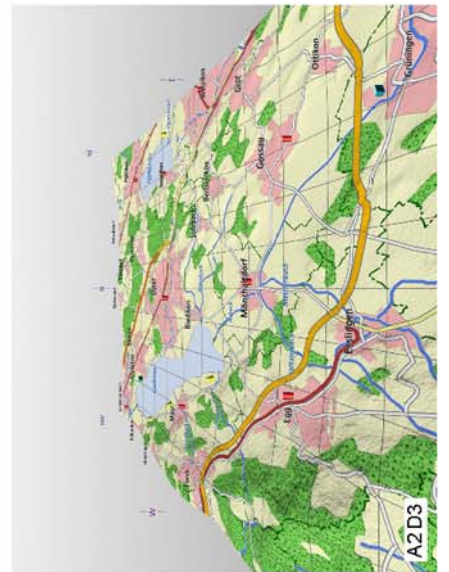
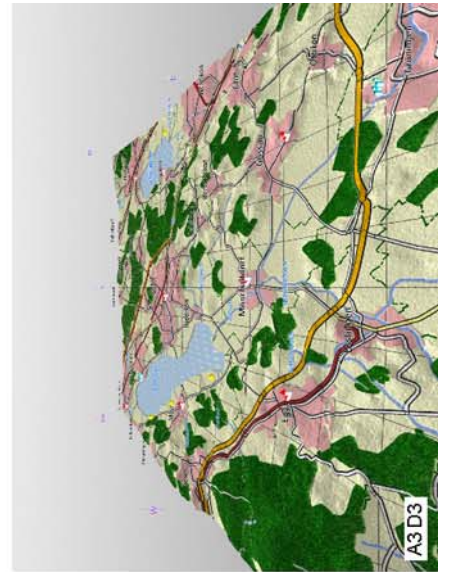
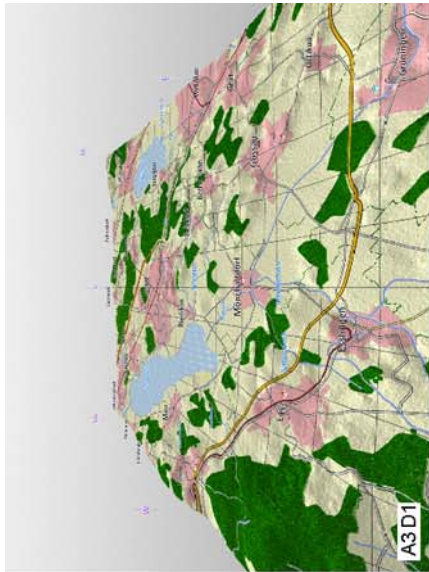
Gestaltungvariable Betrachtungsdistanz (Gestaltungsaspekt Kamera)

Variation 2: «Mittlere Betrachtungsdistanz»



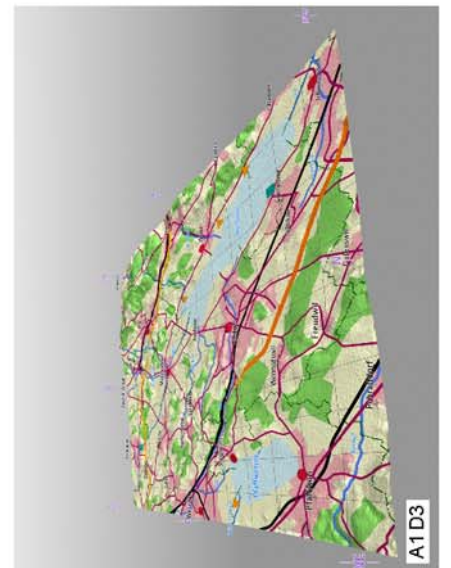
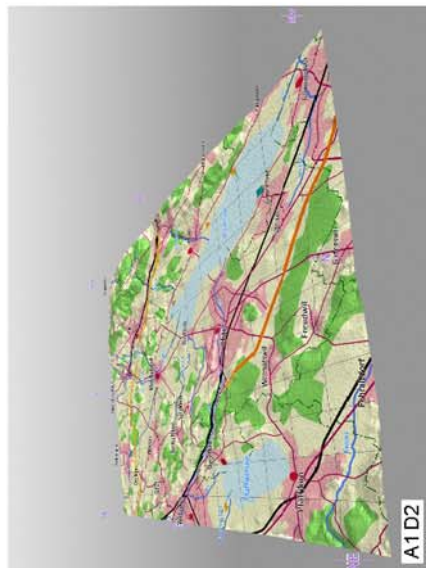
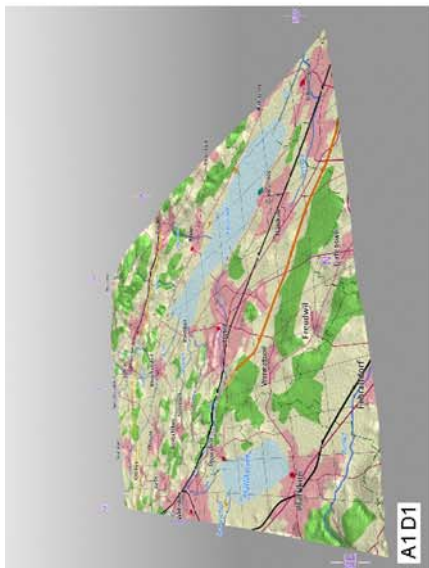
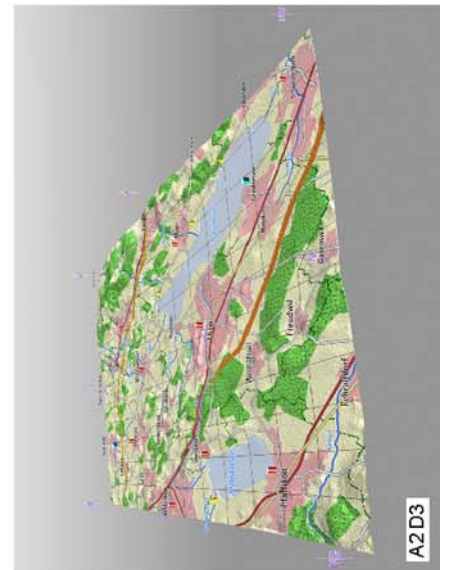
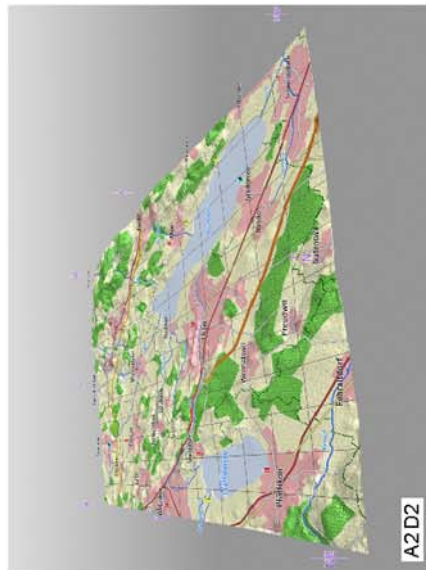
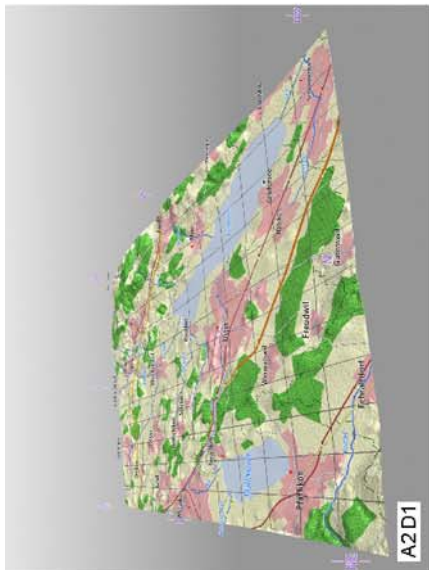
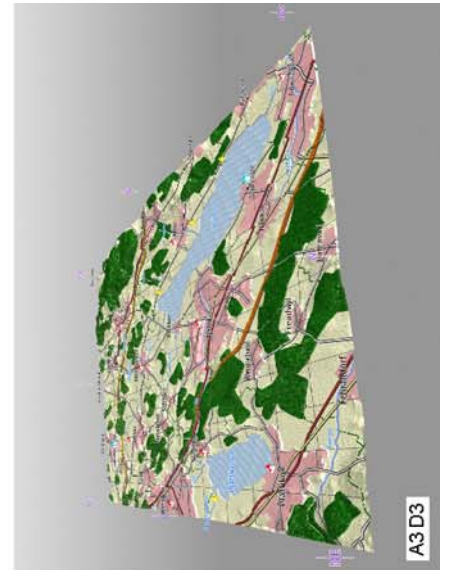
Gestaltungvariable Betrachtungsdistanz (Gestaltungsaspekt Kamera)

Variation 3: «Lange Betrachtungsdistanz»



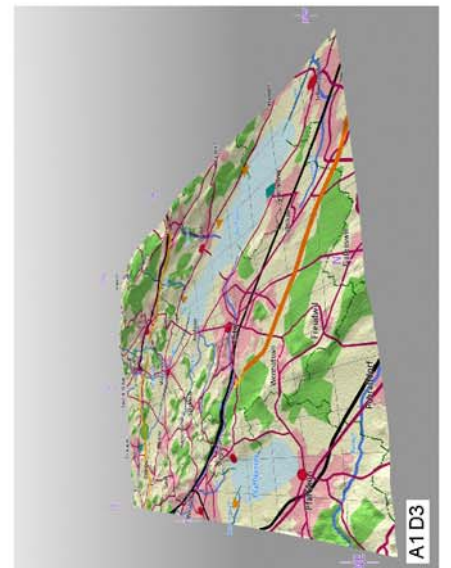
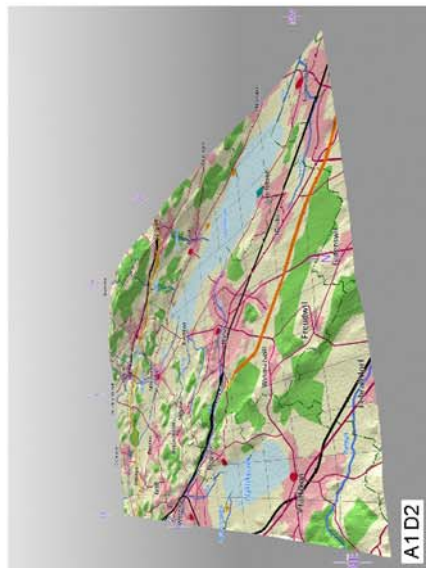
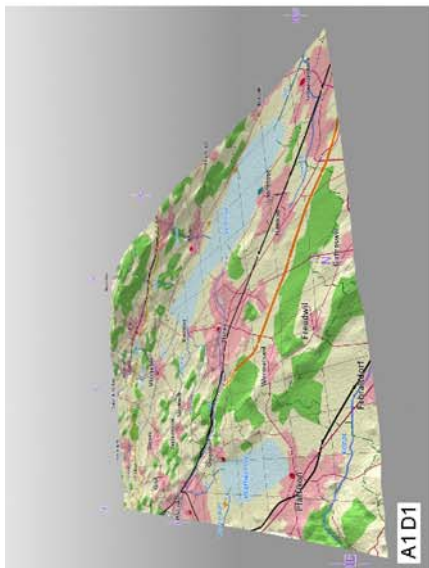
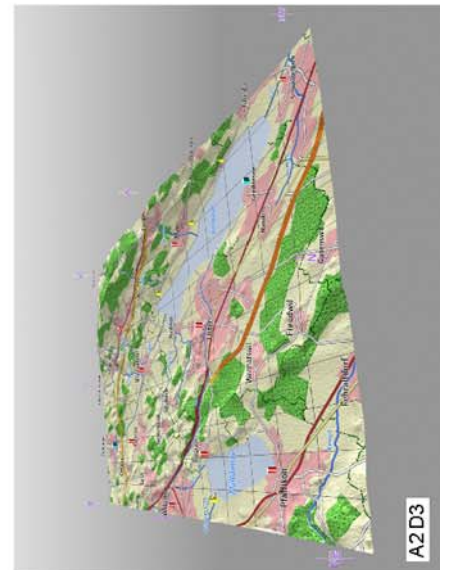
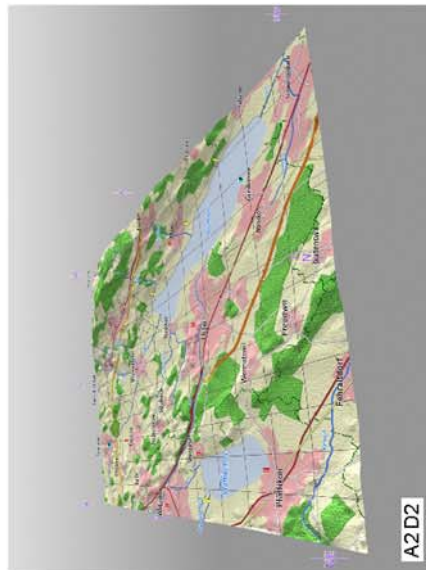
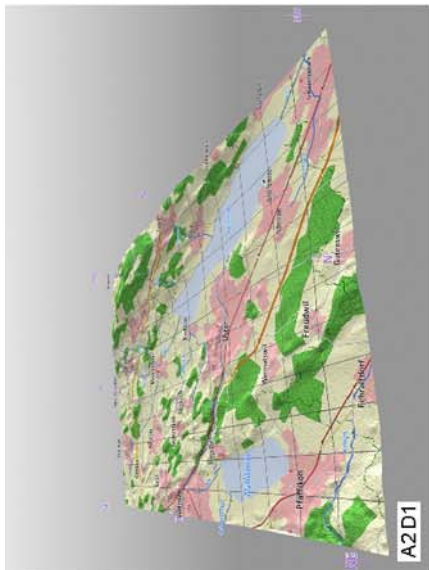
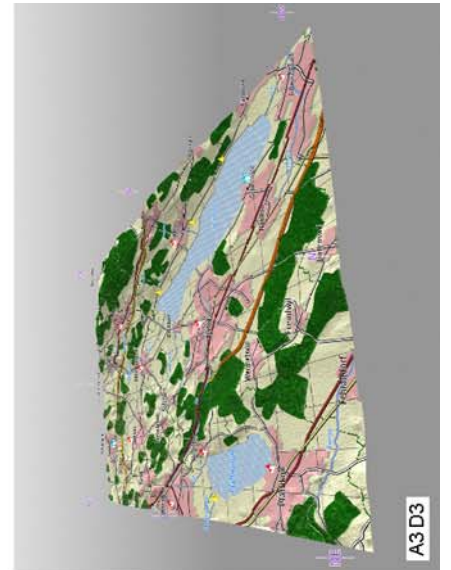
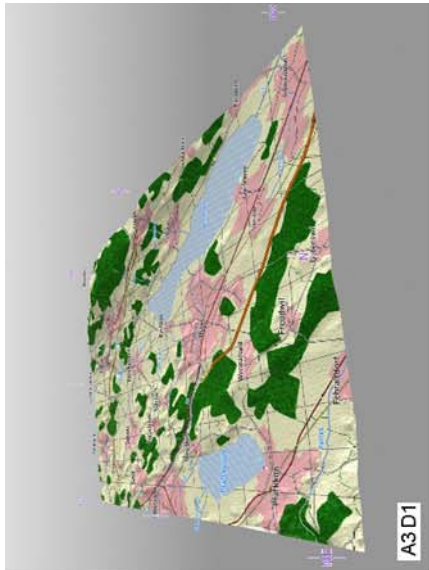
Gestaltungvariable *Beleuchtungsrichtung* (Gestaltungsaspekt *Beleuchtung*)

Variation 1: «*Schräges Rückenlicht – 45°*»



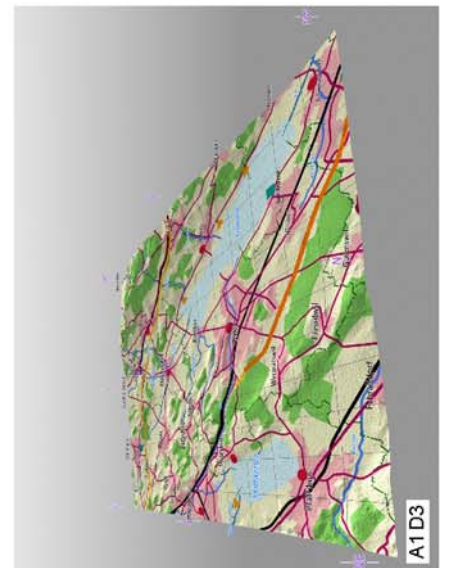
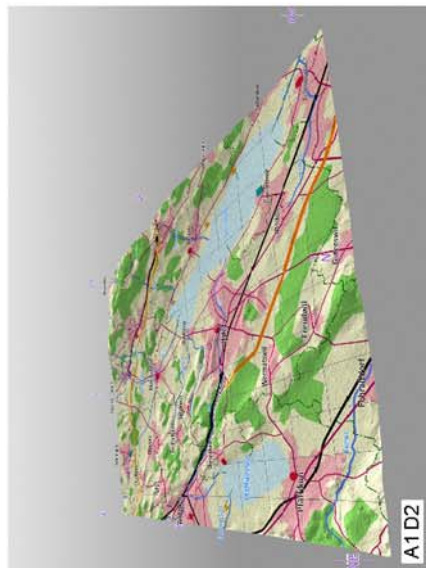
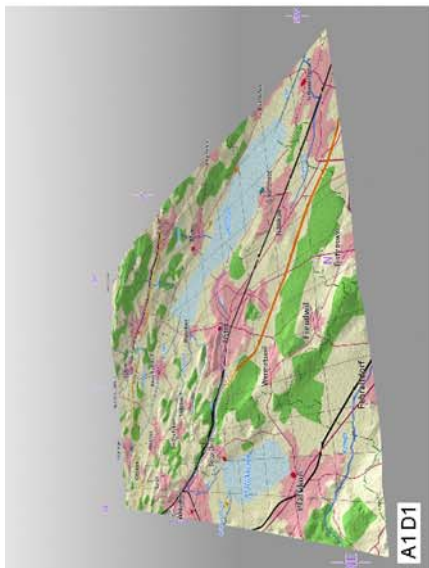
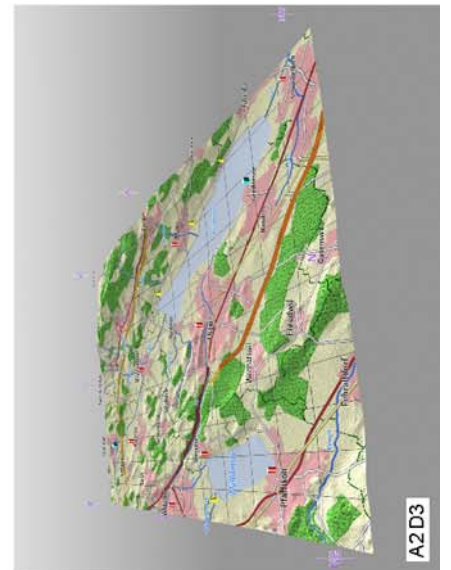
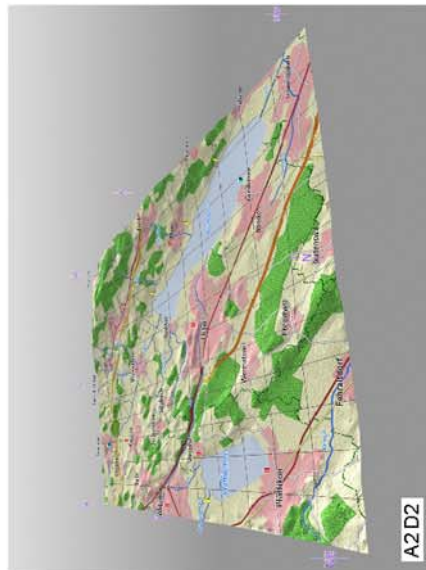
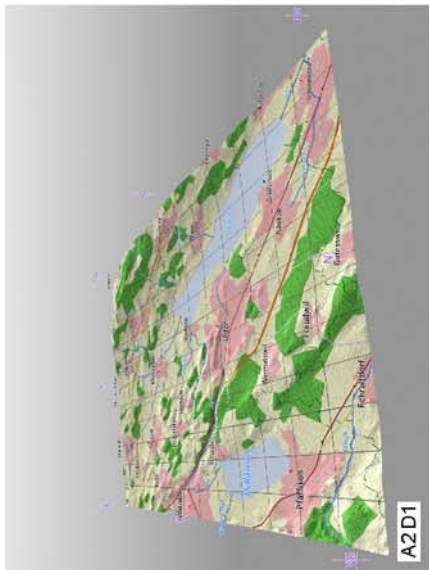
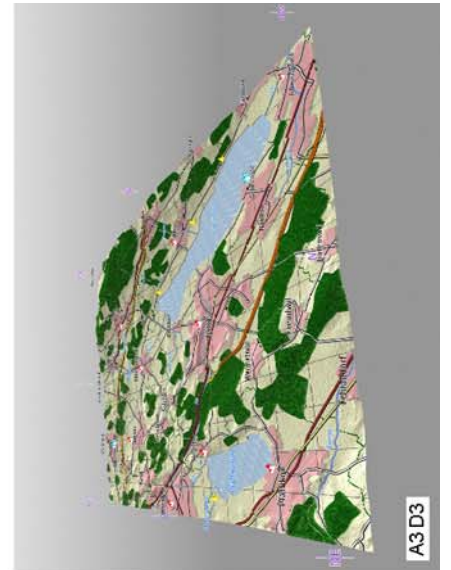
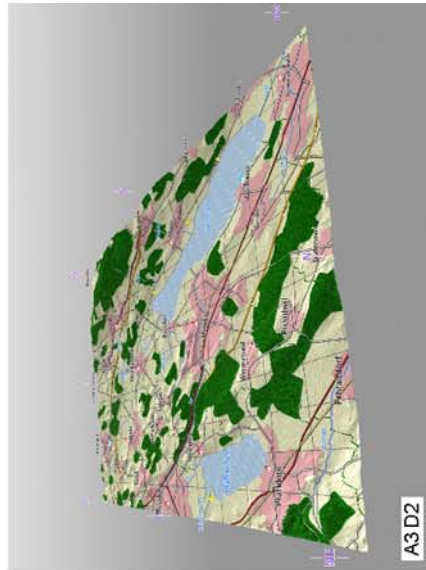
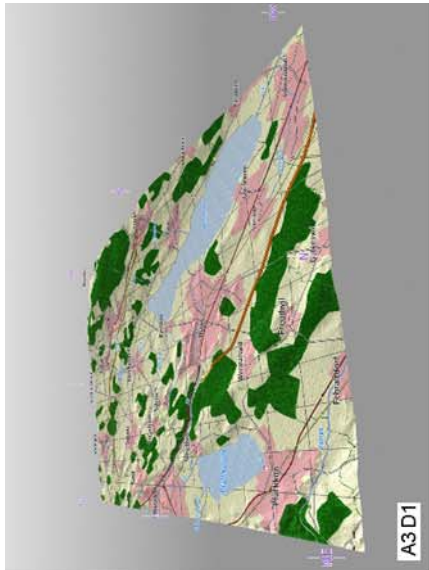
Gestaltungvariable *Beleuchtungsrichtung* (Gestaltungsaspekt *Beleuchtung*)

Variation 2: «**Rechtwinklig einfallendes Licht – 90°**»



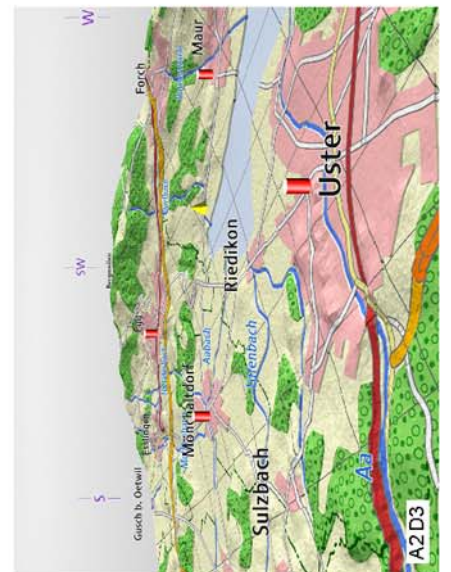
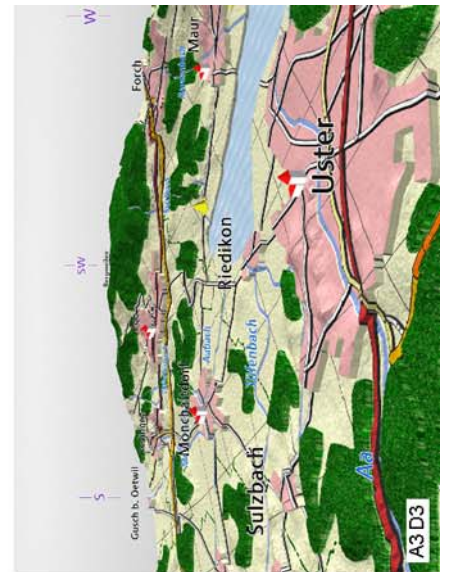
Gestaltungsvariable *Beleuchtungsrichtung* (Gestaltungsaspekt *Beleuchtung*)

Variation 3: «*Schräges Gegenlicht – 135°*»



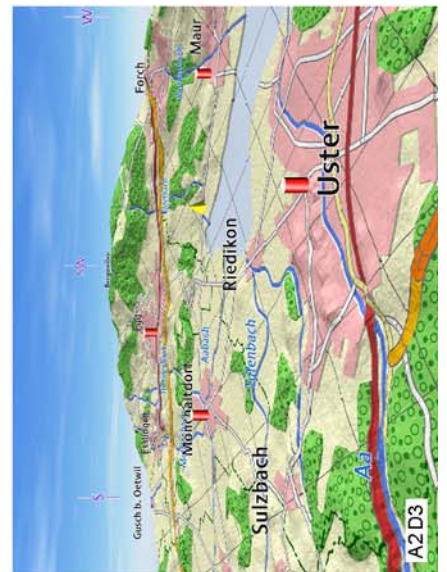
Gestaltungvariable *Himmelsstruktur* (Gestaltungsaspekt *Atmosphärische Effekte und Naturphänomene*)

Variation 1: «*Neutrale Himmelsstruktur*»



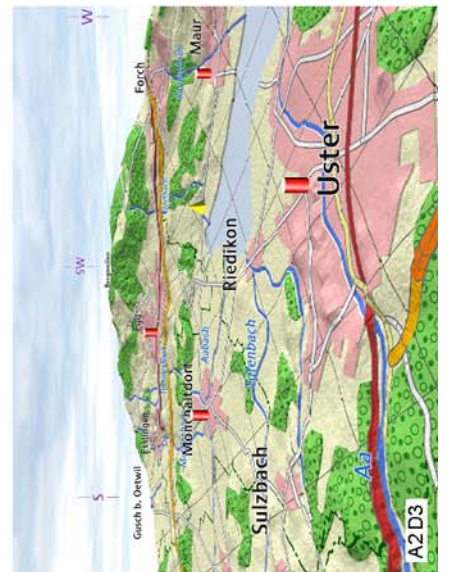
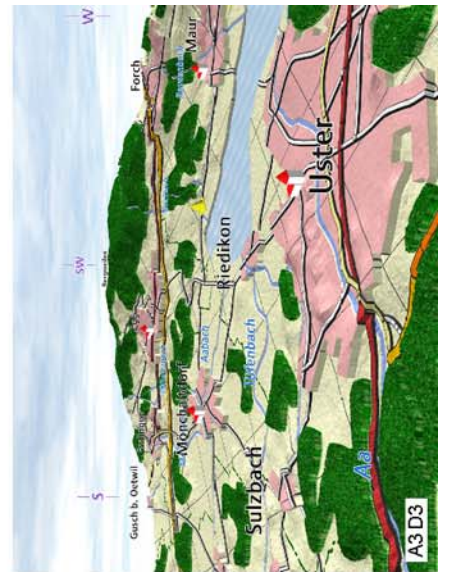
Gestaltungvariable *Himmelsstruktur* (Gestaltungsaspekt *Atmosphärische Effekte und Naturphänomene*)

Variation 2: «*Farbintensive Himmelsstruktur*»



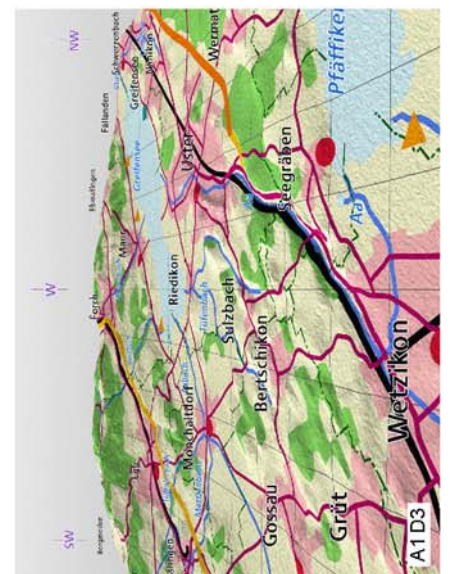
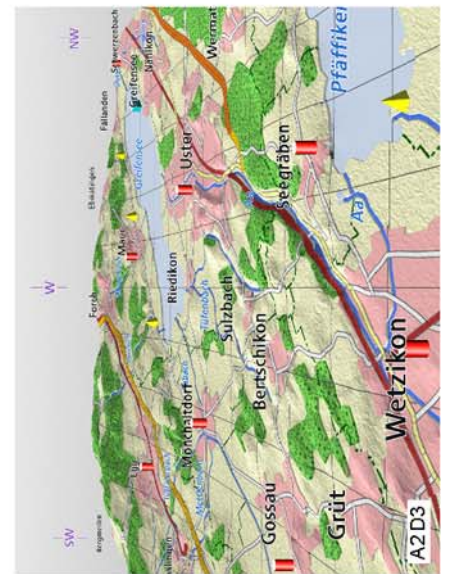
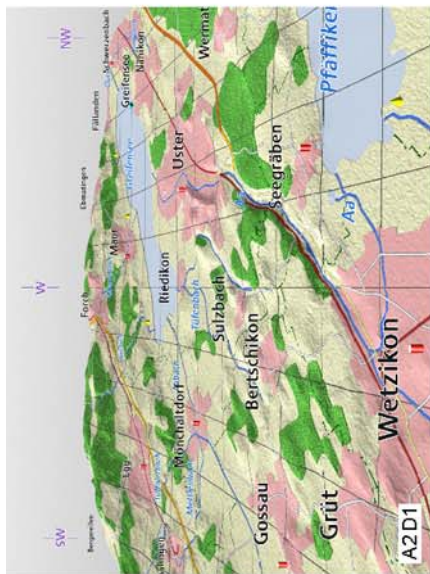
Gestaltungvariable *Himmelsstruktur* (Gestaltungsaspekt *Atmosphärische Effekte und Naturphänomene*)

Variation 3: «**Schwach farbintensive Himmelsstruktur**»



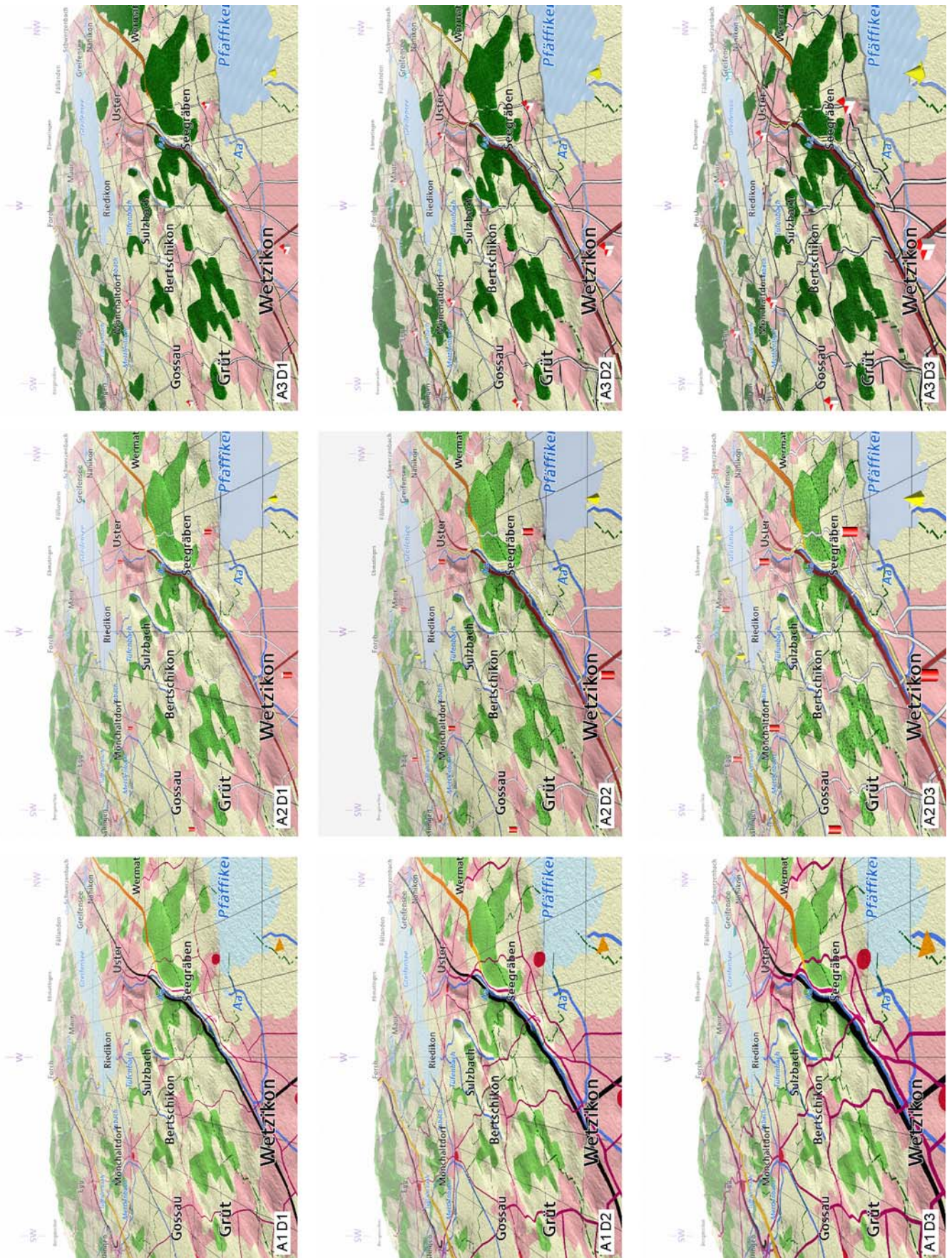
Gestaltungvariable *Dunst* (Gestaltungsaspekt *Atmosphärische Effekte und Naturphänomene*)

Variation 1: «*Ohne Dunst*»



Gestaltungvariable Dunst (Gestaltungsaspekt Atmosphärische Effekte und Naturphänomene)

Variation 2: «Mittlerer Dunst»



Gestaltungvariable Dunst (Gestaltungsaspekt Atmosphärische Effekte und Naturphänomene)

Variation 3: «**Starker Dunst**»



Anhang A.2 *Expertinnen und Experten*

Liste in alphabetischer Reihenfolge (Stand März 2003)

Angsüsser	Stephan		Lehrstuhl für Kartographie, Technische Universität München
Bär	Hansruedi	Dr.	Institut für Kartographie, ETH Zürich
Brandt	Pascal		Swisstopo (Bundesamt für Landestopografie), Wabern
Brandenberger	Christoph	Dr.	Institut für Kartographie, ETH Zürich
Buchroithner	Manfred	Prof. Dr.	Institut für Kartographie, Technische Universität Dresden
Buziek	Gerd	Dr. habil.	Center for Geoinformation CeGi GmbH, Dortmund
Döllner	Jürgen	Prof. Dr.	Hasso-Plattner-Institut für Softwaresystemtechnik, Potsdam
Dransch	Doris	Dr. habil.	Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin
Etzold	Sven		Institut für Kartographie, Technische Universität Dresden
Feldmann	Hans-Uli		Swisstopo (Bundesamt für Landestopografie), Wabern
Giger	Christine	Prof. Dr.	Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich
Gurtner	Martin		Swisstopo (Bundesamt für Landestopografie), Wabern
Huber	Stefan		Institut für Kartographie, ETH Zürich
Hurni	Lorenz	Prof. Dr.	Institut für Kartographie, ETH Zürich
Jenny	Bernhard		Institut für Kartographie, ETH Zürich
Kirschenbauer	Sabine		Institut für Kartographie, Technische Universität Dresden
Koch	Wolf Günter	Prof. Dr.	Institut für Kartographie, Technische Universität Dresden
Lange	Eckart	Dr.	Institut für Raum- und Landschafts- entwicklung, ETH Zürich
Leuzinger	Heinz		Institut für Kartographie, ETH Zürich
Meng	Liqui	Prof. Dr.	Lehrstuhl für Kartographie, Technische Universität München
Räber	Stefan		Institut für Kartographie, ETH Zürich
Reichenbacher	Tumasch		Lehrstuhl für Kartographie, Technische Universität München
Rickenbacher	Martin		Swisstopo (Bundesamt für Landestopografie), Wabern
Sieber	René	Dr.	Institut für Kartographie, ETH Zürich
Spieß	Ernst	em. Prof. Dr. h.c.	Institut für Kartographie, ETH Zürich
Stoll	Heinz		Orell Füssli Kartographie AG, Zürich
Terribilini	Andrea	Dr.	Institut für Kartographie, ETH Zürich

Anhang A.3 Einführung in die Expertenbefragung

Zweiseitiges Word-Dokument im Format A4; verkleinert; Stand 8.1.2003

Dissertationsprojekt

1

«Perspektivische Darstellungen (3D-Karten): Übersicht über involvierte Gestaltungsaspekte und Vorschläge für kartografische Gestaltungsgrundsätze zur statischen Repräsentation auf einem zweidimensionalen Medium»

von Christian Häberling, Institut für Kartographie, ETH Zürich

Einführung zur Expertenbefragung

(Gemeint sind im Folgenden selbstverständlich auch alle **Expertinnen**.)

Dissertationsprojekt

Im laufenden Dissertationsprojekt sollen die involvierten Gestaltungsaspekte bei der Modellierung, der Symbolisierung und der Visualisierung von perspektivischen Darstellungen mit kartografischem Inhalt («3D-Karten») systematisch erfasst werden. Ausgewählte Gestaltungsvariablen werden anschliessend detaillierter untersucht, um erste Hypothesen für kartografische Gestaltungsgrundsätze und deren Handhabung zu formulieren.

Ziel der Befragung

Mit der durchzuführenden Expertenbefragung soll abgeklärt werden, was Fachleute aus dem Gebiet der Kartografie/Geomatik aussagen zu verschiedenen Gestaltungsaspekten von 3D-Karten. Die Fragen und Antworten können dabei folgende Themen fokussieren:

- Gestaltungsvariablen oder deren Variationen
- Gestaltung der Kartenobjekte
- 3D-Karte als gesamte Darstellung eines Kartenmodells

Es sollen eindeutige Aussagen zum sinnvollen und weniger sinnvollen Einsatz verschiedener Gestaltungsaspekte resultieren. Bei den Antworten soll von einer einfachen realistischen Nutzungssituation ausgegangen werden (Erkennung und Erfassung der vorhandenen Strukturen innerhalb eines begrenzten geografischen Gebietes). Dennoch ist für eine persönliche Interpretation und Präferenz genügend Spielraum vorhanden. Aus den gemachten Aussagen werden anschliessend Hypothesen zur allgemeinen Gestaltung von 3D-Karten formuliert, die es später in empirischen Folgeuntersuchungen wiederum zu bestätigen oder zu widerlegen gilt.

Datenmodell

In allen zu beurteilenden 3D-Karten ist stets der gleiche Ausschnitt des Landschaftsmodells VECTOR200 und des digitalen Höhenmodelles DHM25 visualisiert worden (beide Datensätze stammen vom Bundesamt für Landestopographie, Wabern). Er zeigt eine Region aus dem schweizerischen Mittelland mit urbaner Besiedlung, mit den beiden markanten Seen Greifensee und Pfäffikersee sowie dem angeschnittenen Hügelzug des Pfannenstiels. In Realität deckt der Landschaftsausschnitt eine Fläche von 12 x 12 Kilometern ab. Folgende Objektarten sind im Ausschnitt des Landschaftsmodells integriert und symbolisiert:

- Primärflächen (Nutzungsflächen): Siedlungsflächen, Waldflächen, Seen, übriges Gebiet
 - Verkehrswege: Autobahn, Autostrasse, Hauptstrassen (bis 6 Meter Breite), Nebenstrassen (bis 4 Meter Breite), Eisenbahn
 - Gewässernetz: Flüsse/Bäche
 - Einzelobjekte: Kirchen, Schlösser, Campingplätze
- Zusätzlich wurden weitere Orientierungselemente ins Modell integriert und dargestellt:
- Objektbezeichnungen (Labels): Siedlungsnamen, Seennamen, Fluss-/Bachnamen
 - Koordinatennetz: Maschenweite 1 Kilometer, nicht nummerisch angeschrieben
 - Himmelsrichtungen (Labels): an Modellbegrenzung positioniert

Modellbildung

Von diesem Datenmodell wurden 9 unterschiedliche Kartenmodelle abgeleitet (kartografisch symbolisierte Datenmodelle). Jedes dieser Modelle berücksichtigt gleichzeitig 1 von 3 Abstraktionsstufen und 1 von 3 Dimensionsstufen (Beziehungsfeld «Abstraktion/Dimension» mit 9 Kombinationsmöglichkeiten).

Gestaltungsaspekte und Gestaltungsvariablen

Für die Expertengespräche und zur eingehenden Beurteilung wurden aus der Vielzahl von globalen Gestaltungsaspekten die 3 Aspekte **Kamera**, **Beleuchtung** und **atmosphärische Effekte** ausgewählt. Davon sind wiederum dann 1 oder 2 Gestaltungsvariablen bestimmt worden:

- Kamera: - Kamera-Neigungswinkel (vertikaler Betrachtungswinkel)
- Zoomstufe (Vergrößerung; Betrachtungsgrösse)
- Beleuchtung: - Beleuchtungsrichtung (gegenüber Betrachtungsrichtung)
- atmosphärische Effekte: - Dunst (Sichtweite; diffuse Abschwächung zum Hintergrund hin)
- Himmel (Abbildung)

Bei jeder der 5 Gestaltungsvariablen wurden je 3 Variationen gewählt. Einerseits sollen diese das ganze Ausprägungsspektrum der einzelnen Variablen aufzeigen, andererseits müssen sie aber auch zu einer genügend differenzierbaren Abbildung beitragen.

Abbildungen

Die 3D-Karten sind gerenderte Abbildungen der insgesamt 9 Kartenmodelle. Sie wurden mit der Landschaftsvisualisierungs-Software *WORLD CONSTRUCTION SET (Version 4)* erzeugt (© 3DNATURE, Arvada/Colorado). Die grafische Gestaltung der einzelnen Objektklassen erfolgte nach einem festgelegten Symbolisierungsschema, das sowohl die abstrahierte äussere Form als auch die Grösse der symbolisierten Objekte berücksichtigt (Beziehungsfeld «Abstraktion/Dimension»). Die Geometrien und die Positionen der Modell-daten wurden bei allen Abbildungen unverändert belassen. Unsauberkeiten, Artefakte und Friktionen bei der Visualisierung - entstanden aufgrund fehlender Generalisierung, software-technischen Unzulänglichkeiten oder drucker-technischer Inkonzistenz - wurden nicht eliminiert. Das Farbschema und die Schriftenwahl wurden nach kartografischen Gestaltungsregeln für die klassische Kartografie vom Autor festgelegt.

Die 3D-Karten wurden auf dem Trägermedium Papier im Format DIN A4 ausgedruckt. Man könnte sich aber auch Standbilder (Screenshots) von Animationen am Bildschirm darunter vorstellen. Eine einzelne Abbildung besitzt eine metrische Dimension von 24.5 x 18.4 cm. Dies entspricht in etwa einem 12"-Bildschirm eines Laptops. Die Auflösung der ausgedruckten 3D-Karten liegt bei rund 450 dpi.

Präsentation und Anordnung

Für die jeweils 3 Stufen der Abstraktion und der Dimension ergeben sich somit pro Variation der entsprechenden Gestaltungsvariablen eine Abbildungsreihe mit 9 3D-Karten. Jedem Experten werden demzufolge 15 Serien mit total 135 Abbildungen zum Vergleich und zur Beurteilung vorgelegt.

Die Abbildungsreihen werden in Carrés zu je 3 x 3 Bildern angeordnet. Die Dimension des einzelnen Bildes ist so gewählt, dass sich alle Serien auf genügend Tischen problemlos ausbreiten und überblicken lassen. Jede 3D-Karte ist auch gross genug, um darauf Details des Kartenmodells und seiner Objekte zu erkennen. Die Abstraktionsstufen werden in der horizontalen Zeile angeordnet, und zwar in abnehmender Stufe von links nach rechts. Entsprechend werden die Dimensionsstufen in der vertikalen Spalte hingelegt, in zunehmender Stufe von oben nach unten.

Ablauf des Expertengesprächs

Es wurden vier aufbauende Frageblöcke entwickelt, die den Experten in einheitlicher Reihenfolge gestellt werden. Diese Blöcke beziehen sich - je nach Frageninhalt - entweder nur auf einige oder auf alle Abbildungsreihen. Zu Beginn der Sitzung wird Frageblock 1 mit allen Abbildungsreihen behandelt. Anschliessend werden die Frageblöcke 2 und 3 zu einzelnen Abbildungsreihen gestellt und besprochen. Frageblock 4 bezieht sich auf grundsätzliche Aspekte zu 3D-Karten und deren Bedeutung für die Kartografie. Dieser Frageblock kann auch später beantwortet werden. Ein Gespräch soll maximal 2 Stunden dauern, eine Stunde zur Beantwortung der Frageblöcke 1 bis 3, eine weitere für den Frageblock 4.

Kein Experte soll sich vorher mit einer 3D-Karte näher auseinandergesetzt haben. So ist gewährleistet, dass jeder Gesprächspartner unvoreingenommen die Abbildungsreihen betrachtet. Die Auswertung der Antworten erfolgt später nach einzelnen Gestaltungsaspekten resp. nach den verschiedenen Abstraktions- und Dimensionsstufen.

Dank

Allen Personen, die sich für diese Gespräche zur Verfügung stellen, möchte ich bereits jetzt meinen herzlichen Dank und meine Anerkennung aussprechen.

Anhang A.4 Fragenblöcke zur Expertenbefragung

Siebenseitiges Word-Dokument im Format A4; verkleinert; Stand 9.1.2003.

Dissertationsprojekt

1

«Perspektivische Darstellungen (3D-Karten): Übersicht über involvierte Gestaltungsaspekte und Vorschläge für kartografische Gestaltungsgrundsätze zur statischen Repräsentation auf einem zweidimensionalen Medium»

von Christian Häberling, Institut für Kartographie, ETH Zürich

Expertenbefragung

Ziel der Befragung (Wiederholung von Einführung)

Mit der durchzuführenden Expertenbefragung soll abgeklärt werden, was Fachleute aus dem Gebiet der Kartografie/Geomatik aussagen zu verschiedenen Gestaltungsaspekten von 3D-Karten. Die Fragen und Antworten können dabei folgende Themen fokussieren:

- Gestaltungsvariablen oder deren Variationen
- Gestaltung der Kartenobjekte
- 3D-Karte als gesamte Darstellung eines Kartenmodells

Es sollen eindeutige Aussagen zum sinnvollen und weniger sinnvollen Einsatz verschiedener Gestaltungsaspekte resultieren. Bei den Antworten soll von einer realistischen Nutzungssituation ausgegangen werden. Dennoch ist für eine persönliche Interpretation und Präferenz genügend Spielraum vorhanden. Aus den gemachten Aussagen werden anschliessend einige Hypothesen zur allgemeinen Gestaltung von 3D-Karten formuliert, die es später in empirischen Folgeuntersuchungen wiederum zu bestätigen oder zu widerlegen gilt.

Angaben zur Fachperson

Welches ist Ihr Bezug zur Geomatik resp. Ihre heutige Funktion in welchem professionellen Umfeld?

(Ausbildung, kulturelles Umfeld, Funktion, ...)

(stichwortartige) Beschreibung: _____

Welche Erfahrungen haben Sie im Umgang mit Geodaten?

(mehrere Antworten möglich)

- Konzeptionelle/redaktionelle Arbeiten bei Geodatenprojekten
- Generierung/Erstellung/Erfassung
- Modellierung allgemein
- 3D-Modellierung
- Analyse
- Visualisierung
- 3D-Visualisierung

speziell: _____

2

Welche Interessenfelder bearbeiten Sie in der Kartografie resp. Geomatik?
(mehrere Antworten möglich)

- klassische Kartografie
- GIS-Anwendungen
- Geodäsie
- Photogrammetrie/Fernerkundung
- perspektivische Darstellungen
- 3D-Karten

andere: _____

Kennen Sie den zugrundeliegenden Landschaftsausschnitt?

- Ja, aus der Realität
- Ja, von einem anderen (Karten-)Modell her
- Nein
- andere Gründe: _____

Frageblock 1: Spontane Wahrnehmung und Empfindung

Erläuterungen

Der Frageblock 1 dient dem Einstieg ins Thema. Es soll die unmittelbare **Wahrnehmung** der Fachperson angesprochen werden. Gleichzeitig drücken sich durch die getroffene Wahl von 3D-Karten auch die **grafischen und ästhetischen Präferenzen** zur Gestaltung des Modellausschnittes aus.

Die Fragen sollen rasch, spontan und **ohne Vorinformationen** zum topografischen Inhalt beantwortet werden. Eine Interpretation oder eine Reflexion der 3D-Karten soll noch nicht erfolgen. Ebenso soll noch **keine konkrete Nutzungssituation** vorausgesetzt werden. Eine eingehende Analyse des Karteninhaltes sollte vermieden werden.

Konkrete Aufgabenstellung:

- Legen Sie bei jeder Darstellungsserie 3 gleichfarbige Markierungen auf diejenigen 3D-Karten, die Sie gemäss Fragestellung auswählen.
- Die für Sie positivste resp. ungünstigste 3D-Karte soll mit einer weiteren Markierung zusätzlich bezeichnet werden.
- Ein Protokoll zu den Bewertungen und für die Stichworte wird durch den Gesprächsleiter geführt.

1.1 Welche 3D-Karten wirken auf den ersten Blick am attraktivsten, am überzeugendsten?
(grüne Markierungen)

1.2 Welche 3D-Karten wirken unattraktiv, ungünstig?
(rote Markierungen)

Frageblock 2: Wahrnehmung und Beurteilung von Variationen der Gestaltungsvariablen

Erläuterungen

Der Frageblock 2 bezieht sich auf die Beurteilung von Variationen der 3 Gestaltungsvariablen **Kamera-Neigungswinkel**, **Zoomstufe** und **Dunst**. Dazu wurden die 9 Kartenmodelle (je mit diskreter Ausprägung innerhalb des Beziehungsfeldes «Abstraktion/Dimension») nach festgelegten numerischen Eingaben für die Betrachtung und die Beleuchtung visualisiert. Nun soll auf die Wirkung der einzelnen Variation sowie auf die sinnvollen und weniger sinnvollen Variationen der Gestaltungsvariable näher eingegangen werden.

Konkrete Aufgabenstellung

Beurteilen Sie anhand der Darstellungsserien die 3 Variationen zur jeweiligen Gestaltungsvariable. (Beachten Sie auch die farbigen Markierungen, die Sie beim Frageblock 1 pro Darstellungsserie auf die 3D-Karten gelegt haben.)

Zur Entscheidungsfindung könnten Ihnen folgende Fragen zur **Sichtbarkeit**, zur **Erkennbarkeit**, zur **Interpretierbarkeit** und zur **Unterscheidbarkeit** von Kartenobjekten und Kartenmodellen zum Urteil verhelfen:

- Bei welchen 3D-Karten sind die **Kartenobjekte** am auffälligsten ?
- Bei welcher 3D-Karte sind die **Kartenobjekte** am besten sichtbar?
- Bei welchen 3D-Karten sind die abgebildeten **Kartenobjekte** voll interpretierbar?
- Bei welcher 3D-Karte lassen sich die **Kartenobjekte** gut voneinander unterscheiden?

- Bei welchen 3D-Karten ist das abgebildete **Kartenmodell** voll interpretierbar?
- Welche 3D-Karten gewähren die beste Übersicht übers **Kartenmodell**?

Frageblock 3: Konkrete Aufgabenstellungen

Im Frageblock 3 werden zu den Gestaltungsvariablen *Kamera-Neigungswinkel* und *Zoomstufe* zwei konkrete Aufgabestellungen (Nutzungssituationen) vorgelegt, die mit den Darstellungsserien gelöst werden sollen.

Aufgabe 1: Wegverfolgung

- 3.1 Bei welcher Darstellung lässt sich der Weg von **Greifensee** nach **Esslingen** über **Uster** auf dem Landweg am besten verfolgen?
- 3.2 Weshalb?
- 3.3 Bei welcher Darstellung lässt sich der Weg von **Greifensee** nach **Esslingen** über **Uster** auf dem Landweg überhaupt nicht verfolgen?
- 3.4 Weshalb nicht?

Aufgabe 2: Distanzschätzung

- 3.5 Bei welcher Darstellung lässt sich (optisch) die Distanz von **Egg (Kirche)** zum **Autobahnanschluss östlich von Uster** am besten abschätzen?
- 3.6 Weshalb?
- 3.7 Bei welcher Darstellung lässt sich (optisch) die Distanz von **Egg (Kirche)** zum **Autobahnanschluss östlich von Uster** überhaupt nicht abschätzen?
- 3.8 Weshalb nicht?

Frageblock 4: Allgemeine Aspekte zu 3D-Karten

Der Frageblock 4 dient zur Diskussion über allgemeine Aspekte im Zusammenhang mit 3D-Karten. Dabei sollen **Meinungen** und **Eindrücke** der Fachperson erfasst werden. Vor allem sollen zum entsprechenden Aspekt auch Einschätzungen zur **heutigen Situation** sowie zu **zukünftigen Entwicklungen** aufgezeigt werden.

4.1 Bedeutung

(Vergleich zur klassischen Kartografie, zu anderen Darstellungstypen, Wert, Effizienz, ...)

4.2 Einsatzbereiche

(Darstellungstypen, Branchen, ...)

4.3 Zielpublikum

(Profis, (interessierte) Laien, Schüler, Medienkonsumenten, ...)

4.4 Zu lösende Aufgabenstellungen

(Information, Exploration, Analyse, Erlebnis, Spiel, ...)

4.5 Funktionalitäten

(Abfragen, Interaktion, interaktive Navigation, Animation, Daten-Import/-Export, Drucken, ...)

4.6 Präsentationsmedien

(Papier, CD-ROM (Bildschirm), Internet, ...)

4.7 Computertechnologie (Soft-/Hardware): Anforderungen und Entwicklung

4.8 (Geo-)Daten: Anforderungen und Entwicklung
(Typen, Datengenauigkeit, Massstabsbereiche, Verfügbarkeit, Kosten, ...)

4.9 Gestaltung von 3D-Karten: Anforderungen und Entwicklung
(Grafik, Userinterface, Navigation, ...)

4.10 Weitere Aspekte

Anhang A.5 Bewertungsformular zur Expertenbefragung

Excel-Dokument im Format A4; verkleinert; Stand 7.12.2002.

Dissertationsprojekt *Ch. Häberling, Institut für Kartographie, ETH Zürich*

Bewertungsprotokoll

Gestaltungaspekt: _____

Gestaltungsvariable: _____

Datum: _____

Experte/-in: _____

Variation: _____

Variation: _____

A1-D1	A2-D1	A3-D1
A1-D2	A2-D2	A3-D2
A1-D3	A2-D3	A3-D3

Abstraktionsstufe

Dimensionstufe

Variation: _____

A1-D1	A2-D1	A3-D1
A1-D2	A2-D2	A3-D2
A1-D3	A2-D3	A3-D3

Abstraktionsstufe

Dimensionstufe

Variation: _____

A1-D1	A2-D1	A3-D1
A1-D2	A2-D2	A3-D2
A1-D3	A2-D3	A3-D3

Abstraktionsstufe

Dimensionstufe

7.12.2002 / Christian Häberling

Anhang A.6 Qualitative Aussagen zu allgemeinen Aspekten von 3D-Karten (Antworten zum Fragenblock 4)

Bedeutung und Eigenheiten von 3D-Karten

<p>Bedeutung (positiv lautende Äusserungen):</p> <ul style="list-style-type: none"> - hohe, grosse Bedeutung - potenziell effiziente Methode - grosses Potenzial (v.a. im touristischen Bereich) (4) - wachsende Bedeutung, falls interaktive Möglichkeiten vorhanden (5) - Erweiterung der Kartografie - Publikum erwartet 3D-Anwendungen (wegen Kenntnissen über «Nebenprodukte») 	Total 12
<p>Bedeutung (negativ lautende Äusserungen):</p> <ul style="list-style-type: none"> - geringe Bedeutung (evtl. nur im touristischen Bereich) - Mehrwert für Nutzer fraglich - kein hervorragender Mehrwert - vermutlich eher Nischenprodukt - abnehmende Bedeutung zugunsten von fotorealistischen, naturähnlichen Darstellungen - analytisch gerechnete 3D-Karten unterlegen im Vergleich zu gemalten Panoramakarten (2) 	Total 8
<p>Nutzungswert:</p> <ul style="list-style-type: none"> - zusätzliche Darstellungsaspekte können ausgedrückt werden (z.B. Stimmungen) - höhere Anschaulichkeit, hohe Plastizität des dargestellten Themas (5) - intuitivere Erfassung (als klassische Karte) (5) - höherer Abstraktionsgrad als klassische, manuell erstellte Vogelschaubilder (oder Panoramakarten) - Thema kann deutlicher heraustreten (v.a. reale und naturräumliche Phänomene) - gute Kombination von Anschaulichkeit und Ablesen genauer Werte (durch interaktive DB-Abfrage) - häufig attraktiver, u.a. wegen Neuigkeitscharakter - Impulsgeber für neue Anschauungen oder Absichten - Repräsentation von Objekten und Strukturen in quasi räumlicher Umgebung 	Total 17
<p>Abhängigkeiten des Nutzungswertes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nutzungswert stark abhängig vom Einsatzgebiet, von Anwendung, von Nachfrage - Nutzungswert stark abhängig von effizienten technischen Erstellungsmöglichkeiten 	Total 2
<p>Kartentyp:</p> <ul style="list-style-type: none"> - als (kartografischer) Infografik-Typ anzusehen - nicht als «echte Karten» zu betrachten und zu verwenden 	Total 2
<p>Vergleich mit 2D-Karten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ergänzende Darstellungsart zu 2D-Karten und «echt-3D-Karten» (4) - 2D-Grundrissdarstellung behält nach wie vor (vorrangige) Berechtigung (2) - kein Ersatz für «echte» (grundrissliche) Karten 	Total 7
<p>Erstellungsaufwand:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sehr entscheidend für spätere Verwendung - Erstellung muss digital geschehen (wegen Aufwand) - 3D-Karte muss dem Erstellungsprozess gerecht werden 	Total 3
<p>Stand der 3D-Karten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bereich 3D-Karten erst am Anfang - viel Erfassungsarbeit bleibt noch zu tun, v.a. der 2D-Geodaten 	Total 2
<p>Vermarktung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - nur wo Daten und Geld zur Verfügung stehen, bekommen 3D-Karten eine Bedeutung 	Total 1

Einsatzbereiche

Allgemeines zu Einsatzbereichen (positiv lautende Äusserungen):	Total 13
<ul style="list-style-type: none"> - breites Einsatzspektrum - 3D-Karten als Ergänzung zur klassischen 2D-Karte (3) - 2D-Karte als Spezialfall einer 3D-Karte - volumenhafte Darstellungen; nicht nur Oberflächen-Darstellungen mit Texturen - Darstellungen mit topografischem Bezug sinnvoll (2) - statistische Oberflächen integrieren und visualisieren - für Visualisierungs- und Auskunftssysteme - Einsatz dort, wo räumlicher (vertikaler) Erkenntnisgewinn angestrebt wird - Einsatz dort, wo 3D-Karten rasche Erfassung der Zusammenhänge erlauben - vermehrt in Massenmedien einzusetzen 	
Allgemeines zu Einsatzbereichen (negativ lautende Äusserungen):	Total 3
<ul style="list-style-type: none"> - für wenige Einsatzzwecke - (wertvolle) Informationen werden verdeckt, sind nicht mehr sichtbar - weniger für thematische Darstellungen mit flächenhaften Informationen 	
Arten der Darstellung:	Total 5
<ul style="list-style-type: none"> - als statische Darstellung - als ergänzender Bestandteil in digitalen Atlassystemen - als (grossformatige) Schautafel - als Grafik der «Scientific visualisation» - als Infografik (in visuellen Medien) 	
Ausbildung:	Total 11
<ul style="list-style-type: none"> - Einsatz in Schulen, Hochschulen, Militär, etc. (4) - zur Schulung in Kartografie (2) - zur Schulung des räumlichen Vorstellungsvermögens - spielerischer, motivierender, herausfordernder Umgang mit Geodaten(-modellen) - in Heimatkunde, Geografieunterricht (2) - in Geschichte 	
Planung allgemein	Total 7
Raum- und Landschaftsplanung:	Total 8
<ul style="list-style-type: none"> - Raumplanung (2) - Städteplanung (2) - Landschaftsplanung - allerdings: 3D-Kartografie nicht in Richtung Landschaftsplanung entwickeln lassen - Architektur (Landschaftsbild) (2) 	
Äusserungen zur Verkehrsplanung:	Total 2
<ul style="list-style-type: none"> - Verkehrsplanung - Tiefbau 	
Privatwirtschaftliche Massnahmenplanung:	Total 5
<ul style="list-style-type: none"> - Funknetzplanung (2) - zur Konzeption von Antennenstandorten (2) - fürs Facility Management 	
Location Based Services (LBS):	Total 1
<ul style="list-style-type: none"> - bei Fahrzeugnavigation 	
Tourismus:	Total 11
<ul style="list-style-type: none"> - Tourismus allgemein (2) - Ortsplan, Gebietsplan (2) - Skigebiet (3) - Wanderführer - Ausstellungsgebiet - Aussichtspunkte - Anfahrtspläne 	

(Fortsetzung)	
Wissenschaft:	Total 3
- zur visuellen Unterstützung von wissenschaftlichen Ergebnissen	
- zum Berechnen und Analysieren von 3D-Volumenmodellen	
- mehr kleinräumige, grossmassstäbige Modelle	
Naturwissenschaften:	Total 7
- Umweltbereich (z.B. gefährdete Regionen, Naturgefahren)	
- Geografie, Geomorphologie (z.B. Landschaftstypen)	
- Hydrologie (z.B. Überflutungen, Grundwasser) (2)	
- Glaziologie (z.B. Permafrost)	
- Geologie, Tektonik	
- Klima	
Elektronische Medien (z.B. Fernsehen):	Total 4
- zur Streckenvisualisierung bei Sportveranstaltungen	
- zur Meteo-Visualisierung	
- in der Werbung	
Printmedien:	Total 2
- in Zeitungen, Zeitschriften	
- in Büchern	
Politische Informationen an Veranstaltungen:	Total 3
- Information zu Bürgerbeteiligungen (2)	
- Informations- und Überzeugungsarbeit für Politiker	
Unterhaltung:	Total 3
- Computerspiele (2)	
- für 3D-Spiele	

Zielpublikum

Generelle Äusserungen:	Total 7
- breites Nutzerspektrum (5)	
- für alle, denen auch 2D-Karten dienen	
- zukünftig: jede Person sollte damit umgehen können	
Interessierte Laien:	Total 6
- Personen mit Schwierigkeiten im Kartenlesen	
- Computer-Homeuser	
Medienkonsumenten	Total 5
Touristen	Total 2
Schüler	Total 6
Lehrpersonen (auf allen Stufen)	Total 1
Professionals:	Total 9
- grundsätzlich geringer Bedarf oder Nutzen, weil gewohnt im Umgang mit abstrakten grundrisslichen Darstellungen (3)	
- 3D-Karten bieten nicht mehr Vorteile	
- für spezielle, komplexe Aufgaben, z.B. im GIS-Bereich (2)	
- für 3D-Volumenmodelle (z.B. 3D-Matterhorn) (2)	
- als Training für Spezialisten (z.B. Informatiker)	
Verwaltungspersonal	Total 2

Zu lösende Aufgabenstellungen

Allgemeine Äusserungen:	Total 6
- Aufzeigen von räumlichen Sachverhalten	
- Vorstellungsvermögen schulen (3D thinking) (2)	
- Kartenlesen erlernen	
- neue Perspektiven ermöglichen	
- dreistufiger Funktionsaufbau	
1 Eyecatcher (ohne komplexen Inhalt)	
2 Erkennen der globalen Strukturen	
3 visuelle Analyse	
(Kartennutzer werden vermutlich auf Stufe 2 stehen bleiben)	
Präsentation	Total 1
Orientierung:	Total 5
- (schneller) Überblick, rasche Übersicht (über globale Struktur) (5)	
- anstelle eines Lexikons	
(Kurz-)Information:	Total 3
- rasche Informationsgewinnung übers Gelände	
- anschauliche, wirklichkeitsnahe Abbildung des Georaumes (2)	
Planung:	Total 2
- Reiseplanung für Urlaub	
- sollte vermehrt genutzt werden	
Exploration:	Total 10
- durch interaktive Benützung (6)	
- visuell (2)	
- Erweiterung durch 3D-Volumenmodelle (2)	
Visuelle Analyse:	Total 9
- beschränkt möglich	
- evtl. Abfragen von Daten in einer Datenbank	
Simulationen:	Total 1
- von Katastrophenszenarios (z.B. für Demonstrationen, Gebäudeevakuierungen)	
Spiel und Erlebnis (auch Quiz):	Total 5
- steigert Erlebnisgehalt (3)	
- Bedeutung wohl relativ gering	
- nicht unbedingt sinnvoll	

Funktionalität

<p>Allgemeine Äusserungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Funktionalität muss auf Kartenfunktion und zu lösende Aufgaben ausgerichtet sein (2) - 3D-Karten nur in interaktivem System zu verwenden (sonst kein Vorteil) - man muss damit arbeiten können, eigene Aufgabenstellungen lösen können - Identität verbreitend, Identität stiftend - Funktionalitäten bewusst einschränken (v.a. Betrachtung wegen Verzerrungen) 	Total 6
<p>Äusserungen zu generellen Problemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Überhöhungen des Geländeobjektes sinnvoll (bei Bedarf) - häufig Verdeckungen von Objekten - statische Darstellungen bringen zu wenig 	Total 3
<p>Abfragemöglichkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3D-Karten dafür wenig geeignet - Thematische Objektanfrage (z.B. an Stationen in Ausstellungen) - Objektanfragen zur Geometrie (z.B. Längen, Flächen, Höhen) (2) 	Total 4
<p>Animation und dynamische Darstellungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - grösster Nutzen und Vorteil von 3D-Karten - für Fly-through-, Walk-through-Animationen prädestiniert (7) - möglichst real wirkende Flüge generieren - Darstellung möglichst in Echtzeit (real-time) - Informationsextraktion aus Flugmodus schwierig 	Total 11
<p>Interaktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> - interaktive Möglichkeiten sind entscheidend für Attraktivität - mit interaktiven Möglichkeiten (unbedingt) ergänzen (3) - Implementierung allerdings oft schwierig (2) - flexible Symbolisierung erlauben - Objektansatz bietet grosses Potenzial - Interaktion innerhalb sinnvollem Bereich zulassen (Begrenzung der Parametereinstellungen) 	Total 9
<p>Navigation (interaktive):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Navigation ist sehr wichtig (2) - notwendig für individuelle, nutzeradäquate Anforderungen an Darstellung - Änderung der Perspektive ermöglichen 	Total 4
<p>Simulationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Simulationen erlauben durch gezielte Veränderung von Objekten (2) - sinnvoll für Szenarien bei Landschaftsveränderungen 	Total 3
<p>Serviceleistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hilfestellungen anbieten (Convenience services; z.B. Messfunktion) 	Total 1
<p>Datenintegration und -import:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integration von eigenen Objekten (2) - Integration von eigenen Funktionen - Integration von eigenen Nutzungsparametern - Integration von GPS-Tracking-Daten - Importtools zur Berechnung von Profilen - Importtools zur Einbringung von Überhöhungen - Anbindung und Verknüpfung mit Datenbanken (ermöglicht Info-Pools) (2) 	Total 9
<p>Modellstruktur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modellstruktur mit Layern sinnvoll - Schichten- und Layerabfrage ermöglichen - Möglichkeit zur Visualisierung selektierter Ausschnitte (Fokusbereiche) 	Total 3
<p>Druckmöglichkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Druckfunktion integrieren (2) - Druckfunktion nur bedingt sinnvoll 	Total 3

Präsentationsmedien

<p>Allgemeine Äusserungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trägermedium zweitrangig (3) - Medium beeinflusst Symbolisierung entscheidend - Voraussetzungen müssen stimmen (Auflösung, Farbumfang) - Gestaltung, Positionierung abhängig vom Ausgabemedium 	Total 6
<p>Digitale Nutzung</p> <ul style="list-style-type: none"> - wegen Möglichkeit zur Informationsabfrage - wegen Möglichkeit zur Adaption (2) - wegen Möglichkeit für Interaktivität und Interaktionen (3) - wegen grösserer Flexibilität - wegen Möglichkeit zur Einbringung von dynamischen Darstellungen - sinnvoll nur wenn visuelle Qualität hochstehend 	Total 9
<p>Internet:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tendenziell dahingehend (3) - Trend zu semantischem Web - auch Einbindung statischer Bilder (z.B. Lawinengefahren, -abgänge) - Problem: (noch) zu langsam wegen Performance - Lizenz an Hardware gebunden - mögliche Abgeltung und Bezahlung mit Kreditkarte 	Total 8
<p>CD-ROM:</p> <ul style="list-style-type: none"> - auch DVD - am besten, da schnell, einfach, flexibel, billig (3) - Aufheben von Nachteilen der 3D-Papierdarstellungen - Möglichkeit zur Betrachtung aller Bereiche, auch verdeckter Bereiche - «Topo USA»: sehr gutes Beispiel für Navigation und Überblick - halbautomatisch, animierter Ablauf («Erzählung») von Szenen und «Geschichten» 	Total 8
<p>Mobile Geräte (Handy, PDA):</p> <ul style="list-style-type: none"> - zukünftig auf kleinen Displays (z.B. GPS-Empfänger) 	Total 1
<p>Papier:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beschränkter Einsatz denkbar - nur für spezielle Zwecke sinnvoll (2) - denkbar als Blickfang (z.B. im Tourismusbereich) (2) - bessere Qualität mit Druck möglich - generell keine Vorteile (3) - Darstellungen zu Details in dargestellten Gebieten - heikle kartografische Gestaltung 	Total 10

Computertechnologie

Allgemeine Äusserungen:	Total 2
- möglichst wenig komplexe Anwendungen	
- zukünftig auch als Location Based Services (LBS)	
Hardware:	Total 10
- leistungsfähige Computer sind Voraussetzung (Prozessoren, Speicherkapazität, Grafikkarten) (5)	
- Leistung genügend für 3D-Anwendungen im Real-time-Modus	
- schnelle Übermittlung notwendig	
- schnelle Renderingprozesse notwendig	
- kurze Antwortzeiten bei Interaktionen	
- hochauflösende Bildschirmabbildungen	
Software:	Total 8
- heute noch keine Standardsoftware in Sicht	
- Software soll unabhängig von Plattform sein	
- kostengünstig	
- stabile Lauffähigkeit	
- bedienfreundlich, einfach erlernbar	
- darf nicht zu komplex sein	
- nicht nur für Spezialisten gedacht	
- gestalterische Freiheit kann durch Computer nicht ersetzt werden	
Visualisierung:	Total 2
- WYSIWYG-Darstellung nötig	
- Visualisierung möglichst über Internetbrowser (mittels Plug-In)	
Funktionen:	Total 6
- Baukastensystem für verschiedene Einsatzbereiche (modularer Aufbau)	
- Module verfügbar machen über Musterfunktionen und Formatvorlagen (Templates)	
- Vorschauen (Preview) integrieren	
- Geländebearbeitung ermöglichen	
- Tools für Perspektivänderungen bereitstellen	
- Verknüpfung von Betrachtungs-, Beleuchtungs-, Geländerichtung	
- Lichtrichtung interaktiv anpassbar machen zur partiellen Geländebeleuchtung	
Ressourcenrestriktionen:	Total 1
- Vermeidung und Abbau von Restriktionen (z.B. Bildschirmauflösung, Verarbeitungsgeschwindigkeit, Real-time-Darstellungen)	

(Geo-)Daten

Struktur und Eigenschaften:	Total 14
<ul style="list-style-type: none"> - reale 3D-Daten nötig (v.a. für volumenhafte Darstellungen) - georeferenziertes Arbeiten notwendig (2) - GIS-mässig strukturiert (2) - generalisierte Daten zu Grunde legen (2) - möglichst einfache Datenstruktur zu Grunde legen - Datensätze derzeit noch unhandlich - schnelle Darstellungsgeschwindigkeit wichtig (effiziente Renderingfunktionen) - zoomstufengerechte Präsentation (adaptives Zooming) (2) - automatischer Kartenwechsel - Daten nach Layerprinzip geordnet - zu Daten weitere Dienstleistungen gefordert (z.B. Vorschau, Anzeige Metadaten) 	
Datentypen:	Total 10
<ul style="list-style-type: none"> - DHM - Vektordaten (4) - flächendeckend, in diversen Generalisierungsstufen («Massstäbe») vorhanden - hybride Versionen (Vektor- und Rasterdaten) - Rasterdaten - Vergleich sinnvoll (v.a. Orthofotos) - Rastertexturen weniger häufig anwenden 	
Masstab:	Total 8
<ul style="list-style-type: none"> - je nach Zweck - nach wie vor Problem - «grossmassstäbig» (1: 5 000 – 1: 100 000) - klein- bis mittelmassstäbig (kleiner als 1: 100 000) (2) - Grunddaten 1: 10 000 - genügende Lagetreue gefordert - korrespondierende Datensätze müssen nicht massstabsabhängig sein 	
Geografisches Gebiet:	Total 3
<ul style="list-style-type: none"> - für touristische Regionen - nicht nur flächendeckende Datensätze - für spezielle Einzelobjekte (Points of Interest) 	
Verfügbarkeit:	Total 3
<ul style="list-style-type: none"> - hohe Verfügbarkeit, möglichst unbeschränkt (2) - flächendeckend - grundsätzlich über private Firmen 	
Qualität:	Total 5
<ul style="list-style-type: none"> - hohe Datenqualität gefordert (grafische Qualität und Vollständigkeit) (2) - Datenqualität darf geringer sein (als klassische topografische Karte) (2) - heute kein Feedback über Datenqualität zu erwarten 	
Kosten:	Total 9
<ul style="list-style-type: none"> - grosses Problem - heute (noch) zu teuer (v.a. bei einmaligem Gebrauch) (2) - tiefere Kosten (Forderung) (2) - Datensätze derzeit noch zu teuer (Swisstopo, ATKIS, ...) (2) - Kosten werden sinken (Entwicklung) - Gratisdaten kaum angeboten (auch in Zukunft) 	

Gestaltung von 3D-Karten

Allgemeine Äusserungen: - Gestaltung ist breites Betätigungsfeld - bleibt noch viel zu leisten - themen- oder aufgabenorientierte Gestaltung (2) - Gestaltung ist sehr aufwändig - Autor muss mehr überlegen, wie viele Informationen es braucht	Total 6
Gestaltungsprinzipien: - prinzipiell gleiche kartografische Gestaltungsgrundsätze wie für gemalte Panoramen - problematisches Zusammenspiel der kartografischen Gestaltungsaspekte bei statischen 3D-Karten - Visualisierung qualitativ hochstehender Daten mit entsprechenden Ansprüchen an Genauigkeit	Total 3
Gestaltungstypen (Darstellungstypen): - Blockbilder gut geeignet als Darstellung - klare Trennung zwischen Infografik und «echten» Karten	Total 2
Struktur und Modellierung (bei Produktgestaltung): - Funktionen im Baukasten-Prinzip zur Erstellung von 3D-Karten - modularer Aufbau der Datenmodelle (2) - mit Level-of-Detail(LoD-)-Ansatz möglichst viele Massstabsbereiche abdecken (2) - Level-of-Detail(LoD-)-Ansatz mit klaren Grenzkriterien	Total 6
Gesamtbetrachtung, Visualisierung: - interaktive Kameraführung (für Panoramen, Flüge) - interaktive Geländemodellierung (für Betonungen, Verzerrungen) - Berücksichtigung der Reliefenergie	Total 3
Generell zur grafischen Gestaltung (des Kartenmodells und der Objekte): - 3D-Karten wirken entlarvend bei fotorealistischer Darstellung - gesamte 3D-Karte muss ästhetisch wirken - gesamte 3D-Karte muss übersichtlich sein - unterscheidbar von bisheriger 2D-Kartengrafik - grafische Qualität heute noch nicht auf hohem Niveau - Homogenität des Karteninhaltes nach Erfahrungen, Raumtiefe und Konstanz anpassen - Farbwahl entscheidend	Total 7
Kartenmodell: - kein Kachel-Effekt beim Kartenmodell erwünscht - keine (seitlichen) Abbrüche an Rändern erwünscht - Überhöhungen notwendig (v.a. Geländeobjekt) - distanzabhängige Darstellung sinnvoll - Verdeckungen sind generelles Problem - beim Gelände mit Überhöhungsfaktor arbeiten	Total 6
Kartenkomposition, gesamtes Kartenbild: - Gefahr der Überfrachtung - kein unscharfer Vordergrund akzeptabel - jederzeit gut lesbar trotz interaktiver Veränderbarkeit	Total 3
Symbolisierung: - kartografisch gestaltete Objekte - generelle 3D-Symbolisierung - bildhafte Symbole und Texturen wegen Assoziationen - massstabsabhängige Gebäude als 3D-Objekte - naturnahe Symbole mit Abstraktionsstufen - flexible Symbolisierung sinnvoll, gewünscht (Level-of-Detail, Perspektive, Objektausrichtung) - Kartenobjekte dürfen stark abstrahiert sein - Anpassung der Symbolisierung an Zielpublikum - Anpassung der Symbolisierung an Darstellungszweck - mehr bildhafte Symbole - nahtlose Übergänge in der Symbolisierung anstreben	Total 13

(Fortsetzung)	
- bei speziellen Anwendungen 3D-Symbolisierung einbringen (z.B. Wetterkarten)	
- Symbolisierung in Kombination mit topografischer Grundkarte	
Fotorealismus:	Total 6
- Realitätsgrad wählbar (v.a. Stadtmodelle)	
- Fotorealismus nicht/wenig einbauen	
- veränderbarer Abstraktionsgrad sinnvoll (2)	
- keine «Micky Mouse»-Karten	
- ähnlicher Duktus, Charakter wie bei bekannten (klassischen) Karten (z.B. Landeskarten)	
Schrift:	Total 3
- sehr wichtig	
- Ausgestaltung abhängig vom Dichtegrad (evtl. mit Level-of-Detail-Ansatz arbeiten)	
- Schrift automatisch zu setzen gemäss Prioritäten (z.B. für Staffeln vom Vorder- zum Hintergrund)	
Nutzerschnittstelle (Graphic User Interface GUI):	Total 11
- Schnittstelle für Exploration und Analyse sehr wichtig	
- nur wenige, notwendige Elemente/Werkzeuge	
- Elemente/Werkzeuge alle auf einer Ebene ansprechbar machen	
- nutzerfreundliche, einfach und intuitiv bedienbare Nutzerschnittstelle nötig (2)	
- abhängig vom Zielpublikum	
- Metaphern für Nutzerschnittstelle benützen (2)	
- noch keine Standards (Entwicklung)	
- einfache Standards sinnvoll (Forderung)	
- Integration in Nutzerschnittstelle von bestehenden Anwendungen (z.B. Atlas der Schweiz – Interaktiv)	
Navigation:	Total 10
- muss intuitiv sein (3)	
- muss direkte Steuerung ermöglichen	
- numerisch über Tastatur einzugeben (v.a. Positionierung)	
- benutzerfreundlich (2)	
- abhängig vom Zielpublikum	
- abhängig vom Darstellungszweck	
- Erfahrungen von Flugsimulatoren ausnützen	
Perspektive:	Total 2
- progressive Perspektive einsetzen	
- gleichzeitige Adaption des Karteninhaltes (Dichte, Generalisierung, 3D-Kartenobjekte)	

Allgemeine Entwicklung

Verkauf und Marketing	Total 1
- Preis der Produkte (mit integrierten 3D-Karten) möglichst günstig und «kundengerecht»	