

**Eine empirisch-kartographische Untersuchung zum Einfluss  
von Dimensionalität und Abstraktion auf Erstellung und  
Wahrnehmung topographischer Inhalte in digitalen  
Kartendarstellungen**

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)  
vorgelegt der  
Naturwissenschaftlichen Fakultät III  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von

Dipl.-Geogr. Christian Dette

aus

Halle (Saale)

Datum der Einreichung: 16. Mai 2011

Datum der Verteidigung: 19. Oktober 2011

1. Gutachter: Prof. Dr. Cornelia Gläßer
2. Gutachter: Prof. Dr. Lorenz Hurni



# Dank

Die Erstellung digitaler Karten wird durch eine Vielzahl von Gestaltungskriterien bestimmt. Deren Auswahl unterliegt neben themenspezifischen Anforderungen auch der Subjektivität des Kartenautors. Demzufolge kann ein und dasselbe Thema in verschiedener Weise kartographisch repräsentiert werden. Dieser Sachverhalt hat mich wiederholt fasziniert und beschäftigt. Ich bin daher sehr dankbar, dass ich die Möglichkeit hatte, mich im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit ausgewählten Aspekten dieses Themengebietes zu befassen.

Ganz besonderers möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Cornelia Gläßer für die Betreuung und die gewährte Freiheit in der Bearbeitung der Thematik bedanken. Die zahlreichen Anregungen und Diskussionen haben ganz wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen und mich stets neu motiviert.

Während der Bearbeitung gab es eine Vielzahl technischer Fragestellungen. Hierbei stand mir jederzeit Dr. Detlef Thürkow unterstützend zur Seite. Dafür sei ihm an dieser Stelle ausdrücklich gedankt.

Durch eine Kooperation mit der Abteilung Allgemeine Psychologie des Instituts für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg konnte der empirische Teil der Arbeit erheblich qualifiziert werden. Ganz besonderer Dank gebührt dabei Herrn Prof. Dr. Josef Lukas für seine umfassende Unterstützung. Ferner möchte ich mich bei Frau Dipl.-Psych. Anna Michael für die Übernahme einer begleitenden Diplomarbeit bedanken.

Die Arbeit wurde durch ein Graduiertenstipendium des Landes Sachsen-Anhalt gefördert. Neben Frau Prof. Dr. Cornelia Gläßer möchte ich mich in diesem Zusammenhang ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. Klaus Friedrich bedanken, der durch seine spontane Unterstützung bei der Antragstellung dieses Projekt ermöglicht hat.

Im Rahmen der Bearbeitung erfolgte ein Kurzaufenthalt am Institut für Kartographie der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. Für die Möglichkeit des Aufenthaltes möchte ich dem Leiter des Instituts Herrn Prof. Dr. Lorenz Hurni danken. Durch den Austausch mit Herrn Dr. Christian Häberling konnte das Arbeitskonzept kritisch diskutiert und erweitert werden. Dafür mein herzlicher Dank.

Bezüglich der Vielzahl statistischer Auswertungen stand mir dankenswerterweise meine Schwester Frau Dipl.-Psych. Dr. Dorothea Dette-Hagenmeyer jederzeit für Fragen zur Verfügung.

Ferner danke ich Herrn Dipl-Phys. Moritz Beleites und Herrn Dipl-Phys. Armin Warth für die objektiven, technischen und inhaltlichen Diskussionen während der Bearbeitung.

Den Mitarbeitern des Fachgebietes Geofernerkundung und Kartographie danke ich für die ständige Bereitschaft zum Meinungsaustausch und die gemeinsame Zeit.

Besonderer Dank gebührt meiner Frau Kristin und meinen Eltern für ihre Unterstützung und Geduld während der gesamten Zeit.

Christian Dette, Halle (Saale), Mai 2011

---

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis . . . . .	ii
Tabellenverzeichnis . . . . .	iv
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Erstellung und Nutzung digitaler Karten . . . . .	2
1.2 Dimensionalität und Abstraktion . . . . .	4
<b>2 Problemstellung und Zielsetzung</b>	<b>9</b>
<b>3 Grundlagen</b>	<b>13</b>
3.1 Inhaltlicher Aufbau einer digitalen Karte . . . . .	13
3.2 Bestandteile und Variabilität einer digitalen Karte . . . . .	16
3.2.1 Anforderungen . . . . .	16
3.2.2 Topographische Ausgangsdaten . . . . .	19
3.2.3 Karteninhalte . . . . .	19
3.2.4 Variationsmöglichkeiten . . . . .	20
3.3 Forschungen im Kontext von Dimensionalität und Abstraktion . . . . .	29
3.3.1 Theoretische Untersuchungen . . . . .	29
3.3.2 Empirische Untersuchungen . . . . .	32
3.4 Wahrnehmungsforschung zu digitalen Karten . . . . .	37
3.4.1 Wahrnehmung in der Kartographie . . . . .	38
3.4.2 Untersuchungsmethoden . . . . .	40
3.5 Systematisierungen kartographischer Terminologie . . . . .	41
<b>4 Systematische Einordnung von Dimensionalität und Abstraktion</b>	<b>45</b>
4.1 Entwicklung digitaler Karten . . . . .	46
4.2 Varianz von Dimensionalität und Abstraktion . . . . .	48
4.3 Fazit . . . . .	51

---

<b>5</b>	<b>Erstellung theoretisch abgeleiteter Kartenvarianten</b>	<b>53</b>
5.1	Untersuchungsgegenstände . . . . .	53
5.2	Theoretische Ableitung . . . . .	54
5.3	Kartographische Gestaltung . . . . .	56
5.3.1	Untersuchungsgebiet . . . . .	56
5.3.2	Ausgangsdaten und Software . . . . .	57
5.3.3	Modellierung . . . . .	58
5.4	Praxisrelevanz . . . . .	65
5.5	Fazit . . . . .	66
<b>6</b>	<b>Empirische Untersuchung</b>	<b>67</b>
6.1	Untersuchungsgegenstände . . . . .	68
6.2	Hypothesen . . . . .	70
6.3	Webbasierte Befragung . . . . .	72
6.3.1	Versuchsaufbau . . . . .	73
6.3.2	Vorbereitung und Durchführung der Befragung . . . . .	74
6.3.3	Statistische Methoden . . . . .	75
6.3.4	Datenaufbereitung und Beschreibung der Stichprobe . . . . .	77
6.3.5	Statistische Auswertung der Online-Befragung . . . . .	81
6.3.6	Untersuchungsergebnisse . . . . .	103
6.4	Lernexperiment . . . . .	108
6.4.1	Versuchsaufbau und Durchführung . . . . .	108
6.4.2	Statistische Auswertung des Lernexperiments . . . . .	110
6.4.3	Untersuchungsergebnisse . . . . .	113
6.5	Fazit . . . . .	113
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>115</b>
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>125</b>
	<b>Anhang</b>	<b>135</b>
<b>A</b>	<b>Kartenvarianten</b>	<b>137</b>
<b>B</b>	<b>Fragebogen</b>	<b>147</b>
<b>C</b>	<b>Tabellen</b>	<b>155</b>

---

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Ausgewählte Variationen des kartographischen Repräsentationsformats von Onlinekartendiensten, oben: München, Zentrum; unten: New York, Manhattan; b,c,e,f: (GOOGLE INC. <WWW>); a,d: (MICROSOFT INC. <WWW>) . . . . .	5
1.2	Ausgewählte Variationen innerhalb der Berichterstattung zu den Baumaßnahmen im Rahmen des Großprojektes „Stuttgart21“; (a): Baulogistik (DB AG <WWW>); (b): Städtebauliche Möglichkeiten (CONTEXT TYPE [&] SIGN PINK GMBH <WWW>); (c): Tallage Stuttgarts (UNIVERSITÄT STUTTGART <WWW>); (d): Potenzielle Bebauungsflächen Stuttgart21 (STUTTGART <WWW>) . . . . .	6
1.3	Verschiedene Darstellungen zur historischen Situation und zu Planungen im Bereich der Salineinsel in Halle (Saale) im Rahmen der Internationalen Bauausstellung (IBA) 2010 in Sachsen-Anhalt; (a, b): Historische Situationen 1939, 1928 (DETTE et al., 2010) (c): Planungsszenario 2011 (CA&D, 2010) . . . . .	7
1.4	Verwendung von 2D- und 3D-Darstellungen im „Atlas der Schweiz“; (a): 2D-Modus, (b): 3D-Modus (ATLAS DER SCHWEIZ <WWW>) . . . . .	8
3.1	In der (Computer-) Kartographie verwendetes Layer-Prinzip zur Konstruktion mehrerer Informationsschichten (aus: DICKMANN und ZEHNER, 2001, S. 99). . . . .	14
3.2	Vergleich „alter“(a) und „neuer“(b) Kartographik am Beispiel der Topographischen Karte und der Digitalen Topographischen Karte im Maßstab 1:25.000 (a: LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION SACHSEN-ANHALT, 1999), (b: LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION SACHSEN-ANHALT, 2005) . . . . .	18

---

3.3	Graphische Dimensionen . . . . .	22
3.4	Dimensionen der Grundebene und additiven Ebene einer Kartendarstellung (leicht verändert nach: SCHULZ, 2006) . . . . .	24
3.5	Visuelle Variablen der Ebene (nach: BERTIN, 1974, S. 51) . . . . .	26
3.6	Kartographische Abstraktion (aus: BOLLMANN und KOCH, 2001) . . . . .	28
3.7	Stufen der Erstellung und Kommunikation kartographischer Informationen (ergänzt nach: SLOCUM et al., 2010) . . . . .	38
3.8	Semantisches Netz eines allgemeinen multimedialen kartographischen Informationssystems mit hierarchischen und wechselseitigen Assoziationsbeziehungen. (farblich modifiziert aus: BUZIEK, 2003) . . . . .	42
3.9	Elemente der Entwicklung von Benutzerschnittstellen (farblich modifiziert aus: GARRETT, 2003) . . . . .	43
4.1	Schritte des Erstellungsprozesses einer digitalen Karte . . . . .	46
4.2	Variabilität von Dimensionalität und Abstraktion . . . . .	49
5.1	Übersicht des Untersuchungsgebietes . . . . .	56
5.2	Ausschnitt der DTK10 (a) im Vergleich mit der erstellten Ausgangskarte (b) . . . . .	59
6.1	Graphische Darstellung der Hypothesen $H_1$ - $H_3$ . . . . .	71
6.2	Logo der Befragungsumgebung „LimeSurvey“ ( <a href="http://www.limesurvey.org">www.limesurvey.org</a> ) . . . . .	72
6.3	Versuchsaufbau . . . . .	73
6.4	Häufigkeiten der Altersverteilung bei den Versuchspersonen . . . . .	77
6.5	Private oder berufliche Kenntnis von GoogleEarth/GoogleMaps unter den Versuchspersonen . . . . .	80
6.6	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Dimensionalität in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	82
6.7	Graphische Darstellung der Hypothese $H_1$ . . . . .	84
6.8	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	85
6.9	Histogramm der Mittelwerte für die Angaben zur Gebäudeanzahl . . . . .	86
6.10	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Gebäudefarbe in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	88
6.11	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach eingezeichneten Straßen und Wegen in den jeweils gezeigten Kartenvarianten . . . . .	90

---

6.12	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach Straßennamen in den jeweils gezeigten Kartenvarianten . . . . .	91
6.13	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach zusammenhängenden Grünflächen in den jeweils gezeigten Kartenvarianten . . . . .	91
6.14	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach Wasserflächen in den jeweils gezeigten Kartenvarianten . . . . .	92
6.15	Graphische Darstellung der Hypothese $H_2$ . . . . .	93
6.16	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Kartenvariante mit der größten Attraktivität . . . . .	93
6.17	Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Kartenvariante mit der geringsten Attraktivität . . . . .	94
6.18	Graphische Darstellung der Hypothese $H_3$ . . . . .	96
6.19	Mittlere Häufigkeitsverteilung der Antworten zum Fragekomplex nach „hoher Funktionalität“ der gezeigten Kartenvarianten . . . . .	97
6.20	Mittlere Häufigkeitsverteilung der Antworten zum Fragekomplex nach „geringer Funktionalität“ der gezeigten Kartenvarianten . . . . .	98
6.21	Vergleich der Antworten zur Frage nach der Gebäudeanzahl im Zusammenhang mit der Ortskenntnis (a): „sehr gute“ und „gute“ Ortskenntnis, (b): „weniger gute“ bis „fehlende“ Ortskenntnis . . . . .	100
6.22	Vergleich der Angaben zur attraktivsten Kartenvariante bei Frauen und Männern (a): Männer, (b): Frauen . . . . .	101
6.23	Vergleich der Angaben zur besten Karte, um sich einen Weg zu merken bei Männern und Frauen (a): Männer, (b): Frauen . . . . .	102
6.24	Vergleich der Angaben zur besten Karte, um sich einen Weg zu merken mit der Kenntnis von GoogleEarth/GoogleMaps; (a): „sehr gute“ und „gute“ Kenntnis (b): „weniger gute“ bis „fehlende“ Kenntnis . . . . .	103
6.25	Graphische Darstellung der Hypothese $H_1$ . . . . .	104
6.26	Graphische Darstellung der Hypothese $H_2$ . . . . .	106
6.27	Graphische Darstellung der Hypothese $H_3$ . . . . .	107
6.28	Zu lernende Gebäudenamen als Items für das Lernexperiment . . . . .	109
6.29	Versuchsplan für das Lernexperiment (nach: MICHAEL, 2010) . . . . .	110
6.30	Lernkurven von Gruppe 1 und Gruppe 2 (nach: MICHAEL, 2010) . . . . .	112
7.1	Kartenvarianten „G“ (a) und „I“ (b) als Beispiel für die niedrigste bzw. höchste Angabe zur Anzahl der erinnerten Gebäude . . . . .	120

---

7.2	Kartenvarianten „A” (a) und „F” (b) als Beispiel für höchste und niedrigste Attraktivität bzw. erwartete Funktionalität . . . . .	121
A.1	Kartenvariante: 2D; hohe Abstraktion (Karte A) . . . . .	138
A.2	Kartenvariante: 2,5D; hohe Abstraktion (Karte D) . . . . .	138
A.3	Kartenvariante: 2,5D; hohe Abstraktion (Karte G) . . . . .	139
A.4	Kartenvariante: 3D; hohe Abstraktion (Karte J) . . . . .	139
A.5	Kartenvariante: 2D; mittlere Abstraktion (nicht untersucht) . . . . .	140
A.6	Kartenvariante: 2,5D; mittlere Abstraktion (nicht untersucht) . . . . .	140
A.7	Kartenvariante: 2,5D; mittlere Abstraktion (nicht untersucht) . . . . .	141
A.8	Kartenvariante: 3D; mittlere Abstraktion (nicht untersucht) . . . . .	141
A.9	Kartenvariante: 2D; mittlere Abstraktion (Karte B) . . . . .	142
A.10	Kartenvariante: 2,5D; mittlere Abstraktion (Karte E) . . . . .	142
A.11	Kartenvariante: 2,5D; mittlere Abstraktion (Karte H) . . . . .	143
A.12	Kartenvariante: 3D; mittlere Abstraktion (Karte K) . . . . .	143
A.13	Kartenvariante: 2D; niedrige Abstraktion (Karte C) . . . . .	144
A.14	Kartenvariante: 2,5D; niedrige Abstraktion (Karte F) . . . . .	144
A.15	Kartenvariante: 2,5D; niedrige Abstraktion (Karte I) . . . . .	145
A.16	Kartenvariante: 3D; niedrige Abstraktion (Karte L) . . . . .	145
B.1	Fragebogen Teil 1 . . . . .	148
B.2	Fragebogen Teil 2 . . . . .	148
B.3	Fragebogen Teil 3 . . . . .	149
B.4	Fragebogen Teil 4 . . . . .	149
B.5	Fragebogen Teil 5 . . . . .	150
B.6	Fragebogen Teil 6 . . . . .	150
B.7	Fragebogen Teil 7 . . . . .	151
B.8	Fragebogen Teil 8 . . . . .	152
B.9	Fragebogen Teil 9 . . . . .	153

---

# Tabellenverzeichnis

3.1	Variablen des Inhalts bzw. Erscheinungsbildes einer digitalen Karte . . .	27
5.1	16 mögliche Ableitungen von Karten durch die Variation von Dimensionalität und Abstraktion . . . . .	55
5.2	Ausgangsdaten für die kartographische Umsetzung . . . . .	57
5.3	Verwendete Software für die kartographische Umsetzung . . . . .	58
5.4	Abgeleitete 2D Karten (Aufsicht, zweidimensionale Objekte) . . . . .	60
5.5	Abgeleitete 2,5D Karten (Aufsicht, dreidimensionale Objekte) . . . . .	61
5.6	Abgeleitete 2,5D Karten (Perspektive, zweidimensionale Objekte) . . .	62
5.7	Abgeleitete 3D Karten (Perspektive, dreidimensionale Objekte) . . . .	63
5.8	Übersicht der 16 möglichen Darstellungsvarianten . . . . .	64
6.1	Ausgewählte Variationen von Dimensionalität und Abstraktion als Untersuchungsgegenstände für die empirische Prüfung . . . . .	69
6.2	Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach dem höchsten Bildungsabschluss . . . . .	78
6.3	Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach der derzeitigen Tätigkeit . . . . .	78
6.4	Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach beruflicher Beschäftigung mit Karten . . . . .	79
6.5	Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach dem privaten Interesse an Karten . . . . .	79
6.6	Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach der Nutzung eines Navigationsgerätes . . . . .	79
6.7	Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach der Ortskenntnis im Untersuchungsgebiet . . . . .	80

---

6.8	Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach der Anwesenheit im Untersuchungsgebiet . . . . .	81
6.9	Untersuchungsgegenstände mit den Ergebnissen zur Frage nach der Dimensionalität der Darstellung; blau - 2D, ocker - 2,5D, grün - 3D . . . . .	83
6.10	Untersuchungsgegenstände mit der Nähe zur richtigen Antwortkategorie auf die Frage nach der Gebäudeanzahl . . . . .	87
6.11	Untersuchungsgegenstände mit den Häufigkeiten der Ergebnisse zur Frage nach der Gebäudefarbe in der Darstellung . . . . .	89
6.12	Untersuchungsgegenstände mit den Ergebnissen zur Frage nach der größten Attraktivität (rot) bzw. geringsten Attraktivität (blau) . . . . .	95
6.13	Untersuchungsgegenstände mit der graphischen Umsetzung von Mittelwerten der Ergebnisse zum Fragekomplex nach der erwarteten Funktionalität der Kartenvarianten; hohe Funktionalität (rot), geringe Funktionalität (blau) . . . . .	99
6.14	Relative Häufigkeiten korrekter Items pro Durchgang in Prozent . . . . .	111
6.15	Durchschnittliche Lerndurchgänge und Reaktionszeiten im Vergleich . . . . .	112
7.1	Anzahl der durchgeführten Erstellungsschritte zur Herstellung des entsprechenden Kartenbeispiels; grün: niedriger, gelb: mittlerer, rot: hoher Erstellungsaufwand . . . . .	119
C.1	Häufigkeitsverteilung zur Frage „Was ist Ihr Geschlecht?“ . . . . .	156
C.2	Häufigkeitsverteilung zur Frage „Zu welcher Altersgruppe gehören Sie?“ . . . . .	156
C.3	Häufigkeitsverteilung zur Frage „Welches ist Ihr höchster Bildungsabschluss?“ . . . . .	156
C.4	Häufigkeitsverteilung zur Frage „Was ist Ihre derzeitige Tätigkeit?“ . . . . .	157
C.5	Häufigkeitsverteilung zur Frage „Haben Sie beruflich unmittelbar mit Kartendarstellungen zu tun?“ . . . . .	157
C.6	Häufigkeitsverteilung zur Frage „Interessieren Sie sich in Ihrer Freizeit neben Atlas und Stadtplan für Kartendarstellungen?“ . . . . .	157
C.7	Häufigkeitsverteilung zur Frage „Nutzen Sie Navigationsgeräte im Auto?“ . . . . .	158
C.8	Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit GoogleEarth/GoogleMaps vertraut?“ . . . . .	158

---

C.9 Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit MicrosoftLiveMaps vertraut?“ . . . . .	158
C.10 Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit NASA WorldWind vertraut?“ . . . . .	159
C.11 Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit Online Navigationssystemen (Map 24 etc.....) vertraut?“ . . . . .	159
C.12 Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit Computerspielen vertraut?“ . . . . .	159
C.13 Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit Sonstigen digitalen Kartendarstellungen vertraut?“ . . . . .	160
C.14 Häufigkeitsverteilung zur Frage „Wie gut kennen Sie das Gebiet des Weinbergcampus?“ . . . . .	160
C.15 Häufigkeitsverteilung zur Frage „Wie häufig sind Sie am Weinbergcampus?“ . . . . .	160
C.16 Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Dimensionalität in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	161
C.17 Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach der Dimensionalität in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	162
C.18 Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	163
C.19 Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	164
C.20 Mittelwerte der Antwortkategorien zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	165
C.21 Vergleich der Mittelwerte (ANOVA) der Antwortkategorien zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . .	165
C.22 Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Gebädefarbe in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	166
C.23 Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach der Gebädefarbe in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	167
C.24 Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach eingezeichneten Straßen und Wegen in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	168

---

C.25 Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach eingezeichneten Straßen und Wegen in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	169
C.26 Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach Straßennamen in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	170
C.27 Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach Straßennamen in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	171
C.28 Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach zusammenhängenden Grünflächen in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	172
C.29 Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach zusammenhängenden Grünflächen in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	173
C.30 Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach Wasserflächen in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	174
C.31 Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach Wasserflächen in der jeweils gezeigten Kartenvariante . . . . .	175
C.32 Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten?“ / „...am wenigsten attraktiv?“ . . . . .	176
C.33 Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Darstellung bietet die beste Übersicht über den Weinbergcampus?“ / „...schlechteste Übersicht über den Weinbergcampus?“ . . . . .	176
C.34 Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?“ / „...ist die schlechteste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?“ . . . . .	177
C.35 Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Darstellung ist die beste zur Einschätzung von Entfernungen?“ / „...ist die schlechteste zur Einschätzung von Entfernungen?“ . . . . .	177
C.36 Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Karte ist die beste, um jemandem schnell Ihren eigenen Standort zu zeigen?“ / „...ist die schlechteste, um jemandem schnell Ihren eigenen Standort zu zeigen?“	178
C.37 Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Karte ist die beste für ein Autonavigationssystem?“ / „...ist die schlechteste für ein Autonavigationssystem?“ . . . . .	178

---

C.38 Häufigkeitsverteilungen zur Frage „Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte?“ getrennt nach guter und schlechter Ortskenntnis . . . . .	179
C.39 Häufigkeitsverteilungen zur Frage „Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten?“ getrennt nach Geschlecht . . . . .	179
C.40 Häufigkeitsverteilungen zur Frage „Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?“ getrennt nach Geschlecht . .	180
C.41 Häufigkeitsverteilungen zur Frage „Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?“ getrennt nach Kenntnis von GoogleEarth/GoogleMaps . . . . .	180
C.42 Durchschnittliche Lerndurchgänge von Gruppe 1 und Gruppe 2 im Vergleich . . . . .	181
C.43 Durchschnittliche Reaktionszeiten von Gruppe 1 und Gruppe 2 im Vergleich . . . . .	181
C.44 t-Test der Lerndurchgänge von Gruppe 1 und Gruppe 2 . . . . .	182
C.45 t-Test der Reaktionszeiten von Gruppe 1 und Gruppe 2 . . . . .	182

---

---

# Kapitel 1

## Einleitung

Der Wechsel von analogen zu digitalen Produkten stellt einen bisher nie dagewesenen Umbruch innerhalb der Kartographie dar, was den Blickwinkel auf Kartendarstellungen in den letzten Jahren stark erweitert hat. Die bildliche Darstellung von Informationen mit Raumbezug ist in der heutigen Informationsgesellschaft allgegenwärtig. Das Hauptziel der Kartographie bestand bisher neben der verkleinerten, vor allem in einer vereinfachten Übertragung der Wirklichkeit in die Ebene. Realitätsnahe Abbildungen erlangten jedoch einen zunehmenden Stellenwert, so dass statische zweidimensionale Karten mit einem stark abstrahierten Sekundärmodell nun vermehrt dynamischen, interaktiven und realitätsnahen 3D-Darstellungen gegenüber stehen. Dazwischen existiert mittlerweile eine Flut von verschiedenen digitalen Produkten. Die Anwendung neuer Methoden bei der Kartenerstellung führt jedoch nicht zwangsläufig zu einer verbesserten Kommunikation der kartographischen Inhalte. MENG (2003) stellt fest, dass nicht nur die Fülle der Möglichkeiten, sondern auch deren Kombination und Auswahl entscheidend für den Erfolg eines Visualisierungsprojektes sind. Bezüglich der Funktion, Wirkung und theoretischen Einordnung digitaler Gestaltungskriterien existiert noch immer eine Vielzahl ungeklärter Fragen. Diese gilt es in den kommenden Jahren zu beantworten. Zu diesem Themenkomplex möchte die vorliegende Arbeit durch eine Analyse der Anwendung von Dimensionalität und Abstraktion im digitalen kartographischen Kontext einen Beitrag leisten.

## 1.1 Erstellung und Nutzung digitaler Karten

### Der Wandel von analogen zu digitalen Verfahren

Nicht nur der Herstellungsprozess, sondern auch die Nutzung kartographischer Produkte erfolgt heute ganz überwiegend digital. Dies hat seine Ursache zum einen in der rasanten Entwicklung neuer technischer Verfahrensweisen bei der Erstellung, zum anderen aber auch in der stetig steigenden Zahl leistungsfähiger stationärer und mobiler Endgeräte. Für die Verarbeitung, Präsentation und Interaktion klassischer und neuer kartographischer Darstellungen stehen somit zahlreiche Möglichkeiten zur Verfügung. Schließlich ist die Verwendung digitaler Kartendienste auch in der Praxis längst zu einer Selbstverständlichkeit geworden (DRÖSSER, 2007). KOHLSTOCK fasst 2010 zusammen, dass der „...Übergang von den analogen Kartenwerken mit ihren zwangsläufig begrenzten Darstellungs- und Nutzungsmöglichkeiten zu den umfangreicheren und leistungsfähigeren digitalen Informationssystemen...“ deutlich spürbar ist (KOHLSTOCK, 2010, S. 165). Auch in der kartographischen Wissenschaft liegt der Schwerpunkt aktuell bei der Untersuchung digitaler Modelle. In der Forschungsagenda der International Cartographic Association (ICA) werden die „Integration visueller und rechnergestützter Methoden zur Wissensgenerierung“ und die „Entwicklung von Visualisierungsumgebungen für die explorative Datenanalyse“ als eine zentrale Herausforderung dargestellt (vgl. FUHRMANN und KRAAK, 2001). Durch die Entwicklung leistungsfähiger desktopbasierter Geoinformationssysteme, des Internets und massentauglicher Navigationsgeräte hat die Bedeutung digitaler Karten zusätzlich einen enormen Vorschub erhalten. Digitale Verfahren haben Eingang in die grundlegende wissenschaftliche Literatur gefunden. Seit Mitte der 1990er Jahre findet sich eine gemeinsame Betrachtung analoger und digitaler Kartographie (HÄKE et al., 2002; KOHLSTOCK, 2010; ARNBERGER, 1997; SLOCUM et al., 2010). Die technischen Möglichkeiten haben zu einem Paradigmenwechsel geführt. Eine Vielzahl von Monographien beschränkt sich sogar ausdrücklich auf das digitale Medium (DICKMANN und ZEHNER, 2001; KAPPAS, 2001; LONGLEY et al., 2005; CARTWRIGHT et al., 2007; BILL, 2010). Diese Entwicklungen machen die Betrachtung von Dimensionalität und Abstraktion aus neuen Blickwinkeln erforderlich.

### Datenverfügbarkeit

Der erreichte technische Entwicklungsstand gestattet heute unzählige Variationen von kartographischen Darstellungen. Eine zunehmende Zahl von Softwareapplikationen ermöglicht eine variantenreiche kartographische Gestaltung. Für ein angestrebtes Kartenprodukt steht eine zunehmende Zahl an topographischen und thematischen Basisdaten zur Verfügung. Bis vor einigen Jahren galten in Deutschland spezialisierte Unternehmen und vor allem die Vermessungsämter der Länder mit ihren bis heute bestehenden amtlichen Aufgaben als Hauptanbieter für flächendeckende Geodaten. Gegenwärtig treten aber verstärkt auch kommerziell orientierte, internetbasierte Applikationen wie *GoogleMaps*, *BingMaps* oder *Map24*<sup>1</sup> mit einem großen Daten- und Funktionsangebot in direkte Konkurrenz zu den amtlich verfügbaren Produkten. Darüber hinaus kommen auch frei verfügbare Geodaten und OpenSource-Dienste wie *OpenStreetMaps*<sup>2</sup> zunehmend als Datenlieferanten für eine Vielzahl kartographischer Produkte in Frage (RAMM und TOPF, 2009). Sowohl von amtlicher als auch von kommerzieller oder freier Seite werden neben aktuellen Luft- und Satellitendaten zusätzlich erweiterte Karteninhalte erfasst. Dazu zählen unter anderem auch Gebäudehöhen sowie die fotografische Erfassung von topographischen Objekten. Es ist somit eine breite und beständig wachsende Datenbasis für die Erstellung von kartographischen Produkten unterschiedlichster Regionen und Anwendungsrichtungen vorhanden. Daraus lassen sich neben bewährten auch neue Dimensionalitäts- und Abstraktionsstufen kartographischer Inhalte und Darstellungen realisieren.

### Experten und Laien als Nutzer und Gestalter

Der Nutzerkreis digitaler räumlicher Informationen hat sich durch die einfache Zugänglichkeit digitaler Medien enorm erweitert und ist weiterhin ein wachsender Bereich. Die Kommunikation erfolgt dabei über stationäre oder mobile Endgeräte. Neben dem kommerziellen Einsatz, der vorrangig die Bereiche Orientierung und Navigation umfasst, wird zunehmend auch im wissenschaftlichen Bereich der Ruf nach raumbezogener Forschung in Fachgebieten jenseits der Kartographie laut. Neben räumlichen Analysen selbst spielt auch die Kommunikation von Forschungsergeb-

---

<sup>1</sup> [www.maps.google.de](http://www.maps.google.de), [www.maps.bing.de](http://www.maps.bing.de), [www.map24.de](http://www.map24.de)

<sup>2</sup> [www.openstreetmaps.org](http://www.openstreetmaps.org)

nissen im räumlichen Kontext eine zunehmende Rolle. Die Nutzer derartiger raumbezogener Informationen sind neben Experten zunehmend auch Laien. Aufgrund der vereinfachten Verarbeitung räumlicher Daten ergibt sich auch für die Erstellung ein vergleichbares Bild. Im Ergebnis existieren daher neben Karten, welche von Experten nach strikten Gestaltungsgrundsätzen erstellt wurden, auch völlig intuitiv erzeugte Darstellungen, welche nur unzureichend das kartographische Potenzial nutzen und den kartographischen Gestaltungsregeln nicht folgen.

### **Die Bedeutung der Kognitionsforschung**

Die technischen Möglichkeiten und eine zunehmende Datenverfügbarkeit haben zur Folge, dass eine permanente Adaption neu entwickelter Techniken aus Graphikverarbeitung, Web- und Interfacedesign auf kartographische Sachverhalte im Vordergrund steht. Eine wachsende Anzahl potenzieller Kartennutzer mit unterschiedlichem Vorwissen und Anforderungen lässt gleichzeitig den Ruf nach einer nutzerorientierten Gestaltung laut werden. Im wissenschaftlichen Bereich ist daher die Frage nach der Wahrnehmung des Inhaltes digitaler Karten in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus gerückt. Mit Hilfe neuer wahrnehmungspsychologischer Untersuchungsmethoden (vgl. Kap 2.4) hat die Kognitionsforschung in der Kartographie vor allem in den 1990er Jahren eine starke Zunahme erfahren (vgl. MONTELLO, 2002). Die Vielzahl an Gestaltungsmöglichkeiten auf der einen und die unterschiedlichen Nutzer auf der anderen Seite lässt Fragen nach einer möglichst hohen Attraktivität und Funktionalität einer Karte gleichermaßen aufkommen. Im günstigsten Fall sind beide Aspekte ausgewogen. Der Begriff des „Usability Engineering“ wurde in den letzten Jahren daher auch für kartographische Fragestellungen übernommen (HERMANN und PEISSNER, 2003; BOLLMANN und MÜLLER, 2003). Der vielfach verwendete Satz: „If it doesn't feel right, who cares if it works?“ wird von MENG (2004) in Verbindung mit kartographischen Produkten gebracht und unterstützt damit auch die Notwendigkeit einer wissenschaftlichen Betrachtung des Wahrnehmungsaspekts.

## **1.2 Dimensionalität und Abstraktion**

HAKE et al. beschreiben 2002, dass die Herstellung eines abstrakten Sekundärmodells aus einem realitätsnahen Primärmodell bisher als Höhepunkt der kartographischen Wissenschaft und Kunst betrachtet wurde. „Allerdings widersetzt sich der

aus der Geoinformatik kommende Entwicklungstrend dieser Tradition in der Kartographie.” (HAKE et al., 2002, S. 523). Die Entwicklung geht zu graphisch immer komplexeren Visualisierungen (vgl. HONJO et al., 2005). Die Ursachen sind in den beschriebenen Entwicklungen begründet. Die Bedeutung des Faktors Dimensionalität äußert sich dabei in einer zunehmenden Verwendung dreidimensionaler Objekte im kartographischen Bereich. In Abhängigkeit vom Kartenmaßstab können durch die Verwendung von Farben sowie graphischer und fotografischer Texturen zudem verschiedene Abstraktionsgrade realisiert werden. Den Faktoren Dimensionalität und Abstraktion wird daher bei der Bildung von Sekundärmodellen wiederholt ein besonderer Stellenwert eingeräumt (KOLBE, 2004; COORS und ZIPF, 2005; BUHMANN et al., 2005; STROBEL et al., 2007; LEE und ZLATANOVA, 2009). In einschlägigen Online-Portalen finden sich dafür umfangreiche Belege. Die meisten Kartenanbieter sind bestrebt, verschiedene Standardabbildungen vorzuhalten, um jedwedem Anwendungsszenario zu ermöglichen. Die Abbildung 1.1 zeigt diesbezüglich wesentliche Variationsmöglichkeiten kartographischer Darstellungen innerhalb der Online Kartendienste *GoogleMaps* und *MicrosoftBingMaps*.

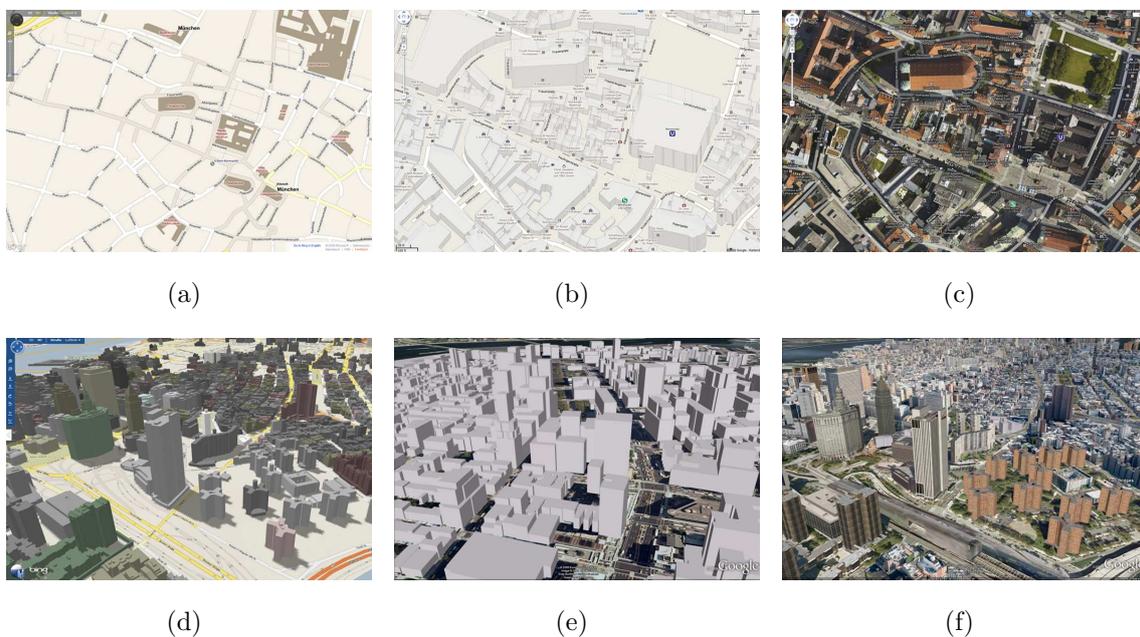
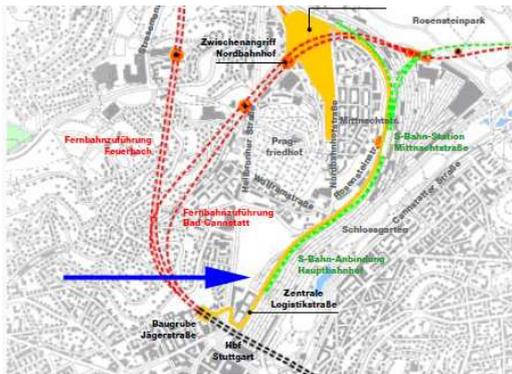


Abbildung 1.1: Ausgewählte Variationen des kartographischen Repräsentationsformats von Onlinekartendiensten, oben: München, Zentrum; unten: New York, Manhattan; b,c,e,f: (GOOGLE INC. <WWW>); a,d: (MICROSOFT INC. <WWW>)

Neben der Bereitstellung von Karten selbst werden räumliche Informationen zunehmend auch im journalistischen Bereich verwendet. Die Abbildung 1.2 zeigt ein aktuelles Beispiel von Variationen unter Verwendung verschiedener Dimensionalitäts- und Abstraktionsstufen für eine Berichterstattung.



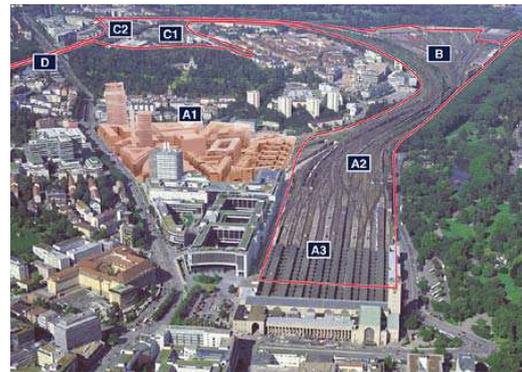
(a)



(b)



(c)



(d)

Abbildung 1.2: Ausgewählte Variationen innerhalb der Berichterstattung zu den Baumaßnahmen im Rahmen des Großprojektes „Stuttgart21“; (a): Baulogistik (DB AG <www>); (b): Städtebauliche Möglichkeiten (CONTEXT TYPE [&] SIGN PINK GMBH <www>); (c): Tallage Stuttgarts (UNIVERSITÄT STUTTGART <www>); (d): Potenzielle Bebauungsflächen Stuttgart21 (STUTTGART <www>)

In Wissenschaft, Forschung und Fachanwendungen wird ebenfalls eine Vielfalt an Darstellungsformen genutzt. Gleichmaßen werden urbane und naturnahe Gebiete abgebildet. Dabei lassen sich entsprechende Ergebnisse im räumlichen Kontext veranschaulichen und vermitteln. Abb. 1.3 verdeutlicht dies am Beispiel vergangener, aktueller und zukünftiger Prozesse im Bereich der Salineinsel in Halle (Saale).

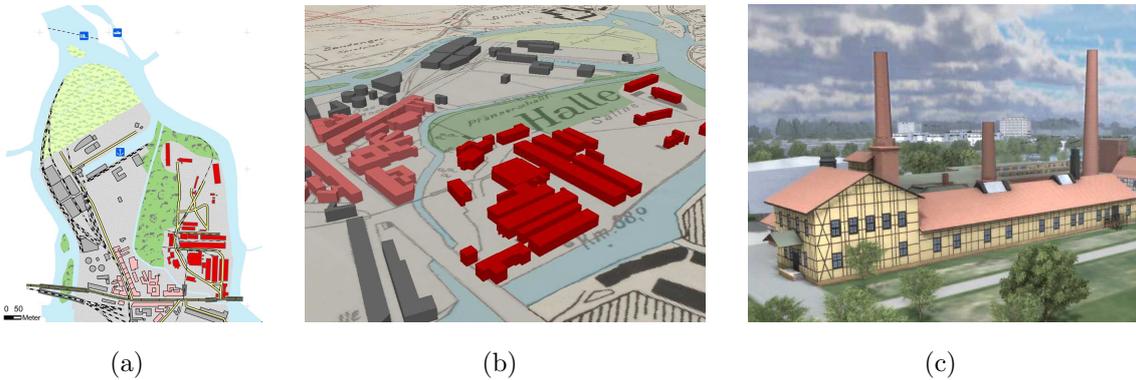


Abbildung 1.3: Verschiedene Darstellungen zur historischen Situation und zu Planungen im Bereich der Salineinsel in Halle (Saale) im Rahmen der Internationalen Bauausstellung (IBA) 2010 in Sachsen-Anhalt; (a, b): Historische Situationen 1939, 1928 (DETTE et al., 2010) (c): Planungsszenario 2011 (CA&D, 2010)

Im Kontext graphischer Gestaltung haben verschiedene Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion unlängst auch in die Bereiche der Atlantenherstellung Einzug gehalten. Als Beispiel kann hier der digitale Nationalatlas der Schweiz (HURNI und RÄBER, 2004), mit seinen mehrdimensionalen Darstellungen gelten.

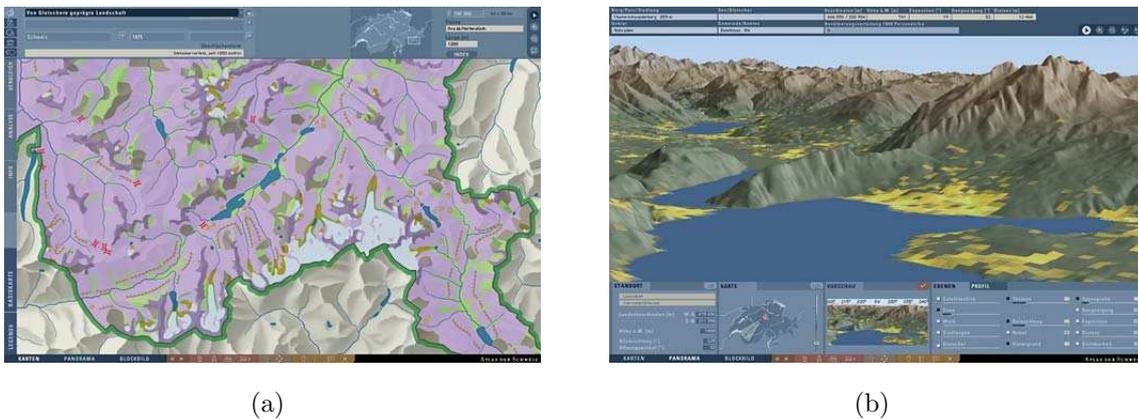


Abbildung 1.4: Verwendung von 2D- und 3D-Darstellungen im „Atlas der Schweiz“; (a): 2D-Modus, (b): 3D-Modus (ATLAS DER SCHWEIZ <WWW>)

Unter dem Dach der digitalen Kartographie lässt sich derzeit also eine Vielzahl traditioneller, aber auch neuer multimedialer Abbildungsvarianten zusammenfassen. Es ist ein deutlicher Trend zu erkennen, bestimmte Sachverhalte parallel durch verschiedene Dimensionalitäts- und Abstraktionsstufen zu kommunizieren.

Die Betrachtung von **Dimensionalität** im Zusammenhang mit kartographischen Darstellungen ist indes nicht neu. Auch im analogen Bereich wird Dimensionalität in bildlicher Form umgesetzt. Unter dem Begriff „Kartenverwandte Darstellungen“ fasst **IMHOF (1972)** körperhafte Bilder in Form perspektivischer Ansichten zusammen. **IMHOF** schreibt dieser Art der Abbildung Vorteile zu: „In der Veranschaulichung der Erdoberflächenformen sind gute Geländemodelle den ebenen Abbildungen überlegen.“ (**IMHOF, 1972, S. 298**). Der Begriff „Dimensionalität“ soll hier und nachfolgend als unterschiedliche Ausprägung der geometrischen Dimensionen eines Kartenbildes auf einem zweidimensionalen Präsentationsmedium verstanden werden (vgl. **BILL, 2010**). Die Kommunikation der visuell erfassbaren dritten Dimension blieb bis zum Zeitalter der digitalen Kartographie jedoch vorrangig der Abbildung in Form von Modellen oder Globen vorbehalten. Die Erstellung multidimensionaler Karten ist heute dagegen vergleichsweise einfach zu realisieren.

Durch die Verwendung von Luftbildern, Fotografien und der Satellitentechnik ist neben den graphischen Gestaltungsmöglichkeiten die **Abstraktion** der Realität im kartographischen Bereich durch eine Vielzahl von Abstufungen möglich. Durch die Kombination kartographischer Gestaltungsmittel können neben herkömmlichen kartographischen Darstellungen auch Luft- oder Satellitenbildkarten mit unterschiedlichem Abstraktionsniveau als hybride Abbildungen erstellt werden (vgl. **HAKE et al., 2002**). Damit ist eine direkte Kommunikation räumlicher Gegebenheiten möglich. Im Hinblick auf die vorliegende Arbeit soll der Begriff „Abstraktion“ getrennt von der kartographischen Generalisierung nach **MENG (2008, S. 5)** als Kontinuum „...zwischen abstrakten Signaturen und Fotorealismus...“ verstanden werden. Aufgrund der aufwändigen Erstellung und Vervielfältigung blieb die Anwendung zu Zeiten der analogen Herstellungsverfahren jedoch eine Sonderform. Erst die Möglichkeiten der digitalen Verarbeitung und Präsentation gestatten die Anwendung derartiger Darstellungen in heutigem Umfang.

Die Variation von Dimensionalität und Abstraktionsgrad ist heute mit geringem Aufwand möglich. Es stellt sich jedoch zwangsläufig die Frage nach den damit verbundenen Vor- und Nachteilen.

---

## Kapitel 2

# Problemstellung und Zielsetzung

In den letzten Jahren wurden die Voraussetzungen geschaffen, neben hoch abstrakten, auch realitätsnahe kartographische Abbildungen für vielfältige Einsatzbereiche zu erzeugen und für einen breiten Nutzerkreis verfügbar zu machen. Sowohl aus technischer Sicht als auch im Hinblick auf den Nutzer wird diese Entwicklung positiv bewertet (KAPPAS, 2001; PATTERSON, 2002). Der Bedarf an einer Kommunikation von räumlichen Informationen durch Kartendarstellungen steigt sowohl im Bereich wissenschaftlicher Ergebnispräsentationen als auch im Hinblick auf öffentlichkeitswirksame Visualisierungen. Die entstandene Dynamik hat zu einer Vielzahl verschiedener Darstellungsarten geführt, die jedoch nicht zwangsläufig zu einer verbesserten Kommunikation der kartographischen Inhalte beiträgt (MENG, 2008). Es gibt daher auch kritische Stimmen, die vor einer zu komplexen und detaillierten Darstellung warnen (REICHENBACHER und SWIENTY, 2007).

Die Aspekte Dimensionalität und Abstraktion nehmen bei der Vielfalt kartographischer Darstellungsmöglichkeiten heute eine zentrale Stellung ein. Die einleitend gezeigten Beispiele belegen, dass sie eng aneinander gekoppelt sind. Trotz dieser großen Bedeutung ist es bislang nicht zu einer allgemein gültigen Systematik gekommen. Die Forschung auf diesem Gebiet beschränkt sich meist auf Untersuchungen ausgewählter Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion. Verschiedene Versuchsanordnungen und Untersuchungsgegenstände erschweren diesbezüglich eine allgemein gültige Ableitung von Gestaltungsgrundsätzen. Die Auswirkungen einer Variation auf die Erstellung des Kartenbildes und deren Wahrnehmung lassen sich daher nur schwer im Zusammenhang erfassen. Es ist dringend geboten, den Einfluss verschiedener Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion in einem inte-

grativen Ansatz zu untersuchen. So kann schließlich eine systematische Einordnung erreicht und ein gezielter Einsatz unterstützt werden.

Die Arbeit hat das Ziel, theoretisch, praktisch und empirisch den Einfluss von Dimensionalität und Abstraktion auf die Kartengraphik, den Erstellungsprozess und die Wahrnehmungsqualität von Bildschirmkarten zu untersuchen. Aus den Ergebnissen soll eine Aussage über die Bedeutung und Wirkung möglicher Ausprägungen im aktuellen kartographischen Kontext erreicht werden. Dies soll die Voraussetzung für eine gezielte nutzerspezifische Variation schaffen.

In einem ersten Schritt werden Inhalte und Gestaltungsparameter digitaler Karten systematisiert. Durch die Schematisierung sollen die wechselseitigen Beziehungen und Abhängigkeiten kartographisch-topographischer Inhalte und Gestaltungskriterien deutlich werden. Zugleich soll somit ein Überblick über Eigenschaften und Bestandteile aktueller Kartendarstellungen sowie deren Variabilität vermittelt werden. Dabei stehen „Dimensionalität“ und „Abstraktion“ im Vordergrund (Kap. 4).

Die theoretischen Betrachtungen sollen anschließend in die Praxis umgesetzt und durch eine empirische Analyse ergänzt werden. Um eine größtmögliche Übertragbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen, ist es erforderlich, einen Untersuchungsgegenstand zu wählen, der als Grundlage für viele digitale Kartendarstellungen verwendbar ist. Topographische Basisdarstellungen können dieser Anforderung gerecht werden. KOHLSTOCK fasst diesbezüglich die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte zusammen und merkt an: „Wenn auch ein großer Teil der herausgegebenen Karten thematischen Inhalts ist, so bilden die topographischen Karten bzw. Daten sowohl hierfür als auch für die zunehmend in der Praxis verwendeten Geoinformationssysteme die Voraussetzung“ (KOHLSTOCK, 2010, S. 9).

Als Untersuchungsgegenstände dienen topographische Kartenausschnitte eines Beispielgebietes in verschiedenen Komplexitätsstufen. Diese werden unter Zuhilfenahme von Software aus den Bereichen Geoinformationssysteme, 3D-Modellierung und Graphikverarbeitung in den Kriterien Dimensionalität und Abstraktion systematisch variiert. Als Datengrundlage kommen dabei amtliche Geobasisdaten des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt zur Anwendung. Die

---

praktische Umsetzung des theoretischen Modells bzw. die Erstellung der jeweiligen Testmodule werden mit den dazugehörigen Arbeitsschritten und einzelnen Bestandteilen beschrieben (Kap. 5).

Die Testmodule werden anschließend im Rahmen einer empirischen Untersuchung unter Verwendung eines Online-Fragebogens geprüft. Dabei sollen Fragen zum effizienten Transport des zu vermittelnden Inhalts, zur Reproduktionsfähigkeit durch den Probanden, sowie zum Akzeptanzgrad der Darstellungen beantwortet werden. Ziel ist es dabei, insbesondere die Aspekte „Attraktivität“ und „Funktionalität“ im Zusammenhang mit den Zielgrößen näher zu beleuchten. Zusätzlich zur Befragung wird am Institut für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg eine Diplomarbeit mit dem Titel: „Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss der räumlichen Darstellung auf das Ortsgedächtnis“ verfasst. Mit Hilfe psychologischer Untersuchungskriterien soll durch ein Lernexperiment ergänzend der Grad der Memorationsleistung für Karteninhalte geprüft werden (Kap. 6).

Abschließend sollen die Teilergebnisse im Hinblick auf die ausgewählten Kriterien zusammengefasst und diskutiert werden (Kap. 7).



---

# Kapitel 3

## Grundlagen

Im Hinblick auf die formulierte Zielstellung sollen in diesem Kapitel die theoretischen Grundlagen für die praktische Umsetzung des Arbeitsansatzes dargelegt werden.

Als Grundlage für die angestrebte Systematisierung wird zunächst der inhaltliche Aufbau einer digitalen Karte beschrieben. Es folgt eine Übersicht über die Anforderungen, Ausgangsdaten und Inhalte. Zusätzlich soll auf die Faktoren Dimensionalität und Abstraktion im Zusammenhang mit zusätzlichen Parametern und Variablen eingegangen werden. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf den als Untersuchungsgegenstände vorgesehenen topographischen Darstellungen. Es schließt sich daran eine Übersicht über aktuelle Forschungen an. Den Abschluss bildet eine Zusammenstellung zur Wahrnehmungsforschung in der Kartographie.

Auf geodätische Grundlagen sowie auf die kartographische Kommunikations- und Informationstheorie soll im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden. Weiterführend sei dazu auf [BOLLMANN \(1981\)](#); [BUZIEK \(2003\)](#); [HÄBERLING \(2003\)](#) und [KIRSCHENBAUER \(2003\)](#) verwiesen.

### 3.1 Inhaltlicher Aufbau einer digitalen Karte

Die Einleitung hat gezeigt, dass Karten zunehmend in alle Bereiche des täglichen Lebens vordringen, in denen raumbezogene Informationen kommuniziert werden. Sie lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten klassifizieren, wobei der wichtigste Punkt die Trennung in „Topographisch“ und „Thematisch“ ist ([WITT, 1967](#); [HA-](#)

KE et al., 2002; KOHLSTOCK, 2010). Diese Unterteilung wurde vorgenommen, da sich mit der Entwicklung von Wissenschaft und Wirtschaft und durch die zunehmende Spezialisierung Mitte des 19. Jh. auch die Karten veränderten. „Die multifunktionalen topographischen Karten wurden ergänzt durch die monofunktionalen thematischen Karten, die nur noch den Informations- und Handlungsbedürfnissen bestimmter Nutzergruppen dienen.“ (FREITAG, 1997, S. 165). Der Charakter einer Kartendarstellung wird demnach im Wesentlichen durch den Zweck und das Hauptanliegen der Karte definiert. Hinsichtlich des Inhaltes lässt sich eine Karte in einzelne Ebenen zerlegen. Dies ermöglicht eine getrennte Bearbeitung verschiedener Kartenbestandteile. Ferner ist dies bei der Reproduktion durch die Verwendung mehrerer Druckstufen von Vorteil. Auch die digitale Konzeption einer Karte sieht heute meist die inhaltliche Aufteilung in einzelne Layer vor. Im von DICKMANN und ZEHNER (2001) beschriebenen Layer-Prinzip ist dies veranschaulicht (Abbildung 3.1).

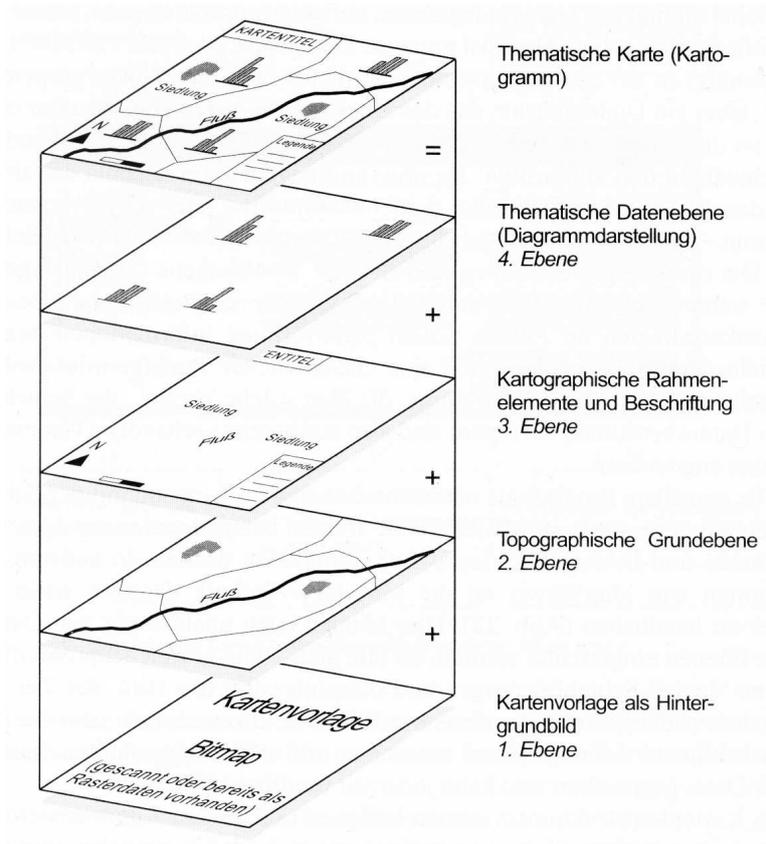


Abbildung 3.1: In der (Computer-) Kartographie verwendetes Layer-Prinzip zur Konstruktion mehrerer Informationsschichten (aus: DICKMANN und ZEHNER, 2001, S. 99).

Die getrennte Betrachtung inhaltlicher Ebenen ist weit verbreitet. Auch **VAN DEN WORM (2001)** unterscheidet diesbezüglich drei inhaltliche Level einer Karte. Zunächst das „Primary Content Level“ mit dem Hauptthema, dann das „Secondary Content Level“ mit topographischen Informationen und schließlich das „Supportive Content Level“ mit Zusatzinformationen.

Eine derartige Aufteilung hat jedoch nicht nur Bedeutung im Hinblick auf die zu kommunizierenden Inhalte, sondern auch auf deren Erstellung. Je nach Ebeneninhalte können verschiedene Ausgangsdaten und Variablen eingesetzt werden. Die Betrachtung der inhaltlichen Ebenen stellt damit die Voraussetzung zur Einordnung von Dimensionalität und Abstraktion im kartographischen Kontext dar.

Die Aufteilung in inhaltliche Ebenen verdeutlicht die Bedeutung topographischer Informationen sowohl für topographische Darstellungen selbst, als auch für thematische Karten. **KOHLSTOCK** unterstreicht dieses Einteilungsprinzip noch einmal durch die Aussage: „Für jede thematische Darstellung ist eine topographische Karte als Basiskarte erforderlich...“ (**KOHLSTOCK, 2010, S. 128**).

Die Bedeutung topographischer Darstellungen hat im Vergleich zu den thematischen Formen damit in den letzten Jahren sogar zugenommen. Die einleitend gezeigten Beispiele verdeutlichen dies.

Neben dem Selbstzweck dient eine topographische Kartendarstellung als Grundlage und stellt somit den zentralen Bestandteil kartographischer Kommunikation dar. In **Abbildung 3.1** bildet dementsprechend die zweite Ebene die „topographische Grundebene“ und die vierte Ebene die „thematische Datenebene“.

**BOLLMANN und KOCH (2001)** fassen diesen Sachverhalt schließlich folgendermaßen zusammen: „Topographische Karten dienen der Bildung und Information, der Orientierung im Gelände, der Verwaltung und Planung, als Grundlage für wissenschaftliche Untersuchungen und als Basiskarten für thematische Karten sowie als Ausgangsmaterial für Karten unterschiedlichster Art (Touristenkarten, Autokarten, Planungskarten usw.) und werden daher heute als Vielzweckkarten für unterschiedliche Anwendungsbereiche verwendet“ (**BOLLMANN und KOCH, 2001**).

Ein Großteil graphischer Variationsmöglichkeiten wird bereits in den grundlegenden inhaltlichen Ebenen realisiert. Besonders die topographische Ebene prägt in erheblichem Maße das Kartenbild und ist daher sowohl für topographische Karten selbst als auch für eine thematische Weiterentwicklung relevant. Eine Untersuchung grundlegender Darstellungsvariablen kann hier ansetzen. Für eine allgemeingültige Basisuntersuchung ist es daher naheliegend, die Faktoren Dimensionalität und Abstraktion in Beziehung zu den inhaltlichen Grundebenen einer digitalen Karte zu analysieren.

## 3.2 Bestandteile und Variabilität einer digitalen Karte

Die Ausführungen zum inhaltlichen Aufbau haben gezeigt, dass für alle räumlichen Darstellungen ein Mindestmaß an topographischen Informationen erforderlich ist. Handelt es sich um eine thematische Darstellung, so muss zumindest ein Raumbezug zu den zu kommunizierenden Informationen hergestellt werden. Daher gilt in den nachfolgenden Ausführungen das Hauptaugenmerk den Besonderheiten topographischer Informationen und deren Abbildung.

### 3.2.1 Anforderungen

Die Qualität einer digitalen Karte lässt sich vor allem bezüglich des Inhalts, nach der Gestaltung und zunehmend auch nach der Funktionalität beurteilen. Diese Aspekte sollen in Bezug auf das Kartenbild nachfolgend beschrieben werden.

#### **Inhalt**

Obwohl eine topographische Darstellung stets den Charakter einer Momentaufnahme hat, gewinnt die Wahrung der **Aktualität** zunehmend an Bedeutung. Zudem muss der Stand der Aktualisierung einer Karte deutlich erkennbar sein. Gerade im digitalen Bereich wird jedoch meist von einer hohen Aktualität ausgegangen. In Abhängigkeit vom gewählten Generalisierungsgrad und der Zielstellung ist die **Vollständigkeit** der abzubildenden Inhalte anzustreben. Auch dies wird vom Nutzer als Voraussetzung für eine homogene Informationsaufnahme angenommen. Ferner wird grundsätzlich eine hohe **Genauigkeit** und **Richtigkeit** erwartet. Ein zusätzliches

Kriterium für topographische Abbildungen und gleichermaßen die Voraussetzung zur Verwendung als Grundebene im Ebenenmodell (Abb. 3.1) ist die **Interessenneutralität** (JÄGER, 2010, S. 262).

Dies ermöglicht neben der Grundfunktionalität eine einfache Kombination mit weiteren Informationen und gewährleistet ein breites Anwendungsspektrum.

### Gestaltung

Obgleich die inhaltliche Richtigkeit im Hinblick auf die Nutzung eine große Rolle spielt, wird auch der Gestaltung eine besondere Bedeutung zugeschrieben. KOHLSTOCK hebt bezüglich einer Kartendarstellung sogar hervor: „Die **Lesbarkeit** ist die wichtigste Eigenschaft und hat absolute Priorität gegenüber Richtigkeit und Vollständigkeit.“ (KOHLSTOCK, 2010, S. 16). Nur so wird eine vollständige Interpretierbarkeit des Karteninhaltes möglich.

Die Lesbarkeit ist zunächst von den verwendeten graphischen Grundelementen und dem Einsatz der Darstellungsvariablen abhängig (vgl. Kap. 3.2.4). Zusätzlich ist die Verwendung graphischer Mindestgrößen erforderlich, um eine rasche Aufnahme des Karteninhaltes zu ermöglichen. Unter dem Aspekt begrenzter Bildschirmauflösungen, Speicherkapazitäten und Übertragungsgeschwindigkeiten wurden für digitale Karten z.T. drastische Vereinfachungen vorgenommen, um eine Nutzbarkeit auf Bildschirmen zu ermöglichen (NEUDECK, 2001; ELLSIEPEN, 2005). Vordergründig geht es um eine Anpassung der Gestaltung des Karteninhaltes. Dabei wird das Ziel verfolgt, eine gute Lesbarkeit der Karteninhalte zu gewährleisten (BRUNNER, 2001; NEUDECK, 2001; DICKMANN und ZEHNER, 2001). Zu den wesentlichen Merkmalen der sogenannten „neuen Kartengraphik“ für den zweidimensionalen Bereich zählen nach JÄGER (2010):

- Mehr Farben zur Unterscheidung der Vegetationsflächen
- Größere Signaturen und Signaturbreiten
- Größere Mindestabstände
- Serifenfreie Schrift

Die aufgeführten Kriterien werden heute für die meisten digital verfügbaren 2D-Karten angewendet.



Abbildung 3.2: Vergleich „alter“(a) und „neuer“(b) Kartengraphik am Beispiel der Topographischen Karte und der Digitalen Topographischen Karte im Maßstab 1:25.000 (a: LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION SACHSEN-ANHALT, 1999), (b: LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION SACHSEN-ANHALT, 2005)

NEUDECK stellt im Rahmen seiner Untersuchung jedoch auch folgendes fest: „Bei einer Bildschirmauflösung von 118 p/cm (300 dpi) sollte kein Unterschied zum Druck auf konventionellen Zeichenträgern mehr sichtbar sein. In diesem Fall könnten auf bewährte Richtlinien konventioneller Kartengestaltung und auf Mindestmaße für den Druck zurückgegriffen werden“ (NEUDECK, 2001, S. 62). In Anbetracht der Tatsache, dass neueste Displays Auflösungen bis zu 326 dpi (*iPhone*<sup>TM</sup> der Firma *Apple Inc.*) gestatten, wäre es folglich möglich, in naher Zukunft zu den bisherigen Gestaltungskriterien gedruckter Karten zurückzukehren. Damit gilt bezüglich digitaler Karten auch aktuell den inhaltlichen und ästhetischen Aspekten der Kartengestaltung sowie den Grundparametern besondere Aufmerksamkeit.

#### **Interaktivität**

Neben den Kriterien, welche auch in der analogen Kartographie ihre Gültigkeit besaßen, gibt es im digitalen Bereich neue Ansprüche und Anforderungen bezüglich der Funktionalität einer Karte. Bezogen auf das Kartenbild zählen dazu besonders folgende Formen der Interaktivität (nach: HURNI, 2005, S. 247, Tab.4):

- **Vergrößern und Verkleinern** – Zoom
- **Verschieben, Drehen und Neigen** – Pan

- **Suchen** von Inhalten
- **Ein-/ Ausblenden** von Ebenen – Layer
- **Messen** und **Abfragen**

Neben den Gestaltungsgrundlagen kommen somit zusätzliche Gesichtspunkte bei der Beurteilung einer Kartendarstellung hinzu.

### 3.2.2 Topographische Ausgangsdaten

Für die Herstellung einer digitalen Karte kommen entsprechend den formulierten Anforderungen grundsätzlich folgende Ausgangsdaten in Frage:

- Luft- und Satellitenbilder (Schräg- und Senkrechtaufnahmen, Orthofotos)
- Bestehende Vektordaten und Rasterdaten (z.B. Digitales Landschaftsmodell)
- Digitale Geländemodelle und erfasste Objekthöhen

Neben amtlichen Anbietern wie dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie oder den Ämtern für Landesvermessung und Geoinformation stehen auch kommerzielle Dienstleister wie z.B. *GeoContent* mit einer breiten Produktpalette an Grundlagendaten bereit. *GoogleMaps* oder *MicrosoftBingMaps* stellen als Internetportale flächendeckend und weltweit derartige Geodaten zur freien Verfügung (THALMANN, 2007). Vielerorts ist *Google* sogar der einzige Zugang zu aktuellen, flächendeckenden und hinreichend genauen Geobasisdaten. Neben den amtlichen und kommerziellen Diensten hat sich das im Jahr 2004 ins Leben gerufene Projekt *Openstreetmaps* etabliert. Hier werden Geodaten von einer Nutzergemeinde gesammelt und frei im Internet zur Verfügung gestellt. Diese können lizenzfrei genutzt werden. Meist sind die Daten mittels eines GPS erhoben und in die vorhandenen Geodatenbank eingepflegt. Während es im ländlichen Bereich noch große Lücken gibt, ist in Großstädten die Datendichte bzw. die Genauigkeit mit amtlichen Karten zu vergleichen und in Bezug auf die Detailgenauigkeit z.T. sogar überlegen. Überregionale Anbieter wie *Eurostat* stellen neben ausgewählten Grundlagendaten auch raumbezogene statistische Informationen der europäischen Mitgliedsstaaten bereit. Die seit 2007 festgelegten INSPIRE-Richtlinien des Europäischen Parlaments werden die Verfügbarkeit von Geodaten im europäischen Kontext weiter erhöhen, da die Interoperabilität zukünftig eindeutig geregelt werden soll (MEINERT et al., 2010).

### 3.2.3 Karteninhalte

Die möglichen Inhalte einer Karte lassen sich in Anlehnung an WILHELMY (2002) in einer objektorientierten Betrachtungsweise (vgl. HAKE et al., 2002) zusammenfassen:

1. Geländeoberflächen
2. Küsten- und Länderumrisse, Grenzen, Gewässernetz, Verkehrswege, Siedlungen, Bodenbedeckung und Infrastruktur (Strom-, Öl-, Gasleitungen)
3. Kartenzeichen von aus Maßstabsgründen nicht darstellbaren Objekten, Bauwerken, Vermessungspunkten und Einzelperscheinungen
4. Thematische Informationen, die durch Diagramme und Signaturen symbolisiert werden können
5. Schrift und alphanumerische Zeichen

Im Hinblick auf die Kartengraphik wird die Darstellung der Punkte 1 bis 4 nach ISO 19107 (ISO, 2003) durch die geometrischen Grundelemente Linie, Fläche, Punkt und Körper realisiert. Durch Kombination und Variation der einzelnen Bestandteile ergibt sich die Situationsdarstellung im Kartenbild. Auf die maßgeblichen Variationsmöglichkeiten soll im anschließenden Kapitel 3.2.4 näher eingegangen werden.

Die Kartenschrift sowie sonstige alphanumerische Zeichen stellen einen Sonderfall dar. Sie besitzen die geringste geometrische Aussagefähigkeit, sind gleichzeitig aber die wichtigsten erläuternden Elemente (HAKE et al., 2002, S. 137). Die Gestaltung der Kartenschrift folgt typographischen Gesichtspunkten, die zum Ende des nachfolgenden Kapitels im Überblick zusammengefasst werden sollen. Auf die Gestaltungsmöglichkeiten zusammengesetzter Zeichen soll hier nicht näher eingegangen werden. Bezüglich der Gestaltung sei weiterführend auf ROBINSON et al. (1995); HAKE et al. (2002); WILHELMY (2002) und BILL (2010) verwiesen.

### 3.2.4 Variationsmöglichkeiten

Für die Abbildung der beschriebenen Inhalte existiert eine Vielzahl von Optionen. Im Hinblick auf die Gestaltung haben sich in den letzten Jahrzehnten verschiedene Richtlinien und Klassifikationsansätze etabliert, welche auch für die digitale Kartographie Gültigkeit besitzen.

Für einen Teil der Variationen kann der Begriff „Parameter“ verwendet werden. Nach der mathematischen Definition wird er als eine Variable bezeichnet, „die für einen betrachteten Fall fest ist, im nächsten Fall aber variiert werden kann“ [WIKIPEDIA <www>](#). Überträgt man diese Definition auf den kartographischen Gestaltungsprozess, dann trifft dies für alle Variablen zu, die vorab definiert werden müssen. Entsprechende Variablen können während des Gestaltungsprozesses nicht oder nur schwer verändert werden. Dazu zählen: „Maßstab“, „Generalisierung“, „Dimensionalität“ sowie „Perspektive und Projektion“. Im Gegensatz dazu lassen sich Variablen in Anlehnung an mathematische Definitionen als „ein Zeichen für ein beliebiges Element aus einer gegebenen Menge“ verstehen ([WALZ, 2002](#)). Dies trifft somit auf alle Aspekte zu, die sich innerhalb des fortgeschrittenen Gestaltungsprozesses verändern lassen. Dazu zählen neben den von [BERTIN \(1974\)](#) beschriebenen graphischen Variablen auch daraus abgeleitete kartographischen Gestaltungsmittel. Daraus lassen sich im Rahmen des Gestaltungsprozesses schließlich verschiedene Stufen der „Abstraktion“ ableiten. Auf die aufgeführten Aspekte soll nun näher eingegangen werden.

### Maßstab

Eine besonders große Auswirkung auf das Kartenbild hat zunächst die Wahl des Maßstabs. Er gibt nach [WILHELMY \(2002, S. 33\)](#) das Verkleinerungsverhältnis eines Abbildes gegenüber dem abzubildenden Ursprung wieder. Damit bestimmt er die Art der Verwendung aller nachfolgend beschriebenen Variablen.

Bei mittelmaßstäbigen Karten ( $1 : 10.000 > M \geq 1 : 500.000$ ) liegt ab einem Maßstab von  $M \leq 1 : 25.000$  aufgrund des starken Verkleinerungsverhältnisses der Fokus auf der Verteilung von Land- und Wasserflächen, dem vorherrschenden Relief und der generalisierten Lage von Objekten und Siedlungen. Bei großmaßstäbigen Karten ( $M \geq 1 : 10.000$ ) steht die exakte Lage von Objekten auf der Erdoberfläche und eine genaue Abbildung des Reliefs im Vordergrund ([vgl. KOHLSTOCK, 2011](#)). Die Wirkung der verwendeten Variablen ist stark vom Zielmaßstab einer Karte abhängig, da dieser das Erscheinungsbild der jeweils abzubildenden Objekte beeinflusst.

Die Angabe des Maßstabes kann als „numerischer Maßstab“ durch ein Maßstabsverhältnis ( $1 : M$ ) erfolgen oder durch einen graphischen Maßstab in Form einer Maßstabsleiste realisiert werden. Bei zweidimensionalen Bildschirmkarten wird meist ausschließlich letzterer verwendet, da aufgrund der unterschiedlichen technischen Spezifikationen der Präsentationsmedien und einer möglichen Zoomfunktion keine

gesicherte numerische Angabe möglich ist. Derartige Angaben stehen im digitalen Bereich häufig für die Ursprungsmaßstäbe der präsentierten kartographischen Ausgangsdaten. In perspektivischen und dreidimensionalen Darstellungen können aufgrund der jeweiligen Projektion Maßstabsunterschiede innerhalb einer Abbildung auftreten. Die Angabe eines Maßstabes ist daher schwierig. Häufig werden hier interaktiv-dynamische Maßstäbe verwendet oder eine mittlere Maßstabszahl angegeben (vgl. HÄBERLING, 2003, S. 37).

Je kleiner der Maßstab ist, desto weniger Objekte lassen sich graphisch umsetzen. Der Grad der Generalisierung ist daher eng mit dem Maßstab verknüpft.

#### Generalisierung

Dem Prozess der Generalisierung kommt bei der Wiedergabe der topographischen Substanz eine besonders große Bedeutung zu. Je nach Ausgangspunkt der Generalisierung handelt es sich im Fall einer Neuaufnahme um eine „Erfassungsgeneralisierung“ oder im Hinblick auf eine Ableitung aus vorhandenem Kartenmaterial um eine „Kartengeneralisierung“. Die wesentlichen Methoden sind dabei: Vereinfachung, Vergrößerung, Zusammenfassung, Auswahl, Klassifikation, Bewertung und Verdrängung (vgl. BOLLMANN und KOCH, 2001).

Das Ergebnis der Generalisierung ist ein mehr oder weniger abstraktes Abbild, welches auf den Grundrissen oder Eigenschaften realer Objekte basiert.

#### Dimensionalität

In erster Linie bezieht sich das Wort Dimension (lat. *dimensio* - Ausmaß) nach WALOSCHEK (2006) auf die Bezeichnung von in Mathematik und Physik festgelegten Größen. Neben der Beschreibung abstrakter Sachverhalte ist eine Unterscheidung in 0D, 1D, 2D und 3D für die geometrischen Grundelemente: Punkt, Linie, Fläche und Körper jedoch die gebräuchlichste (Abb. 3.3).

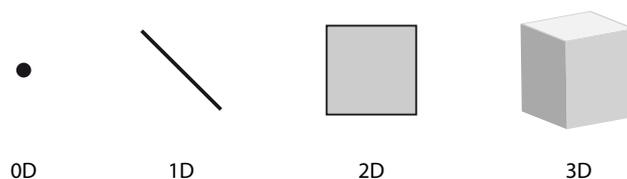


Abbildung 3.3: Graphische Dimensionen

Daraus abgeleitet definiert sich der Grad der Dimensionalität als die „Anzahl der Koordinatenachsen in einem Raum bzw. die Anzahl der Koordinaten, die notwendig sind, die Lage eines Punktes in diesem Raum eindeutig zu beschreiben“ (WALZ, 2002).

BILL (2010, S. 23ff.) unterscheidet bei der Betrachtung von Dimensionalität für die Arbeit mit Geoinformationssystemen in „geometrisch“, „topologisch“ und „thematisch“. Für diese Arbeit ist davon die geometrische Dimension maßgeblich. Der Parameter wird im kartographischen Kontext jedoch häufig uneinheitlich definiert. Die Gründe dafür liegen neben einer gewissen Unschärfe des Begriffs selbst auch in der Verschiedenheit der Betrachtungsgegenstände. KIRSCHENBAUER (2003, S. 9) kritisiert in diesem Zusammenhang, dass einer Dimensionalitätsbeschreibung oft nicht genau entnommen werden kann, ob sie sich auf die Ausgangsdaten, das Visualisierungsmodell oder das Perzept<sup>1</sup> bezieht.

KIRSCHENBAUER definiert eine zweidimensionale Abbildung (2D) als eine Darstellung, deren Perzept planar ist. Eine dreidimensionale Abbildung (3D) vermittelt dagegen einen Tiefeneindruck (KIRSCHENBAUER, 2003, S. 7). Dazwischen haben sich bei anderen Autoren zusätzliche Begriffe etabliert. Mit 2D+1D beschreibt KAPPAS (2001) die Ergänzung eines planaren Bildes durch ein digitales Geländemodell (DGM) und grenzt dies somit von den Begriffen 2D und 3D ab. Häufig wird dies auch als 2,5D bezeichnet (LONGLLEY et al., 2005, S. 72). Vor allem in der Praxis hat sich 2,5D jedoch auch als Sammelbegriff für schwer zu klassifizierende Darstellungen etabliert. Im Zusammenhang mit *Google StreetView* oder verschiedentlich verwendeten Panoramaansichten stellt OH fest: „When I say 2.5D, I mean visual representations that look almost 3D but not quite.“ (OH <www>)

Jenseits der dritten Dimension werden Abbildungen, deren Perzept figurativ ist, als „Echt-3D“ bezeichnet. Hier wird zusätzlich die Darstellungsebene (z.B. die Monitoroberfläche) verlassen. Dies setzt jedoch den Einsatz eines entsprechenden Mediums wie eines autostereoskopischen Displays oder entsprechender „Stereobrillen“ voraus (KIRSCHENBAUER, 2003).

---

<sup>1</sup> Als Perzept wird in diesem Zusammenhang das vom Betrachter unmittelbar Wahrgenommene bezeichnet

Schließlich wird auch häufig von 4D gesprochen. Damit ist die Integration der Zeitdimension  $t$  in eine Darstellung gemeint. Dies stellt jedoch wiederum eine Vermischung von räumlicher und thematischer Ebene dar und sollte strenggenommen vermieden werden. Bezüglich des Raumbildes, welches für diese Arbeit relevant ist, wird im klassischen Sinn zwischen 2D und 3D unterschieden.

Für die Definition von räumlichen Dimensionen innerhalb von Visualisierungen bietet sich die Betrachtung des euklidischen Raumes ( $\mathbb{R}$ ) an (SCHUMANN und MÜLLER, 2000). Einen unverzichtbaren Beitrag bezüglich der Klassifikation von Raumbildern nach deren Dimensionalität liefert SCHULZ (2006). Er unterscheidet im Hinblick auf eine Kartendarstellung zwischen der Dimensionalität der Betrachtungsebene in Form des euklidischen Raums und den auf ihr enthaltenen Objekten im Rahmen von additiven Ebenen (Abb. 3.4).

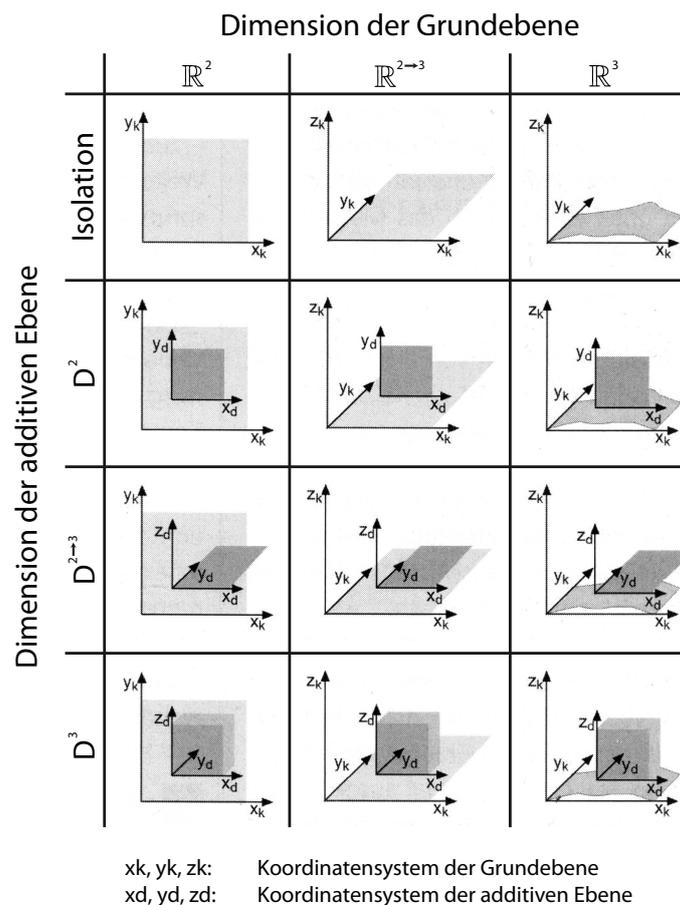


Abbildung 3.4: Dimensionen der Grundebene und additiven Ebene einer Kartendarstellung (leicht verändert nach: SCHULZ, 2006)

Die von SCHULZ (2006) entwickelte Formalisierung unterscheidet zwischen der Darstellung einer zweidimensionalen euklidischen Ebene ( $\mathbb{R}^2$ ) und einer entsprechenden dreidimensionalen Darstellung ( $\mathbb{R}^3$ ). Transformationen einer zweidimensionalen Ebene in die dritte Dimension ( $\mathbb{R}^{2 \rightarrow 3}$ ) positionieren sich zwischen den Ausprägungen. Analog verhält sich die Beschreibung der additiven Ebene (D).

Diese theoretische Zusammenstellung lässt sich in der Praxis jedoch nicht in vollem Umfang zur Klassifikation kartographischer Darstellungen verwenden. Häufig gibt es Kartenelemente unterschiedlicher Dimensionalitätsstufen, die eine eindeutige Zuordnung erschweren. Ferner ließe sich die Darstellung einer Geländeoberfläche ( $\mathbb{R}^3$ ) auch als additive Ebene verstehen, da eine Geländeschummerung auch in der zweiten Dimension ( $\mathbb{R}^2$ ) einen räumlichen Eindruck erzeugen kann.

### **Perspektive und Projektion**

Eng verbunden mit dem Dimensionalitätsbegriff ist für das Präsentationsmedium „Bildschirm“ die Wahl von Perspektive und Projektion für eine kartographische Darstellung. Dabei lässt sich zunächst die Aufsicht von einer Schrägansicht unterscheiden. Entsprechend der Beschreibung des Dimensionalitätsbegriffs gilt die Bezeichnung „Aufsicht“ für die zweidimensionale Abbildung der euklidischen Ebene ( $\mathbb{R}^2$ ), die „Schrägansicht“ für deren Transformation ( $\mathbb{R}^{2 \rightarrow 3}$ ).

Der Begriff „Projektion“ wird im kartographischen Kontext häufig zuerst im Sinne eines Kartennetzentwurfs und der Übertragung der Erdgestalt in die Ebene verstanden, darf aber nicht mit dem Projektionsbegriff, welcher im Zusammenhang mit der geometrischen Bilderzeugung der unmittelbaren Erdoberfläche steht, verwechselt werden. Ziel einer Projektion im letztgenannten Sinn ist es, die Höhe  $z$  einer natürlichen Gestalt in einer Ebene darzustellen. Je nachdem, ob es sich um eine „Aufsicht“ oder eine „Schrägansicht“ handelt, werden verschiedene Verfahren verwendet.

Bei einem Kartennetzentwurf ist  $z$  als der Erdradius zu betrachten. Bei einer begrenzten Abbildung der Erdoberfläche im Hinblick auf mittel- und großmaßstäbige Karten und Visualisierungsprodukte spiegelt dagegen  $z$ -Achse die Relieferung der Erdoberfläche wider. Das Ziel der Verfahren zur Erzeugung von Perspektive und Projektion ist also in jedem Fall die Wahl einer bestimmten Blickrichtung und deren

geometrisch-optimale Umsetzung. Um die Vorteile sowohl von „Aufsicht“ als auch von „Perspektive“ zu nutzen, gibt es in jüngster Zeit Bestrebungen durch sogenannte „multiperspektivische Ansichten“ eine Mischform zu erstellen. Diese befinden sich jedoch noch im Forschungsstadium (LORENZ et al., 2009).

#### Variablen graphischer Grundformen

Für die Umsetzung von Karteninhalten im Rahmen der bisher beschriebenen Möglichkeiten werden häufig zuerst die von BERTIN (1974) beschriebenen visuellen Variablen herangezogen (Abb. 3.5). Dazu zählen: Größe, Helligkeitswert, Muster, Farbe, Richtung und Form (BERTIN, 1974, S. 50/51). Die Festlegungen gelten häufig als grundlegende kartographische Gestaltungsmittel und werden in der Literatur wiederholt aufgegriffen (HAKE et al., 2002).

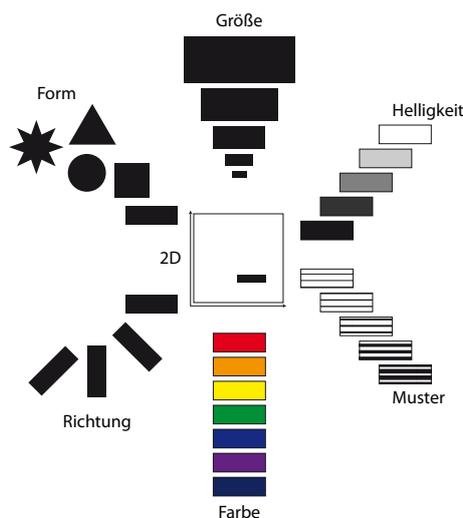


Abbildung 3.5: Visuelle Variablen der Ebene (nach: BERTIN, 1974, S. 51)

Neben den von BERTIN beschriebenen Eigenschaften existieren im kartographischen Kontext zusätzliche Variablen und Abwandlungen. Neben der „Farbe“ kann zusätzlich in „Halbtöne“ unterschieden werden. Das „Muster“ lässt sich durch „Texteigenschaften“ ergänzen. Neben den objektbezogenen Variablen existieren zusätzlich globale Eigenschaften wie „Ausrichtung“, „Perspektive“ oder „Lichtverhältnisse“ die für die gesamte Karte verändert werden können. Nachfolgend soll daher eine Unterscheidung zwischen Variablen vorgenommen werden, die zum einen Einfluss auf die Karteninhalte haben und zum anderen das Kartenbild insgesamt verändern (Tabelle

3.1). Da bei den Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit der Bereich der Kartensymbolik ausgeklammert wird, bleiben die Variablen „Größe“ und „Richtung“ in der Zusammenstellung unbeachtet. Die Zusammenstellung leitet sich aus den Schriften von BERTIN (1974); BOLLMANN und KOCH (2001); HAKE et al. (2002) und HÄBERLING (2003) ab.

Tabelle 3.1: Variablen des Inhalts bzw. Erscheinungsbildes einer digitalen Karte

Variable	Definition	Eigenschaften	Anwendung
Halbton	Bereiche wechselnder Farbwerte	Farbton, Sättigung, Farbverlauf	Luft- und Satellitenbildwiedergabe, Schattierung und Schummerung
Farbe	strukturlos wahrgenommener Reiz im Gesichtsfeld		
Helligkeit	Verhältnis zwischen Schwarz- und Weißanteilen	unendliche Variationsmöglichkeit	punkt-, linien- und ächenhafte Objekte
Transparenz, Opazität	Maß für die Lichtdurch- bzw. undurchlässigkeit eines Objektes		
Form	äußere Gestalt eines Objekts		Abbildung von Objekten
Textur, Muster	wiederholende graphische Objekte oder realitätsnahe Abbildung der Wirklichkeit		Flächengestaltung
Überhöhung	Vergrößerung des Höhenmaßstabes gegenüber dem Längenmaßstab	Überhöhungsfaktor	Betonung der Höhe z
Schriftgestalt	Variationsmöglichkeit der Schrift	Schriftgröße, -breite, -abstand, -stärke, -lage, Schreibart	Beschriftung in Karten
Nachfolgende Variablen beziehen sich auf die Kartengraphik insgesamt			
Ausrichtung	Himmelsrichtung	Abweichung von Norden	globale Gültigkeit für das Kartenbild
Perspektive, Projektion, Kameraposition	Wahl des Betrachtungswinkels	Abweichung von der Aufsicht	
Lichtverhältnisse, Schatten	Intensität einer Beleuchtungsquelle und deren Wirkung auf die abgebildeten Objekte	Lichtart, -position, -geometrie, -intensität, -farbe und deren Wirkung	
Atmosphärische Effekte	abgebildete Naturphänomene	Himmelsstruktur, Dunst, Nebel, etc.	

Die in Tabelle 3.1 beschriebenen Variablen bilden die Grundlage für die in Kapitel

4 und 5 durchgeführten theoretischen und praktischen Untersuchungen. Sowohl für zwei- als auch für dreidimensionale kartographische Darstellungen lassen sich nach [TERRIBILINI \(2001\)](#) und [HÄBERLING \(2003\)](#) unter Berücksichtigung der verschiedenen Ansätze grundsätzlich gleiche Gestaltungsmittel einsetzen. Dies macht deutlich, dass hier jedoch zuvor eine Festlegung bezüglich der Dimensionalität getroffen werden muss. Für eine umfassende vergleichende Analyse verschiedener Darstellungen ist es also erforderlich, neben den graphischen Variablen zugleich auch Dimensionalitätsstufen in die Betrachtung einzubeziehen.

### Abstraktion

Zusätzlich zum Dimensionalitätsbegriff ist auch die Abstraktion innerhalb der kartographischen Wissenschaft nicht eindeutig definiert. Der Begriff kann sowohl eine Eigenschaft darstellen als auch einen Prozess beschreiben. Kartographische Abstraktion meint vordergründig eine Vereinfachung der Komplexität der Realität. Darunter können gedankliche Abstraktionsprozesse ebenso wie die bereits beschriebenen Arten der Generalisierung zählen ([BOLLMANN und KOCH, 2001](#)). Diese sind zu Anfang der kartographischen Informationsverarbeitung anzusiedeln (Abb. 3.6).

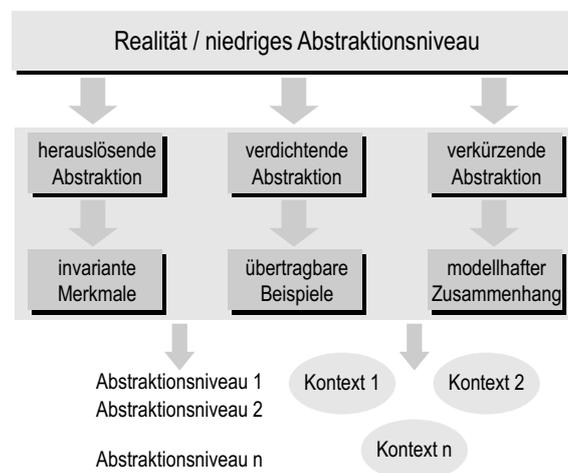


Abbildung 3.6: Kartographische Abstraktion (aus: [BOLLMANN und KOCH, 2001](#))

Nach der Anwendung kartographischer Generalisierung und der Verschlüsselung von Objekten oder Eigenschaften in Form von Zeichen oder Symbolen erfolgt die graphische Umsetzung. Diese legt die graphischen Eigenschaften einzelner Kartenelemente fest. Innerhalb vorab definierter Maßstabbereiche lassen sich so verschiedene Abstraktionsgrade erreichen. Stark abstrahierte Karten sind damit das Ergebnis einer

einfachen, durch Flächenfarben dominierten, graphischen Gestaltung. PATTERSON (2002) beschrieb eine nächste Stufe, welche durch die Anwendung der Wirklichkeit ähnelnder Symbole und Texturen erreicht werden kann. ALBERTZ et al. beschrieben 1992 wiederholt die Erzeugung von Fotorealismus durch die Verwendung bzw. Integration von Luft- oder Satellitenbildern. Damit werden realitätsnahe Darstellungen geschaffen.

In dieser Arbeit wird ein niedriger Abstraktionsgrad als Realitätsnähe, ein hoher als Symbolhaftigkeit der Darstellung interpretiert.

Eine klare Klassenbildung von Abstraktionsgraden ist aufgrund der vielen Kombinationsmöglichkeiten selten. Der Begriff des „Level of Detail“ (LoD), welcher im Kontext der Bearbeitung dreidimensionaler Kartendarstellungen Anwendung findet, kann in diesem Zusammenhang jedoch als Beispiel angesehen werden. Dieser beschreibt verschiedene Detailstufen einer Abbildung und damit den Grad der Abstraktion eines Modells. Obgleich der Begriff in der Visualisierung universell eingesetzt wird (vgl. LUEBKE et al., 2003), hat er besonders für die Beschreibung der Realitätsnähe von kartographischen Objekten einen gewissen Stellenwert erlangt. Bezüglich eines Stadtmodells lässt sich nach GRÖGER et al. (2004) Folgendes unterscheiden:

- LoD 0 - Regionalmodell - DGM (2,5D) mit Textur/Orthofoto und Flächennutzung
- LoD 1 - Stadt- / Standortmodell - „Klötzchenmodell“ ohne Dachstrukturen
- LoD 2 - Stadt- / Standortmodell - texturierte Modelle; differenzierte Dachstrukturen; Vegetationsmerkmale (z.B. Bäume)
- LoD 3 - Stadt- / Standortmodell - geometrisch fein ausdifferenzierte Architekturmodelle; Vegetation; Straßenmöbel
- LoD 4 - Innenraummodell - „Begehbare“ Architekturmodelle

Im Vergleich mit den Grundlagen zur Dimensionalität wird hier nicht in eine Grundebene und eine additive Ebene unterschieden. Für die hier diskutierte Fragestellung ist die Klassifikation daher nur eingeschränkt anwendbar.

### 3.3 Forschungen im Kontext von Dimensionalität und Abstraktion

Nachfolgend soll eine Übersicht über Forschungsaktivitäten der letzten Jahre gegeben werden, die sich im kartographischen Kontext auf Dimensionalität und Abstraktion in den beschriebenen Ausprägungen beziehen. Zunächst wird auf theoretische Untersuchungen eingegangen. Daran schließt sich eine Betrachtung empirischer Forschungen an.

#### 3.3.1 Theoretische Untersuchungen

Die digitale Umsetzung von analogen 2D-Karten sowie die Entwicklung und Anwendung digitaler Datenmodelle bestimmten den Beginn des digitalen Zeitalters in der Kartographie. Bezüglich zweidimensionaler Darstellungen existierte bereits ein starkes Theoriegerüst, was auch die Entwicklung und das Aussehen digitaler Karten zunächst stark prägte. Aufgrund der steigenden Datenverfügbarkeit entwickelten sich jedoch rasch multidimensionale Darstellungsvarianten sowie realitätsnahe Produkte mit einem hohen Anteil fotorealistischer Inhalte. Hinsichtlich der Zielstellung dieser Arbeit sollen zunächst theoretische Forschungsarbeiten zu den Themenbereichen Dimensionalität und Abstraktion der letzten Jahre zusammengefasst werden.

Betrachtungen zum Abstraktionsgrad, wie er in dieser Arbeit verstanden wird, sind für zweidimensionale Karten im Hinblick auf die Erstellung und Verwendung von sog. Luft- oder Satellitenbildkarten ausführlich bei HAKE et al. (2002) oder BILL (2010) zu finden. Einen Überblick über die Erzeugung von Realitätsnähe durch graphische Verfahrensweisen gibt außerdem PATTERSON (2002). Im Bezug auf die zweite Dimension äußert PATTERSON (2002) zudem: „...a format that has received scant attention in the digital era in regard to abstract vs. realistic depiction compared to the 3D world.” (PATTERSON, 2002, S. 2).

Nach der Herstellung der technischen Voraussetzungen für die Präsentation zweidimensionaler Kartendaten, wurden neue Anforderungen an Kartendarstellungen wie Interaktivität oder die Verwendung von Animationen in die Forschungsagenda aufgenommen (DRANSCH, 1997; DICKMANN, 2001).

Die eigentliche Betrachtung des Begriffs Dimensionalität in der Kartographie erfolgte erst durch die rasante Entwicklung dreidimensionaler Darstellungen. Diese Trendwende stellt den eigentlichen Beginn der Diskussion um Dimensionalität dar. In wenigen Jahren konnte sich diese Art der kartographischen Darstellung gleichberechtigt neben dem zweidimensionalen Pendant positionieren. Aufgrund des wesentlich geringeren Theoriegerüsts aus der Zeit analoger Produkte erfolgte eine gleichzeitige Entwicklung von technischer Umsetzung und Theorie.

Seit Anfang der 1990er Jahre ist im Bereich der digitalen Kartographie auch eine verstärkte Forschungsaktivität hinsichtlich der dritten Dimension zu verzeichnen. **HURNI** untersuchte 1995 am Beispiel digitaler Karten die Praktikabilität dreidimensionaler Darstellungen. Bereits hier wurde dreidimensionalen und multimedialen Abbildungen eine hohe Aussagekraft und ein großes Potenzial nachgesagt. Dennoch wurde deutlich darauf verwiesen, dass bei der steigenden Zahl der Möglichkeiten ein hohes Fachwissen bei der Erstellung zunehmend von Bedeutung sein wird.

Die meisten Forschungen zur Dimensionalität bezogen sich zunächst auf perspektivische Darstellungen, welche auf dem zweidimensionalen Präsentationsmedium „Bildschirm“ beim Betrachter eine gewisse Tiefenwirkung erzeugen. Das Perzept verlässt dabei nicht die Bildelebene. In der Terminologie hat sich daher zusätzlich der Begriff „Echt-3D“ für Kartendarstellungen etabliert, die eine binokulare Wahrnehmung voraussetzen (vgl. Kap. 3.2.4). Dieser speziellen Forschungsrichtung widmen sich **BUCHROITHNER et al.** seit dem Jahr 2000. Es werden dabei Aspekte für die Verwendung von 3D-Displays im Zusammenhang mit kartographischen Darstellungen untersucht.

Der Unterschied zwischen 2D- und 3D-Darstellungen wird in der Literatur wiederholt thematisiert und theoretisiert (vgl. **BUCHROITHNER und SCHENKEL, 2001**). Praktische Bereiche, die bisher nur durch 2D-Karten dargestellt wurden, können nunmehr auch durch dreidimensionale Karten kommuniziert werden (**DÖLLNER, 2001; DÖLLNER, 2007**).

Nach Untersuchungen zu technischen Aspekten wurde durch **KERSTING (2002)** schließlich auch der kommunikative Prozess in Verbindung mit 3D-Karten in den Vorder-

grund gestellt. Mit steigender Rechenleistung entwickelten sich zunehmend konkrete Anwendungsbereiche wie Landschaftsvisualisierungen (BISHOP und LANGE, 2005; GLÄSSER und THÜRKOW, 2004) oder 3D-Stadtmodelle (WACK et al., 2003; GRÖGER und KOLBE, 2004; COORS und ZIPF, 2005; BUCHHOLZ, 2006), die mit ihren inhaltlichen und technischen Vor- und Nachteilen sowie den Potenzialen eingehend untersucht werden. Besonders in diesem Bereich kommt es häufig zu einer Vermischung des Dimensionalitäts- und Abstraktionsbegriffs.

Parallel zur technischen Entwicklung wurden hinsichtlich des Abstraktionsgrades neue systematische Konzepte entwickelt. Für die Theoretisierung von dreidimensionalen Darstellungen wurde der „Level of Detail - Ansatz“ aus der 3D-Grafikverarbeitung auf virtuelle Realitäten im kartographischen Kontext übertragen (FRERY et al., 2004).

Weiterhin standen jedoch vor allem anwendungsorientierte und technische Aspekte im Vordergrund (FREIWALD, 2007). Seit der Veröffentlichung der ersten virtuellen Globen und deren zunehmender Verbreitung erlangen die Gestaltungsaspekte Dimensionalität und Abstraktion zusätzlich einen starken Auftrieb (THALMANN, 2007; SCHWEIKART et al., 2009).

Die technische Qualität von zwei- und dreidimensionalen Karten hat sich angeglichen. Verstärkt stellt sich nun die Frage nach dem Unterschied und den Vor- und Nachteilen dreidimensionaler Karten im Vergleich mit herkömmlichen 2D-Darstellungen (RASE, 2003). Ebenfalls kommen erste Fragen nach dem Nutzen vor allem technologiegetriebener realitätsnaher Darstellungen auf (SIDIROPOULOSA und VASILAKOSB, 2006).

DÖLLNER stellte 2007 sogar die Notwendigkeit von abstrakten 3D-Modellen unter inhaltlichen und technischen Aspekten sowie im Hinblick auf eine effektive Kommunikation zur Diskussion. Die Schaffung effizienter Darstellungen unter Berücksichtigung kartographischer Normen stellt zunehmend eine Forschungsfrage dar (WOLFF und ASCHE, 2008). Dabei wird eine Sensibilisierung für die Wirkung von Dimensionalität und Abstraktion als ein wichtiger Forschungsschwerpunkt herausgestellt (ZENNER et al., 2008).

Eine Vielzahl der Forschungsarbeiten erweitert direkt oder indirekt das kartographische Theoriegerüst um Aspekte zu den hier betrachteten Gestaltungsvariablen. Viele Untersuchungen testen neben einer bestimmten Ausprägung von Dimension und Abstraktion vor allem neue Möglichkeiten des Zugangs und der Steuerung für den Nutzer. Trotz einer zunehmenden Verbreitung von multidimensionalen Darstellungen mit stark variierenden Abstraktionsgraden ist bisher jedoch keine integrative Betrachtung und Systematisierung erfolgt. Damit fehlt nicht zuletzt die Basis für vergleichende empirische Untersuchungen.

#### 3.3.2 Empirische Untersuchungen

In den Bereichen empirischer Forschung existieren im Hinblick auf Dimensionalität und Abstraktion ebenfalls etliche Versuchsanordnungen.

Bereits 1996 führte **SIEBER** eine Untersuchung zur visuellen Wahrnehmung dreidimensionaler Geländemodelle am Bildschirm durch. Einleitend formulierte er eine noch heute gültige Problemstellung, welche die Notwendigkeit der Kognitionsforschung in der Kartographie aufzeigt: „War es in früheren Jahren schwierig, genügend Basisinformationen für eine Karte zu erhalten, so steht in jüngerer Zeit die Bewältigung der Informationsfülle und die effiziente Informationsübermittlung als Problem im Vordergrund“ (SIEBER, 1996, S. 1). In der Untersuchung wurde ein optimaler Betrachterstandort für dreidimensionale Geländeobjekte in Abhängigkeit von ausgewählten soziometrischen Variablen getestet. Dazu wurden unter Laborbedingungen insgesamt 177 Probanden mit verschiedenen Serien einfacher Geländeformen in Blockdiagrammen konfrontiert. Die Erfassung der Antworten erfolgte mit einem Fragebogen. Die Einzelergebnisse konnten schließlich auf komplexere Geländemodelle übertragen werden, um so einen optimalen Betrachterstandort für ein bestimmtes Modell abzuleiten. Die Verwendung eines Fragebogens im Zusammenhang mit der Untersuchung dreidimensionaler Darstellungen wird ausführlich beschrieben. Damit hat die beschriebene Arbeit auch für die vorliegende Untersuchung einen hohen Stellenwert.

Neben Untersuchungen zur dritten Dimension kartographischer Modelle wurden Mitte der 1990er Jahre auch gezielte Untersuchungen zum Realitätsgrad von 3D-Darstellungen durchgeführt. LANGE testete dazu 1998 die Wahrnehmung des Realitätsgrades virtueller Landschaftsmodelle im Vergleich mit Fotografien am Beispiel des Talraums Brunn/Schwyz in der Schweiz. Insgesamt 75 Testpersonen wurden Landschaftsfotografien bzw. künstlich erzeugte Landschaftmodelle verschiedener Maßstabbereiche vorgelegt. Die Probanden sollten anschließend eine Einteilung der gesehenen Darstellungen in eine fünfstufige Skala von „sehr geringem“ bis „sehr hohem“ Realitätsgrad vornehmen. Dabei zeigten sich zunächst deutliche Unterschiede in der Bewertung unterschiedlicher Maßstabbereiche. Während in kleinen Maßstabbereichen eine Vernachlässigung von dreidimensionalen Objekten kaum zu einer verminderten Einschätzung des Realitätsgrades führte, so war dies in großmaßstäbigen Darstellungen dagegen deutlich festzustellen. Der Darstellung von Vegetationselementen und texturierten Objekten wurde im Zusammenhang mit dem Realitätsgrad eine große Bedeutung eingeräumt. Gemeinsam mit einer Geländedarstellung und der Verwendung von Luft- oder Satellitenbildern waren diese besonders für die Wahrnehmung eines hohen Realitätsgrades verantwortlich. Im Fazit wurde deutlich hervorgehoben, dass mit einer zunehmenden Verbesserung der Datenverfügbarkeit auch eine Steigerung des Dimensionalitäts- und Realitätsgrades verbunden ist. Es wurde davon ausgegangen, dass dies zu einer verbesserten Kommunikation in Planungsprozessen führt. Die tatsächliche Auswirkung der Variation von Abstraktionsgraden wurde jedoch nicht erforscht.

Bezüglich der dritten Dimension untersuchte HÄBERLING (2003) in einer umfangreichen Expertenbefragung Gestaltungsaspekte von topographischen 3D-Karten. Die Untersuchungsgegenstände bildeten 3D-Darstellungen, welche auf Grundlage von Geobasisdaten im Maßstab 1 : 25.000 erstellt wurden. Diese wurden anschließend durch verschiedene Gestaltungskriterien variiert und 27 teilnehmenden Expertinnen und Experten zur Bewertung vorgelegt. Es konnten so die wesentlichen Gestaltungsvariablen topographischer 3D-Darstellungen bezüglich ihrer Wirkung analysiert und herausgearbeitet werden. Zusätzlich war es möglich, diese durch das Expertenwissen in ihrer Bedeutung zu klassifizieren. Die einzelnen Expertenangaben wurden in 19 Thesen zusammengefasst. Bezüglich Dimensionalität und Abstraktion wird für topographische Karten von den Experten die Verwendung von 3D-Objekten als po-

sitiv herausgestellt. Eine Verwendung von Fotorealismus wird hingegen abgelehnt. **HÄBERLING** fordert schließlich, dass kartographische Gestaltungsgrundsätze durch die Einbeziehung dreidimensionaler Darstellungen in das kartographische Theoriegerüst noch wesentlich erweitert werden müssen. Die Variationen der Gestaltungskriterien bezogen sich auf eine rein topographische Abbildung und bewegten sich, im Gegensatz zur hier angestrebten Untersuchung, nur innerhalb dreidimensionaler Darstellungen unter Verwendung graphischer Abtraktionsniveaus.

Mit einer empirisch-kartographischen Analyse einer „Echt-dreidimensionalen“ Darstellung am Beispiel einer topographischen Hochgebirgskarte wurden durch **KIRSCHENBAUER (2003)** die Extreme der kartographischen Modellbildung im Hinblick auf den Faktor Dimensionalität untersucht. Klassische zweidimensionale Karten wurden durch eine Probandenbefragung hinsichtlich ihrer Effizienz bei der Informationsübermittlung mit Echt-3D-Karten verglichen. Es handelte sich bei letzteren um autostereoskopische Darstellungen. Die Unterschiede wurden durch Einzelbefragungen mit jeweils einem Probanden in einem geschlossenen Raum durchgeführt. Bezüglich der Informationsextraktion ergaben sich besonders für geländespezifische Fragen deutliche Vorteile für „Echt-3D-Darstellungen“. Abstraktionsgrade wurden nicht untersucht. **KIRSCHENBAUER** unterstreicht die Notwendigkeit empirisch-kartographischer Untersuchungen und stellte abschließend fest: „Fehlende oder lückenhafte Theorien begünstigen sogenannte Ad-hoc-Applikationen, die etablierten Qualitätsansprüchen nicht genügen können.“ (**KIRSCHENBAUER, 2003, S. 151**).

Auf die Aspekte Dimensionalität und Abstraktion ging auch **DICKMANN (2004)** im Rahmen einer Untersuchung zur Aufbereitung und Vermittlung von geographischen Informationen in kartengestützten Online-Systemen ein. In diesem Versuch wurden auch klassische gedruckte Karten in den Vergleich aufgenommen. Durch eine Probandenbefragung wurde gezielt das nach der Betrachtung verschiedener Darstellungen erlangte geographische Wissen überprüft. Als Versuchspersonen wurden Studierende der ersten Semester im Fach Geographie der Universität Göttingen ausgewählt. Von den einzelnen Ergebnissen wurde grundsätzlich ein Vorteil digitaler Kartenvarianten abgeleitet, obgleich für einfache Verortungsaufgaben auch konventionelle Karten nicht wesentlich im Nachteil waren.

Mit einem direkten Vergleich unterschiedlicher Abstraktionsgrade zweidimensionaler Darstellungen beschäftigte sich [DILLEMUTH \(2005\)](#) in einem Feldexperiment. Es sollten die Vor- und Nachteile einer stark generalisierten Karte im Vergleich mit einem Luftbild für mobile Systeme untersucht werden. Als Probanden wurden 28 Studenten der University of California in Santa Barbara ausgewählt und in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Aufgabe bestand in der exakten Verfolgung einer in der Karte bzw. dem Luftbild eingezeichneten Route auf dem Universitätscampus. Probanden mit einer guten Ortskenntnis konnten die Aufgabe mit der einfachen Kartendarstellung etwas schneller absolvieren als diejenigen mit dem Luftbild. Bei Probanden mit geringer Ortskenntnis zeigten sich während der Bearbeitung keine Unterschiede zwischen den verwendeten Karten. In der Anzahl zeitunabhängiger Fehler in der Orientierung ergaben sich generell keine Unterschiede. Beide Darstellungsarten konnten somit die Aufgabe einer Karte für Orientierungszwecke gut erfüllen. Darstellungen der dritten Dimension wurden nicht untersucht.

In einer Untersuchung von [PETROVIC und MASERA \(2006\)](#) wurde mit Hilfe eines Fragebogens ein Meinungsbild einer gemischten Probandengruppe zu drei verschiedenen dreidimensionalen Abbildungen im Vergleich mit einer zweidimensionalen Topographischen Karte erfragt. Inhalte der Fragen waren: Eignung der Karten bezüglich Distanzmessung, Bestimmung der Nordausrichtung, Objektmemoration oder allgemeine Bevorzugung. Die 3D-Karten unterschieden sich in „simple“ (Topographische Karte auf einem Geländemodell), „advanced“ (S/W-Orthofoto auf einem Geländemodell) und „real“ (3D-Landschaftsvisualisierung) und somit auch in ihrem Abstraktionsgrad. Der Darstellung mit einem niedrigen Abstraktionsgrad wurde ein Vorteil bei der Memoration von Objekten eingeräumt. Dennoch bevorzugten die meisten Probanden die einfachste Abbildung aufgrund ihrer Ähnlichkeit mit dem bekannten Kartenbild einer Topographischen Karte. Die Autoren fassten schließlich zusammen: „Cartographers have to follow users needs, but also, based on theoretical principles in cartography, partly teach users about advanced, new maps and their possible use“ ([PETROVIC und MASERA, 2006, S. 9](#)). Die Variation der Gestaltungsaspekte erfolgte in dieser Untersuchung nicht systematisch. Daher ist eine getrennte Ableitung der Einflüsse von Dimensionalität und Abstraktion nur unzureichend gegeben.

Im Hinblick auf die von **PETROVIC und MASERA (2006)** formulierte Forderung ist die Arbeit von **SCHOBESBERGER und PATTERSON (2008)** zu sehen. Unter dem Titel „Evaluating the Effectiveness of 2D vs. 3D Trailhead Maps“ wurde eine praxisnahe empirische Untersuchung im Zion National Park (USA) durchgeführt. Hier wurden Wanderer zu Beginn einer Tour jeweils mit zweidimensionalen und dreidimensionalen Karten konfrontiert. Nach der Wanderung wurde eine Befragung durchgeführt, um die Vor- und Nachteile der jeweiligen Karten aus Nutzersicht herauszuarbeiten. Es ergab sich ein sehr differenziertes Bild, wobei unter anderem Unterschiede in der Nationalität der Probanden festgestellt wurden. Insgesamt zeigte sich für 3D-Darstellungen ein erleichterter Zugang zu geländespezifischen Fragen, wobei thematische Inhalte leichter aus zweidimensionalen Karten entnommen werden konnten. Bezüglich der Attraktivität ergab sich ein erhöhter Zuspruch zur dritten Dimension. Eine Veränderung von Abstraktionsgraden wurde nicht vorgenommen.

Bezüglich des Realitätsgrades kartographischer Darstellungen untersuchten **ZANOLA et al. (2009)** mit Hilfe empirischer Untersuchungsmethoden den Einfluss verschiedener Abstraktionsstufen auf die Wahrnehmung dreidimensionaler räumlicher Daten, welche auf einem stereoskopischen Display angezeigt wurden. Mit Hilfe von 30 Probanden aus den Studiengängen der Geographie an der Universität Zürich wurde insbesondere getestet, ob der Realitätsgrad eine Auswirkung auf die empfundene Genauigkeit und Richtigkeit einer Darstellung für den potenziellen Nutzer hat. Die Antworten wurde direkt und mit Hilfe eines Fragenbogens erfasst. Dabei konnte festgestellt werden, dass realitätsnahe Darstellungen in der Tat eine besonders hohe Genauigkeit beim Nutzer implizieren.

Alle aufgeführten Untersuchungen widmen sich ausgewählten Teilaspekten von Dimensionalität und Abstraktion. Bei vielen Arbeiten stehen die dritte Dimension und die Verwendung eines hohen Realitätsgrades im Vordergrund. Eine allgemeingültige Ableitung und die Übertragung der herausgearbeiteten Effekte auf andere Darstellungen und Anwendungsbereiche ist damit nur unzureichend möglich. Eine systematische Analyse und gemeinsame Betrachtung findet sich auch in den zusammengestellten empirischen Forschungsarbeiten nicht.

### 3.4 Wahrnehmungsforschung zu digitalen Karten

Neben den ausgewählten Beiträgen aus dem Bereich der digitalen Kartographie wurde unter dem Begriff „Experimentelle Kartographie“ bereits bei [ARNBERGER \(1966\)](#) eine spezielle Forschungsrichtung ausgewiesen. [BOLLMANN](#) fasste schließlich alle empirischen Bestrebungen im kartographischen Bereich unter dem Begriff „Empirische Kartographie“ zusammen (vgl. [BOLLMANN et al., 1997](#)).

Die in Kapitel [3.3.2](#) aufgeführten empirischen Untersuchungen verdeutlichen ein verstärktes Interesse an Forschungen zur Wahrnehmung digitaler Karten. Dies ergibt sich nicht zuletzt durch die zunehmende Komplexität und Interaktivität (vgl. [HERMANN und PEISSNER, 2003](#)). Damit drückt sich gleichzeitig der Wunsch nach einer möglichst zielgerichteten Kommunikation zwischen Hersteller und Nutzer einer Karte aus. Mittlerweile haben sich verschiedene Untersuchungsmethoden im Rahmen des Erstellungsprozesses von Karten fest etabliert. Am Beispiel der Kommunikation kartographisch relevanter Informationen zeigten [SLOCUM et al. \(2010, S. 5ff.\)](#) Stufen des kartographischen Erstellungsprozesses auf (Abb. [3.7](#)). Zusätzlich wurde verdeutlicht, dass ein finaler Test auf Nutzerfreundlichkeit eine Überarbeitung vorangegangener Schritte erforderlich machen kann und sollte. Neben der von [SLOCUM et al.](#) zur Überarbeitung vorgeschlagenen Stufe 4 (schwarzer Pfeil) ist in Ergänzung der Abbildung zusätzlich eine Erweiterung auf Stufe 3 (roter Pfeil) vorzuschlagen. Hier können Forschungen zur Wahrnehmung ansetzen.

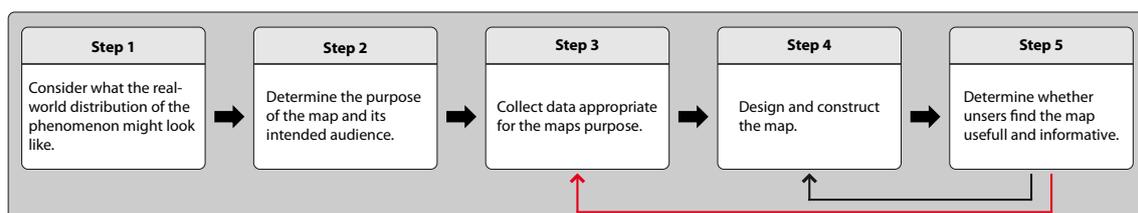


Abbildung 3.7: Stufen der Erstellung und Kommunikation kartographischer Informationen (ergänzt nach: [SLOCUM et al., 2010](#))

Eine Voraussetzung für wahrnehmungsorientierte Untersuchungen im kartographischen Kontext bildet die Kenntnis kartographischer Wahrnehmungsprozesse. Nachfolgend sollen dazu wesentliche Aspekte beschrieben werden. Anschließend erfolgt ein Überblick über wichtige Untersuchungsmethoden.

### 3.4.1 Wahrnehmung in der Kartographie

Die Wahrnehmung kartographischer Informationen ist nach **BOLLMANN und KOCH (2001)** ein aktiver und konstruktiver psychophysischer Prozess. Die Wahrnehmung lässt sich dabei in wenigstens drei Stufen zusammenfassen.

1. Zu Anfang erfolgt eine visuelle Organisation des Kartenbildes ohne eine inhaltliche Auswertung (subsemantische Verarbeitung). Diese ist kaum willentlich beeinflussbar, kann jedoch bereits für die subjektiv empfundene Attraktivität verantwortlich sein.
2. In einer zweiten Phase lassen sich erste Analysen seitens des Betrachters zusammenfassen. Dazu zählen die Interpretation und das Verstehen des Inhaltes. Dieser Vorgang kann auch durch die graphische Gestaltung im Kartenbild gesteuert werden.
3. Als dritte Ebene der Informationsverarbeitung lassen sich ein vertiefendes Verstehen und die Bildung von Assoziationen beschreiben (**BOLLMANN und KOCH, 2001; KIRSCHENBAUER, 2003; GOLDSTEIN, 2010**).

Diese Verarbeitungsprozesse können sowohl für zwei- als auch für dreidimensionale Darstellungen gelten. Zusätzlich zu den kognitiven Prozessen der Informationsverarbeitung erlangt die Raumwahrnehmung speziell für perspektivische Darstellungen einen zusätzlichen Stellenwert im Rahmen des Wahrnehmungsprozesses, auf die nachfolgend eingegangen werden soll.

Die Raumwahrnehmung sowohl der Wirklichkeit als auch deren Abbildung wird durch sogenannte Tiefenkriterien realisiert. Grundsätzlich lässt sich die Raumwahrnehmung in physiologische (binokulare) und psychologische (monokulare) Tiefenkriterien unterscheiden. Während für eine räumliche Wahrnehmung im physiologisch-stereoskopischen Sinn beide Augen erforderlich sind, lässt sich räumliche Tiefe auch mit nur einem Auge erfassen. Kartographische Echt-3D-Darstellungen erfordern eine binokulare Wahrnehmung. Zu den physiologischen Tiefenkriterien zählen nach **ALBERTZ (1997)** und **KIRSCHENBAUER (2003)**: Akkomodation, Konvergenz, binokulare Disparität und die Bewegungsparallaxe.

In dieser Arbeit wird der Dimensionalitätsbegriff für Abbildungen auf einem zweidimensionalen Präsentationsmedium analysiert. Für die Raumwahrnehmung sind daher ausschließlich monokulare Tiefenkriterien relevant. Dazu zählen nach **ALBERTZ (1997)** und **KIRSCHENBAUER (2003)**:

- **Größen- und Dichtegradient**

Objekte werden nach ihrer Größe beurteilt.

Größere Objekte erscheinen dem Betrachter näher als kleinere.

Eine erhöhte Objektdichte kann die Entfernungswirkung noch unterstützen.

- **Texturgradient**

Texturen oder Muster erscheinen in der Nähe einfacher und gröber, mit zunehmender Entfernung komplexer.

- **Kontrast- und Farbgradient** - Atmosphärische Perspektive

Nahe Objekte haben einen hohen Kontrast und eine hohe Farbigkeit.

Entfernte Objekte erscheinen unscharf und farblos.

- **Helligkeitsgradient** - Schatten

Durch Helligkeitsunterschiede wird eine Formwahrnehmung ermöglicht.

Im kartographischen Bereich wird vor allem bei der Vermittlung von Geländeoberflächen eine gedachte Lichtquelle von oben links eingesetzt.

- **Lineare Perspektive**

Durch die Konvergenz von Linienelementen wird beim Betrachter Tiefe erzeugt.

- **Verdeckung**

Verdeckte Objekte werden dennoch als vollständig wahrgenommen.

Durch diese Kriterien ist es einem Betrachter möglich, trotz eines zweidimensionalen Bildschirms eine räumliche Tiefenwirkung zu erhalten.

Unter Berücksichtigung der grundlegenden Wahrnehmungsaspekte lassen sich Untersuchungsgegenstände und -methoden zusammenstellen, um eine empirische Analyse vorzubereiten.

### 3.4.2 Untersuchungsmethoden

Moderne multifunktionale Karten lassen sich im Hinblick auf das Kartenbild, die Benutzerschnittstelle oder zusätzliche animierte oder akustische Elemente untersuchen (vgl. DICKMANN, 2004; vgl. BUZIEK, 2003). Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem graphischen Gefüge. Daher sind in erster Linie Untersuchungsmethoden interessant, die sich auf die visuelle Wahrnehmung von Objekten beziehen. Die folgende Übersicht fasst diesbezüglich die drei wesentlichen Bereiche mit den dazugehörigen Verfahren und Herangehensweisen zusammen und ist aus HEIDMANN (1999); BOLLMANN und KOCH (2001); MONTELLO (2002); HERMANN und PEISSNER (2003) sowie SCHOBESBERGER (2009) entnommen.

- **Befragung und Interview**

Die Befragung von Probanden in Form eines Fragebogens oder durch ein Interview ist die am häufigsten eingesetzte Methode. Durch einen Fragebogen ist eine standardisierte Erhebung möglich. Hierbei erhält man quantitative Daten, die in einer Auswertung problemlos vergleichbar sind. Positiv hervorzuheben ist zudem die Möglichkeit einer weitgehend anonymen Erhebung. Jedoch müssen hier eine ungewisse Rücklaufquote oder Störvariablen bei der Bearbeitung berücksichtigt werden. Durch ein Interview lassen sich dagegen qualitative Daten bestimmen. Es ist möglich, Fragen und Hinweise seitens des Probanden in die Untersuchung zu integrieren, um somit eine Qualifikation der Untersuchung zu erreichen. Interviews sind jedoch zeitintensiv, schwer untereinander vergleichbar und haben einen erhöhten Interpretationsbedarf.

- **Lautes Denken**

Die Methode des Lauten Denkens, welche z.T. auch als Verbalisierungsmethode bezeichnet wird, erfasst die Kognition durch eine direkte sprachliche Umsetzung seitens des Probanden. Damit ist es möglich, nicht nur die Ergebnisse eines gedanklichen Prozesses zu analysieren, sondern auch Probleme und Vorteile während der Wahrnehmung in eine Auswertung einzubeziehen. Nachteilig ist hierbei die Unterschiedlichkeit der Kommunikation zwischen den Probanden sowie die Beeinflussung der Wahrnehmung durch die Verbalisierung.

- **Tests**

Im Rahmen von psychologischen Tests lässt sich direkt die Leistung eines Probanden im Hinblick auf eine Testaufgabe messen. Häufig verwendete Verfahren sind hierbei die Messung der Bearbeitungszeit oder die Registrierung einer Fehler- und Lösungshäufigkeit durch Log-Aufzeichnungen während der Bearbeitung einer vorgegebenen Fragestellung. Nachteilig können sich hierbei Störvariablen wie äußere Einflüsse oder die Stresssituation des Probanden auswirken. Zu den psychologischen Testmethoden zählt auch die in den letzten Jahren zunehmend durchgeführte Blickbewegungsregistrierung (engl. Eyetracking). Hierbei werden die Fixationspunkte der Augen und deren Bewegung aufgezeichnet. Damit ist die Aufmerksamkeitsverteilung eines Probanden in Bezug auf einen Untersuchungsgegenstand zu messen. Das Verfahren ermöglicht es, gezielt unterschiedliche Strategien einer Aufgabenbearbeitung auszuwerten. Jedoch ist der technische Aufwand bezüglich der Messung und Auswertung enorm.

### 3.5 Systematisierungen kartographischer Terminologie

Aufgrund der Vielzahl verschiedenartiger Kartendarstellungen wurden wiederholt Systematisierungen der bestehenden Terminologie vorgenommen. Besonders durch eine graphische Umsetzung soll die Übersichtlichkeit in den komplexen Strukturen erleichtert werden. Seit dem Einsetzen digitaler Verfahren hat die Notwendigkeit derartiger Darstellungen noch einmal zugenommen. Der vielfach zitierte und abgewandelte „map use cube“ welcher von **MACÉACHREN (1994)** entwickelt wurde, fasst drei Dimensionen der Kartennutzung zusammen und erleichtert die Einordnung der unüberschaubar gewordenen Kartenarten getrennt nach Nutzergruppen. Neben einer Einordnung der Gesamtkarte ist jedoch auch die Systematisierung der Karteninhalte, deren Gestaltungsvariablen und des Erstellungsprozesses einer Karte wiederholt Inhalt von Forschungsarbeiten gewesen. **BUZIEK (2003)** fasste in einer ontologischen Übersicht mögliche Bestandteile eines multimedialen kartographischen Informationssystems mit den zugehörigen wechselseitigen Assoziationsbeziehungen zusammen (Abb. 3.8).



den kartographischen Bereich mit seinen Besonderheiten übertragen werden (vgl. PUCHER, 2006)

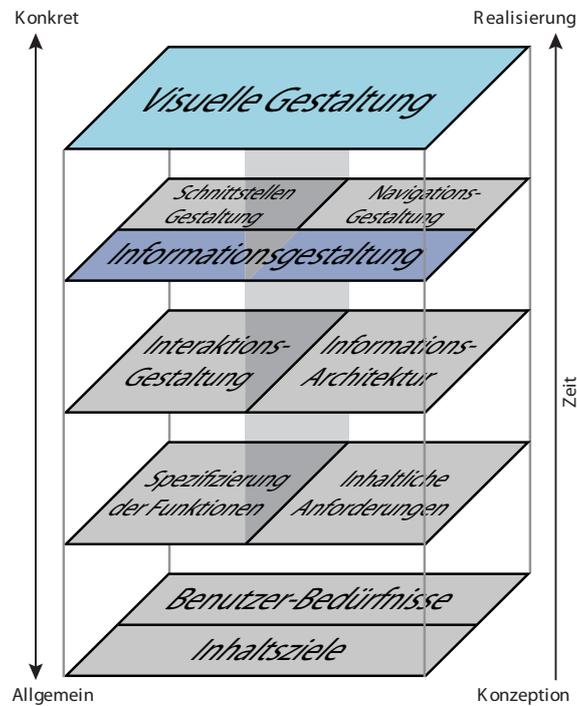


Abbildung 3.9: Elemente der Entwicklung von Benutzerschnittstellen (farblich modifiziert aus: GARRETT, 2003)

Trotz der Vielzahl von graphischen Übersichten sind die hier untersuchten Gestaltungsaspekte „Dimensionalität“ und „Abstraktion“ nicht ausreichend berücksichtigt. Zudem sind theoretische und praktische Ansätze nicht ausreichend miteinander verknüpft.

---

## Kapitel 4

# Systematische Einordnung von Dimensionalität und Abstraktion

Wie bereits einleitend dargestellt, ist das Medium „Karte“ in den letzten Jahren zu einem Massenprodukt geworden. In vielen Fällen verschwimmen dabei die Grenzen zwischen den klassischen Darstellungsarten in der Kartographie. Eine saubere Trennung in „Globus“, „Karte“ oder „kartenverwandte Darstellung“ wie sie noch bei [IMHOF \(1972\)](#) zu finden ist, scheint unter Berücksichtigung der aktuellen Entwicklungen nicht haltbar (vgl. [MENG, 2008](#)). Die einfache Zugänglichkeit von Grundlagedaten und die technischen Entwicklungen machen eine schnelle Herstellung und Verfügbarkeit möglich. Im Zuge dieser Prozesse wurde die Ableitung von Karten verschiedener Dimensionalitäts- und Abstraktionsgrade beschleunigt und bedeutend erleichtert. Die veränderten Gegebenheiten müssen daher auch in der Theorieentwicklung berücksichtigt werden. Aktuell werden die Merkmale „Dimensionalität“ und „Abstraktion“ meist getrennt voneinander beschrieben, was das fachliche Verständnis für die gemeinsame Wirkung jedoch erschwert.

Für die vorliegende Untersuchung ist es wünschenswert, die Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion in Relation zu den verbleibenden Parametern und Variablen zu betrachten und in den kartographischen Gestaltungsprozess einzuordnen. Dazu wurden zwei Übersichten entwickelt, in denen die Zusammenhänge genauer dargestellt werden sollen.

## 4.1 Entwicklung digitaler Karten

Ausgehend von den theoretischen Grundlagen in Kapitel 3 wurde der Entwicklungsprozess einer digitalen Karte in sechs Schritte unterteilt (vgl. Abb. 4.1).

Der Aufbau ist dem Erstellungsprozess einer Kartendarstellung nachempfunden. Aufgrund der vielen verschiedenen Verfahrensweisen können sich in der Praxis Erstellungsschritte überlagern bzw. übersprungen werden. Vordergründiges Ziel der Darstellung ist es zunächst, die Position und Bedeutung von Dimensionalität und Abstraktion graphisch aufzuzeigen. Die halbkreisförmige Darstellung soll verdeutlichen, dass jeder Schritt sich auf den vorangegangenen bezieht und gleichzeitig diesen und alle anderen getroffenen Entscheidungen verändert bzw. beeinflusst. Die entwickelte Übersicht bietet aufgrund ihres schalenförmigen Aufbaus gleichzeitig die Basis für die Integration aller Parameter- und Variablenausprägungen. Die wesentlichen Optionen sind im unteren Teil der Abbildung aufgeführt.

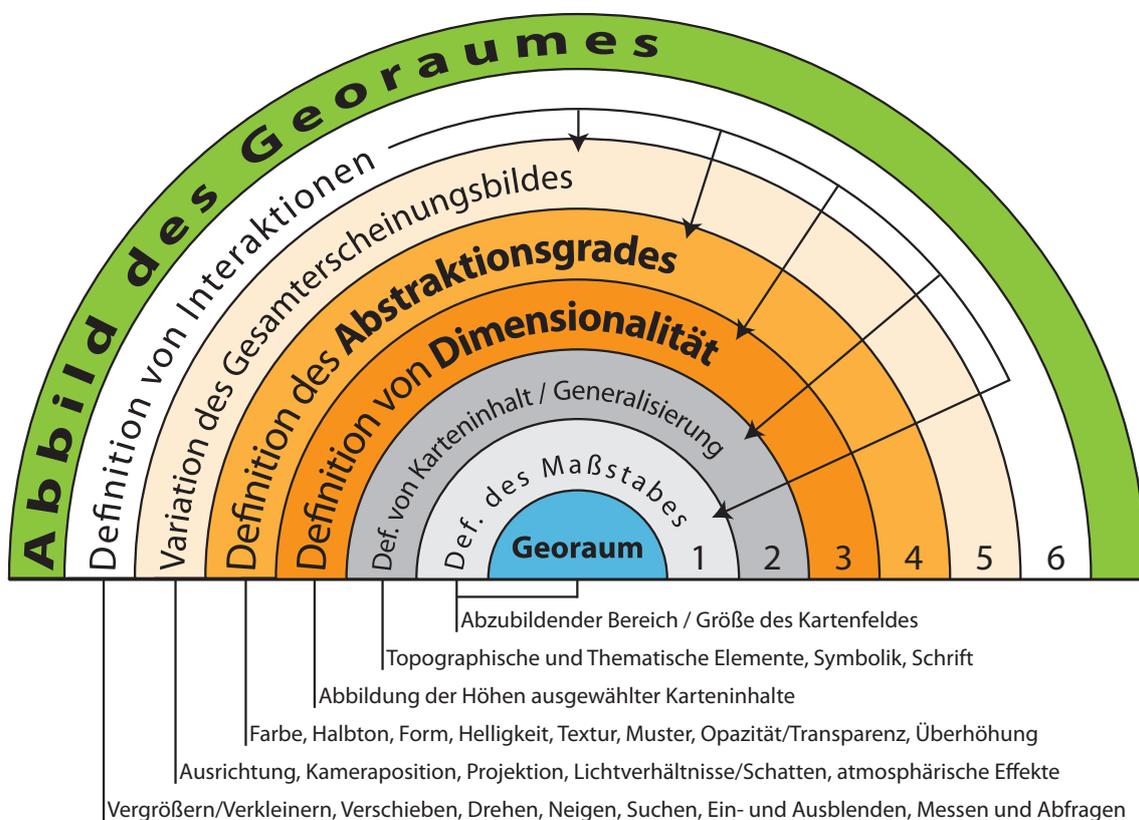


Abbildung 4.1: Schritte des Erstellungsprozesses einer digitalen Karte

Den Ausgangspunkt bildet dabei der **Georaum (blau)** als abzubildende Landschaft. Hier ist festgelegt, welcher Ausschnitt der Erdoberfläche kartographisch abgebildet wird.

Nachfolgend werden die einzelnen Schritte erläutert:

### **Schritt 1: Definition des Maßstabes (hellgrau)**

Der abzubildende Bereich bestimmt in Zusammenhang mit der Ausdehnung des Kartenfeldes den Maßstab. Wird ein Maßstab nutzungsabhängig vorab gewählt, richtet sich der Ausschnitt der Erdoberfläche bzw. die Ausdehnung des Kartenfeldes danach.

### **Schritt 2: Definition der Karteninhalte und Generalisierung (grau)**

Je nach Ziel der Karte werden in Abhängigkeit vom Maßstabsbereich topographische und thematische Inhalte in einer Vorauswahl definiert. Diese besitzen einen bestimmten Generalisierungsgrad. Es wird damit festgelegt, wie die Informationen durch graphische Grundformen, Symbole oder Diagramme transportiert werden sollen. Ferner können optional Beschriftungen bestimmt werden.

### **Schritt 3: Definition von Dimensionalität (orange)**

In dieser Phase des Erstellungsprozesses werden Entscheidungen hinsichtlich der Dimensionalität von Kartenobjekten getroffen. Die Dimensionalität ergibt sich aus der Art der Abbildung einer Höhe  $z$  für bestimmte Objekte. Die Festlegung einer Geländedarstellung und ihrer graphischen Ausprägung fällt ebenfalls in diese Phase.

### **Schritt 4: Definition des Abstraktionsgrades (hellorange)**

Nach der Festlegung graphischer Grundelemente und deren Darstellung können nun die Karteninhalte nach den in Tabelle 3.1 auf S. 27 dargestellten Möglichkeiten variiert werden. Die Wahl der Variablenausprägung für einzelne Objekte kann diese bereits in ihrer Nähe zur Realität beeinflussen. Die Kombination ist schließlich für den wahrgenommenen Grad der Abstraktion einer Karte verantwortlich und lässt sich im Hinblick auf das angestrebte Endergebnis bestimmen.

Die Abschnitte bezüglich Dimensionalität und Abstraktion werden im nachfolgenden Schema in Kapitel 4.2 näher betrachtet und in fünf hier angedeutete Entscheidungsabschnitte untergliedert.

### **Schritt 5: Variation des Gesamterscheinungsbildes (beige)**

Nachdem für einzelne Objekte die Variablenausprägung festgelegt wurde, lässt sich die Karte in ihrem globalen Erscheinungsbild durch übergeordnete Variablen noch einmal beeinflussen (vgl. Tabelle 3.1 auf S. 27). Auch hierbei lässt sich im Einzelfall die Abstraktion einer Darstellung modifizieren. Die Auswahl wird vom Ziel der Kartendarstellung bestimmt. Die Vorfestlegungen bezüglich der definierten Parameter und Variablen können die Möglichkeiten jedoch einschränken.

### **Schritt 6: Definition von Interaktion (weiß)**

Im digitalen Kontext ist es möglich, die Kartendarstellung mit Interaktivität zu versehen. Dazu lassen sich theoretisch alle Phasen mit einer Steuerungsmöglichkeit ausstatten. Diese vorbestimmte Auswahl lässt sich vom Benutzer dann auf die gezeigte Karte anwenden. Der Rahmen und die Ausprägungen müssen vorab festgelegt und definiert werden. Die Interaktionsmöglichkeiten wurden aufgrund der Vollständigkeit in die Abbildung aufgenommen, sollen im Folgenden jedoch nicht näher betrachtet werden.

Im Ergebnis dieses Prozesses steht das **Abbild des Georaumes (dunkelgrün)**.

## **4.2 Varianz von Dimensionalität und Abstraktion**

Im Anschluss an die Gesamtübersicht des Erstellungsprozesses soll nun eine genauere Betrachtung der Umsetzung verschiedener Dimensionalitäts- und Abstraktionsgrade erfolgen (Abbildung 4.2). Innerhalb des Schemas werden die Variationsmöglichkeiten in Anlehnung an den Erstellungsprozess in Entscheidungsebenen unterteilt. Zusätzlich sind pro Ebene die wesentlichen Darstellungsoptionen aufgeführt. Ebene I und II beziehen sich auf das gesamte Kartenbild. Für die Kartenobjekte wurde die dritte Ebene in zwei Untergruppen aufgeteilt. Durch den stufenhaften Aufbau soll das Schema sowohl praktische als auch theoretische Ableitungen ermöglichen. Auch hier können sich in der Praxis Erstellungsschritte überlagern bzw. übersprungen werden. In Anlehnung an Abbildung 4.1 geht dieser Einteilung die Definition der Karteninhalte voraus. Im Anschluss kann die Variation des Gesamterscheinungsbildes erfolgen. Die einzelnen Entscheidungsebenen und dazugehörigen Darstellungsoptionen sollen nachfolgend erläutert werden.

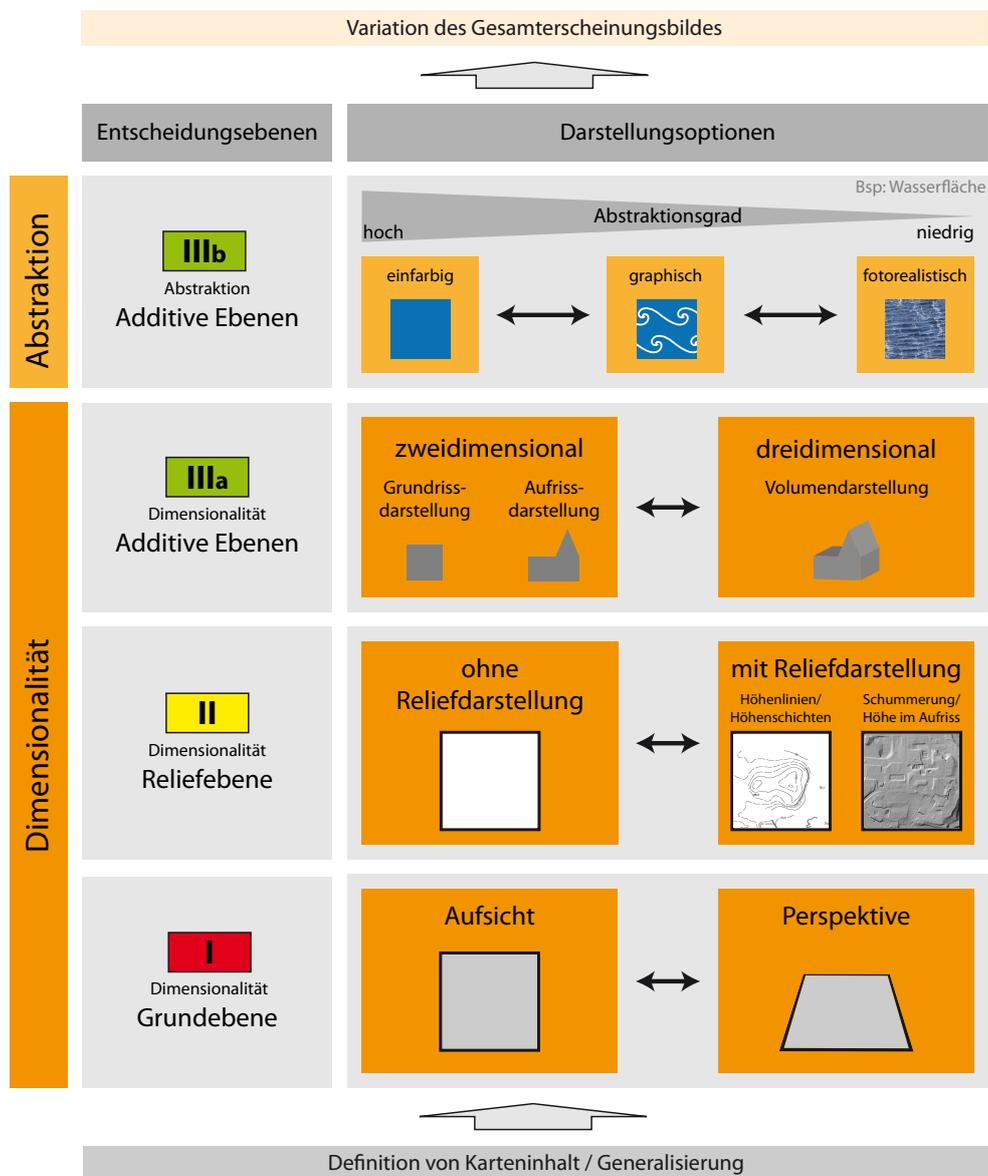


Abbildung 4.2: Variabilität von Dimensionalität und Abstraktion

### Ebene I (Grundebene)

Die grundlegende Frage bei der Erstellung einer Karte ist die nach der Wahl der Grundebene. Diese kann als Aufsicht oder Perspektive gewählt werden.

### Ebene II (Reliefebene)

Grundsätzlich ist eine Kartendarstellung zunächst auch ohne jegliche Höheninformationen umsetzbar. Ist die Darstellung des Reliefs vorgesehen, stellt sich vorder-

gründig die Frage nach den Möglichkeiten der kontinuierlichen Darstellung der Geländeoberfläche. Je größer der Maßstab einer Karte ist, desto detaillierter und genauer ist eine Geländedarstellung möglich. Bei Karten kleiner Maßstäbe geht es vor allem um eine Übersicht der Geländesituation (vgl. HAKE et al., 2002). Im digitalen Bereich werden meist Höhenlinien, Höhenschichten sowie modulierte Flächentöne als Schummerung verwendet. Diese können maßstabstreu oder im Fall der Schummerung auch unter Verwendung einer Überhöhung abgebildet werden. Bei Verwendung einer perspektivischen Ansicht kann die Höhe auch direkt abgebildet werden. Durch die Verwendung einer künstlichen Lichtquelle können ergänzend Schummerungseffekte erzeugt werden. Für Geländedarstellungen lässt sich zusätzlich eine Auflösungsgenauigkeit festlegen. Im Hinblick auf die Zielstellung der Arbeit und die geringe Relieferung des Untersuchungsgebietes soll auf eine genauere Betrachtung dieses Sachverhalts jedoch verzichtet werden. Beispielhaft sind unter der Darstellungsoption „mit Reliefdarstellung“ Höhenlinien bzw. Höhenschichten sowie die Schummerung und die Darstellung der Höhe im Aufriss als Varianten eingetragen. Bei digitalen Karten mit topographischem Inhalt kommen diese Möglichkeiten zum Einsatz.

### **Ebene IIIa (Additive Ebene)**

Nach der Festlegung der Grundebene sowie der Option einer Geländedarstellung lassen sich zusätzliche Objekte hinzufügen. Als Basis dienen, wie bereits beschrieben, topographische Objekte. Ein Teil dieser Objekte, wie Straßen oder Flüsse, weisen im Regelfall eine zu vernachlässigende Höhe  $z$  auf und werden im Kartenbild als Grundriss ohne Höhe abgebildet (2D). Viele topographische Objekte besitzen jedoch eine Höhe  $z$ . Diese kann unter graphischer Vernachlässigung von  $z$  wiederum als Grundriss dargestellt werden (2D). Ebenfalls ist es möglich, die Höhe im Aufriss auf die Darstellung zu übertragen. Hierbei ist sowohl ein einfacher Aufriss (2D) als auch eine Volumendarstellung (3D) möglich. Analog zur Abbildung topographischer Objekte können nach gleichen Prinzipien auch thematische Inhalte definiert werden.

### **Ebene IIIb (Additive Ebene)**

Bei der Wahl der Objektgestaltung kann nun auch der Grad ihrer Abstraktion gewählt werden. Dieser kann als ein Kontinuum von A1 (hoher Abstraktionsgrad) bis A...n (niedriger Abstraktionsgrad) beschrieben und beispielhaft durch die Bereiche

„einfarbige“, „graphische“ und „fotorealistische“ Darstellung verschlüsselt werden. Im Hinblick auf die vorliegende Arbeit würde A1 eine graphisch stark abstrahierte Variante darstellen. Das Ende der Skala entspricht einer realitätsnahen Abbildung.

## 4.3 Fazit

Die entwickelten Schemata zeigen, dass Dimensionalität und Abstraktion im kartographischen Erstellungsprozess eine zentrale Bedeutung besitzen. Dabei wird die jeweilige Ausprägung durch die Kombination verschiedener Darstellungsparameter erreicht. In Abbildung 4.1 wurden zunächst die wesentlichen Entscheidungsschritte des Erstellungsprozesses einer digitalen Karte zusammengefasst. In einer zweiten Abbildung (4.2) wurden danach die Darstellungsoptionen von Dimensionalität und Abstraktion in den Mittelpunkt gestellt. Im Ergebnis konnte im Rahmen einer graphischen Zusammenstellung eine Synthese aus inhaltlichem Aufbau, theoretischen Darstellungsoptionen und den Stufen des Erstellungsprozesses einer kartographischen Darstellung erreicht werden. Damit lassen sich sowohl das beschriebene „Layer-Prinzip“ (vgl. Abb. 3.1 auf S. 14) als auch Zusammenstellungen grundlegender Darstellungsparameter (Abb. 3.4 und 3.5 auf S. 24/26) verbinden. Dies ermöglicht eine universelle Verwendung der Schemata für die Kartenerstellung.



---

# Kapitel 5

## Erstellung theoretisch abgeleiteter Kartenvarianten

Im Rahmen dieses Kapitels soll von der entwickelten Systematik eine Kartenreihe abgeleitet werden, in welcher der Zielparameter Dimensionalität sowie ausgewählte Variationen des Abstraktionsgrades umgesetzt sind. Damit wird zunächst die Praxisrelevanz der ermittelten theoretischen Möglichkeiten überprüft. Zugleich sollen gezielt Untersuchungsgegenstände für die im folgenden Kapitel beschriebene empirische Analyse von Dimensionalität und Abstraktion generiert werden.

### 5.1 Untersuchungsgegenstände

Einleitend wurde die grundsätzliche Unterteilung von Kartendarstellungen in „topographisch“ und „thematisch“ beschrieben. Dabei wurde zugleich die Bedeutung von topographischen Basisdarstellungen deutlich hervorgehoben. Derartige Informationen finden sich schließlich auch in der zweiten Gruppe, den Thematischen Karten wieder (vgl. Kap. 3).

Topographische Darstellungen nehmen somit nach wie vor eine zentrale Rolle innerhalb der Kartographie ein. Für eine allgemeingültige Untersuchung von Gestaltungsaspekten wäre es daher erforderlich, eine zweckfreie Kartengestaltung vorzunehmen. Dies ist gleichwohl kaum möglich. Topographische Karten eignen sich aufgrund der in Kap. 3.1 beschriebenen Schnittmenge mit anderen kartographischen Darstellungen jedoch am besten für eine allgemein gültige Analyse. Zugleich kann bei der

Verwendung topographischer Ausgangsdaten bezüglich der graphischen Gestaltung auf bestehende Grundlagen zurückgegriffen werden. Dies ermöglicht eine Konzentration auf die Variation von Dimensionalität und Abstraktion.

### 5.2 Theoretische Ableitung

Bezüglich des Parameters Dimensionalität ergeben sich nach der entwickelten Systematik (Abbildung 4.2 auf Seite 49) verschiedene Möglichkeiten der Darstellung. Eine zweidimensionale Karte (2D) ergibt sich aus einer Aufsichtdarstellung, in der alle Objekte als Grundriss abgebildet sind. Eine dreidimensionale Karte (3D) ist bezüglich der Grundebene perspektivisch wiedergegeben. Die Darstellung der Objekte mit einer erfassten Höhe  $z$  erfolgt als Volumendarstellung. Weiterhin ergeben sich zwei Mischformen, welche hier und nachfolgend als 2,5D-Darstellungen bezeichnet werden. Dabei kommt es zu einer Überschneidung bezüglich der Abbildung der Grundebene und der Objektdarstellung. Zum einen werden Objekthöhen als Extrusionen in einer Aufsichtdarstellung wiedergegeben, zum anderen wird eine perspektivische Ansicht unter Vernachlässigung von Objekthöhen erzeugt. Damit ergeben sich vier Möglichkeiten der Darstellung in Bezug auf die Dimensionalität.

Ähnlich wird bezüglich der Abstraktionseigenschaften verfahren. Hierbei sollen für hohen bzw. niedrigen Abstraktionsgrad zwei Stufen umgesetzt werden. Zunächst ist eine stark abstrahierte Darstellung aller Objektebenen durch Verwendung von Flächenfarben vorgesehen. Im Anschluss daran erfolgt die Umsetzung einer realitätsnahen Variante durch die Verwendung von Fototexturen. Analog der Ableitung der Dimensionalität lassen sich für das Erscheinungsbild einer Karte auch beim Grad der Abstraktion Mischformen erzeugen. Diese können durch eine gleichzeitige Verwendung einfarbiger und fotorealistischer Objekte innerhalb einer Karte entstehen. Die verschiedenen Arten der Reliefdarstellung lassen sich mit den hier umgesetzten Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion nicht beliebig kombinieren. Daher wird auf eine gesonderte Betrachtung verzichtet. Thematische Inhalte sollen aufgrund der Wahl von Topographischen Karten als Untersuchungsgegenstände ebenfalls unberücksichtigt bleiben.

Aus den beschriebenen Variationsmöglichkeiten wurden somit 16 Varianten abgeleitet.

In der nachfolgenden Abbildung sind die möglichen Kombinationen in Tabellenform dargestellt. Unter der Position „1“ befindet sich demzufolge eine klassisch zweidimensionale Karte. Diese ergibt sich durch die Kombination einer Aufsichtdarstellung in der die Objekte als Grundriss erscheinen und einfarbig abgebildet sind. Demgegenüber ist unter Position „16“ eine Darstellung zu verstehen, die den Karteninhalt dreidimensional und gleichzeitig fotorealistisch wiedergibt.

Tabelle 5.1: 16 mögliche Ableitungen von Karten durch die Variation von Dimensionalität und Abstraktion

		Abstraktionsgrad			
		hoch (einfarbig)	mittel (gemischt)		niedrig (fotorealistisch)
Dimensionalität	2D (Aufsicht + Grundriss- darstellung)	1	2	3	4
	2,5D (Aufsicht + Volumen- darstellung)	5	6	7	8 <small>(Schrägluftbild)</small>
	2,5D (Perspektive + Grundriss- darstellung)	9	10	11	12
	3D (Perspektive + Volumen- darstellung)	13	14	15	16

Für die vorgenommene Ableitung wurde der Maßstab 1:10.000 zu Grunde gelegt. Die Wahl erfolgte mit dem Ziel, den Parameter Dimensionalität bezüglich der Grundebene und die auf ihr befindlichen Objekte in einem ausgeglichenen Verhältnis darstellen zu können, da größere und kleinere Maßstäbe die Anwendbarkeit des Parameters Dimensionalität einseitig verschieben. Eine Aufsichtdarstellung unter Verwendung eines Luftbildes für alle Objekte ohne Höhe  $z$  bei gleichzeitiger Abbildung dreidimensionaler und fototexturierter Objekte ist nicht praktikabel. Daher wurde entschieden, für diesen Fall ein Schrägluftbild in die Übersicht aufzunehmen. Dieses wurde durch einen Histogrammvergleich farblich an die verwendeten digitalen Orthofotos angepasst.

## 5.3 Kartographische Gestaltung

Die zur Umsetzung der Variationen erforderlichen Daten und Arbeitsschritte sollen an einem für diese Arbeit ausgewählten Beispielgebiet beschrieben werden. Auf eine Umsetzung von Interaktionsaspekten wurde in diesem Zusammenhang verzichtet.

### 5.3.1 Untersuchungsgebiet

Für die Generierung aller Ableitungen ist eine umfangreiche Datenbasis Voraussetzung. Als Untersuchungsgebiet wurde der westliche Teil des naturwissenschaftlichen Campus der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg gewählt. In diesem ca. 0,5 km<sup>2</sup> großen Bereich befindet sich zugleich das Institut für Geowissenschaften. Für das Untersuchungsgebiet stehen neben einem umfangreichen Datenpool des Instituts auch Geodaten des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation des Landes Sachsen-Anhalt für eine Umsetzung zur Verfügung. Aufgrund der Nähe zum Institut ist zudem eine ergänzende Datenerhebung gewährleistet. Das Untersuchungsgebiet ist in Abb. 5.1 dargestellt.

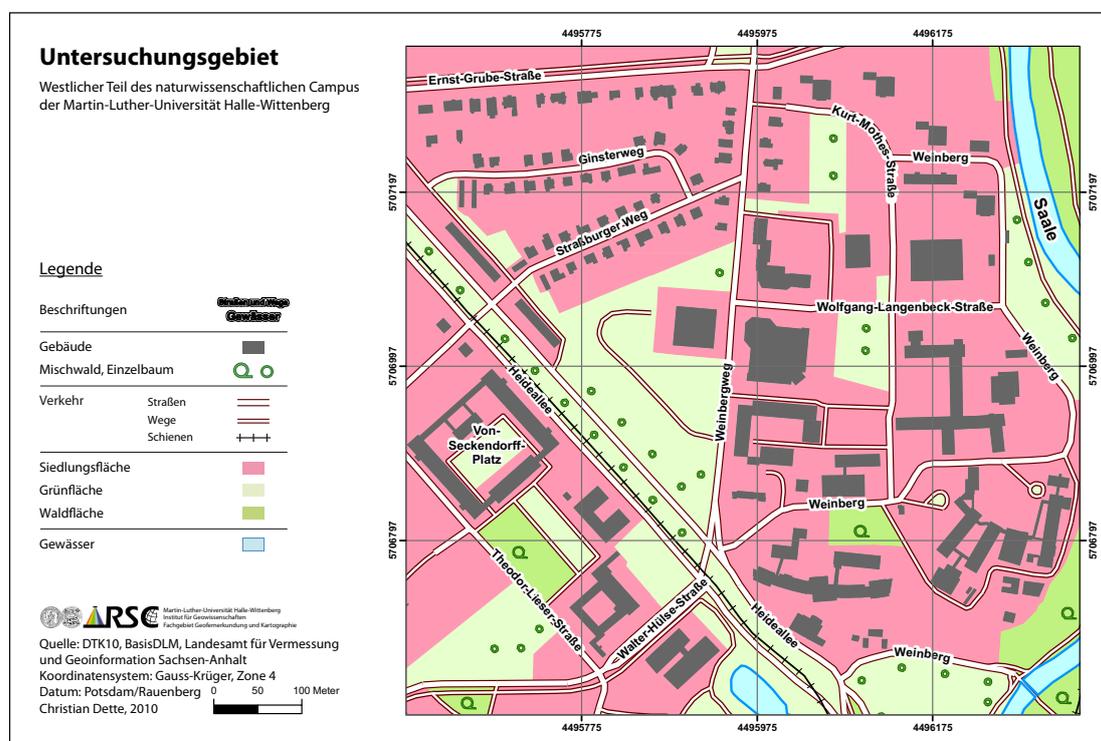


Abbildung 5.1: Übersicht des Untersuchungsgebietes

### 5.3.2 Ausgangsdaten und Software

Aus dem beschriebenen Datenpool wurden die notwendigen Basisdaten für die weitere Verarbeitung ausgewählt. Zusätzlich zu den bereits verfügbaren Kartengrundlagen konnten fehlende Daten erhoben und in das Projekt integriert werden. In der nachfolgenden Tabelle sind alle Datensätze, welche bei der Bearbeitung Verwendung gefunden haben, sowie die jeweilige Quelle zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 5.2: Ausgangsdaten für die kartographische Umsetzung

Datensatz	Quelle
Digitale Topographische Karte 1 : 10.000 (Blätter: 4437-SW, Stand: 2003; 4537-NW, Stand: 2004) - Siedlungs ächen - Wasser ächen - Vegetations ächen (Grünland, Wald) - Symbolik für Baumarten und Einzelbäume  Digitales Landschaftsmodell (BasisDLM) (Stand: 2007) - Gebäude - Straßen, Wege und Schienen - Beschriftungen  Digitale Orthofotos (Echtfarb, Aufnahmejahr: 2006)  Digitales Ober ächenmodell und Digitales Geländemodell (Laserscan-Au ösung 1m, Aufnahmejahr: 2008)	Landesamt für Vermessung und Geo- information des Landes Sachsen-Anhalt (Genehmigungsnummer: LVermGeoLSA/A9-8008066-11)
Schrägluftbilder des Untersuchungsgebietes (Aufnahmejahr: 2004)	Mitteldeutsches Druck- und Verlagshaus GmbH & Co. KG
Gebäude- und Objekthöhen: (Ableitung durch Bildung eines Höhendireferenzmodells aus DOM und DGM sowie eigene Einmessung mittels terrestrischer Lasermessung)  Dachformen im Untersuchungsgebiet  Fotos der Gebäudefassaden im Unter- suchungsgebiet  Fotos der Vegetation im Untersuchsungs- gebiet	eigene Erhebung

Im Vorfeld der praktischen Umsetzung wurde ein umfangreicher Test verschiedener Softwareprodukte aus den Bereichen Grafikverarbeitung, GIS und 3D-Visualisierung durchgeführt. Aus Gründen der Interoperabilität wurde schließlich auf die in Tabelle 5.3 aufgeführten Produkte zurückgegriffen. Durch entsprechende Schnittstellen ist zwischen den Programmen ein vereinfachter Datenaustausch möglich.

Tabelle 5.3: Verwendete Software für die kartographische Umsetzung

Softwareprodukt	Verwendung
ESRI ArcGIS 9.2	Geodatenverarbeitung, Kartenexport
Google SketchUp 7 (mit ArcGIS – Schnittstelle)	3D-Modellierung, Kartenexport
Adobe Photoshop CS3	Graphikverarbeitung, Histogrammvergleiche
Adobe Illustrator CS3	Objektextrusionen

### 5.3.3 Modellierung

Ausgangspunkt der Umsetzung stellen die Layer der Flächennutzung der Digitalen Topographischen Karte 1:10.000 (DTK10) dar. Diese wurden durch Straßen und Objektlayer des Digitalen Landschaftsmodells ergänzt. In Vorbereitung der nachfolgenden empirischen Untersuchung wurde ein quadratischer Ausschnitt für das Untersuchungsgebiet gewählt. Damit wird es ermöglicht, verschiedene Kartenausrichtungen ohne eine Veränderung in der Ausdehnung der Darstellung abzubilden. Dies gestattet Tests, in denen durch einen Wechsel der Ausrichtung nicht nur die Bildposition eines Kartenobjekts sondern auch deren räumliche Position gelernt und erfragt werden kann. Aufgrund der multidimensionalen Darstellungsarten konnte nicht in allen Karten eine Maßstabsangabe integriert werden. Da für den angestrebten Vergleich auf eine hohe optische Vergleichbarkeit Wert gelegt werden muss, wurde für die Untersuchung auf eine derartige Angabe verzichtet.

Die Flächenobjekte wurden im Vorfeld für eine hinreichende Vergleichbarkeit bezüglich der Aktualität mit den Digitalen Orthofotos abgeglichen und in geringem Umfang verändert. Anschließend konnten alle Elemente nach den graphischen Ei-

genenschaften der Topographischen Karte im Maßstab 1:10.000 gestaltet werden. Zusätzlich wurden die Symbole für Baumarten und Einzelbäume aus der DTK10 übernommen. Um eine bessere Lesbarkeit und Vergleichbarkeit mit den perspektivischen Ansichten zu erzielen, wurde in Übereinstimmung mit DICKMANN und ZEHNER (2001) auf die Verwendung von Höhenlinien verzichtet. Dickmann erläutert dazu: „Beispielsweise können Höhenlinien oder Vegetationsbedeckungen weggelassen werden, wenn diese Informationen nicht unbedingt erforderlich sind, die Übersichtlichkeit des Gesamtbildes aber dadurch gefördert wird“ (DICKMANN und ZEHNER, 2001, S. 103). Auf zusätzliche Bezeichnungen und Symbole wurde mit Ausnahme der Straßennamen ebenfalls verzichtet. Die Gebäudefarbe wurde auf „grau“ vereinheitlicht und die Beschriftungen mit einem Schatteneffekt versehen, um in allen Dimensionalitäts- und Abstraktionsgraden eine gute Lesbarkeit zu erreichen. Abschließend wurden das Gradnetz und die im Original zu erkennende Blattschnittgrenze entfernt. In Abbildung 5.2 ist der entsprechende Ausschnitt der Digitalen Topographischen Karte im Vergleich mit der erstellten Ausgangskarte gezeigt.



Abbildung 5.2: Ausschnitt der DTK10 (a) im Vergleich mit der erstellten Ausgangskarte (b)

Ausgehend von der generierten Ausgangskarte sollen nachfolgend die 16 erstellten Variationsmöglichkeiten in ihrer praktischen Umsetzung dargestellt werden (Tabelle 5.4 bis 5.7). Dazu erfolgt eine kurze Beschreibung der Arbeitsschritte hinsichtlich der Erstellung sowie eine Übersicht der Bestandteile.

## 5 Erstellung theoretisch abgeleiteter Kartenvarianten

Tabelle 5.4: Abgeleitete 2D Karten (Aufsicht, zweidimensionale Objekte)

Arbeitsschritte	Bestandteile / Legende	Kartenbeispiel (verkleinert)																						
1. Zusammenstellung der einzelnen Layer  2. Graphische Gestaltung	<table border="1"> <tr> <td>Beschriftungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer		
Beschriftungen																								
Gebäude																								
Mischwald, Einzelbaum																								
Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																		
Straßen																								
Wege																								
Schienen																								
Siedlungs äche																								
Grün äche																								
Wald äche																								
Gewässer																								
1. Verschneidung der Gebäudegrundrisse mit dem digitalen Orthofoto  2. Zusammenstellung der einzelnen Layer  3. Graphische Gestaltung	<table border="1"> <tr> <td>Beschriftungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td>digitales Orthofoto </td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude	digitales Orthofoto	Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer		
Beschriftungen																								
Gebäude	digitales Orthofoto																							
Mischwald, Einzelbaum																								
Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																		
Straßen																								
Wege																								
Schienen																								
Siedlungs äche																								
Grün äche																								
Wald äche																								
Gewässer																								
1. Zusammenstellung der einzelnen Layer  2. Graphische Gestaltung	<table border="1"> <tr> <td>Beschriftungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td>digitales Orthofoto </td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche	digitales Orthofoto	Gewässer		
Beschriftungen																								
Gebäude																								
Mischwald, Einzelbaum																								
Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																		
Straßen																								
Wege																								
Schienen																								
Siedlungs äche																								
Grün äche																								
Wald äche	digitales Orthofoto																							
Gewässer																								
1. Zusammenstellung der einzelnen Layer  2. Graphische Gestaltung	<table border="1"> <tr> <td>Beschriftungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer		
Beschriftungen																								
Gebäude																								
Mischwald, Einzelbaum																								
Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																		
Straßen																								
Wege																								
Schienen																								
Siedlungs äche																								
Grün äche																								
Wald äche																								
Gewässer																								

Tabelle 5.5: Abgeleitete 2,5D Karten (Aufsicht, dreidimensionale Objekte)

Arbeitsschritte	Bestandteile / Legende	Kartenbeispiel (verkleinert)																								
<ol style="list-style-type: none"> <li>Extrusion der Gebäude-layer durch maßstäblich verkleinerte Höhe z</li> <li>Extrusion der Vegetationssymbolik</li> <li>Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>Graphische Gestaltung</li> </ol>	<table border="1"> <tr> <td>Beschriftungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer				
Beschriftungen																										
Gebäude																										
Mischwald, Einzelbaum																										
Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																				
Straßen																										
Wege																										
Schienen																										
Siedlungs äche																										
Grün äche																										
Wald äche																										
Gewässer																										
<ol style="list-style-type: none"> <li>Extrusion der Gebäude-layer durch maßstäblich verkleinerte Höhe z</li> <li>Integration von Gebäudefotos</li> <li>Extrusion der Vegetationssymbolik</li> <li>Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>Graphische Gestaltung</li> </ol>	<table border="1"> <tr> <td>Beschriftungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer				
Beschriftungen																										
Gebäude																										
Mischwald, Einzelbaum																										
Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																				
Straßen																										
Wege																										
Schienen																										
Siedlungs äche																										
Grün äche																										
Wald äche																										
Gewässer																										
<ol style="list-style-type: none"> <li>Extrusion der Gebäude-layer durch maßstäblich verkleinerte Höhe z</li> <li>Extrusion der Vegetationssymbolik</li> <li>Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>Graphische Gestaltung</li> </ol>	<table border="1"> <tr> <td>Beschriftungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>digitales Orthofoto </td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer			digitales Orthofoto	
Beschriftungen																										
Gebäude																										
Mischwald, Einzelbaum																										
Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																				
Straßen																										
Wege																										
Schienen																										
Siedlungs äche																										
Grün äche																										
Wald äche																										
Gewässer																										
	digitales Orthofoto																									
<ol style="list-style-type: none"> <li>Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>Graphische Gestaltung</li> </ol>	<table border="1"> <tr> <td>Beschriftungen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Schrägluftbild </td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer			Schrägluftbild	
Beschriftungen																										
Gebäude																										
Mischwald, Einzelbaum																										
Verkehr	<table border="1"> <tr> <td>Straßen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																				
Straßen																										
Wege																										
Schienen																										
Siedlungs äche																										
Grün äche																										
Wald äche																										
Gewässer																										
	Schrägluftbild																									

## 5 Erstellung theoretisch abgeleiteter Kartenvarianten

Tabelle 5.6: Abgeleitete 2,5D Karten (Perspektive, zweidimensionale Objekte)

Arbeitsschritte	Bestandteile / Legende	Kartenbeispiel (verkleinert)																								
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>2. Graphische Gestaltung</li> <li>3. Projektion auf ein Geländemodell bzw. eine perspektivische Ansicht</li> </ol>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Beschriftungen</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Digitales Geländemodell</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer		Digitales Geländemodell		
Beschriftungen																										
Gebäude																										
Mischwald, Einzelbaum																										
Verkehr	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																				
Straßen																										
Wege																										
Schienen																										
Siedlungs äche																										
Grün äche																										
Wald äche																										
Gewässer																										
Digitales Geländemodell																										
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verschneidung der Gebäudegrundrisse mit dem digitalen Orthofoto</li> <li>2. Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>3. Graphische Gestaltung</li> <li>4. Projektion auf ein Geländemodell bzw. eine perspektivische Ansicht</li> </ol>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Beschriftungen</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td style="text-align: center;"> digitales Orthofoto </td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Digitales Geländemodell</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude	 digitales Orthofoto 	Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer		Digitales Geländemodell		
Beschriftungen																										
Gebäude	 digitales Orthofoto 																									
Mischwald, Einzelbaum																										
Verkehr	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																				
Straßen																										
Wege																										
Schienen																										
Siedlungs äche																										
Grün äche																										
Wald äche																										
Gewässer																										
Digitales Geländemodell																										
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>2. Graphische Gestaltung</li> <li>3. Projektion auf ein Geländemodell bzw. eine perspektivische Ansicht</li> </ol>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Beschriftungen</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Digitales Geländemodell</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer		Digitales Geländemodell		
Beschriftungen																										
Gebäude																										
Mischwald, Einzelbaum																										
Verkehr	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																				
Straßen																										
Wege																										
Schienen																										
Siedlungs äche																										
Grün äche																										
Wald äche																										
Gewässer																										
Digitales Geländemodell																										
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>2. Graphische Gestaltung</li> <li>3. Projektion auf ein Geländemodell bzw. eine perspektivische Ansicht</li> </ol>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Beschriftungen</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Gebäude</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Mischwald, Einzelbaum</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Verkehr</td> <td> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>Siedlungs äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Grün äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wald äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Gewässer</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Digitales Geländemodell</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Beschriftungen		Gebäude		Mischwald, Einzelbaum		Verkehr	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche		Grün äche		Wald äche		Gewässer		Digitales Geländemodell		
Beschriftungen																										
Gebäude																										
Mischwald, Einzelbaum																										
Verkehr	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td>Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Straßen		Wege		Schienen																				
Straßen																										
Wege																										
Schienen																										
Siedlungs äche																										
Grün äche																										
Wald äche																										
Gewässer																										
Digitales Geländemodell																										

Tabelle 5.7: Abgeleitete 3D Karten (Perspektive, dreidimensionale Objekte)

Arbeitsschritte	Bestandteile / Legende	Kartenbeispiel (verkleinert)																															
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erstellung von Gebäude- modellen</li> <li>2. Erzeugung abstrakter Baum- modelle</li> <li>3. Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>4. Graphische Gestaltung</li> <li>5. Projektion auf ein Geländemodell bzw. eine perspektivische Ansicht</li> </ol>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Beschriftungen</td> <td style="text-align: center;"><b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gebäude</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Mischwald, Einzelbaum</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Verkehr</td> <td style="text-align: center;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Siedlungs äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Grün äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Wald äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gewässer</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Digitales Geländemodell</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Beschriftungen		<b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b>	Gebäude			Mischwald, Einzelbaum			Verkehr	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche			Grün äche			Wald äche			Gewässer			Digitales Geländemodell			
Beschriftungen		<b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b>																															
Gebäude																																	
Mischwald, Einzelbaum																																	
Verkehr	Straßen																																
	Wege																																
	Schienen																																
Siedlungs äche																																	
Grün äche																																	
Wald äche																																	
Gewässer																																	
Digitales Geländemodell																																	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erstellung von Gebäude- modellen</li> <li>2. Integration von Gebäudefotos</li> <li>3. Erzeugung fotorealistischer Baummodelle</li> <li>4. Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>5. Graphische Gestaltung</li> <li>6. Projektion auf ein Geländemodell bzw. eine perspektivische Ansicht</li> </ol>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Beschriftungen</td> <td style="text-align: center;"><b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gebäude</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Mischwald, Einzelbaum</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Verkehr</td> <td style="text-align: center;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Siedlungs äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Grün äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Wald äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gewässer</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Digitales Geländemodell</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Beschriftungen		<b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b>	Gebäude			Mischwald, Einzelbaum			Verkehr	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche			Grün äche			Wald äche			Gewässer			Digitales Geländemodell			
Beschriftungen		<b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b>																															
Gebäude																																	
Mischwald, Einzelbaum																																	
Verkehr	Straßen																																
	Wege																																
	Schienen																																
Siedlungs äche																																	
Grün äche																																	
Wald äche																																	
Gewässer																																	
Digitales Geländemodell																																	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erstellung von Gebäude- modellen</li> <li>2. Erzeugung abstrakter Baum- modelle</li> <li>3. Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>4. Graphische Gestaltung</li> <li>5. Projektion auf ein Geländemodell bzw. eine perspektivische Ansicht</li> </ol>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Beschriftungen</td> <td style="text-align: center;"><b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gebäude</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Mischwald, Einzelbaum</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Verkehr</td> <td style="text-align: center;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Siedlungs äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Grün äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Wald äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gewässer</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Digitales Geländemodell</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Beschriftungen		<b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b>	Gebäude			Mischwald, Einzelbaum			Verkehr	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche			Grün äche			Wald äche			Gewässer			Digitales Geländemodell			
Beschriftungen		<b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b>																															
Gebäude																																	
Mischwald, Einzelbaum																																	
Verkehr	Straßen																																
	Wege																																
	Schienen																																
Siedlungs äche																																	
Grün äche																																	
Wald äche																																	
Gewässer																																	
Digitales Geländemodell																																	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erstellung von Gebäude- modellen</li> <li>2. Integration von Gebäudefotos</li> <li>3. Erzeugung fotorealistischer Baummodelle</li> <li>4. Zusammenstellung der einzelnen Layer</li> <li>5. Graphische Gestaltung</li> <li>6. Projektion auf ein Geländemodell bzw. eine perspektivischen Ansicht</li> </ol>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Beschriftungen</td> <td style="text-align: center;"><b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gebäude</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Mischwald, Einzelbaum</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">Verkehr</td> <td style="text-align: center;">Straßen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Wege</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Schienen</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Siedlungs äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Grün äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Wald äche</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Gewässer</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Digitales Geländemodell</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> </table>	Beschriftungen		<b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b>	Gebäude			Mischwald, Einzelbaum			Verkehr	Straßen		Wege		Schienen		Siedlungs äche			Grün äche			Wald äche			Gewässer			Digitales Geländemodell			
Beschriftungen		<b>Straßen und Wege</b> <b>Gewässer</b>																															
Gebäude																																	
Mischwald, Einzelbaum																																	
Verkehr	Straßen																																
	Wege																																
	Schienen																																
Siedlungs äche																																	
Grün äche																																	
Wald äche																																	
Gewässer																																	
Digitales Geländemodell																																	

Alle 16 Variationen sind in der nachfolgenden Tabelle 5.8 noch einmal zusammengefasst.

Tabelle 5.8: Übersicht der 16 möglichen Darstellungsvarianten

		Abstraktionsgrad			
		hoch	mittel		niedrig
Dimensionalität	2D				
	2,5D				
					
	3D				

Die Herstellung der aufgelisteten Variationen ist je nach Wahl des Dimensionalitäts- bzw. Abstraktionsgrades unterschiedlich aufwändig. Dies ist vor allem von den jeweiligen Eigenschaften der einzelnen Kartenelemente abhängig.

Karteninhalte, die ohne Höhe  $z$  oder mit der Geländeoberfläche in einer Ebene abgebildet werden, haben in der abstrakten Variante nur einen geringen Erstellungsaufwand. Gleiches gilt aufgrund der Verwendung des digitalen Orthofotos für deren realitätsnahe Darstellung.

Besonders aufwändig ist dagegen die Gestaltung der Objekte, welche dreidimensional umgesetzt werden sollen. Hier mussten alle Objekte einzeln modelliert und mit einer Höhe versehen werden.

Je mehr die vertikale Dimension innerhalb der Karte kommuniziert werden soll, desto größer ist der Modellierungs- bzw. Gestaltungsaufwand. Die zusätzliche Erzeugung von Realitätsnähe, welche in diesem Fall durch die Integration von Geländefotos erreicht wurde, vermehrt den Arbeitsaufwand zusätzlich.

## 5.4 Praxisrelevanz

Auf die weit verbreitete Anwendung der beschriebenen Verfahren wurde wiederholt hingewiesen. Ein Vergleich der erstellten Varianten mit dem Angebot digitaler Onlinekarten der bekanntesten Anbieter<sup>1</sup> zeigt in der Praxis eine Hinwendung zu eindeutigen Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion. Übertragen auf die Zusammenstellung der 16 möglichen Darstellungsvarianten bedeutet dies eine starke Betonung der Randbereiche.

Ein erster Schwerpunkt liegt auf rein zweidimensionalen Karten mit einem hohen Abstraktionsgrad. Niedrige Abstraktionsgrade werden meist durch die Verwendung von Fotografien bzw. eines Luft- oder Satellitenbildes sowie deren Ergänzung mit abstrahierten Informationen erreicht.

Die hier herausgearbeiteten Mischformen der Dimensionalität haben in der Praxis nur im starken Abstraktionsbereich eine nennenswerte Verbreitung gefunden. Das als Sonderfall aufgenommene Schrägluftbild hat sich als Variante mit niedrigem Abstraktionsgrad hingegen als Ergänzung zu den bestehenden Kartendarstellungen zunehmend etabliert.<sup>2</sup>

Varianten, in denen realitätsnahe Objekte auf einem stark abstrahierten Hintergrund abgebildet werden, sind selten bzw. nicht verbreitet. Dies gilt für alle Dimensionalitätsbereiche.

---

<sup>1</sup> GoogleMaps, MicrosoftBingMaps, YahooMaps, Openstreetmaps

<sup>2</sup> Für großmaßstäbige Bereiche kann zusätzlich das „StreetView“-Programm von *Google* als Pendant gesehen werden.

### 5.5 Fazit

Im Rahmen dieses Kapitels wurden aus der entwickelten Systematik praktische Beispielkarten abgeleitet. Die erforderlichen Arbeitsschritte und Ergebnisse wurden an 16 erstellten Kartenvariationen beschrieben. Während für den Parameter Dimensionalität in vier Varianten unterschieden werden kann, existieren für die Abstraktion ähnlich der Variablen „Farbe“ theoretisch unendlich viele Abstufungen. Davon wurden exemplarisch zwei Ausprägungen umgesetzt. Der Maßstabsbereich 1:10.000 wurde aufgrund des ausgeglichenen Verhältnisses von flächenhaften und objektbezogenen Informationen gewählt. Zugleich konnte damit eine hohe Übertragbarkeit auf in der Praxis existierende Karten gewährleistet werden. Aufgrund der beschriebenen Universalität wurde eine topographische Basis als Kartengrundlage gewählt. Gestaltung und Farbgebung orientieren sich an den digitalen Topographischen Karten des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation des Landes Sachsen-Anhalt. Damit konnte auf einen bestehenden Standard zurückgegriffen werden, welcher eine verbesserte Interpretation der Ergebnisse des nachfolgenden Untersuchungsteils gewährleistet. An den abgeleiteten Karten konnte gezeigt werden, dass sich die entwickelte Systematik auf die in der Praxis verwendeten Darstellungen anwenden lässt. Gleichzeitig konnten Kombinationsmöglichkeiten von Dimensionalität und Abstraktion herausgestellt werden, welche besonders häufig in der Praxis angewendet werden. Aufgrund der unterschiedlichen Verfügbarkeit bzw. Menge an Ausgangsdaten kommt es bei der Erstellung der Variationen zu unterschiedlich großem Zeitaufwand, welcher bei der Umsetzung einer Karte berücksichtigt werden muss. Besonders die Umsetzung von Dimensionalität erfordert aufgrund des erhöhten Gestaltungsaufwandes zusätzliche Arbeitsschritte. Der Aufwand steht jedoch nicht zwangsläufig im Zusammenhang mit der Praxisrelevanz der jeweiligen Darstellung.

---

## Kapitel 6

# Empirische Untersuchung

In den vorangegangenen Kapiteln wurden theoretisch und praktisch die Möglichkeiten der Variation von Dimensionalität und Abstraktion beschrieben. Die Frage nach deren Einfluss auf die Reproduktion der Karteninhalte durch den Nutzer sowie den Akzeptanzgrad der Karte selbst kann jedoch nicht subjektiv beantwortet werden. Im Anschluss an die erfolgte Prozessanalyse sollte eine empirische Prüfung stattfinden. Diese wird unter Zuhilfenahme wahrnehmungspsychologischer Untersuchungskriterien durchgeführt. So sollen die Auswirkungen der gezielten Variation von Dimensionalität und Abstraktionsgrad in einer Kartendarstellung am Beispiel ausgewählter Kombinationen empirisch erfasst werden. Den ersten Teil bildet ein standardisierter Fragenkatalog in Form einer Online-Befragung. Der zweite Teil der Erhebung ist eingebettet in eine Forschungszusammenarbeit mit dem Institut für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Als Ergänzung zur vorliegenden Arbeit wurde in der Abteilung „Allgemeine Psychologie“ eine Diplomarbeit mit dem Thema „Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss der räumlichen Darstellung auf das Ortsgedächtnis.“ vergeben (MICHAEL, 2010). Diese hatte das Ziel, eine zweite Evaluationsstudie vorzubereiten. Es konnte gemeinsam eine Experimentalumgebung für das angestrebte Lernexperiment entwickelt werden. Für den empirischen Teil der Arbeit steht so ein zweiteiliger Untersuchungskomplex zur Verfügung, der nachfolgend beschrieben werden soll.

## 6.1 Untersuchungsgegenstände

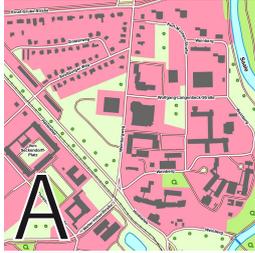
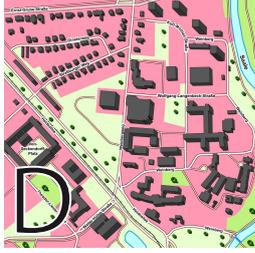
Als Untersuchungsgegenstände wurden 12 Variationen aus den in Kapitel 4 vorgestellten theoretischen Möglichkeiten ausgewählt und nach den in Kapitel 5 beschriebenen Verfahren erstellt. Die Auswahl wurde im Hinblick auf eine hinreichende Praxisnähe in Anlehnung an die in Kap. 1.2 und 5.4 dargelegte Situation getroffen. Die Tabelle 6.1 zeigt eine Übersicht über die Untersuchungsgegenstände, die mit den Buchstaben A bis L bezeichnet sind. Es handelt sich um vier verschiedene Grade von Dimensionalität und drei Abstraktionsstufen.

In horizontaler Richtung erfolgt eine dreistufige Variation der Abstraktion. In den Karten A, D, G und J sind alle Karteninhalte und somit auch das Gesamtbild stark abstrahiert. Die Karten B, E, H und K beinhalten abstrakt dargestellte Linienobjekte sowie Gebäude und Vegetationselemente. Alle weiteren flächenhaften Informationen und verbleibenden Objekte werden durch ein digitales Orthofoto abgebildet. Aus den in Kap. 5 dargestellten Möglichkeiten wurden diese Mischformen aufgrund der erhöhten Praxisrelevanz für die empirische Untersuchung ausgewählt. In den Karten C, F, I und L sind alle Objekte durch die Verwendung von Fotografien bzw. des digitalen Orthofotos in einer realitätsnahen Variante dargestellt.

In vertikaler Richtung sind die Untersuchungsgegenstände durch eine vierstufige Variation des Parameters Dimensionalität gekennzeichnet. Dabei stehen sich jeweils zweidimensionale (A, B, C) und dreidimensionale (J, K, L) Darstellungen gegenüber. Ergänzt werden diese durch je zwei Mischformen. Diese unterscheiden sich wiederum in eine Variante der Aufsicht (D, E, F) sowie eine perspektivische Darstellung (G, H, I). Bei Variante F handelte es sich als Sonderfall um ein Schrägluftbild (vgl. Kap. 5), da bei einer realitätsnahen Abbildung der zweidimensionalen euklidischen Ebene keine ausschließliche Erhöhung des Dimensionalitätsgrades der Objekte möglich ist (vgl. Kap. 5.2). Zugleich ist die Verwendung von Schrägluftbildern auch in der Praxis wiederholt anzutreffen, was zusätzlich der angestrebten Praxisnähe der durchgeführten Untersuchung entspricht.

Durch diese Auswahl konnten für die Untersuchung die wesentlichen Variationsmöglichkeiten erfasst werden.

Tabelle 6.1: Ausgewählte Variationen von Dimensionalität und Abstraktion als Untersuchungsgegenstände für die empirische Prüfung

		Abstraktionsgrad		
		hoch	mittel	niedrig
Dimensionalität	2D			
	2,5D			 Schrägluftbild
	2,5D			
	3D			

## 6.2 Hypothesen

Die Formulierung der Hypothesen erfolgte mit dem Ziel, den Einfluss von Dimensionalität und Abstraktionsgrad auf die objektive und subjektive Wahrnehmungsqualität und damit auf die Reproduktion der Karteninhalte durch den Nutzer sowie den Akzeptanzgrad von Bildschirmkarten zu testen. Für die Analyse wurden die Zieleigenschaften „Funktionalität“ und „Attraktivität“ formuliert. Eine hohe Funktionalität wird in dieser Untersuchung Karten zugeschrieben, die es einem potenziellen Nutzer gestatten, möglichst effizient Informationen aus dem Kartenbild zu extrahieren und diese damit schnell zu lernen. Die Erfassung der Funktionalität soll hier durch eine Messung der Memorationsleistung der topographischen Substanz erreicht werden. Die Untersuchungsgegenstände wurden dabei gezielt interessenneutral gewählt. Die Attraktivität der gezeigten Darstellungen wird direkt erfragt und anschließend miteinander verglichen.

Im Rahmen der Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die Entnahme und Speicherung von Informationen aus den gezeigten Karten für den Nutzer einen Lernprozess darstellt. Dabei wird erwartet, dass eine Steigerung des Grades an Dimensionalität und eine Verringerung des Abstraktionsgrades mit einer Zunahme der kognitiv zu verarbeitenden Informationen einhergeht. Die Formulierung der Hypothesen kann damit in Anlehnung an die Theorie des „Cognitive Load“ verstanden werden (vgl. SWELLER und CHANDLER, 1991). Diese von SWELLER und CHANDLER entwickelte Theorie besagt, dass ein Lernprozess durch drei Quellen mentaler Belastung beeinflusst werden kann (nach: CLARK et al., 2006):

1. Durch die intrinsische kognitive Belastung, welche durch die Komplexität der Lernaufgabe entsteht (Intrinsic Load)
2. Durch die kognitive Belastung des Lernprozesses selbst (Germane Load)
3. Durch extrinsische kognitive Belastung, welche durch Informationen verursacht wird, welche für die Lösung der Lernaufgabe keine oder nur geringe Relevanz besitzen (Extraneous Load)

Im Zusammenhang mit geographischen Informationen und dem Cognitive Load - Ansatz befassen sich unter anderem BUNCH und LLOYD (2006), die zudem im Hinblick auf die Arbeit von MAYER und MONERO (2003) auf den Vorteil des Verzichts

irrelevanter Informationen in Karten verweisen, um den „Extraneous Load“ zu senken. Bezogen auf die Kartengestaltung durch die Zielgrößen wird folglich vor allem die extrinsische kognitive Belastung beeinflusst. Daraus lässt sich schließen, dass eine Karte mit einem hohen Grad an graphischer Komplexität die Erfassung einzelner Informationen erschwert. Gleichzeitig wird angenommen, dass eine realitätsnahe Darstellung attraktiver erscheint. In Anbetracht der formulierten Sachverhalte wurden als Basis für die Untersuchung folgende gerichtete Zusammenhangshypothesen formuliert und in Abbildung 6.1 graphisch umgesetzt:

- **Hypothese H<sub>1</sub>:**

Hoher Abstraktionsgrad bei niedriger Dimensionalität einer Kartendarstellung steigert die Memorationsleistung der topographischen Substanz.

- **Hypothese H<sub>2</sub>:**

Niedriger Abstraktionsgrad bei hoher Dimensionalität steigert die Attraktivität.

- **Hypothese H<sub>3</sub>:**

Karten mit hohem Abstraktionsgrad und niedriger Dimensionalität werden durch den Nutzer mit hoher Funktionalität in Verbindung gebracht und demnach im Einsatz bevorzugt.

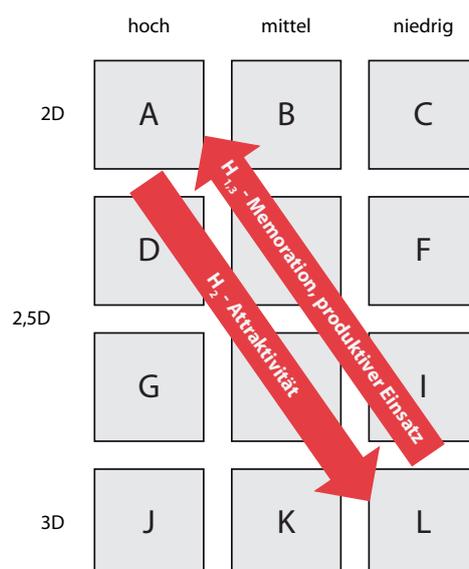


Abbildung 6.1: Graphische Darstellung der Hypothesen H<sub>1</sub> - H<sub>3</sub>

Die formulierten Hypothesen werden durch die folgende empirische Prüfung getestet. Dabei können, wie BORTZ und DÖRING (2006) beschreiben, Fehleinschätzungen von Wahrscheinlichkeiten aufgedeckt werden. Hypothese  $H_1$  stellt die Haupthypothese dar, welche sowohl im Rahmen der webbasierten Befragung als auch innerhalb des anschließend durchgeführten Lernexperiments geprüft wird.

### 6.3 Webbasierte Befragung

Die Verwendung eines Fragebogens hat sich in den letzten Jahren auch für Untersuchungen im kartographischen Kontext bewährt (vgl. Kap. 3.3.2). Im Rahmen empirischer Untersuchungen konnte dies wiederholt belegt werden (SIEBER, 1996; KIRSCHENBAUER, 2003; DICKMANN, 2004; PETROVIC und MASERA, 2006). Aus praktischen und ökonomischen Gründen wurde hier die Online-Variante gewählt. Dafür spricht zudem, dass es sich bei den Untersuchungsgegenständen um digitale Karten handelt, welche die Nutzung eines Computers voraussetzen.

#### Versuchsumgebung

Für die Untersuchung wurde das php-basierte Open-Source Umfragesystem „LimeSurvey“ ([www.limesurvey.org](http://www.limesurvey.org)) in der Version 1.71+ verwendet (Abb. 6.2). Dieses wurde auf dem institutseigenen Web-Server installiert und den Anforderungen der Umfrage angepasst. Dazu zählen insbesondere die Programmierung einer zeitgesteuerten Anzeigeschleife, einer Zufallsauswahl und die Einbindung der Kartendarstellung in den Umfrageablauf.



Abbildung 6.2: Logo der Befragungsumgebung „LimeSurvey“ ([www.limesurvey.org](http://www.limesurvey.org))

### 6.3.1 Versuchsaufbau

Aufgrund möglicher Störvariablen bezüglich Vorkenntnissen und Erfahrungen werden im ersten Teil neben Fragen zur Person auch die Erfahrungen mit Karten und Kartendiensten erfasst. Weiterhin wird die Ortskenntnis im Hinblick auf das Untersuchungsgebiet erfragt. Anschließend beginnt der Testteil. Dieser startet mit einer 25 sekündigen Karteneinblendung. Es folgen Testfragen zur topographischen Substanz der eben gesehenen Darstellung. Abschließend ist ein Frageteil zu subjektiv empfundener Attraktivität und Funktionalität aller abgefragten Darstellungen implementiert. In Abb. 6.3 ist ein Überblick zum Fragedesign dargestellt. Der gesamte Fragebogen ist in Anhang B zu finden.

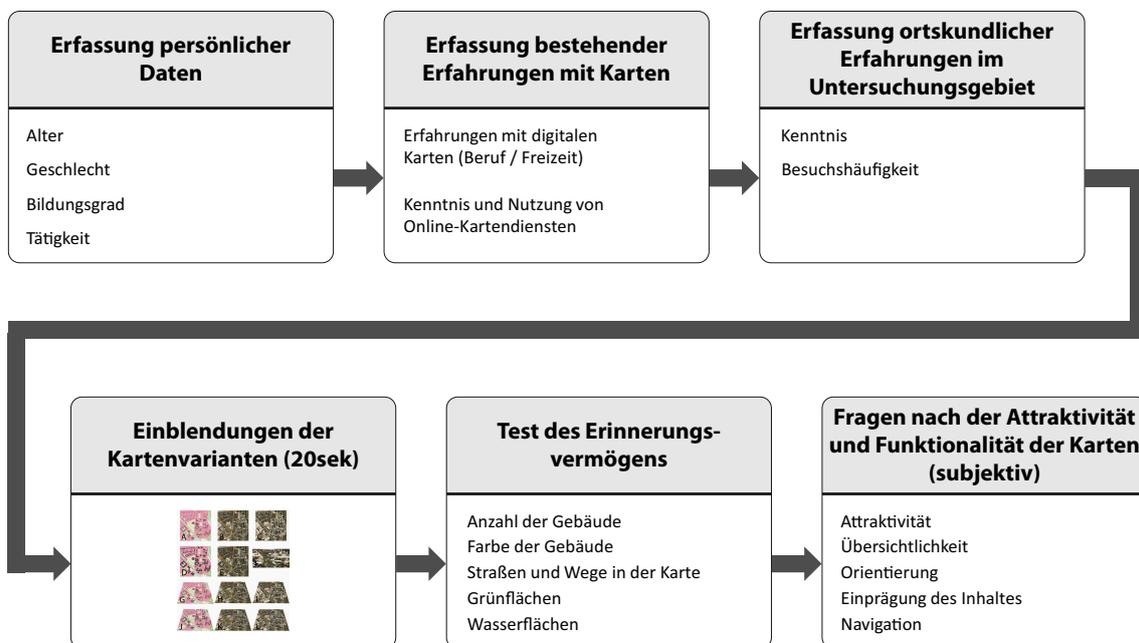


Abbildung 6.3: Versuchsaufbau

Nachfolgend soll auf die einzelnen Bereiche des Fragebogens im Hinblick auf die Zielstellung näher eingegangen werden.

#### Fragen zur Person

Dieser Bereich umfasst Fragen zu Geschlecht, Altersgruppe, Bildungsgrad und derzeitiger Tätigkeit. Die Fragen sollen einer Charakterisierung der Stichprobe dienen und falls erforderlich die Prüfung möglicher Zusammenhänge bezüglich des Erinnerungsvermögens und der Fragen nach der Attraktivität der Karten gestatten.

### **Fragen zur Nutzung von Kartendiensten /-darstellungen**

Zu diesem Abschnitt zählen Fragen bezüglich der beruflichen bzw. privaten Nutzung von Karten und Kartendiensten, der Kenntnis gängiger digitaler Online-Kartendienste und der Nutzung von Navigationsgeräten. Hintergrund ist der Test auf mögliche Störfaktoren durch vorhandene Vorkenntnisse.

### **Fragen zur Ortskenntnis**

Bezüglich der Ortskenntnis werden der Bekanntheitsgrad und die Aufenthaltsfrequenz am Untersuchungsgebiet abgefragt. Auch hier kann zur Sicherung der Ergebnisse ein Test auf mögliche Störfaktoren erfolgen.

### **Karteneinblendungen und Fragen zum Erinnerungsvermögen**

In diesem Abschnitt des Fragebogens wird eine von 12 Beispielkarten nach einem randomisierten Verfahren dem Probanden eingeblendet. Anschließend werden Fragen zur jeweiligen Karte gestellt. Diese erfassen hauptsächlich die Memorationsleistung des Probanden bezüglich der Darstellungsart und der topographischen Substanz (zu Hypothese  $H_1$ ). Dazu werden im Einzelnen Fragen zu Darstellungsart, Gebäudeanzahl, Gebäudefarbe, Straßensignatur, Beschriftung, Grün- und Wasserflächen gestellt.

### **Fragen nach Attraktivität und Funktionalität der Kartenbeispiele**

In sechs Fragebereichen werden die Probanden gebeten, aus den 12 für die Untersuchung ausgewählten Karten nach vorgegebenen Situationen die jeweils am besten und am schlechtesten geeignete Darstellung auszuwählen. Auf die Verwendung einer „Likert-Skala“ wurde in diesem Fall bewusst verzichtet, um die Beantwortung der Frage nicht zusätzlich zu erschweren. Zunächst wird nach der Attraktivität der Kartenvarianten gefragt (Hypothese  $H_2$ ). Anschließend erfolgt die Abfrage für die angenommene Funktionalität nach vorgegebenen Anwendungsbereichen: Übersichtlichkeit, Memoriation einer Wegstrecke, Entfernungsschätzung, Positionierung und Navigationsanwendungen (Hypothese  $H_3$ ).

## **6.3.2 Vorbereitung und Durchführung der Befragung**

Im Rahmen der „Langen Nacht der Wissenschaften“ der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg im Jahr 2008 sowie in verschiedenen Lehrveranstaltungen des lau-

fenden Semesters im Institut für Geowissenschaften wurde zunächst die entworfene Testumgebung in einem Pretest an 280 Testpersonen erprobt. Besonders wichtig waren in technischer Hinsicht der Test der angebundenen SQL-Datenbank des Institutsservers sowie die Exportschnittstelle zum Statistikprogramm SPSS. Ferner wurde die Vergabe von Variablennamen auf ihre Praktikabilität in der nachfolgenden Auswertung überprüft. Zusätzlich wurden Probleme bezüglich der gestellten Fragen und des Fragebogendesigns registriert und für die Überarbeitung des Fragebogens erfasst.

Die Untersuchung von digitalen Kartendarstellungen setzt für die Bearbeitung Probanden voraus, die eine Vorerfahrung im Umgang mit digitalen Anwendungen besitzen. Daher wurde als Verteilungsform der Anfrage zur Teilnahme die E-Mail favorisiert. Ferner sollte eine gewisse Varianz bezüglich der Altersverteilung, dem Geschlecht sowie dem Bildungsgrad existieren, um von den Ergebnissen auf eine größere Grundgesamtheit schließen zu können. Da für die durchgeführte Befragung zudem nur begrenzte finanzielle Mittel zur Verfügung standen, wurde auf die Möglichkeit der Nutzung des universitätsweiten E-Mail-Verteilers zurückgegriffen. Damit konnten neben der guten Erreichbarkeit der Probanden auch die formulierten Anforderungen an die Versuchspersonen zufriedenstellend erfüllt werden.

Die Hauptuntersuchung erfolgte in den Monaten Januar und Oktober 2009. Der Link wurde mit Hilfe eines E-Mail-Verteilers an ca. 5.000 Mitarbeiter und Stipendiaten aller Fakultäten der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg verteilt.

Durch die aus praktischen Gründen gewählte Verteilungsform des Fragebogens wurde unvermeidlich eine Vorauswahl getroffen. Bei den vorliegenden Daten handelt es sich um eine Klumpenstichprobe, was in der Auswertung zu berücksichtigen ist.

### **6.3.3 Statistische Methoden**

Durch die Befragung wurden nominal- und ordinalskalierte Daten mit einer dichotomen bzw. polytomen Ausprägung erhoben. Die vorliegende Datenskalisierung schränkt die in Frage kommenden statistischen Auswertungsmethoden ein. Das angewendete Methodenspektrum soll im Folgenden im Zusammenhang mit den erhobenen Daten kurz beschrieben werden.

### **Deskriptive Statistik und Häufigkeiten**

Zur Auswertung der Daten werden zunächst deskriptive Methoden verwendet. Die Umsetzung erfolgt durch Tabellen, Histogramme und eine speziell entwickelte graphische Umsetzung.

### **Kreuztabellen mit Chi Quadrat-Test**

Die angewendete Methode zielt darauf ab, Häufigkeitsunterschiede im Auftreten bestimmter Merkmale oder Merkmalskombinationen zu analysieren (vgl. BORTZ und DÖRING, 2006). Dabei untersucht der Chi-Quadrat Test den Unterschied zwischen den beobachteten und den erwarteten Häufigkeiten. Es wird eine empirische Verteilung mit einer Gleichverteilung verglichen. Kreuztabellen mit Chi Quadrat-Test eignen sich speziell für kategoriale Variablen, wie sie in diesem Fall vorliegen (z.B. der Frage nach der Gebäudefarbe) und erlauben die statistische Absicherung numerischer Unterschiede.

### **t-Test**

Diese Methode vergleicht die Mittelwerte einer kontinuierlichen Variablen in zwei unabhängigen Stichproben miteinander und macht eine Aussage darüber, ob beide Stichproben bezüglich der gemessenen Variablen aus einer Grundgesamtheit kommen. Somit kann untersucht werden, ob ein beobachteter numerischer Unterschied statistisch signifikant ist (z.B. die Reaktionszeiten zweier Gruppen für die Untersuchung des Lernerfolges).

### **Varianzanalyse**

Die Varianzanalyse vergleicht die Mittelwerte mehrere unabhängiger Stichproben miteinander und macht eine Aussage darüber, ob die Stichproben bezüglich der gemessenen Variablen aus einer Grundgesamtheit kommen. Ein signifikantes Ergebnis gibt an, dass sich mindestens zwei oder mehrere Werte voneinander unterscheiden. Als Spezifikation dieses allgemeinen Signifikanztests werden zusätzlich Post-hoc-Tests nach Scheffé (vgl. BORTZ und DÖRING, 2006) eingesetzt, um die sich unterscheidenden Gruppen zu identifizieren (z.B. die Betrachter der gezeigten Karten bzgl. der Einschätzung der Gebäudeanzahl).

### 6.3.4 Datenaufbereitung und Beschreibung der Stichprobe

Insgesamt wurde der Fragebogen in den Testzeiträumen von je 2 Wochen 1422 Mal aufgerufen. Dabei konnten 825 voll ausgefüllte Fragebögen registriert werden. Nach einer Einzelfallanalyse mussten in einem ersten Bearbeitungsschritt 69 Datensätzen ausgeschlossen werden, da der begründete Verdacht bewusster Fehleingaben seitens der Probanden vorlag. Dazu zählten vor allem widersprüchliche Antworten auf die gestellten Fragen wie z.B. die Angabe derselben Karte bei den Fragen nach größter bzw. geringster Attraktivität.

Nach der Bearbeitung lag für die statistische Auswertung eine Stichprobe mit  $n=756$  vor, die im Folgenden beschrieben werden soll.

#### Persönliche Daten

Hinsichtlich der Geschlechtsverteilung waren Männer mit 52,5% etwas häufiger vertreten als Frauen mit 47,5%. Bezüglich der Altersverteilung wurden 10-Jahresgruppen gebildet. Hier waren die 21- 30-Jährigen mit 39,6% am häufigsten vertreten. Gefolgt wurde diese Gruppe von den 31- 40-Jährigen mit 27,4% sowie den 41- 50-Jährigen mit 15,6% und den 51- 60-Jährigen mit 13,8% (Abb. 6.4 und Anhang C, Tab. C.1,C.2).

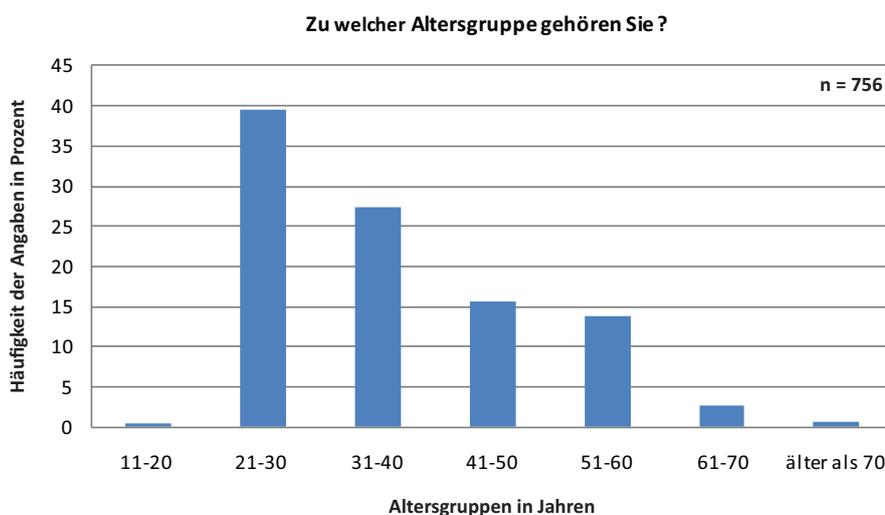


Abbildung 6.4: Häufigkeiten der Altersverteilung bei den Versuchspersonen

Eine deutliche Mehrheit besitzt einen Hochschul- bzw. Fachhochschulabschluss und befindet sich in einem Angestellten- bzw. Beamtenverhältnis (Tab. 6.2 und 6.3).

Tabelle 6.2: Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach dem höchsten Bildungsabschluss

	Häufigkeit	Prozent
kein Abschluss	1	0,1
Hauptschule / 9. Klasse	1	0,1
Realschule / POS	21	2,8
Abitur / Fachabitur	42	5,6
Berufsausbildung	58	7,7
Hoch-/Fachhochschulstudium	619	81,9
Sonstiges	14	1,9
Gesamt	756	100,0

Tabelle 6.3: Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach der derzeitigen Tätigkeit

	Häufigkeit	Prozent
in Ausbildung	10	1,3
Student/-in	94	12,4
Angestellter/-e Beamter/-in	615	81,3
selbstständig	17	2,2
Rentner/-in	15	2,0
nicht berufstätig	5	0,7
Gesamt	756	100,0

### **Erfahrung mit Karten**

Bezüglich der Kenntnis von Kartendiensten ist festzustellen, dass nur eine Minderheit von 13,6% der Probanden beruflich mit Kartendarstellungen zu tun hat. Mit 48,5% interessiert sich nur knapp die Hälfte der Probanden privat für Karten bzw. verwendet diese häufig. Lediglich 42,7% benutzen ein Navigationsgerät im Auto (Tab: 6.4, 6.5 und 6.6).

Tabelle 6.4: Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach beruflicher Beschäftigung mit Karten

	Häufigkeit	Prozent
ja	103	13,6
nein	653	86,4
gesamt	756	100,0

Tabelle 6.5: Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach dem privaten Interesse an Karten

	Häufigkeit	Prozent
ja	367	48,5
nein	389	51,5
gesamt	756	100,0

Tabelle 6.6: Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach der Nutzung eines Navigationsgerätes

	Häufigkeit	Prozent
ja	323	42,7
nein	433	57,3
gesamt	756	100,0

Ungefähr die Hälfte der Befragten (55,3%) gibt an, gut mit Google Earth oder Google Maps vertraut zu sein (Abb.6.5 und Anhang C, Tab. C.8). Alleinig der Online-Anbieter Map24 erreichte ein ähnliches Ergebnis wie die Dienste Google Earth oder Google Maps (Anhang C, Tab. C.11). Andere Kartendienste oder Computerspiele mit Karteneinsatz werden wenig genutzt bzw. sind nicht bekannt (Anhang C, Tab. C.9, C.10, C.12 und C.13).

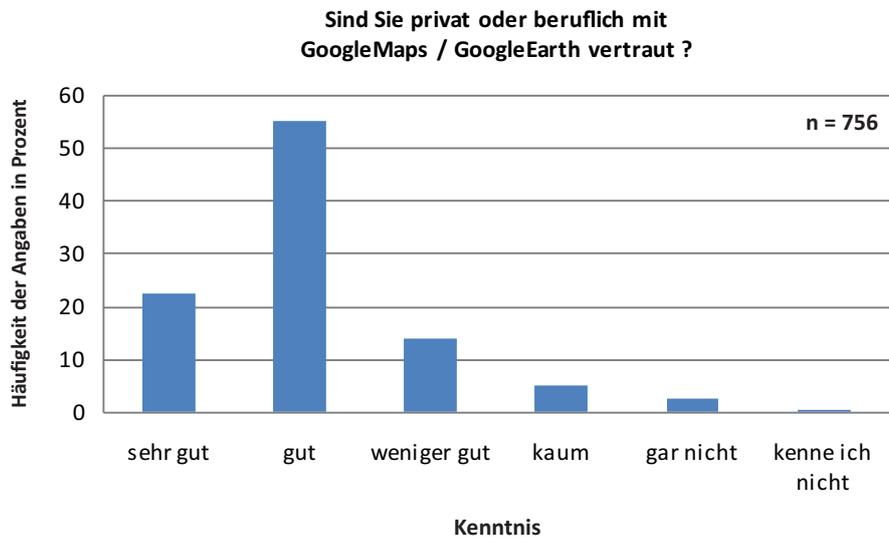


Abbildung 6.5: Private oder berufliche Kenntnis von GoogleEarth/GoogleMaps unter den Versuchspersonen

### Ortskunde

Etwa die Hälfte der Befragten kennt das Untersuchungsgebiet sehr gut bzw. gut. Ein ungefähr gleich großer Anteil ist mit dem Gebiet wenig bzw. kaum vertraut. Nur ein kleiner Anteil von ca. 6 Prozent gibt an, das Gebiet nicht zu kennen (vgl. Tab. 6.7).

Tabelle 6.7: Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach der Ortskenntnis im Untersuchungsgebiet

	Häufigkeit	Prozent
sehr gut	79	10,4
gut	286	37,8
weniger gut	230	30,4
kaum	114	15,1
gar nicht	47	6,2
gesamt	756	100,0

Nur eine Minderheit der Befragten ist jedoch täglich bzw. häufig vor Ort. Dagegen hält sich der größte Teil der Befragten (40,6%) nur sehr selten bzw. gar nicht im Untersuchungsgebiet auf (Tab. 6.8).

Tabelle 6.8: Häufigkeiten und Prozentwerte zur Auswertung der Frage nach der Anwesenheit im Untersuchungsgebiet

	Häufigkeit	Prozent
täglich (Mo.-Fr.)	162	21,4
mehrmals pro Woche	49	6,5
mehrmals pro Monat	64	8,5
mehrmals pro Jahr	174	23,0
sehr selten / gar nicht	307	40,6
gesamt	756	100,0

### 6.3.5 Statistische Auswertung der Online-Befragung

Im Folgenden werden die Ergebnisse und Verfahren der statistischen Auswertung beschrieben. Eine Interpretation der Ergebnisse erfolgt im Zusammenhang mit den aufgestellten Hypothesen am Ende dieses Kapitels.

Zum Beginn des Testteils wurde jedem Probanden eine nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Karte für einen Zeitraum von 25 Sekunden präsentiert. Anschließend wurde nach verschiedenen Karteneigenschaften gefragt, welche die Probanden vollständig aus dem Kurzzeitgedächtnis wiederzugeben hatten. Für die Auswertung wurden alle Fragen einem Chi-Quadrat-Test unterzogen. Anschließend erfolgt eine Darstellung der Häufigkeiten.

Zunächst sollte in Ergänzung der eingangs gestellten Fragen erfasst werden, inwieweit die Probanden mit der Systematik des Begriffes Dimensionalität vertraut sind.

### Erinnerungsfrage nach der Dimensionalität

Welche der folgenden Angaben trifft Ihrer Meinung nach auf die gesehene Karte zu?

Antwort A: Ebene, zweidimensionale Darstellung

Antwort B: Räumlich wirkende oder perspektivische Darstellung

Antwort C: Mischung ebener und räumlicher Darstellung

Der Chi-Quadrat-Test zeigt für den Fall der Dimensionalität ein signifikantes Ergebnis ( $\chi^2(22)=304,806$ ;  $p<,001$ ). Damit ist die empirische Verteilung von der Gleichverteilung verschieden (vgl. Tab. C.17, Anhang C). Die Karten werden als unterschiedlich hinsichtlich ihrer Dimensionalität wahrgenommen und durch die Probanden anhand der vorgegebenen Begriffe differenziert. Die Häufigkeitsverteilung zeigte jedoch auch, dass nicht alle Angaben korrekt waren. Die Anzahl der richtigen Antworten wird für die jeweilige Karte durch Pfeile kenntlich gemacht (siehe Abb. 6.6).

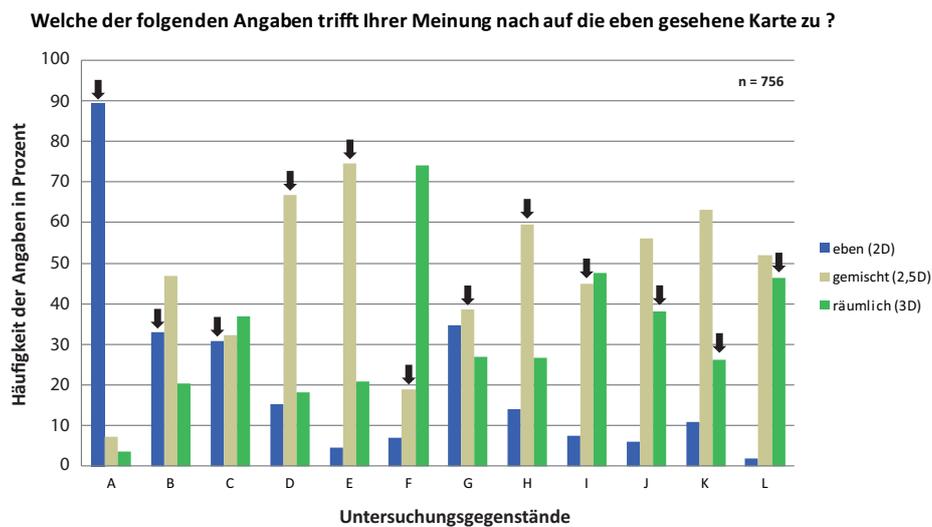
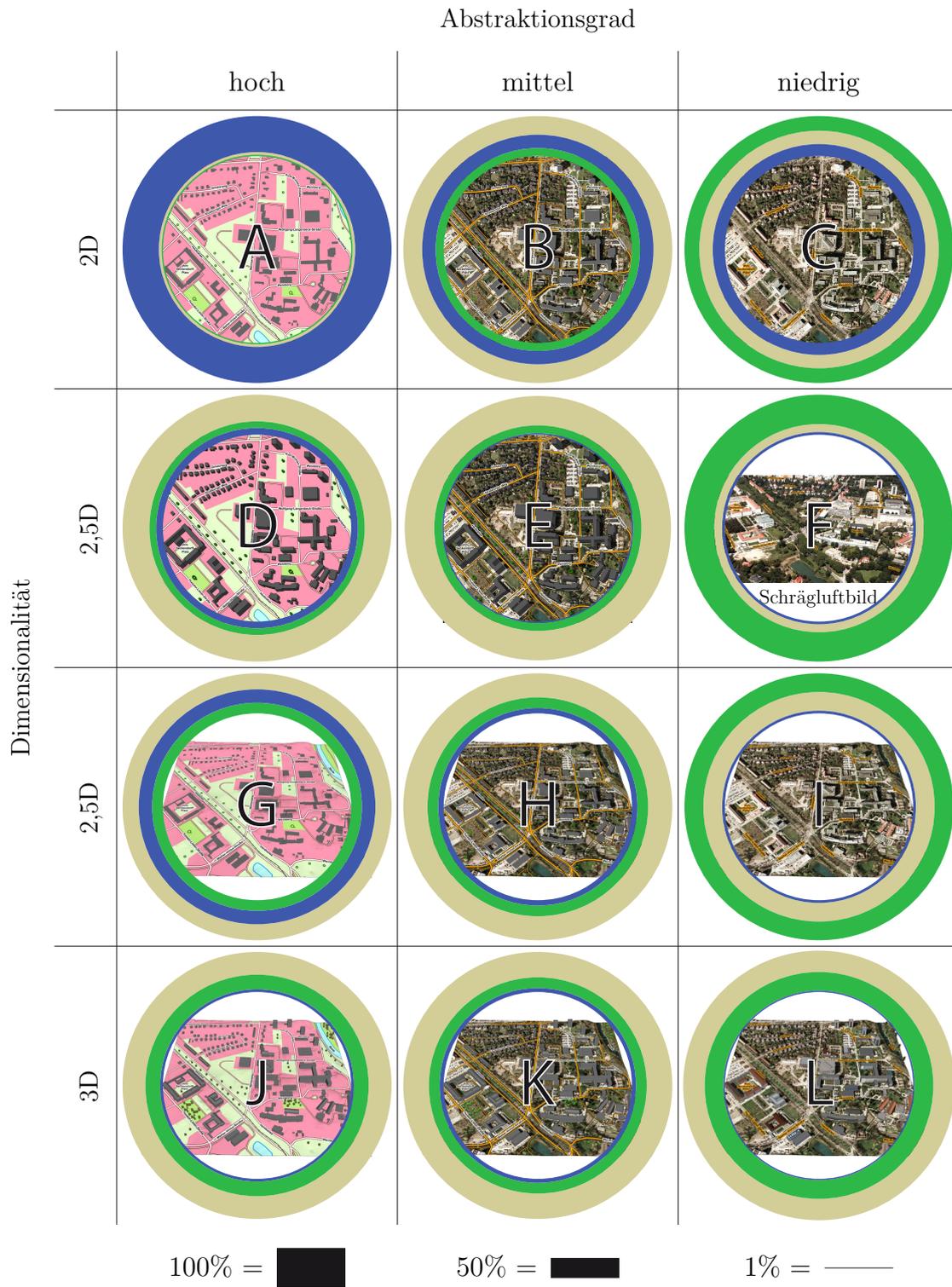


Abbildung 6.6: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Dimensionalität in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Die im Histogramm dargestellten Häufigkeiten werden in nachfolgender Tabelle graphisch auf die Übersicht zu den Untersuchungsgegenständen übertragen (Tab. 6.9). Die Strichstärke symbolisiert maßstabsgerecht die Häufigkeit der entsprechenden Angabe und nimmt von außen nach innen ab. Es ist zu erkennen, dass für die Karte A tatsächlich fast alle Probanden die richtige Einstufung als zweidimensionale Karte vornahmen. Für die Karte L erfolgte keine eindeutige Zuordnung.

Tabelle 6.9: Untersuchungsgegenstände mit den Ergebnissen zur Frage nach der Dimensionalität der Darstellung; blau - 2D, ocker - 2,5D, grün - 3D



Im Folgenden sollen die formulierten Hypothesen auf ihre Gültigkeit überprüft werden.

### Statistische Auswertungen zu Hypothese H<sub>1</sub>:

**Hoher Abstraktionsgrad bei niedriger Dimensionalität einer Kartendarstellung steigert die Memorationsleistung der topographischen Substanz.**

Die Hypothese nimmt an, dass die Memorationsleistung bei Zunahme von Abstraktion und gleichzeitiger Abnahme von Dimensionalität steigt (Abb. 6.7).

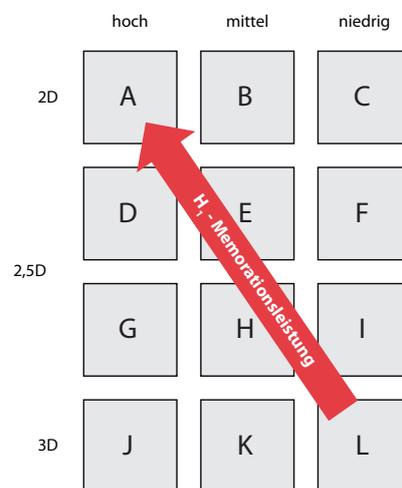


Abbildung 6.7: Graphische Darstellung der Hypothese H<sub>1</sub>

Die Überprüfung erfolgte durch Fragen zum Erinnerungsvermögen. Dazu zählen folgende Karteneigenschaften bzw. -inhalte:

- Gebäudeanzahl
- Gebäudefarbe
- eingezeichnete Straßen und Wege
- integrierte Straßennamen
- Grünflächen und Wasserflächen

### Erinnerungsfrage nach der Anzahl der Gebäude

*Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte ?*

*Antwort A: unter 10*

*Antwort B: ca. 10*

*Antwort C: ca. 25*

*Antwort D: ca. 50*

*Antwort E: ca. 75*

*Antwort F: ca. 100*

*Antwort G: mehr als 100*

Ein Chi-Quadrat-Test zeigt für die Frage nach der Anzahl der Gebäude ein signifikantes Ergebnis ( $\chi^2(66)=174,649; p<,001$ ). Damit ist die empirische Verteilung von der Gleichverteilung verschieden, d.h. die Karten werden als unterschiedlich hinsichtlich dieses Merkmals wahrgenommen, obwohl alle Karten die gleiche Anzahl an Gebäuden zeigen (vgl. Tab. C.19, Anhang C).

Die Häufigkeitsverteilung der Antworten zeigt eine hohe Fehlerquote. Die richtige Antwort (ca. 100) wurde in keiner der Darstellungen favorisiert (Abb: 6.8).

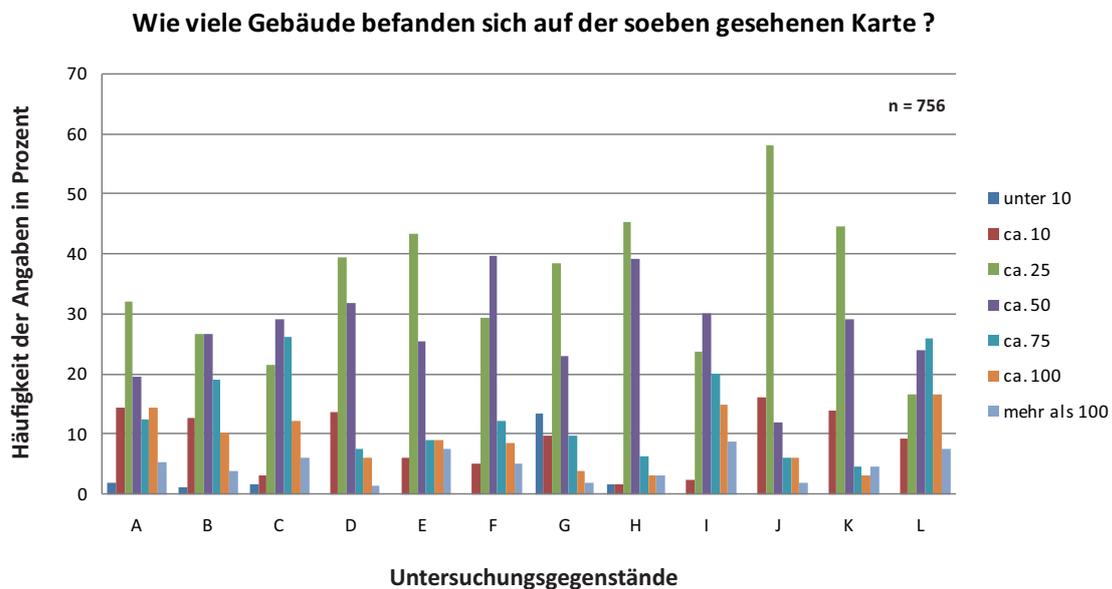


Abbildung 6.8: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Zur genaueren Analyse wurde ein Vergleich der Mittelwerte im Rahmen einer Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Dazu wurden Mittelwerte der Antwortkategorien verwendet. Diese zeigten ein signifikantes Ergebnis (Tab. C.20, C.21, Anhang C). Die richtige Antwort (ca. 100 Gebäude) besitzt dabei die Kategorie 6, d.h. je näher sich der Mittelwert an der richtigen Antwortkategorie befindet, desto besser kann das Ergebnis gewertet werden. Die Gebäudeanzahl wurde bei einigen Karten signifikant ( $F(11)=6,49$ ;  $p<,001$ ) besser erinnert als bei anderen. In einem Post-Hoc-Test (Scheffé) zeigte sich, dass die Probanden die Gebäudeanzahl bei den Karten mit niedrigem Abstraktionsgrad (C, F, I, L) signifikant häufiger korrekt angaben, als bei den Karten A, D, G, und J, welche einen hohem Abstraktionsgrad besitzen (Abb. 6.9).

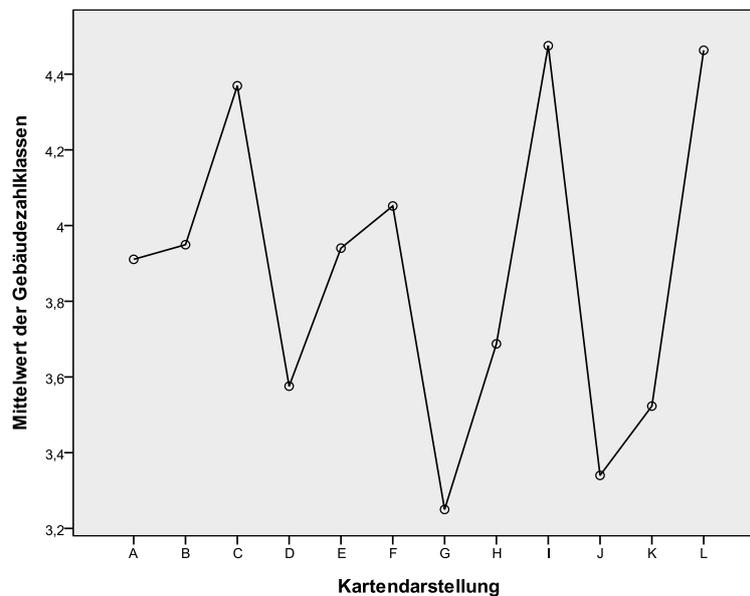


Abbildung 6.9: Histogramm der Mittelwerte für die Angaben zur Gebäudeanzahl

Für eine bessere Übersicht im Hinblick auf die Zuordnung der Ergebnisse wurden die Mittelwerte der Antwortkategorien wiederum graphisch auf die Übersicht zu den Untersuchungsgegenständen übertragen. Eine Darstellung der Häufigkeiten ist aufgrund der großen Anzahl der Antwortkategorien hier ungünstig. In diesem Fall symbolisiert die zunehmende Strichstärke der jeweils umgebenen Kreise die Nähe zur richtigen Antwortkategorie (Tab 6.10).

Tabelle 6.10: Untersuchungsgegenstände mit der Nähe zur richtigen Antwortkategorie auf die Frage nach der Gebäudeanzahl

		Abstraktionsgrad		
		hoch	mittel	niedrig
Dimensionalität	2D			
	2,5D			 Schrägluftbild
	2,5D			
	3D			

größte / geringste Nähe zur richtigen Antwortkategorie =  / 

## Erinnerungsfrage nach der Gebäudefarbe

*Welche Farbe hatten die Gebäude ?*

*Antwort A: Gelb, B: Rot, C: Grau, D: Grün, E: naturgetreu*

Im Fall der Gebäudefarbe zeigte sich im Chi-Quadrat-Test ebenfalls ein signifikantes Ergebnis ( $\chi^2(44)=473,205; p<,001$ ). Die erinnerte Gebäudefarbe unterschied sich somit zwischen den gezeigten Karten (vgl. Tab. C.23, Anhang C). Nach Sichtung der Residuen in der Kreuztabelle (Tab. C.22, Anhang C) zeigte sich, dass in den stark abstrahierten Karten und in den hybriden Karten richtigerweise „grau“, in den realitätsnahen Karten richtigerweise die „naturgetreue“ Gebäudefarbe am häufigsten genannt wurde. In den hybriden Karten wurde jedoch häufiger „grau“ angegeben, als in den stark abstrahierten Karten. Hier ist die Farbe „rot“ zusätzlich dominant. Die abstrahierten Karten fallen damit aus dem Muster heraus (vgl. Abb. 6.10).

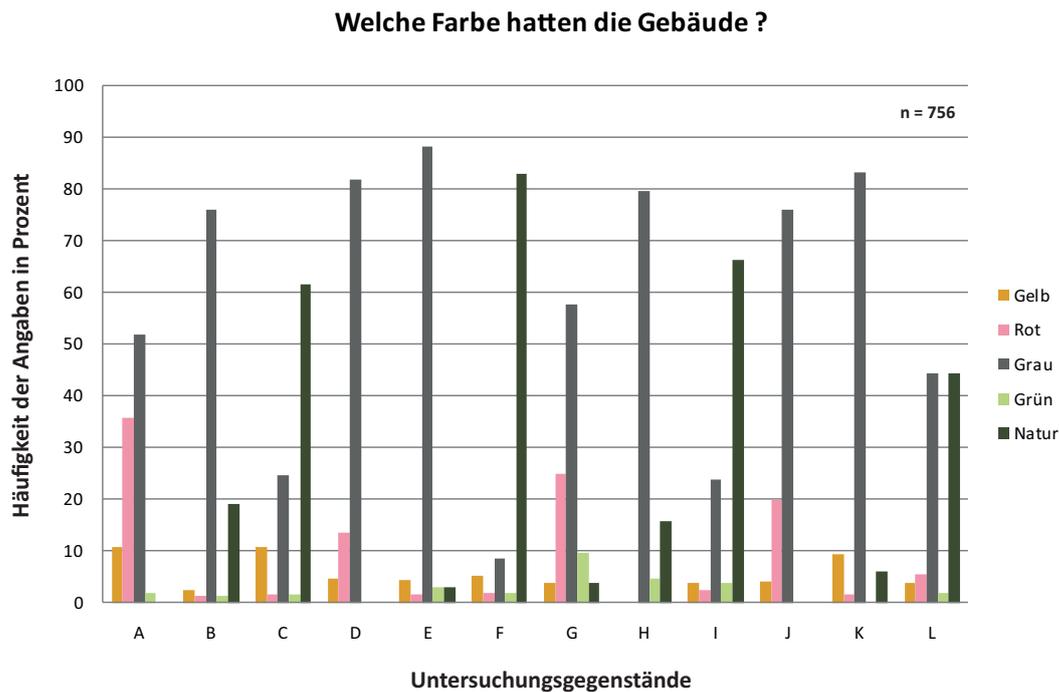


Abbildung 6.10: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Gebäudefarbe in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Die im Histogramm dargestellten Häufigkeiten werden nachfolgend graphisch auf die Übersicht zu den Untersuchungsgegenständen übertragen. Dazu werden die Werte durch Strichstärken der jeweils umgebenen Kreise symbolisiert. Die Häufigkeit der Antworten nimmt von außen nach innen ab (Tab. 6.11).

Tabelle 6.11: Untersuchungsgegenstände mit den Häufigkeiten der Ergebnisse zur Frage nach der Gebäudefarbe in der Darstellung

		Abstraktionsgrad		
		hoch	mittel	niedrig
Dimensionalität	2D			
	2,5D			
	2,5D			
	3D			
		100% = 	50% = 	1% = 

### Erinnerungsfrage nach Straßen und Wegen

*Gab es eingezeichnete Straßen und Wege ?*

*Antwort A: Ja, B: Nein*

Für die Fragen nach den eingezeichneten Straßen und Wegen zeigte sich ein eindeutiges Bild (Abb. 6.11). Der Chi-Quadrat-Test wurde mit ( $\chi^2(11)=52,912$ ;  $p<,001$ ) signifikant (vgl. Tab. C.25, Anhang C).

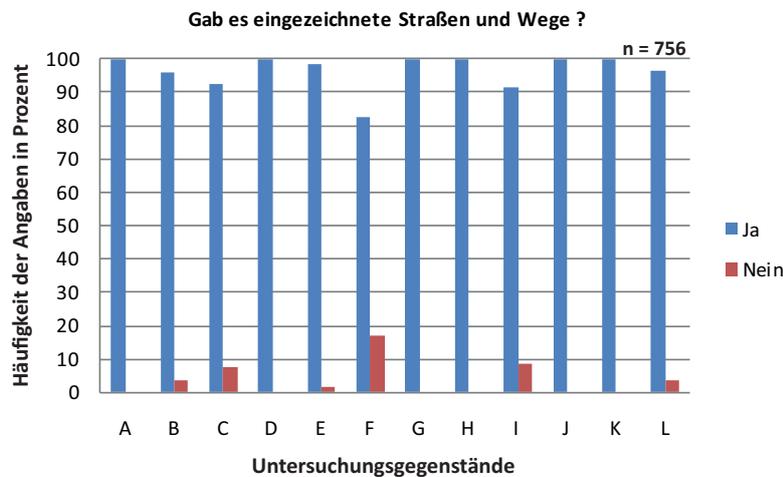


Abbildung 6.11: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach eingezeichneten Straßen und Wegen in den jeweils gezeigten Kartenvarianten

In den realitätsnahen Kartenvarianten der Abstraktionsstufe A3 (C, F, I, L) gab es im Gegensatz zu den übrigen keine durch Einzeichnung hervorgehobene Straßen. Dies wurde jedoch nur von einer Minderheit richtig erkannt. Auch eine Analyse der standardisierten Residuen zeigte, dass alle Probanden bei den abstrahierten Karten die korrekte Antwort gaben, wohingegen die Probanden bei sinkender Abstraktion zunehmend Fehler machten.

### Erinnerungsfrage nach Straßennamen

*Gab es Straßennamen in der Darstellung ?*

*Antwort A: Ja, B: Nein*

Im Fall der Straßennamen gaben fast alle Probanden die korrekte Antwort (Abb. 6.12). Die gezeigten Karten enthielten tatsächlich Straßennamen. Der Chi-Quadrat-Test wurde mit ( $\chi^2(11)=52,912$ ;  $p<,05$ ) signifikant (vgl. Tab. C.27, Anhang C).

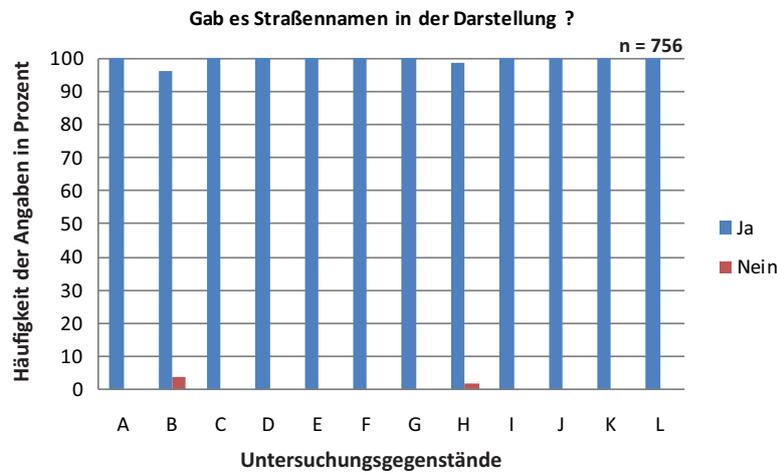


Abbildung 6.12: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach Straßennamen in den jeweils gezeigten Kartenvarianten

### Erinnerungsfrage nach Grünflächen

*Gab es zusammenhängende Grünflächen in der Darstellung?*

*Antwort A: Ja, B: Nein*

Für die Fragen nach zusammenhängenden Grünflächen zeigte sich ein sehr differenziertes Bild (Abb 6.13). Der Chi-Quadrat-Test hatte mit ( $\chi^2(11)=52,912$ ;  $p<,05$ ) ein signifikantes Ergebnis (vgl. Tab. C.29, Anhang C).

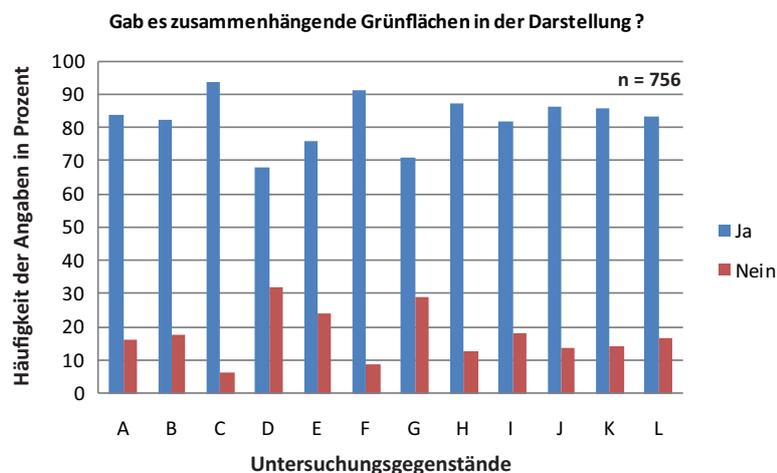


Abbildung 6.13: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach zusammenhängenden Grünflächen in den jeweils gezeigten Kartenvarianten

### Erinnerungsfrage nach Wasserflächen

*Waren in der Darstellung Wasserflächen oder ein Fluss zu erkennen?*

*Antwort A: Ja, B: Nein*

Im Fall der Wasserflächen zeigt sich ein vergleichbares Ergebnis (Abb. 6.14). Der Chi-Quadrat-Test wurde auch hier mit ( $\chi^2(11)=52,912$ ;  $p<,05$ ) signifikant (vgl. Tab. C.31, Anhang C).

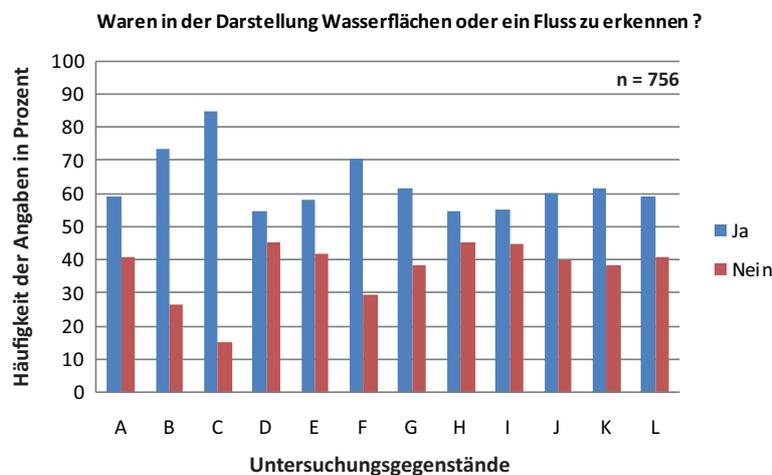


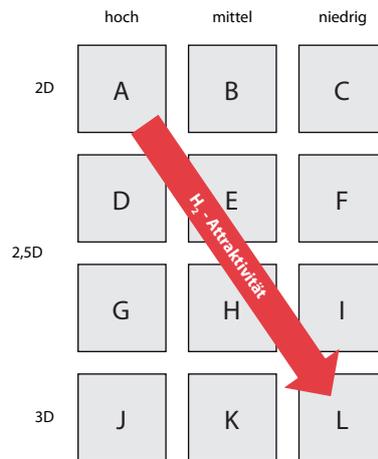
Abbildung 6.14: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach Wasserflächen in den jeweils gezeigten Kartenvarianten

### Statistische Auswertungen zu Hypothese H<sub>2</sub>:

**Niedriger Abstraktionsgrad bei hoher Dimensionalität steigert die Attraktivität.**

Die Hypothese nimmt an, dass auf Grund der Nähe zur Realität besonders dreidimensionale Darstellungen mit einem niedrigen Abstraktionsgrad als attraktiv wahrgenommen werden. Stark abstrahierte Karten hingegen nicht (Abb. 6.15).

Die Überprüfung erfolgte in diesem Fall durch zwei direkte Fragen zur subjektiv empfundenen Attraktivität der Karten. Dazu wurden jedem Probanden alle Untersuchungsgegenstände im Vergleich ohne Zeitlimit präsentiert. Anschließend sollten die Fragen beantwortet werden.

Abbildung 6.15: Graphische Darstellung der Hypothese H<sub>2</sub>

### Fragen nach der Attraktivität

*Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten?*

*Antwortmöglichkeiten: Karten A bis L*

Die Verteilung der Häufigkeiten zeigt deutlich, dass die Karte F (Schrägluftbild) gemeinsam mit der Karte L (3D-Perspektive mit niedrigem Abstraktionsgrad) von den meisten Probanden als besonders attraktiv eingeschätzt wird (Abb. 6.16 und Tab. C.32 Anhang C).

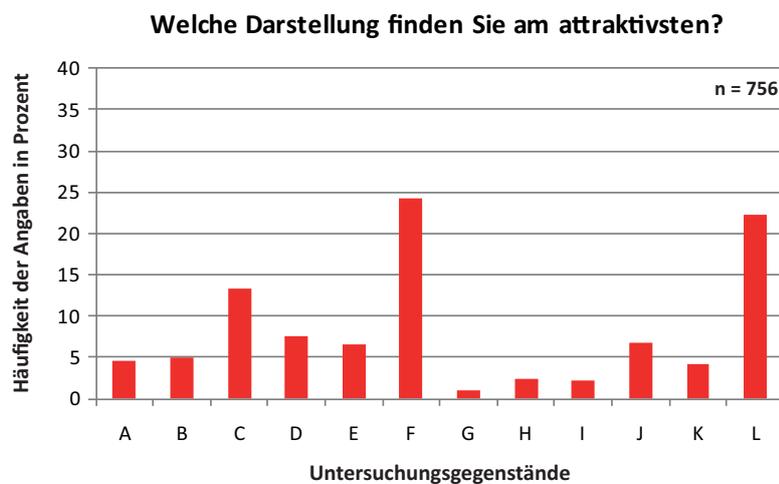


Abbildung 6.16: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Kartenvariante mit der größten Attraktivität

Die meisten Probanden nennen dagegen bei der Frage nach geringer Attraktivität der gezeigten Darstellungen die Karten A (2D-Aufsicht mit hohem Abstraktionsgrad) und G (2,5D-Perspektive mit hohem Abstraktionsgrad) am häufigsten (Abb. 6.17 und Tab. C.32 Anhang C).

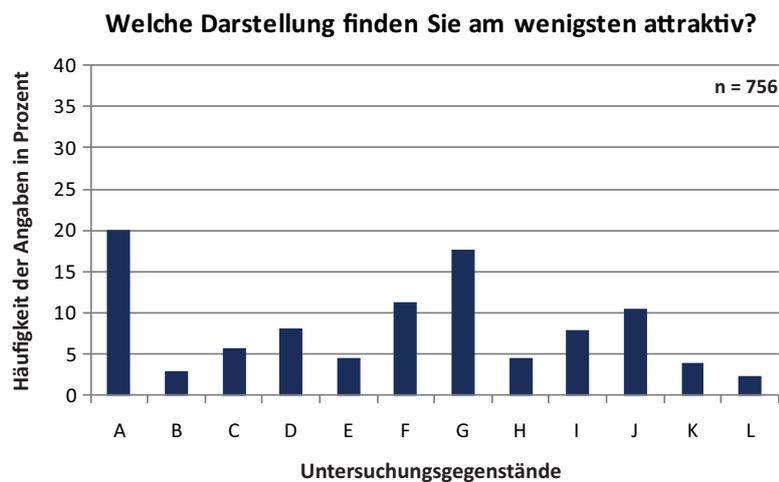
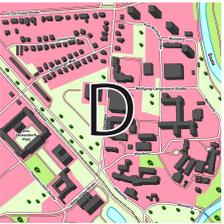


Abbildung 6.17: Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Kartenvarianten mit der geringsten Attraktivität

Die im Histogramm dargestellten Häufigkeiten werden nachfolgend wiederum graphisch auf die Übersicht zu den Untersuchungsgegenständen übertragen.

Die verschiedenen Strichstärken repräsentieren in diesem Fall die jeweils häufigste und zweithäufigste Nennung der jeweiligen Karte (Tab. 6.12).

Tabelle 6.12: Untersuchungsgegenstände mit den Ergebnissen zur Frage nach der größten Attraktivität (rot) bzw. geringsten Attraktivität (blau)

		Abstraktionsgrad		
		hoch	mittel	niedrig
Dimensionalität	2D	 A	 B	 C
	2,5D	 D	 E	 F Schrägluftbild
	2,5D	 G	 H	 I
	3D	 J	 K	 L

häufigste / zweit häufigste Nennung =  / 

**Statistische Auswertungen zu Hypothese H3:**

**Für den produktiven Einsatz werden Karten mit hoher Abstraktion und niedriger Dimensionalität durch den Nutzer bevorzugt.**

Die Hypothese nimmt an, dass aufgrund der geringeren kognitiven Belastung und einer verbesserten Lesbarkeit durch die Generalisierung besonders zweidimensionale Darstellungen mit einem hohen Abstraktionsgrad bevorzugt werden. Karten mit einem hohem Grad an Dimensionalität und niedriger Abstraktion hingegen nicht (Abb. 6.18).



Abbildung 6.18: Graphische Darstellung der Hypothese H<sub>3</sub>

Die Überprüfung von Hypothese H<sub>3</sub> erfolgte durch fünf direkte Fragenpaare zum subjektiv empfundenen Vor- bzw. Nachteil einer Karte für den jeweils gefragten Einsatzzweck. Dazu wurden auch hier jedem Probanden alle Untersuchungsgegenstände im Vergleich ohne Zeitlimit präsentiert. Anschließend sollten die Fragen beantwortet werden.

**Fragen nach der Funktionalität**

*Welche Darstellung bietet die beste Übersicht über den Weinbergcampus?*

*Welche Darstellung bietet die schlechteste Übersicht über den Weinbergcampus?*

*Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?*

*Welche Karte ist die schlechteste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?*

*Welche Darstellung ist die beste zur Einschätzung von Entfernungen?*

*Welche Darstellung ist die schlechteste zur Einschätzung von Entfernungen?*

*Welche Karte ist die beste, um jemandem Ihren eigenen Standort zu zeigen?*

*Welche Karte ist die schlechteste, um jemandem Ihren eigenen Standort zu zeigen?*

*Welche Karte ist die beste für ein Autonavigationssystem?*

*Welche Karte ist die schlechteste für ein Autonavigationssystem?*

*Antwortmöglichkeiten: Karten A bis L*

Um eine Gegenüberstellung zur Frage nach der Attraktivität zu ermöglichen, wurden die Ergebnisse der fünf Antwortpaare jeweils summiert und in prozentuale Mittelwerte umgerechnet. Diese stehen damit als Ergebnis für die Frage nach der erwarteten Funktionalität.

Die Verteilung der Häufigkeiten zeigt, dass die Karte A (2D-Aufsicht mit hohem Abstraktionsgrad) gemeinsam mit der Karte D (2,5D-Aufsicht mit hohem Abstraktionsgrad) von den meisten Probanden im Mittel als besonders funktional eingeschätzt wird (Abb. 6.19).

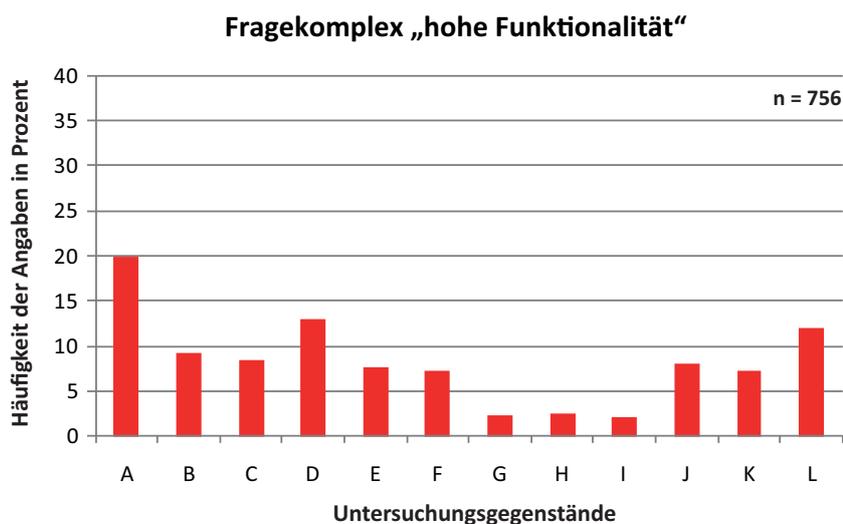


Abbildung 6.19: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Antworten zum Fragekomplex nach „hoher Funktionalität“ der gezeigten Kartenvarianten

Die meisten Probanden nennen dagegen im Fragekomplex nach Karten mit „geringer Funktionalität“ die Karten F (Schrägluftbild) und I (2,5D-Perspektive mit niedrigem Abstraktionsgrad) am häufigsten (Abb. 6.20).

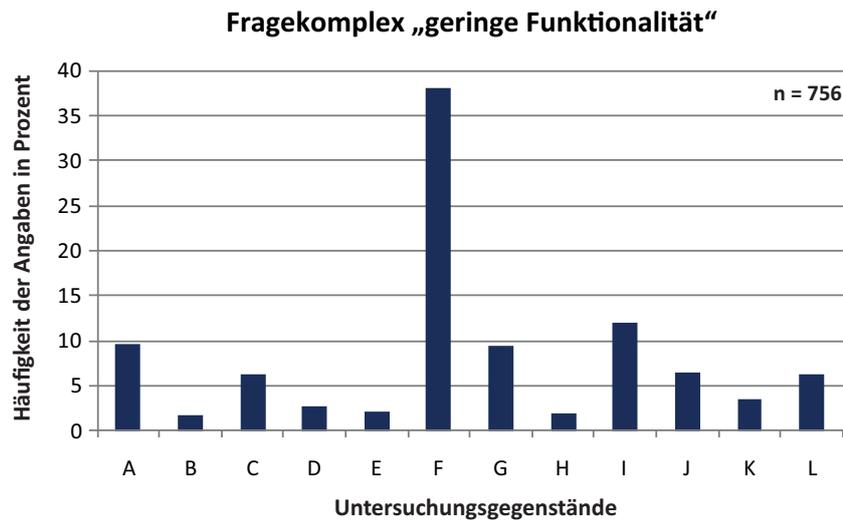


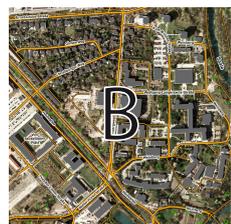
Abbildung 6.20: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Antworten zum Fragekomplex nach „geringer Funktionalität“ der gezeigten Kartenvarianten

Eine ausführliche Zusammenstellung der Teilergebnisse befindet sich zusätzlich in Anhang C (Tab. C.33 bis C.37).

Die im Histogramm dargestellten Häufigkeiten werden nachfolgend wiederum graphisch auf die Übersicht zu den Untersuchungsgegenständen übertragen (Tab 6.13).

Die verschiedenen Strichstärken repräsentieren die jeweils häufigste und zweithäufigste Nennung der jeweiligen Karte.

Tabelle 6.13: Untersuchungsgegenstände mit der graphischen Umsetzung von Mittelwerten der Ergebnisse zum Fragekomplex nach der erwarteten Funktionalität der Kartenvarianten; hohe Funktionalität (rot), geringe Funktionalität (blau)

		Abstraktionsgrad		
		hoch	mittel	niedrig
Dimensionalität	2D			
	2,5D			
	2,5D			
	3D			

häufigste / zweithäufigste Nennung =  /

## Statistische Auswertung möglicher Störvariablen

Die zu Beginn der Befragung gestellten persönlichen Fragen können neben der Charakterisierung der Stichprobe auch auf ihre mögliche Wirkung als Störvariablen geprüft werden.

### Einfluss persönlicher Daten auf Fragen zu Hypothese H<sub>1</sub>

Zunächst soll der Einfluss der „Ortskenntnis“ überprüft werden. Dazu wird die Frage: „Wie gut kennen Sie das Gebiet des Weinbergcampus?“ im Zusammenhang mit der Frage nach der Gebäudeanzahl „Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte?“ untersucht.

Die Probanden wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Gruppe a bestand aus Probanden mit „sehr guter“ und „guter“ Ortskenntnis. Gruppe b aus solchen mit „weniger guter“ bis „fehlender“ Ortskenntnis. Anschließend wurden die Häufigkeiten der gewählten Antwortkategorien zur Gebäudeanzahl miteinander verglichen (Abb. 6.21 und Tab. C.38, Anhang C).

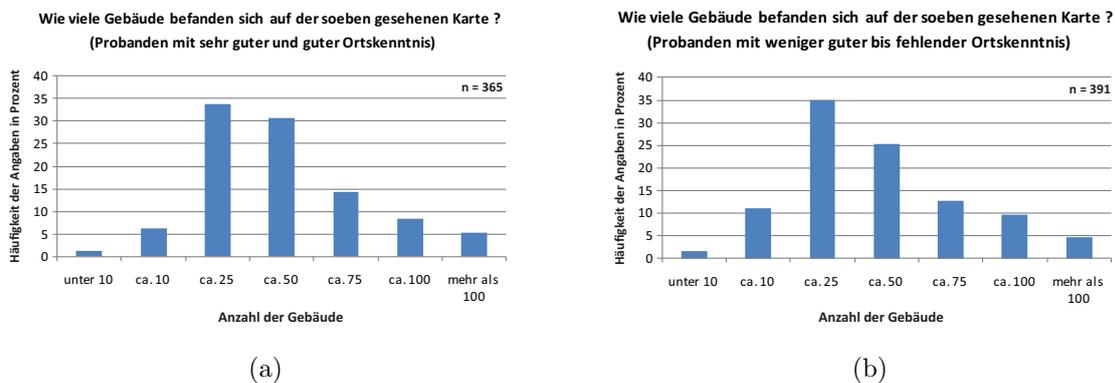


Abbildung 6.21: Vergleich der Antworten zur Frage nach der Gebäudeanzahl im Zusammenhang mit der Ortskenntnis (a): „sehr gute“ und „gute“ Ortskenntnis, (b): „weniger gute“ bis „fehlende“ Ortskenntnis

Es zeigte sich, dass nur äußerst geringe Abweichungen auftreten. Damit kann davon ausgegangen werden, dass die Ortskenntnis keinen moderierenden Einfluss auf die Testergebnisse hat.

Im Fall der Faktoren Geschlecht, Alter, Bildungsgrad, sowie Erfahrungen mit Kartendarstellungen müsste jede einzelne Kartenvariante als Bezugsgröße herangezogen werden. Trotz der hohen Anzahl von Probanden ergibt sich nach einer Aufteilung auf die zwölf Untersuchungsgegenstände für einzelne Teilbereiche eine zu kleine Gruppengröße für eine differenzierte Betrachtung. Daher wurde hier auf eine statistische Auswertung verzichtet.

### Einfluss persönlicher Daten auf Fragen zu Hypothese H<sub>2</sub>

Hier wird zunächst die Frage „Welche Karte finden Sie am attraktivsten?“ im Zusammenhang mit dem Geschlecht untersucht.

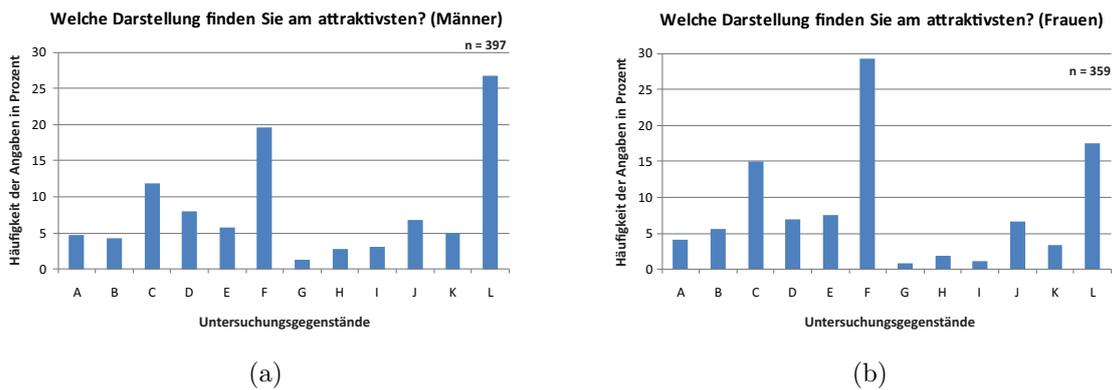


Abbildung 6.22: Vergleich der Angaben zur attraktivsten Kartenvariante bei Frauen und Männern (a): Männer, (b): Frauen

Es zeigte sich eine Veränderung der Rangfolge zwischen den Karten F und L (Abb. 6.22 und Tab. C.39, Anhang C). Dennoch belegten diese nach wie vor die ersten Plätze. Ein eindeutiger Geschlechtsunterschied ist in diesem Zusammenhang nicht zu belegen.

Ebenso lassen sich für verschiedene Altersgruppen, Bildungsgrade und Erfahrungen mit Kartendarstellungen allenfalls Unterschiede in der Rangfolge ermitteln. Auch hier sind jedoch keine eindeutigen Tendenzen zu belegen. Die Betrachtung der Frage nach der geringsten Attraktivität verhält sich analog.

### Einfluss persönlicher Daten auf Fragen zu Hypothese $H_3$

Stellvertretend wurde in diesem Fall die Frage nach der besten Karte zum Merken eines Weges ausgewählt. Auch hier wird zunächst die Frage im Zusammenhang mit dem Geschlecht untersucht.

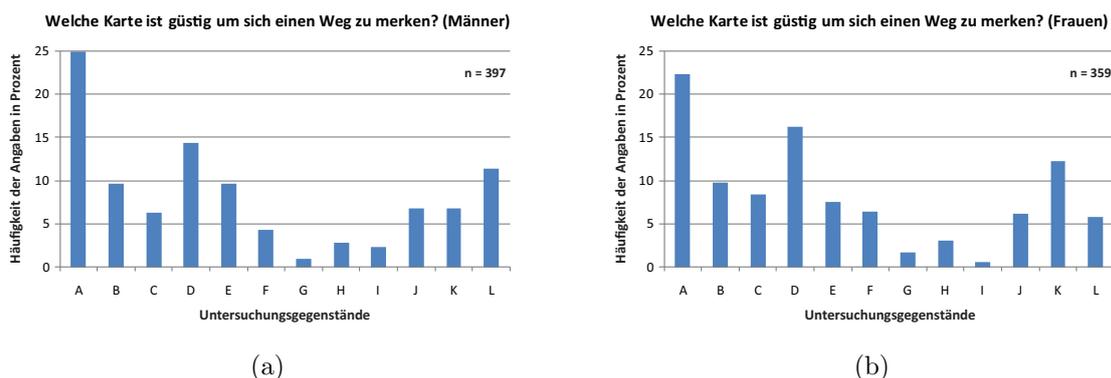


Abbildung 6.23: Vergleich der Angaben zur besten Karte, um sich einen Weg zu merken bei Männern und Frauen (a): Männer, (b): Frauen

Die Frage wurden im Mittel von Männern und Frauen nahezu gleich beantwortet (Abb. 6.23 und Tab. C.40, Anhang C). Auch bei dieser Frage lassen sich für verschiedene Altersgruppen und Bildungsgrade allenfalls Unterschiede in der Rangfolge ermitteln. Wiederum lassen sich jedoch keine eindeutigen Tendenzen belegen.

Zusätzlich wurden die Vorerfahrungen mit digitalen Karten („Sind Sie privat oder beruflich mit folgenden Anwendungen vertraut? - GoogleEarth / GoogleMaps“) im Zusammenhang mit der Frage nach der besten Karte um sich einen Weg zu merken untersucht.

Es zeigte sich in diesem Fall eine Veränderung der Rangfolge zwischen den Karten A und D (Abb. 6.24 und Tab. C.41, Anhang C). Dennoch belegten diese auch hier die ersten Plätze. Damit wird ein deutlicher Einfluss der Vorerfahrungen nicht nachgewiesen.

Die Frage nach der schlechtesten Karte, um sich einen Weg zu merken, ergibt auch hier ein ähnliches Bild.

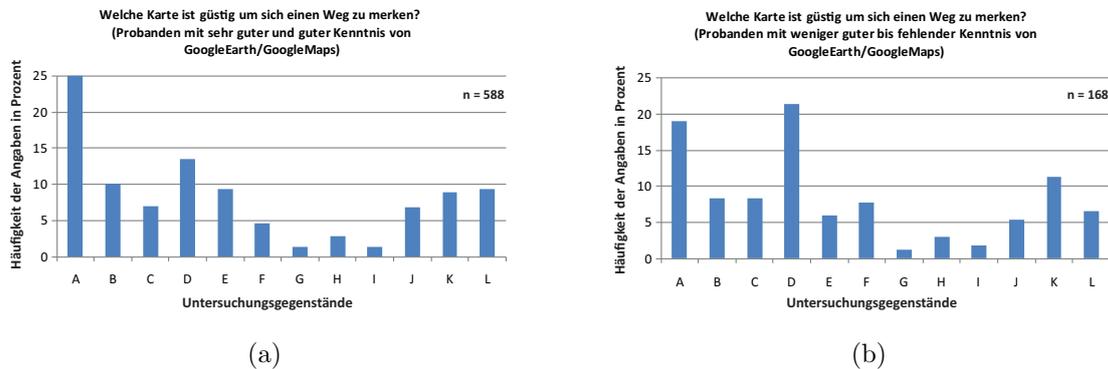


Abbildung 6.24: Vergleich der Angaben zur besten Karte, um sich einen Weg zu merken mit der Kenntnis von GoogleEarth/GoogleMaps; (a): „sehr gute“ und „gute“ Kenntnis (b): „weniger gute“ bis „fehlende“ Kenntnis

### 6.3.6 Untersuchungsergebnisse

Die Beschreibung der Stichprobe ergab zunächst, dass der Anteil von Männern und Frauen annähernd gleich verteilt ist. Mehr als 2/3 der Stichprobe wird durch Probanden repräsentiert, die jünger als 40 Jahre alt sind.

Aufgrund der Befragung über den Universitätsverteiler sind die Ergebnisse für die Fragen nach Bildungsgrad und derzeitiger Tätigkeit erwartungsgemäß in Richtung des Hochschulabschlusses bzw. einer Angestellten- oder Beamtentätigkeit verschoben.

Ungefähr die Hälfte aller Befragten besitzt Erfahrungen in der Anwendung von einschlägigen Online-Kartendiensten bzw. nutzt Navigationssysteme. Zudem besitzt knapp die Hälfte der Versuchspersonen Ortskenntnisse hinsichtlich des Untersuchungsgebietes. Ein möglicher Einfluss dieser Merkmale als „Störfaktoren“ auf die Ergebnisse konnte durch eine Überprüfung ausgeschlossen werden.

Damit standen Versuchspersonen zur Verfügung, die eine ausgeglichene Verteilung hinsichtlich der wesentlichen demographischen Werte aufweist. Auch in Bezug auf vorhandene Ortskenntnisse kann auf eine breitere Grundgesamtheit geschlossen werden.

Die Befragung nach der erinnerten Dimensionalität sollte testen, inwieweit die Versuchspersonen mit kartographischen Fachtermini im Zusammenhang mit Dimensionalität und Abstraktion vertraut sind. Nur bei der einfachsten zweidimensionalen Karte A bestand ein eindeutiges Votum. Eine Steigerung von Dimensionalität bzw. eine Veränderung des Abstraktionsgrades konnte nicht deutlich voneinander getrennt werden. Dies führt zu einer Gleichverteilung der drei Antwortmöglichkeiten und damit zu einer Gleichsetzung von Realitätsnähe und hoher Dimensionalität. Für die Präferenz einer Karte dürfte somit kaum deren fachliche Bezeichnung von Belang sein. Es besteht eine starke optische Orientierung.

Anhand der weiteren Ergebnisse soll zu den aufgestellten Hypothesen Stellung genommen werden.

**Hypothese H<sub>1</sub>:**

**Hoher Abstraktionsgrad bei niedriger Dimensionalität einer Kartendarstellung steigert die Memorationsleistung der topographischen Substanz.**

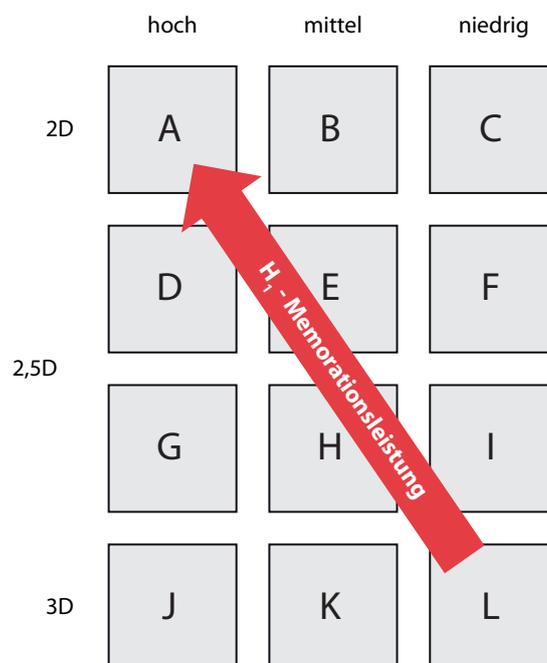


Abbildung 6.25: Graphische Darstellung der Hypothese H<sub>1</sub>

Die erste Testfrage für die Untersuchung der Memorationsleistung bezog sich auf die Anzahl der Gebäude in den präsentierten Karten. Die Probanden erinnerten die Gebäudeanzahl wider Erwarten in Karte A schlechter als in Karte L. Ein hoher Abstraktionsgrad der Gebäude wirkt sich hinsichtlich der Memorationsleistung auf den ersten Blick nicht positiv aus. Bezüglich des Parameters Dimensionalität kann eine Verbesserung der Memorationsleistung in Richtung der zweiten Dimension nur bei den Abstraktionsstufen „hoch“ und „mittel“ festgestellt werden. Durch die Verwendung eines Luftbildes für die Abstraktionsstufen „mittel“ und „niedrig“ wird insgesamt die Komplexität der Darstellung erhöht, was bei einer Interpretation des Ergebnisses als Einflussfaktor berücksichtigt werden muss. Ferner muss davon ausgegangen werden, dass ein hoher Anteil an großflächigen Gebäuden die Anzahl der zu schätzenden Objekte negativ beeinflusst hat.

Die Frage nach der Gebäudefarbe wurde von den Probanden überwiegend richtig beantwortet. Hier ergibt sich keine Differenzierung. Es gab auch in diesem Fall Einflussfaktoren jenseits der untersuchten Zielgrößen, die in eine Interpretation einbezogen werden müssen. Bei Karten mit starkem Abstraktionsgrad wird im Bereich der Gebäude eine rote Hintergrundfarbe verwendet. Dies hatte offenbar starken Einfluss auf die Memorationsleistung. Von einem Teil der Probanden wurde die Gebäudefarbe fälschlich als rot und nicht als grau wahrgenommen.

Die Erinnerungsfragen nach Straßen und Wegen, Straßennamen, Grünflächen und Wasserflächen gestatten nur für die Frage nach Straßen und Wegen eine Interpretation. Hier ist eine deutliche Zunahme falscher Antworten bei den realitätsnahen Karten zu verzeichnen. Es ist anzunehmen, dass die Komplexität der Darstellung die Memorationsleistung von Detailinformationen erschwert. Eine Verwechslung mit der nachfolgenden Frage nach den Straßennamen ist unwahrscheinlich, da beide Fragen gleichzeitig gestellt wurden.

Die Frage nach den eingezeichneten Straßennamen wurde mit großer Mehrheit richtig beantwortet. Auf Grund der äußerst geringen Fallzahl falscher Antworten kann dieses Ergebnis jedoch nicht weiter interpretiert werden.

Alle Karten zeigen Grün- und Wasserflächen. Dennoch kam es zu einer erheblichen

Anzahl falscher Antworten. Ein Verständnisproblem kann für die Fragestellung in diesem Fall nicht ausgeschlossen werden. Bezüglich Abstraktion und Dimensionalität lässt sich kein eindeutiges Muster ableiten.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse lässt sich Hypothese  $H_1$  nicht bestätigen. Eine erwartete Verbesserung der Memoriation entlang der in Abbildung 6.7 auf S. 84 angenommenen Achse besteht nicht, so dass für den vorliegenden Versuchsaufbau die Nullhypothese angenommen werden muss.

**Hypothese  $H_2$ :**

**Niedriger Abstraktionsgrad bei hoher Dimensionalität steigert die Attraktivität.**

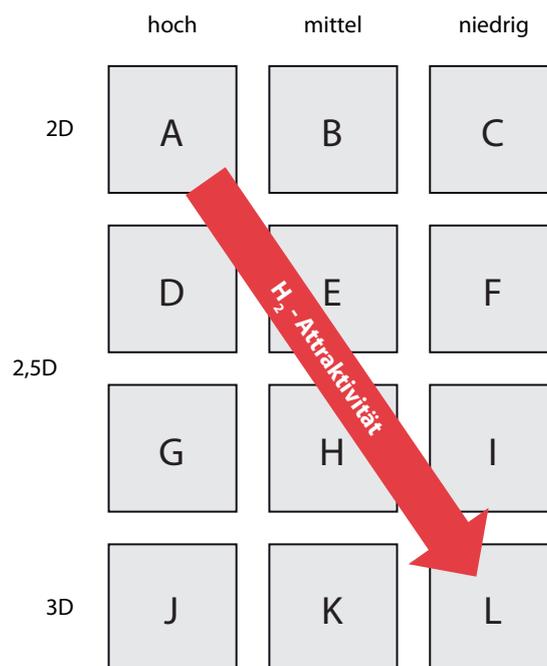


Abbildung 6.26: Graphische Darstellung der Hypothese  $H_2$

Als besonders attraktiv werden realitätsnahe Karten mit einem geringem Abstraktionsgrad empfunden. Für den Parameter Dimensionalität zeigt sich eine ähnliche Tendenz in Richtung der dritten Dimension. Die Frage nach der geringsten Attraktivität ergibt erwartungsgemäß ein entgegengesetztes Bild. Das Ergebnis bestätigt somit die aufgestellte Hypothese  $H_2$  (Abb. 6.26).

**Hypothese H<sub>3</sub>:**

**Karten mit hohem Abstraktionsgrad und niedriger Dimensionalität werden durch den Nutzer mit hoher Funktionalität in Verbindung gebracht und demnach im Einsatz bevorzugt.**

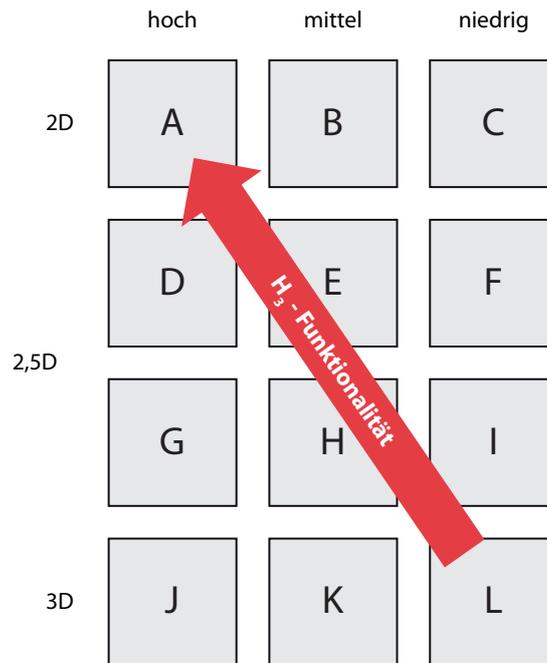


Abbildung 6.27: Graphische Darstellung der Hypothese H<sub>3</sub>

Die Einzelergebnisse für die Fragen nach den am besten geeigneten Karten für spezifische Anwendungen zeigen Unterschiede in der Bewertung. Während die erfragten Aspekte „Merken“, „Entfernung schätzen“ und „Standort zeigen“ eine erwartete Tendenz aufweisen, scheint der Attraktivitätsaspekt bei den Fragen nach der „besten Übersicht“ bzw. der „bevorzugten Verwendung für ein Navigationsgerät“ zusätzlich die Entscheidung zu beeinflussen (vgl. Tab. C.33 bis Tab. C.37, Anhang C).

Trotz der Abweichungen werden im Durchschnitt Karten mit einem hohen Abstraktionsgrad bei niedriger Dimensionalität (2D, 2,5D) jedoch als besonders funktional beurteilt. Eine geringe Funktionalität wird dagegen generell realitätsnahen Karten mit einem niedrigen Abstraktionsgrad zugeschrieben. Eine klare Trennung ist jedoch nicht festzustellen. Hypothese H<sub>3</sub> (Abb. 6.27 auf S. 107) wird demnach nur partiell bestätigt.

## 6.4 Lernexperiment

Für eine genauere Untersuchung von Hypothese  $H_1$  wurde in Ergänzung zu den Ergebnissen der Online-Befragung ein Lernexperiment durchgeführt. Dies erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Psychologie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg mit dem Titel: „Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss der räumlichen Darstellung auf das Ortsgedächtnis“ (MICHAEL, 2010). Mit Hilfe psychologischer Untersuchungskriterien sollte am Beispiel der erstellten Untersuchungsgegenstände ergänzend der Grad der Memorationsleistung genauer geprüft werden. Für das Lernexperiment wurde ebenfalls zugrunde gelegt, dass eine „gute Karte“ schnelles Lernen ermöglichen sollte. Zusätzlich zu den kartographisch relevanten Aspekten wurden im Rahmen der Arbeit auch verstärkt wahrnehmungspsychologische Grundlagen untersucht. Hier soll daher nur auf ausgewählte Aspekte eingegangen werden, die sich im direkten Vergleich mit den Ergebnissen der Onlinebefragung interpretieren lassen. Nachfolgend sollen der Versuchsaufbau und die Durchführung kurz beschrieben werden. Im Hinblick auf Hypothese  $H_1$  erfolgt anschließend die Darstellung der Teilergebnisse.

### 6.4.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Für die Überprüfung der Memorationsleistung wurden von der topographischen Substanz der erzeugten Karten die Gebäude als Lernitems bestimmt. Diese besitzen unabhängig von der Kartengestaltung in allen Darstellungen einen hohen Wiedererkennungswert und können die Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion in gleicher Weise repräsentieren. Von den auf der Karte enthaltenen Gebäuden, bzw. Gebäudekomplexen wurden 15 zu lernende Objekte ausgewählt (vgl. Abb. 6.28).

Die Umsetzung des Experiments erfolgte in einer eigens für diese Fragestellung in *VisualBasic* programmierten Testumgebung. Nur so konnten alle Anforderungen an den Versuchsaufbau umgesetzt werden. Das Programm ermöglicht das Anzeigen aller Karten und die nach dem Zufallsprinzip erfolgende Hervorhebung entsprechender Gebäude mit Fadenkreuzen. Die Kommunikation erfolgt per Textanweisung. Die Antworten werden von den Probanden per Tastatur eingegeben. Kann das durch Fadenkreuz hervorgehobene Gebäude durch Tastatureingabe nicht richtig bezeichnet werden, wird die korrekte Bezeichnung eingeblendet. Der Ablauf wiederholt sich so lange, bis alle 15 Gebäude richtig benannt sind. Das Programm ist hinsichtlich

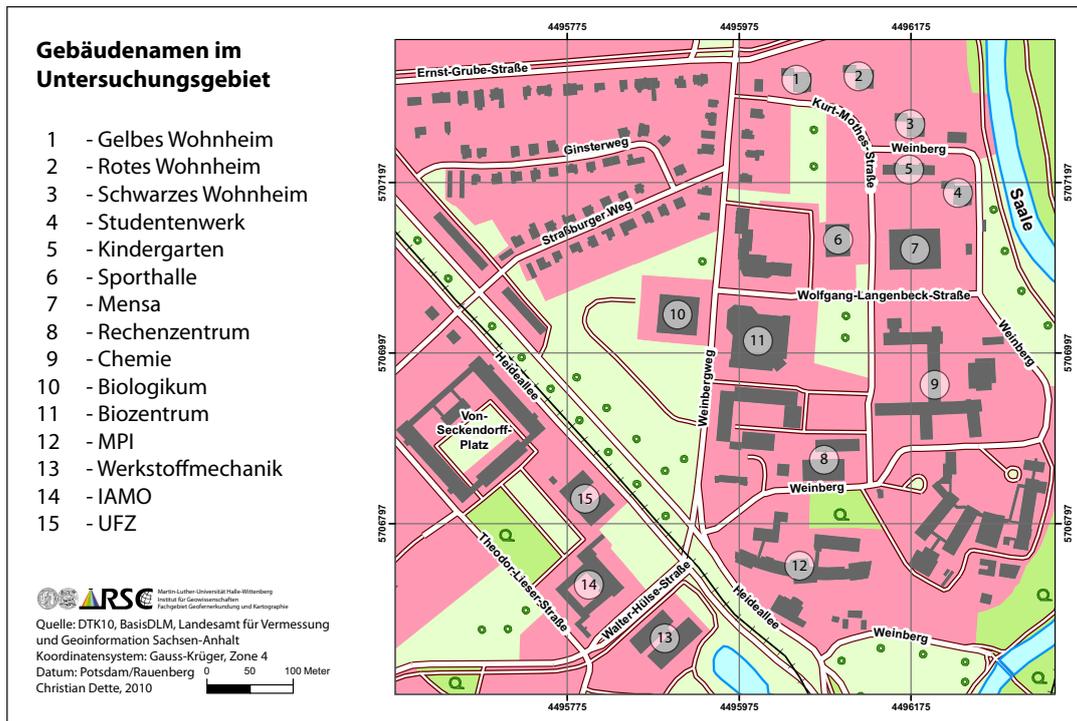


Abbildung 6.28: Zu lernende Gebäudenamen als Items für das Lernexperiment

der Rechtschreibung mit einer Fehlertoleranz versehen. Weiterhin ist eine Erfassung der Reaktionszeiten vorgesehen. Neben der Aufzeichnung richtiger und falscher Antworten wurden Reaktionszeiten vom Beginn der Kartenpräsentation bis zum ersten Tastenanschlag registriert.

Für den Untersuchungsteil standen 160 Versuchspersonen zur Verfügung. Darunter befanden sich Studenten verschiedener Studiengänge im Institut für Geowissenschaften sowie Schüler und Lehrer des Gymnasiums Latina August Hermann Francke in Halle (Saale). Mit einem Durchschnittsalter von  $M=25,2$  Jahren wurden diese in Gruppen zu maximal 15 Personen getestet (vgl. MICHAEL, 2010).

Aufgrund des begrenzten Zeitbudgets und eines sonst zu komplexen Untersuchungsaufbaus wurde für das Experiment auf eine Untersuchung von Mischformen verzichtet und vier Karten aus dem bereits beschriebenen Untersuchungsaufbau ausgewählt. Es handelt sich um die Karten A, C, J und L mit der jeweils extremen Ausprägung von Dimensionalität und Abstraktion (vgl. MICHAEL, 2010).

Der Versuch beginnt mit einer Lernphase. Mit Hilfe der Methode des Paarssoziationslernens sollten die Probanden die Namen der Gebäude in Verbindung mit ihrer Position auf zwei sich stark unterscheidenden Karten durch die Probanden er-

lernen. Die Versuchspersonen wurden dazu jeweils in zwei Gruppen aufgeteilt. Der Gruppe 1 wird die Karte A und der Gruppe 2 die Karte L als Lerngegenstand präsentiert. Aufgabe ist es jeweils, alle 15 Gebäudenamen und den dazugehörigen Standort so lange zu lernen, bis alle 15 Gebäude fehlerfrei wiedergegeben werden können.

Es folgt für alle Versuchspersonen die Aufgabe, für den Zeitraum von drei Minuten Anagramme zu lösen. Dies wird als Zeitüberbrückung verwendet, um die tatsächliche Gedächtnisleistung in den nachfolgenden Testaufgaben zu erfassen. Anschließend erfolgt eine Wiedergabe des Gelernten im Rahmen eines sog. Free Recall<sup>1</sup>.

Abschließend wird das Gelernte noch einmal gezielt auf einer von vier Karten (A, C, J, und L) abgefragt. Nur ein Viertel der jeweiligen Gruppe erhält dabei die Karte aus der Lernphase. Der Ablauf des Experiments ist in dem nachfolgenden Versuchsplan graphisch dargestellt (Abb. 6.29).

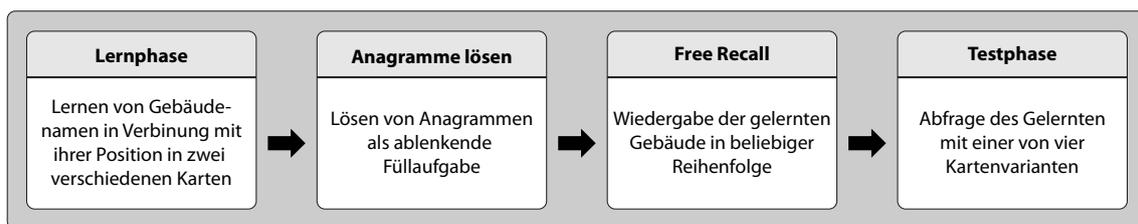


Abbildung 6.29: Versuchsplan für das Lernexperiment (nach: MICHAEL, 2010)

## 6.4.2 Statistische Auswertung des Lernexperiments

Aus dem Ergebnisteil der Diplomarbeit soll hier auf die Lernphase eingegangen werden, welche unter Verwendung der Karten A und L in der Nordausrichtung durchgeführt wurde. Anschließend erfolgt eine kurze Zusammenfassung der weiteren Ergebnisse.

Im Hinblick auf Hypothese  $H_1$  wird erwartet, dass die Probanden der Gruppe 1, welche mit Karte A gelernt haben, aufgrund der geringeren kognitiven Belastung die Lernphase schneller und effizienter bewältigen können.

<sup>1</sup> Definition Free Recall - Die Versuchspersonen werden aufgefordert, alle gelernten Gebäude in einer beliebigen Reihenfolge anzugeben.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die relativen Häufigkeiten der korrekt benannten Items pro Lerndurchgang in Prozent. Die Prozentwerte zeigen eine starke Ähnlichkeit in den Verläufen der Lernphasen von Gruppe 1 und Gruppe 2.

Tabelle 6.14: Relative Häufigkeiten korrekter Items pro Durchgang in Prozent

Lerndurchgang	Häufigkeit richtiger Antworten in Prozent	
	Gruppe 1	Gruppe 2
1	1,8	2,7
2	49,1	49,3
3	73,3	69,2
4	81,8	85,3
5	89,2	92,4
6	90,9	95,0
7	95,7	91,1
8	96,7	91,1
9	100,0	93,3
10		100,0

Aus den errechneten Werten lassen sich Lernkurven ableiten, welche in [Abbildung 6.30](#) auf Seite 112 dargestellt sind.

In beiden Gruppen kommt es zu einem starken Anstieg im ersten Drittel der Durchgänge, was einen hohen Lernerfolg impliziert. Im weiteren Verlauf kommt es zu einer Abflachung. Bereits nach fünf Lerndurchgängen hatte die Hälfte der Probanden von Gruppe 1 und 2 die Lernphase abgeschlossen. Beide Kurven ähneln sich stark. Abweichungen im letzten Drittel der Kurve sind aufgrund der Abnahme der Probandenzahl zu vernachlässigen.

Die Ähnlichkeit des Lernerfolges zeigt sich nicht nur im Vergleich der durchschnittlichen Anzahl von benötigten Lerndurchgängen, sondern auch in einem Vergleich der Mittelwerte der benötigten Reaktionszeit von der Präsentation bis zur Eingabe der gelernten Namen durch die Versuchspersonen von Gruppe 1 und Gruppe 2 ([Tab. 6.15](#), S. 112).

Bezüglich der mittleren Anzahl der Lerndurchgänge scheinen die Probanden der Gruppe 1 einen geringen Vorteil zu haben. Hinsichtlich der Reproduktion des gelernten Wissens benötigen sie dagegen marginal länger. Diese Unterschiede wur-

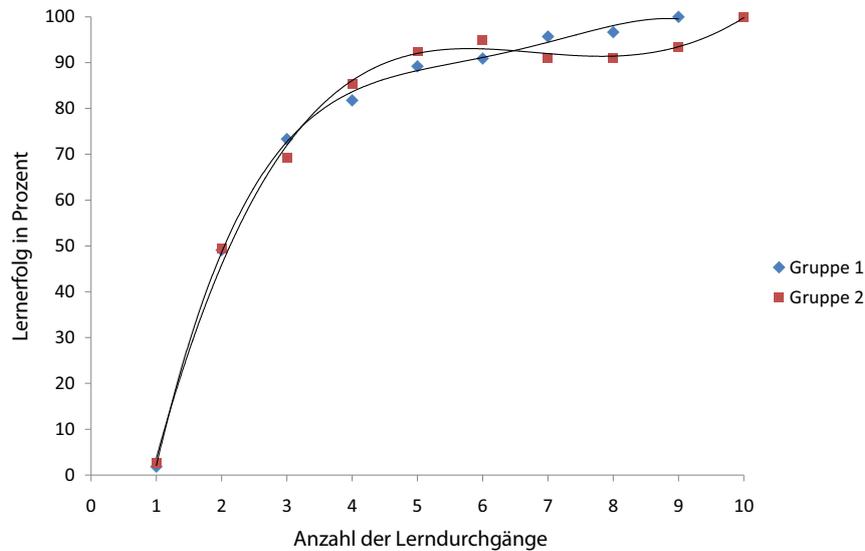


Abbildung 6.30: Lernkurven von Gruppe 1 und Gruppe 2 (nach: MICHAEL, 2010)

Tabelle 6.15: Durchschnittliche Lerndurchgänge und Reaktionszeiten im Vergleich

	Gruppe 1	Gruppe 2
durchschnittliche Anzahl der Lerndurchgänge	5,2	5,4
durchschnittliche Reaktionszeiten	3,7 s	3,5 s

den zur Absicherung mittels eines t-Tests für unabhängige Stichproben getestet. Die Versuchspersonen der Gruppe 1 benötigten im Mittel weniger Lerndurchgänge ( $M=5,2$ ) als die der Gruppe 2 ( $M=5,4$ ). Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant ( $t(83)=,476$ ;  $p>,05$ , Tab. C.44, Anhang C). Bezüglich der Reaktionszeit unterschieden sich die Gruppen signifikant. Gruppe 1 war dabei langsamer ( $M=3,7s$ ) als Gruppe 2 ( $M=3,5s$ ,  $t(5075)=2,73$ ;  $p<,05$ , Tab. C.45, Anhang C).

In weiteren Untersuchungen der Diplomarbeit wurden den Probanden die Karten zusätzlich in ihrer Ausrichtung rotiert dargeboten.

Selbst in diesem Fall konnten bezüglich des Lernerfolgs und der gezielten Abfrage des erlernten Wissens im Rahmen des Free Recalls und der Testfragen nur geringe Unterschiede festgestellt werden. Beide Gruppen haben Fehlerraten von weniger als 10%. Die Auswertung der Reaktionszeiten zeigte auch hier Signifikanzen, welche jedoch vorrangig zur Erklärung des hier nicht näher betrachteten Parameters der Rotation herangezogen werden können.

### 6.4.3 Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen des Lernexperiments wurde zur Überprüfung der Hypothese  $H_1$  ein zweiter Versuchsaufbau realisiert. Die Ergebnisse zeigen trotz der gemessenen Signifikanz im Fall der Reaktionszeiten keinen nennenswerten Unterschied im Hinblick auf die untersuchten Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion. Auch durch die in der Diplomarbeit zusätzlich eingeführte Kartenrotation verlängerten sich nur die Reaktionszeiten. Die Anzahl richtiger Antworten veränderte sich nicht nennenswert. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse lässt sich auch hier die aufgestellte Hypothese  $H_1$  nicht bestätigen. Eine erwartete Verbesserung der Memorationsleistung bei einer stark abstrahierten zweidimensionalen Karte im Vergleich zu einem realitätsnahen 3D-Modell trat in dem gewählten Versuchsaufbau nicht ein, sodass wiederum die Nullhypothese angenommen werden muss.

## 6.5 Fazit

Durch eine umfangreiche empirische Prüfung wurden aus den erstellten Kartenvarianten 12 ausgewählt und in einem zweiteiligen Untersuchungskomplex getestet. Durch eine webbasierte Befragung sowie durch ein Lernexperiment wurden mögliche Auswirkungen der in dieser Arbeit untersuchten Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion auf die Wahrnehmung von Kartendarstellungen analysiert. In Anlehnung an das Konzept des „Cognitive Load“ wurden drei Hypothesen erstellt und mit dem beschriebenen Versuchsaufbau überprüft.

Hypothese  $H_1$  nahm an, dass ein hoher Abstraktionsgrad bei niedriger Dimensionalität in einer Kartendarstellung die Memorationsleistung der topographischen Substanz steigert. Diese Hypothese konnte durch die Auswertung der Fragebögen nicht bestätigt werden. Eine verminderte Memorationsleistung bei einer erhöhten Informationsdichte innerhalb einer Kartendarstellung ließ sich nicht eindeutig nachweisen. Das gemeinsam mit dem Institut für Psychologie durchgeführte Lernexperiment konnte die aufgestellte Hypothese ebenfalls nicht bestätigen. Auf einzelne Faktoren, die das Ergebnis beeinflusst haben könnten, wurden in den Darstellungen der Untersuchungsergebnisse bereits hingewiesen. Während bei der webbasierten Befragung Störfaktoren in Details der Kartendarstellungen selbst liegen könnten (z.B. eine Ver-

wechslung von Hintergrundfarbe mit der abgefragten Gebäudefarbe), sind für das Lernexperiment störende Faktoren innerhalb des Versuchsaufbaus möglich.

Hypothese  $H_2$  ging davon aus, dass ein niedriger Abstraktionsgrad und ein hoher Grad an Dimensionalität die Attraktivität einer Karte steigert. Dies konnte durch die durchgeführte Befragung bestätigt werden. Die kartographische Umsetzung realitätsnaher Darstellungen und die Verwendung der dritten Dimension wird von den meisten Probanden als besonders attraktiv eingeschätzt.

In der dritten Hypothese  $H_3$  wurde davon ausgegangen, dass Karten mit einem hohem Abstraktionsgrad und einer niedrigen Dimensionalität durch den Nutzer mit einer hoher Funktionalität in Verbindung gebracht und demnach im Einsatz bevorzugt werden. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse lässt eine deutliche Trennung hinsichtlich der Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion erkennen, so dass die Alternativhypothese angenommen werden kann.

Abschließend bleibt festzustellen, dass sowohl der Memoriationstest als auch das Lernexperiment wider Erwarten kaum Unterschiede zwischen den dargebotenen Kartenvarianten ergeben haben. Dennoch zeigen die Ergebnisse eindeutig Präferenzen der Versuchspersonen hinsichtlich der Attraktivität und dem erwarteten Nutzen verschiedener Kartenvarianten. Die untersuchten Darstellungsaspekte „Dimensionalität“ und „Abstraktion“ werden nur im Zusammenhang mit Attraktivität und Funktionalität in der subjektiven Bewertung durch die Probanden deutlich unterschieden.

---

# Kapitel 7

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit zwei Gestaltungsaspekten der Kartographie, die in den vergangenen Jahren durch die zunehmende Nutzung digitaler kartographischer Produkte in besonderem Maße an Bedeutung gewonnen haben.

Raumbezogene Informationen werden zwar nach wie vor durch zweidimensionale und gleichzeitig stark abstrahierte Darstellungen kommuniziert, es ist im kartographischen Kontext jedoch ein deutlicher Trend zur Integration dreidimensionaler Objekte unter Verwendung fotorealistischer Texturen zu verzeichnen.

Ursachen für den Wandel sind zum einen in der ständig wachsenden Verfügbarkeit von Grundlagendaten und zum anderen in den vergleichsweise einfachen Bearbeitungsmöglichkeiten zu suchen. Die Erzeugung von digitalen Karten ist neben Experten damit auch Laien möglich.

Ein Kennzeichen dieser Entwicklungen ist die zunehmende Anwendung verschiedener Dimensionalitäts- und Abstraktionsstufen in der Kartengestaltung. Im Internet finden sich dafür umfangreiche Belege, die jedoch auch eine sehr unterschiedliche Qualität aufweisen.

Eine optimierte Gestaltung wird durch zwei Faktoren besonders erschwert. Zum einen ist die bestehende kartographische Theorie noch nicht in vollem Umfang durch die neuen Gestaltungsoptionen ergänzt worden. Zum anderen fehlt es an hinreichenden Erkenntnissen über den Einfluss verschiedener Dimensionalitäts- und Abstraktionsstufen auf den Wahrnehmungsprozess beim Lesen digitaler Karten.

In diesem beschriebenen Kontext ist die Arbeit angesiedelt.

Diesem Themenbereich widmeten sich in den letzten Jahren bereits mehrere Untersuchungen. Sowohl in den theoretischen als auch in den empirischen Forschungen wurden vordergründig ausgewählte Ausprägungen von Dimensionalität oder Abstraktion untersucht. Dadurch ist ein Vergleich der Ergebnisse schwer möglich. Rückschlüsse auf die Anwendung in der Praxis können sich nur auf Teilaspekte beziehen.

Ziel dieser Arbeit war es daher, eine integrative Betrachtung von Dimensionalität und Abstraktion und deren Anwendung im Bereich der digitalen Kartographie vorzunehmen.

## Forschungsansatz

Zunächst wurde eine **theoretische Betrachtung** der Zielgrößen und deren Einordnung in den kartographischen Gestaltungsprozess vorgenommen. Damit sollten zusätzlich die Kombinationsmöglichkeiten von Dimensionalität und Abstraktion näher untersucht werden. Durch die **Ableitung einer Kartenreihe** wurden die theoretischen Überlegungen in die Praxis umgesetzt. Nachfolgend wurden ausgewählte Karten einer **empirischen Untersuchung** zugeführt, um die Auswirkungen verschiedener Dimensionalitäts- und Abstraktionsstufen zu prüfen. Dies erfolgte unter Verwendung eines Online-Fragebogens, da hiermit schnell und effizient eine ausreichende Anzahl von Versuchspersonen erreicht werden konnte. Die durchgeführte Befragung wurde zur Absicherung der Ergebnisse durch ein eigens für diese Untersuchung entwickeltes Lernexperiment ergänzt.

## Ergebnisse

### Theoretische Betrachtung

Innerhalb des kartographischen Gestaltungsprozesses muss vom Kartenautor eine Vielzahl von Entscheidungen hinsichtlich kartographischer Parameter und Variablen getroffen werden. Viele Faktoren beeinflussen direkt oder indirekt den Grad von Dimensionalität und Abstraktion einer Karte. Im Rahmen der erfolgten theoretischen Betrachtung konnte in einem ersten Schema eine Zusammenstellung der maßgeblichen Gestaltungsoptionen unabhängig von vordefinierten Kartenarten vor-

---

genommen werden. Dabei konnten Dimensionalität und Abstraktion in den kartographischen Gestaltungsprozess eingeordnet und gleichzeitig innerhalb des Theoriegerüsts positioniert werden. Der Aufbau wurde dabei dem Erstellungsprozess einer Kartendarstellung nachempfunden. Dieser beginnt beim „Georaum“ als abzubildende Landschaft und endet beim „Kartenprodukt“. Mit dem erstellten Schema konnte die zentrale Bedeutung von Dimensionalität und Abstraktion deutlich gemacht werden. Für eine genauere Beurteilung wurden die Variationsmöglichkeiten von Dimensionalität und Abstraktion in einem zweiten Schema untersucht. Die Systematik zeigt deren enge inhaltliche Kopplung bei der Erstellung einer Karte im Detail. Dabei wurden neben den Entscheidungsebenen im Sinne des Erstellungsprozesses auch die möglichen Darstellungsoptionen, die zu einem bestimmten Dimensionalitäts- bzw. Abstraktionsgrad führen, zusammengestellt.

Die entwickelten Schemata können damit sowohl einen praktischen als auch einen theoretischen Bezug herstellen.

## **Ableitung einer Kartenreihe**

Im Anschluss an die theoretische Prozessanalyse wurden 16 topographische Kartenvarianten im Maßstab 1:10.000 abgeleitet. Damit konnte zunächst die Übertragbarkeit der entwickelten Schemata auf die Praxis belegt werden.

Durch eine Zusammenstellung der erforderlichen Arbeitsschritte wurde der Arbeitsaufwand bei der Erstellung der einzelnen Karten im Vergleich dargestellt. Die erstellten Varianten haben Ähnlichkeit mit den Standarddarstellungen einschlägiger Online-Kartendienste. Dies beweist zusätzlich die Anwendbarkeit der Ableitung.

## **Empirische Untersuchung**

Im Rahmen einer empirischen Untersuchung wurden aus den abgeleiteten Karten 12 Varianten für eine Überprüfung ausgewählt. Unter Berücksichtigung von drei aufgestellten Hypothesen wurden die Memorationsleistung von Nutzern im Hinblick auf die Karteninhalte sowie die subjektiv empfundene Attraktivität und Funktionalität untersucht. In einem zweiteiligen Untersuchungskomplex wurden zunächst Probanden im Rahmen einer Online-Befragung getestet. Im zweiten Teil der Untersuchung wurde ein Experiment durchgeführt, welches das Lernen und Wiedergeben von Gebäudenamen im Zusammenhang mit den dargebotenen Karten zum Inhalt hatte.

Ein Unterschied, welcher in der ersten Hypothese vermutet wurde, konnte trotz geringer Abweichungen der Testergebnisse nicht nachgewiesen werden. Wenngleich verschiedene potenzielle Störfaktoren identifiziert wurden, kamen doch zwei verschiedene methodische Ansätze zum gleichen Ergebnis. Eine starke Polarisierung zeigte sich jedoch hinsichtlich der Fragen nach Attraktivität und Funktionalität, was Hypothese H<sub>2</sub> und H<sub>3</sub> bestätigte.

## Ergebnisdiskussion

Nachfolgend sollen die Einflüsse von Dimensionalität und Abstraktion im Zusammenhang mit den Ergebnissen dieser Untersuchung diskutiert werden. Dies erfolgt zunächst anhand der notwendigen Anzahl von Erstellungsschritten. Anschließend sollen die Fragebereiche hinsichtlich der Memorationsleistung, der subjektiv empfundenen Funktionalität und der Attraktivität betrachtet werden. Die Basis bilden dafür die 12 für die empirische Untersuchung ausgewählten Kartenvarianten.

### Erstellungsschritte

Um den Einfluss des Erstellungsaufwandes im Zusammenhang mit den Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion zu berücksichtigen, war bei den zusammengestellten Kartenvarianten die Zahl der notwendigen Arbeitsschritte erfasst worden. In Tabelle 7.1 ist die Anzahl der durchgeführten Schritte zur Herstellung des entsprechenden Kartenbeispiels mit einer Farbskala aufgeführt. Diese sind den Tabellen 5.4 bis 5.7 ab Seite 60 entnommen.

Die Auswertung der Erstellungsschritte zeigt, dass der Faktor „Dimensionalität“ eine vordergründige Auswirkung auf die Anzahl der Arbeitsschritte hatte. Die Erzeugung der dritten Dimension erforderte zusätzlichen Arbeitsaufwand. Während zweidimensionale Daten flächendeckend zur Verfügung standen, mussten dreidimensionale Objekte neu erstellt werden. Die Erzeugung fotorealistischer Darstellungen, die in diesem Fall unter Verwendung von Fotografien erfolgte, steigerte den Arbeitsaufwand bei der Erstellung nicht nennenswert. Bei entsprechender Datenverfügbarkeit ist zu erwarten, dass sich der Erstellungsaufwand angleicht. Diese Ansicht wurde bereits von LANGE (1998) geäußert und besitzt nach wie vor Gültigkeit. Die aktuelle Situation erfordert noch immer eine Berücksichtigung des erhöhten Erstellungsaufwandes für dreidimensionale Darstellungen.

Tabelle 7.1: Anzahl der durchgeführten Erstellungsschritte zur Herstellung des entsprechenden Kartenbeispiels; grün: niedriger, gelb: mittlerer, rot: hoher Erstellungsaufwand

		Abstraktionsgrad		
		hoch (einfarbig)	mittel (gemischt)	niedrig (fotorealistisch)
Dimensionalität	2D (Aufsicht + Grundriss- darstellung)	2	2	2
	2,5D (Aufsicht + Volumen- darstellung)	4	4	2 <small>(Schrägluftbild)</small>
	(Perspektive + Grundriss- darstellung)	3	3	3
	3D (Perspektive + Volumen- darstellung)	5	5	6

### Memorationsleistung

Ein Teilziel der Untersuchung war es, durch verschiedene Fragen, welche die Memorationsleistung testen, die objektiv beurteilbare Funktionalität einer Karte zu prüfen. Zu diesem Fragebereich zählten neben den Fragen nach der Gebäudeanzahl und der Gebäudefarbe auch Fragen zur Memoriation topographischer Objekte wie Straßen, Beschriftungen und Wasser- bzw. Grünflächen. Die zu klärende Frage war, ob Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion Einfluss auf die Testergebnisse nehmen.

Beispielhaft sei hier das Ergebnis der Erinnerungsfrage nach der Gebäudeanzahl aufgeführt. Wie Tabelle 6.10 auf Seite 87 bereits zu entnehmen war, wurden bei Kartenvarianten mit niedriger Abstraktion sowie bei zweidimensionalen Darstellungen (Aufsicht) mehr Gebäude erinnert. In der nachfolgenden Abbildung 7.1 sind die Kartenvarianten mit der niedrigsten (a) bzw. höchsten (b) Angabe zur Anzahl der erinnerten Gebäude noch einmal dargestellt.



Abbildung 7.1: Kartenvarianten „G“ (a) und „I“ (b) als Beispiel für die niedrigste bzw. höchste Angabe zur Anzahl der erinnerten Gebäude

Daraus ist zu entnehmen, dass die geringe Anzahl der in Karte G wahrgenommenen Gebäude vermutlich auf die perspektivische Darstellung zurückzuführen ist. Im „hinteren“ Bereich der Karte befinden sich eine Vielzahl von Gebäuden, die in Folge der Darstellungsart optisch wenig hervortreten. Die Vielzahl großflächiger Gebäude im „Vordergrund“ führt zu einer niedrigeren Schätzung der Gebäudeanzahl. Dagegen erweckt die fotorealistische Darstellung in Karte I mit ihrem Detailreichtum in der Erinnerung den Eindruck einer größeren Anzahl von Gebäuden. Bei dreidimensionalen Darstellungen ist daher zu berücksichtigen, dass der Informationsgehalt messbar von „vorn“ nach „hinten“ abnimmt. Ferner ist abzuleiten, dass die hohe Komplexität des verwendeten Luftbildes die Extraktion von Informationen erschwert. Dies bestätigt auch die Ergebnisse der von HÄBERLING (2003) vorgenommenen Expertenbefragung, wonach die Verwendung von Luftbildern zum Transport kartographischer Informationen abgelehnt wird (vgl. Kap 3.3.2). Die eigenen Ergebnisse zeigen zwar, dass bei den fotorealistischen Ansichten eine scheinbar bessere Schätzung der tatsächlichen Gebäudezahl erreicht werden konnte. Aufgrund der vorab genannten Störfaktoren bleibt jedoch festzustellen, dass nicht genau zu trennen ist, zu welchem Anteil dies auf die Ausprägung von Dimensionalität und Abstraktionsgrad zurückzuführen ist.

Die grundsätzliche Fragestellung wurde durch ein Lernexperiment noch einmal aufgegriffen. Die Testergebnisse von zwei präsentierten Karten, die sich in der Ausprägung von Dimensionalität und Abstraktion stark unterschieden, gestatten bezüglich

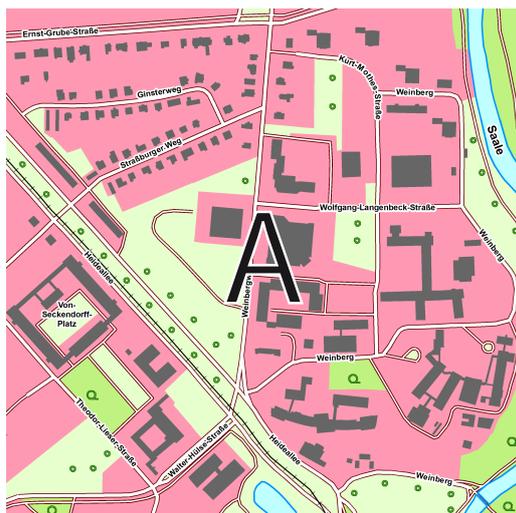
---

der Memoriation keine Rückschlüsse auf einen Einfluss der genannten Aspekte. In diesem Zusammenhang findet sich lediglich bei **DILLEMUTH (2005)** eine vergleichbare Fragestellung (vgl. Kap. 3.3.2). In der Untersuchung konnte für den Abstraktionsgrad ebenfalls keine nennenswerte Verbesserung für eine Orientierungsfunktion festgestellt werden.

Dem eigenen Experiment war nicht zu entnehmen, ob die zu erlernende Verbindung zwischen Gebäudename und deren Lokalisation von der Art der Kartendarstellung beeinflusst wird. Daher ist retrospektiv zu diskutieren, ob der Versuchsaufbau zur Untersuchung des Einflusses von Dimensionalität und Abstraktion auf die Wahrnehmung von Karten geeignet ist. Dies wäre unter Verwendung eines anderen Untersuchungsgegenstandes zu prüfen.

### Subjektiv empfundene Attraktivität und Funktionalität

Im Hinblick auf den Nutzerkreis digitaler Karten sollte die empirische Untersuchung auch nutzerspezifische Qualitätsurteile in die Bewertung einbeziehen. Als attraktivste Karte wurde das Schrägluftbild (F), dicht gefolgt von der fotorealistischen dreidimensionalen Darstellung (L) gewählt. Als am wenigsten attraktiv wurde von der Mehrzahl der Teilnehmer Karte A eingestuft (vgl. Abb. 7.2).



(a)



(b)

Abbildung 7.2: Kartenvarianten „A” (a) und „F” (b) als Beispiel für höchste und niedrigste Attraktivität bzw. erwartete Funktionalität

Offensichtlich wird eine perspektivische, realitätsnahe Darstellung besonders bevorzugt. Bei der Frage nach der erwarteten Funktionalität wählte die Mehrzahl der Probanden genau die entgegengesetzte Konstellation. Der zweidimensionalen Karte, bestehend aus einer Kombination von Aufsicht und Grundrissdarstellung mit höchstem Abstraktionsgrad, wird der größte Nutzen beigemessen.

Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen von **PETROVIC und MASERA (2006)**. Attraktivität und Funktionalität scheinen sich in der subjektiven Beurteilung von Karten auszuschließen. An dieser Stelle zeigt sich ein sehr deutlicher Einfluss von Dimensionalität und Abstraktion auf die Wahrnehmung von Kartendarstellungen.

## Resümee

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten folgende Ziele erreicht werden:

1. Durch eine ausführliche Grundlagenbetrachtung und eine daraus abgeleitete Systematik konnten Aspekte bezüglich Dimensionalität und Abstraktion dem kartographischen Theoriegerüst hinzugefügt und eine vereinfachte Darstellung der Zusammenhänge erreicht werden.
2. Die praktische Ableitung von Kartenvarianten konnte die Validität der entwickelten Systematik zeigen und den erforderlichen Umfang der Bearbeitungsschritte zusammenfassen.
3. Ein zweiteiliger empirischer Versuchsaufbau zum Test verschiedener Ausprägungen von Dimensionalität und Abstraktion wurde entwickelt und angewendet.

Durch eine umfangreiche Untersuchung wurden bezüglich der Erstellung und Wahrnehmung digitaler Kartendarstellungen bekannte Zusammenhänge bestätigt sowie neue herausgearbeitet.

## Ausblick

Die Ergebnisse des theoretischen Teils der Arbeit sollten weiterführend ergänzt werden. Dabei könnten zunächst auf der Basis der erzeugten Systematik alle Parameter

---

und Variablen des digitalen kartographischen Erstellungsprozesses unter Berücksichtigung ihrer Optionen integriert werden.

Die dargestellten Arbeitsschritte der Kartenerstellung sollten bezüglich der Verwendung in Automatisierungsalgorithmen geprüft und falls nötig ergänzt werden.

Der empirische Teil sollte mit Kartenvarianten veränderter Maßstäbe, Farben und Zeichenvorschriften wiederholt werden. Damit können die beschriebenen Störvariablen isoliert und die Ergebnisse der Arbeit validiert werden.

Aus der Verknüpfung theoretischer und empirischer Resultate könnte ein Leitfaden erstellt werden, der eine Entscheidungsgrundlage für die Anwendung von Dimensionalität und Abstraktion in Abhängigkeit von Nutzer und Ziel darstellt. Gemeinsam mit den Ergebnissen dieser Arbeit können so kognitiv und technisch optimale Karten abgeleitet werden.



---

# Literatur- und Quellenverzeichnis

- ALBERTZ, J. (HRSG.) (1997): Wahrnehmung und Wirklichkeit - Wie wir unsere Umwelt sehen, erkennen und gestalten. Band 17, Berlin: Schriftenreihe Freie Akademie
- ALBERTZ, J., LEHMANN, H. UND TAUCH, R. (1992): Herstellung und Gestaltung hochauflösender Satelliten-Bildkarten. Kartographische Nachrichten, 42, 205–213
- ARNBERGER, E. (1966): Handbuch der thematischen Kartographie. Wien: Deuticke
- ARNBERGER, E. (1997): Thematische Kartographie. Braunschweig: Westermann
- ATLAS DER SCHWEIZ <WWW>: 2D und 3D.Modus innerhalb des Atlas der Schweiz 2.0. <URL: <http://www.atlasderschweiz.ch/atlas/de/>> – Zugriff am 01.10.2010
- BERTIN, J. (1974): Graphische Semiologie. Berlin: de Gruyter
- BILL, R. (2010): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Berlin: Wichmann
- BISHOP, I. UND LANGE, E. (HRSG.) (2005): Visualization in Landscape and Environmental Planning. London und New York: Taylor and Francis
- BOLLMANN, J. (1981): Aspekte kartographischer Zeichenwahrnehmung - Eine empirische Untersuchung. Bonn: Kirschbaum
- BOLLMANN, J., HEIDMANN, F. UND JOHANN, M. (1997): Kartographische Bildschirmkommunikation - Methodische Ansätze zur empirischen Untersuchung raumbezogener Informationsprozesse. Trierer Geographische Studien, ohne Band, Heft 16, 267–284

- BOLLMANN, J. UND KOCH, W. G. (HRSG.) (2001): Lexikon der Kartographie und Geomatik. Berlin: Spektrum
- BOLLMANN, J. UND MÜLLER, A. (2003): Empirisch-methodische Forschungsansätze zur kartographischen Modellierung Virtueller Landschaften. Kartographische Nachrichten, 53, 270–276
- BORTZ, J. UND DÖRING, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 4. Auflage. Berlin: Springer
- BRUNNER, K. (2001): Kartographik am Bildschirm - Einschränkungen und Probleme. Kartographische Nachrichten, 51, 233–239
- BUCHHOLZ, H. (2006): Real-Time Visualization od 3D City Models. Dissertation, Universität Potsdam
- BUCHROITHNER, M., SCHENKEL, R. UND KIRSCHENBAUER, S. (2000): 3D Display Techniques for Cartographic Purposes: Semiotic Aspects. Internation Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part 5, 99–106
- BUCHROITHNER, M. F. UND SCHENKEL, R. (2001): 3D-Visualisierung von Geodaten - perzeptionstheoretische und präsentationstechnische Grundlagen. Kartographische Bausteine, 19, 113–120
- BUHMANN, E. ET AL. (HRSG.) (2005): Trends in Real Time Landscape Visualization and Participation. Berlin: Wichmann
- BUNCH, R. L. UND LLOYD, R. E. (2006): The Cognitive Load of Geographic Information. The Professional Geographer, 58, 209–220
- BUZIEK, G. (2003): Eine Konzeption der kartographischen Visualisierung. Habilitationsschrift, Universität Hannover
- CA&D (2010): Mediale Präsentation „Mitten in der Stadt. Zukunftsstandort Saline-Insel“. Halle (Saale)
- CARTWRIGHT, W., PETERSON, M. P. UND GARTNER, G. (HRSG.) (2007): Multimedia Cartography. Heidelberg: Springer
- CLARK, R. C., NGUYEN, F. UND SWELLER, J. (HRSG.) (2006): Efficiency in Learning. San Francisco: Pfeiffer

- CONTEXT TYPE [&] SIGN PINK GMBH <WWW>: Städtebaulichen Möglichkeiten.   
 ⟨URL: <http://www.conticular.com/index.php/stuttgart-21.html>⟩ – Zugriff am 01.10.2010
- COORS, V. UND ZIPF, A. (HRSG.) (2005): 3D-Geoinformationssysteme. Berlin: Wichmann
- DB AG <WWW>: Baulogistik am Nordbahnhof. ⟨URL: [http://www.das-neue-herz-europas.de/bauen\\_umwelt/baulogistik/nordbahnhof/default.aspx](http://www.das-neue-herz-europas.de/bauen_umwelt/baulogistik/nordbahnhof/default.aspx)⟩ – Zugriff am 01.10.2010
- DETTE, C., SCHULZE, M. UND GLÄSSER, C. (2010): Rückblick, Einblick, Ausblick - Die Geschichte der Saline-Insel in Halle (Saale). Kartographische Nachrichten, 60, 244–251
- DICKMANN, F. (2001): Web-Mapping und Web-GIS. Braunschweig: Westermann
- DICKMANN, F. (2004): Einsatzmöglichkeiten neuer Informationstechnologien für die Aufbereitung und Vermittlung geographischer Informationen - das Beispiel kartengestützte Online-Systeme. In: Göttinger Geographische Abhandlungen, ohne Band, Heft 112. Geographisches Institut der Universität Göttingen
- DICKMANN, F. UND ZEHNER, K. (2001): Computerkartographie und GIS. Braunschweig: Westermann
- DILLEMUTH, J. (2005): Map Design Evaluation for Mobile Display. Cartography and Geographic Information Science, 32, 285–301
- DÖLLNER, J. (2001): Raumbezogene Informationsvisualisierung mit dynamischen, interaktiven 3D-Karten. Kartographische Nachrichten, 51, 80–85
- DÖLLNER, J. (2007): Welten verbinden. GIS-Business, Heft 9, 14–17
- DRANSCH, D. (1997): Computer-Animation in der Kartographie. Springer
- DRÖSSER, C. (2007): Die neue Heimat. Die Zeit, 62, Nr. 39, 20. September 2007, 41–42
- ELLSIEPEN, I. (2005): Methoden der effizienten Informationsübermittlung durch Bildschirmkarten. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

- FREITAG, U.; ALBERTZ, J. (HRSG.) (1997): Kap. „Kognitives Kartieren in der persönlichen und in der geographischen Umwelt“ In: Wahrnehmung und Wirklichkeit - Wie wir unsere Umwelt sehen, erkennen und gestalten. Schriftenreihe Freie Akademie, 131–170
- FREIWALD, N. (2007): Stadtplanung durch Raum und Zeit. GIS-Business, Heft 12, 16–19
- FRERY, A. C. ET AL. (2004): Cartographic Generalization in Virtual Reality. In: XX International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress., 200–205
- FUHRMANN, S. UND KRAAK, M.-J. (2001): Geovisualisierung. Eine Einführung in das Thema. Kartographische Nachrichten, 51, 173–175
- GARRETT, J. J. (2003): The Elements of User Experience. Peachpit Press
- GLÄSSER, C. UND THÜRKOW, D. (2004): Virtuelle Landschaften und Exkursionen - innovative Tools in der geowissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, ohne Band, 391–398
- GOLDSTEIN, E. B. (2010): Wahrnehmungspsychologie. Berlin: Spektrum
- GOOGLE INC. <WWW>: GoogleMaps. <URL: <http://www.maps.google.de>> – Zugriff am 10.12.2010
- GRÖGER, G. ET AL. (2004): Das interoperable 3D-Stadtmodell der SIG 3D der GDI NRW. Special Interest Group 3D – Technischer Bericht
- GRÖGER, G. UND KOLBE, T. H.; COORS, V. UND ZIPF, A. (HRSG.) (2004): Kap. 13 In: 3D-Stadtmodellierung auf der Basis internationaler GI-Standards. Wichmann, 234–246
- HAKE, G., GRÜNREICH, D. UND MENG, L. (2002): Kartographie. 8. Auflage. Berlin: de Gruyter
- HÄBERLING, C. (2003): Topographische 3D-Karten: Thesen für kartographische Gestaltungsgrundsätze. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

- HEIDMANN, F. (1999): Aufgaben- und nutzerorientierte Unterstützung kartographischer Kommunikationsprozesse durch Arbeitsgraphik - Konzeption, Modellbildung und experimentelle Untersuchung. Dissertation, Universität Trier
- HERMANN, F. UND PEISSNER, M. (2003): Usability Engineering für kartographische Visualisierungen . Methoden und Verfahren. Kartographische Nachrichten, 53, 260–265
- HONJO, T., LIM, E. UND UMEKI, K. (2005): Real Time rendering of landscapes using VMRL with graphic user interface. In: BUHMANN, E. (HRSG.): Trends in Real Time Landscape Visualization and Participation. Wichmann
- HURNI, L. UND RÄBER, S. (2004): Atlas of Switzerland 2.0. In: Proc. of the 4th ICA Mountain Cartography Workshop. Núria, Spain
- HURNI, L. (1995): Modellhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung von topographischen und geologischen Karten und dreidimensionalen Visualisierungen. Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- HURNI, L. (2005): Anwendung kartographischer Medien im Rahmen aktueller I+K-Technologien. Kartographische Nachrichten, 55, 244–249
- IMHOF, E. (1972): Thematische Kartographie. de Gruyter
- ISO (2003): ISO DIN EN 19107 Geographic Information - Spatial Schema. Geneva, Switzerland: International Organization For Standardization
- JÄGER, E.; KUMMER, K. UND FRANKENBERGER, J. (HRSG.) (2010): Kap. 6, Geotopographie In: Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen 2010. Wichmann, 259–310
- KAPPAS, M. (2001): Geographische Informationssysteme. Westermann
- KERSTING, O. P. (2002): Interaktive dynamische 3D-Karten zur Kommunikation raumbezogener Informationen. Dissertation, Universität Potsdam
- KIRSCHENBAUER, S. (2003): Empirisch-kartographische Analyse einer echt-dreidimensionalen Darstellung am Beispiel einer topographischen Hochgebirgskarte. Dissertation, Technische Universität Dresden

- KOHLSTOCK, P. (2010): Kartographie. Paderborn: Schöningh, UTB
- KOHLSTOCK, P. (2011): Topographie. Berlin: de Gruyter
- KOLBE, T. H. (2004): Interoperable 3D-Visualisierung („3D Web Map Server“).  
Kartographische Schriften, 9, 999–999
- LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION SACHSEN-ANHALT  
(HRSG.) (1999): Topographische Karte Maßstab 1:25.000, Blatt 4537 Halle  
(Saale).
- LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION SACHSEN-ANHALT  
(HRSG.) (2005): Digitale Topographische Karte Maßstab 1:25.000, Blatt 4537  
Halle (Saale).
- LANGE, E. (1998): Eine empirische Untersuchung über den Realitätsgrad virtueller  
Landschaften am Beispiel des Talraums Brunnen / Schwyz. Dissertation, ETH  
Zürich
- LEE, J. UND ZLATANOVA, S. (HRSG.) (2009): 3D Geo-Information Science. Hei-  
delberg: Springer
- LONGLEY, P. A. ET AL. (2005): Geographic Information Systems and Science.  
2. Auflage. Chichester: Wiley
- LORENZ, H., TRAPP, M. UND DÖLLNER, J. (2009): Interaktive, multiperspekti-  
vische Ansichten für geovirtuelle 3D-Umgebungen. Kartographische Nachrich-  
ten, 59, 175–180
- LUEBKE, D. ET AL. (2003): Level of Detail for 3D Graphics. Amsterdam: Elsevier  
Science
- MAC EACHREN, A. M.; MAC EACHREN, A. M. UND TAYLOR, D. R. F.  
(HRSG.) (1994): Kap. Visualization in modern cartography: Setting the agen-  
da In: Visualization in modern cartography. Amsterdam: Elsevier Science /  
Pergamon, 1–12
- MAYER, R. E. UND MONERO, R. (2003): Nine Ways to Reduce Cognitive Load in  
Multimedia Learning. Educational Psychologist, 38, 43–52

- MEINERT, M., RUMMEL, R. UND STREUFF, H.; KUMMER, K. UND FRANKENBERGER, J. (HRSG.) (2010): Kap. 4, Geoinformationen im Internationalen Umfeld In: Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen. Wichmann, 61–86
- MENG, L. (2008): Kartographie im Umfeld moderner Informations- und Medientechnologien. Kartographische Nachrichten, 58, 3–10
- MENG, L. (2003): Rahmenbedingungen beim Einsatz von Methoden und Techniken der Geovisualisierung. Kartographische Schriften, 7, 3–12
- MENG, L. (2004): Methoden zur Gestaltung egozentrischer Karten. Kartographische Schriften, 9, 113–119
- MICHAEL, A. M. (2010): Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Psychologie, Halle (Saale): Experimentelle Untersuchungen zum Einfluss der räumlichen Darstellung auf das Ortsgedächtnis, unveröffentlichte Diplomarbeit
- MICROSOFT INC. <www>: MicrosoftBingMaps. (URL: <http://www.maps.bing.de>) – Zugriff am 10.12.2010
- MONTELLO, D. R. (2002): Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches. Cartography and Geographic Information Science, 29, 283–304
- NEUDECK, S. (2001): Zur Gestaltung topographischer Karten für die Bildschirmvisualisierung. Dissertation, Universität der Bundeswehr
- OH, M.: <www>: 2D, 3D... 2.5D? (URL: <http://allthingsv.com/tag/2-5d/>) – Zugriff am 10.12.2010
- PATTERSON, T. (2002): Getting Real: Reflecting on the New Look of National Park Service Maps. In: International Cartographic Association - Mountain Cartography Workshop, Timberline Lodge, Mt. Hood, Oregon.
- PETROVIC, D. UND MASERA, P. (2006): Analysis of User's Response on 3D Cartographic Presentations. In: Commission on Mountain Cartography - Workshop Bohinj, Slovenia.
- PUCHER, A. (2006): Kartographische Informationsarchitektur für Atlas-Informationssysteme. Kartographische Nachrichten, 56, 142–144

- RAMM, F. UND TOPF, J. (2009): OpenStreetMap. Berlin: Lehmanns Media
- RASE, W.-D. (2003): Von 2D nach 3D - perspektivische Zeichnungen, Stereogramme, reale Modelle. *Kartographische Schriften*, 7, 13–24
- REICHENBACHER, T. UND SWIENTY, O. (2007): Attention-Guiding Geovisualisation. In: 10th AGILE International Conference on Geographic Information Science.
- ROBINSON, A. H. ET AL. (1995): *Elements of Cartography*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- SCHOBESBERGER, D. (2009): Towards Principles for Usability Evaluation in Web Mapping - Usability Research for Cartographic Information Systems. In: 24th International Cartography Conference (ICC 2009). Santiago, Chile
- SCHOBESBERGER, D. UND PATTERSON, T. (2008): Evaluating the Effectiveness of 2D vs. 3D Trailhead Maps. In: International Cartographic Association - Mountain Cartography Workshop, Lenk, Switzerland.
- SCHULZ, M. (2006): Aspekte zu Perspektive und Dimension ebenenstrukturierter, webbasierter kartographischer Darstellungen. *Kartographische Nachrichten*, 56, 17–20
- SCHUMANN, H. UND MÜLLER, W. (2000): *Visualisierung - Grundlagen und Methoden*. Heidelberg: Springer
- SCHWEIKART, J., PIEPER, J. UND SCHULTE, B. (2009): Virtuelle Globen: Entwicklungsgeschichte und Perspektiven. *Kartographische Nachrichten*, 59, 129–135
- SIDIROPOULOSA, G. UND VASILAKOSB, A. (2006): Ultra-real or symbolic visualization? The case of the city through time. *Computer & graphics: CAG*, 30, 299–310
- SIEBER, R. (1996): *Visuelle Wahrnehmung dreidimensionaler parametrisierter Objekte und Objektgruppen*. Dissertation, Universität Zürich
- SLOCUM, T. A. ET AL. (2010): *Thematic Cartography and Geovisualization*. London: Pearson Education Inc.

- STROBEL, J., BLASCHKE, T. UND GRIESEBNER, G. (HRSG.) (2007): Angewandte Geoinformatik 2007. Heidelberg: Wichmann
- STUTT GART <WWW>: S21 Abbildung.  $\langle$ URL: <http://www.stuttgart.de/img/mdb/item/189296/8943.jpg> $\rangle$  – Zugriff am 01.10.2010
- SWELLER, J. UND CHANDLER, P. (1991): Evidence for cognitive load theorie. *Cognition and Instruction*, 8, Nr. 4, 351–362
- TERRIBILINI, A. (2001): Entwicklung von Arbeitsabläufen zur automatischen Erstellung von interaktiven, vektorbasierten topographischen 3D-Karten. Dissertation, ETH Zürich
- THALMANN, T. (2007): Friedliche Koexistenz? *GIS-Business*, 12, 6–9
- UNIVERSITÄT STUTT GART <WWW>: Tallage Stuttgarts, Stuttgarter Unikurier Nr.97.  $\langle$ URL: <http://www.uni-stuttgart.de/uni-kurier/uk97/img/s1/s151.jpg> $\rangle$  – Zugriff am 01.10.2010
- WACK, R. ET AL. (2003): Erzeugung von 3D-Stadtmodellen. *Proc. 12th International Geodetic Week 2003*, <http://www.mplusm.at/ifg/download/Wack.pdf> (09.07.2007)
- WALOSCHEK, P. (HRSG.) (2006): Wörterbuch der Physik. Berlin: Directmedia
- WALZ, G. (HRSG.) (2002): Lexikon der Mathematik. Berlin: Spektrum
- WIKIPEDIA <WWW> (2010): Parameter\_Mathematik.  $\langle$ URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Parameter\\_\(Mathematik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Parameter_(Mathematik)) $\rangle$  – Zugriff am 25.10.2010
- WILHELMY, H. (2002): Kartographie in Stichworten. 7. Auflage. Berlin: Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung
- WITT, W. (1967): Thematische Kartographie. Hannover: Gebrüder Jänecke
- WOLFF, M. UND ASCHE, H. (2008): Ansätze zur kartographischen Modellierung interaktiver 3D-Stadtpläne. In: STROBEL, J., BLASCHKE, T. UND GRIESEBNER, G. (HRSG.): Angewandte Geoinformatik 2008. Heidelberg: Wichmann

- WORM, J. VAN DEN; KRAAK, M.-J. UND BROWN, A. (HRSG.) (2001): Kap. 7  
In: Web map design in Practice. London und New York: Taylor and Francis,  
87–107
- ZANOLA, S., FABRIKANT, S. I. UND CÖLTEKIN, A. (2009): The Effect of Realism  
on the Confidence in Spatial Data Quality in Stereoscopic 3D Displays. In:  
24th International Cartography Conference (ICC 2009). Santiago, Chile
- ZENNER, C., ASCHE, H. UND WOLFF, M. (2008): Virtuelle 3D-Geovisualisierungen  
- innovative Formen der Kommunikation und Perzeption räumlicher Struktu-  
ren. In: STROBEL, J., BLASCHKE, T. UND GRIESEBNER, G. (HRSG.): An-  
gewandte Geoinformatik 2008. Heidelberg: Wichmann

---

# Anhang



---

# Anhang A

## Kartenvarianten

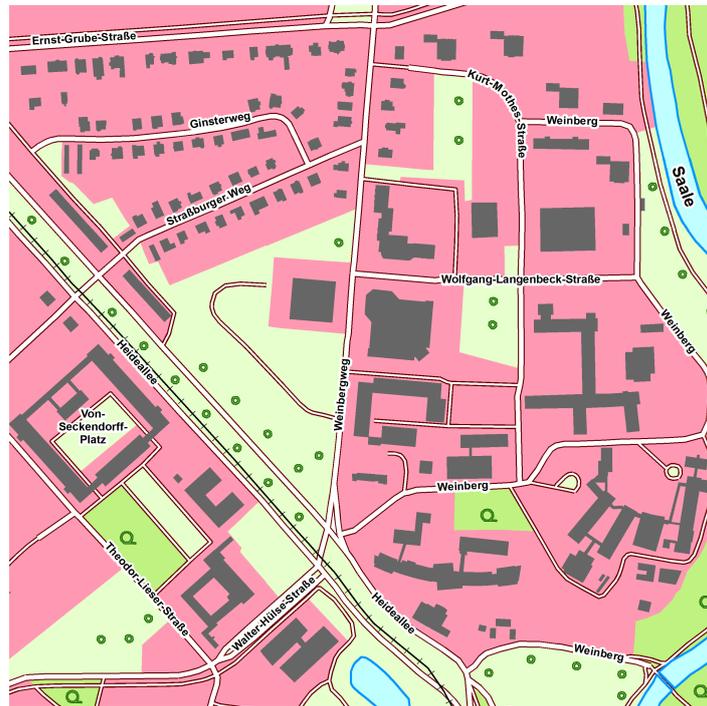


Abbildung A.1: Kartenvariante: 2D; hohe Abstraktion (Karte A)



Abbildung A.2: Kartenvariante: 2,5D; hohe Abstraktion (Karte D)



Abbildung A.3: Kartenvariante: 2,5D; hohe Abstraktion (Karte G)



Abbildung A.4: Kartenvariante: 3D; hohe Abstraktion (Karte J)

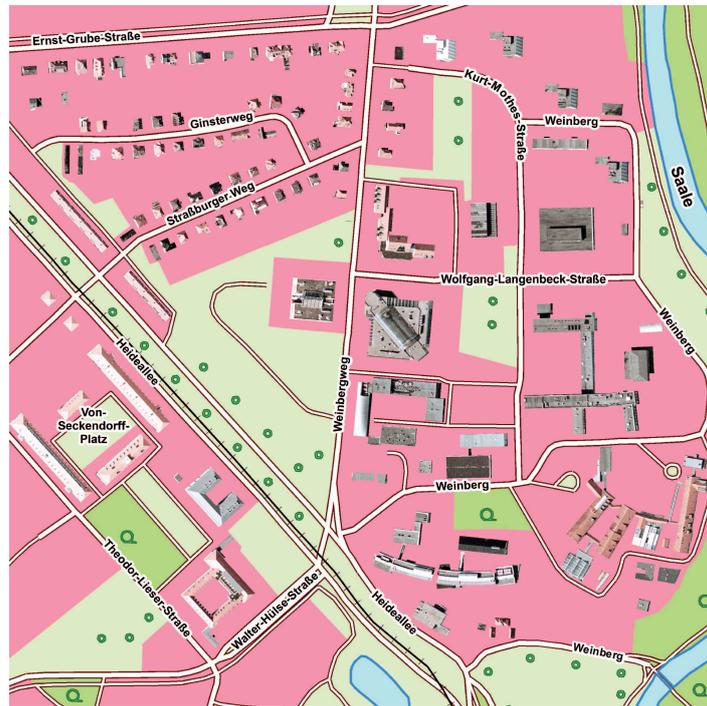


Abbildung A.5: Kartenvariante: 2D; mittlere Abstraktion (nicht untersucht)



Abbildung A.6: Kartenvariante: 2,5D; mittlere Abstraktion (nicht untersucht)

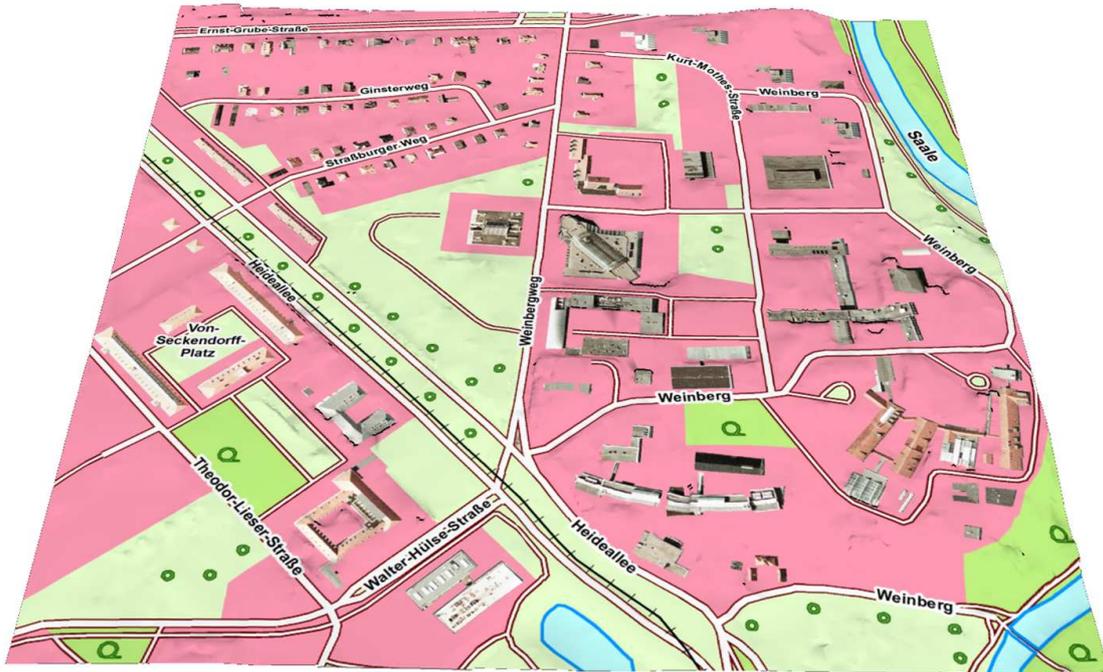


Abbildung A.7: Kartenvariante: 2,5D; mittlere Abstraktion (nicht untersucht)



Abbildung A.8: Kartenvariante: 3D; mittlere Abstraktion (nicht untersucht)





Abbildung A.11: Kartenvariante: 2,5D; mittlere Abstraktion (Karte H)

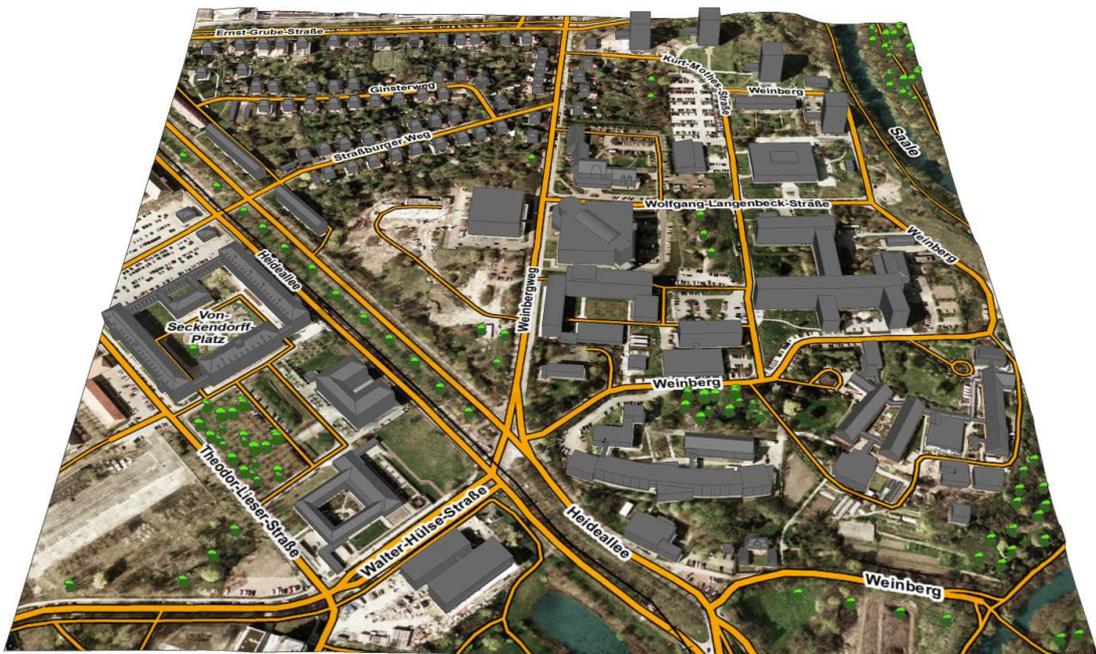


Abbildung A.12: Kartenvariante: 3D; mittlere Abstraktion (Karte K)

## A Kartenvarianten

---



Abbildung A.13: Kartenvariante: 2D; niedrige Abstraktion (Karte C)

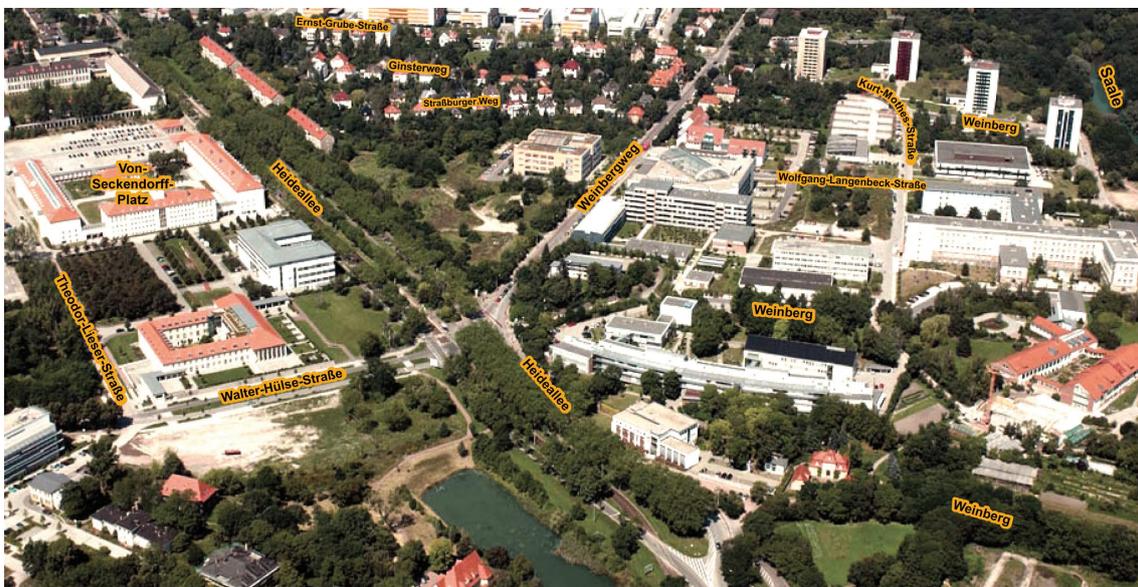


Abbildung A.14: Kartenvariante: 2,5D; niedrige Abstraktion (Karte F)

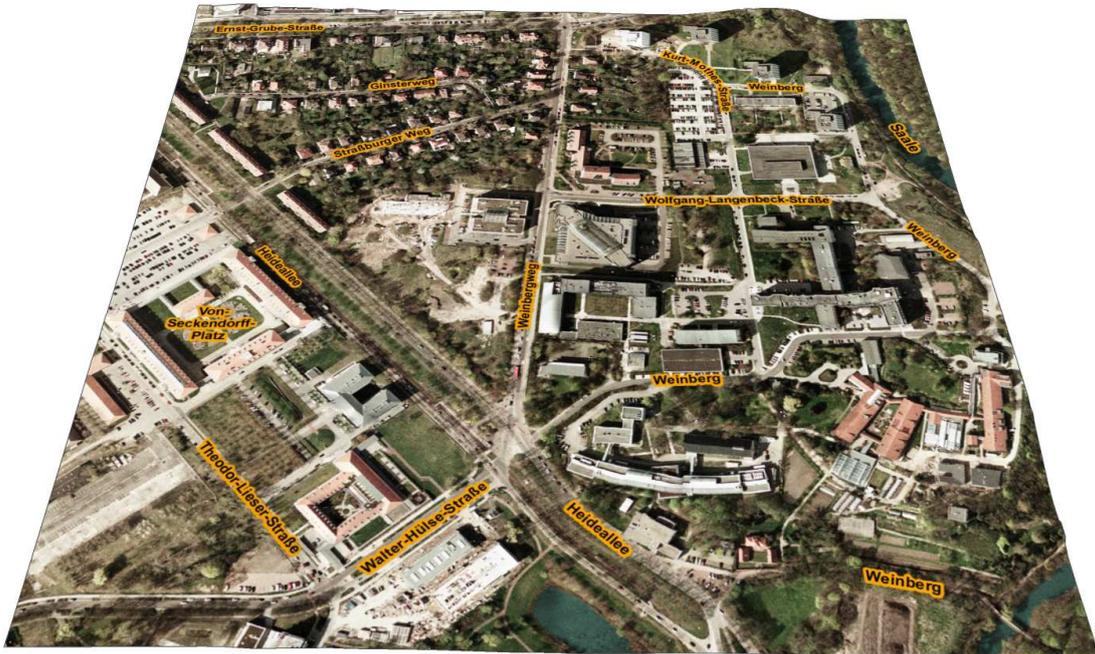


Abbildung A.15: Kartenvariante: 2,5D; niedrige Abstraktion (Karte I)

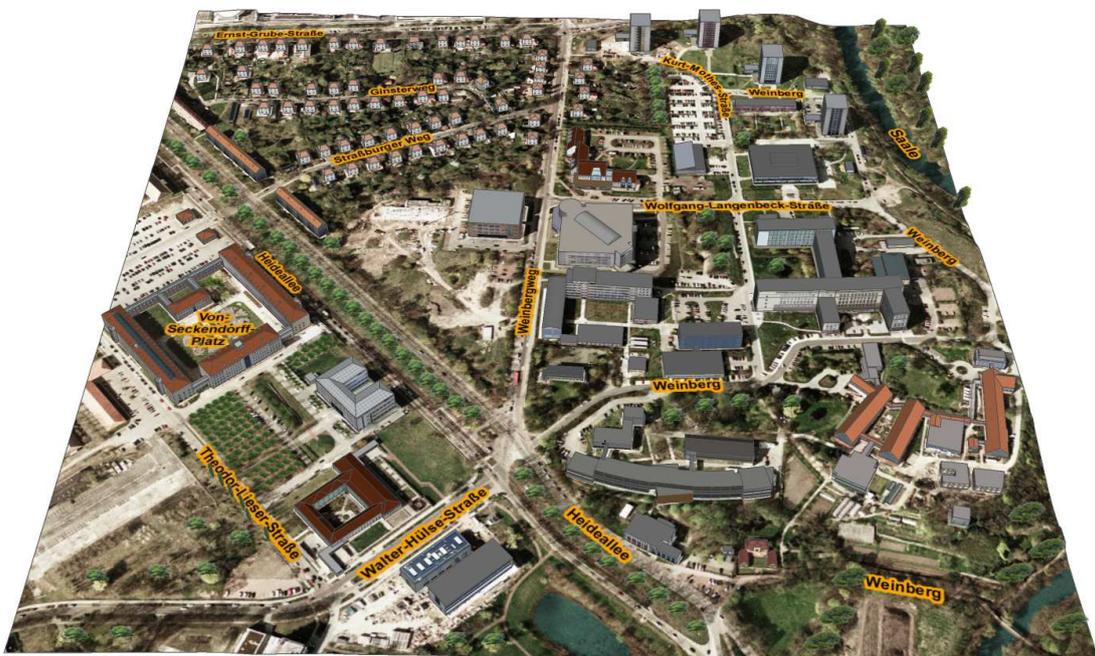


Abbildung A.16: Kartenvariante: 3D; niedrige Abstraktion (Karte L)



---

# Anhang B

## Fragebogen

### Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen

Vielen Dank, dass Sie an unserer Studie des Instituts für Geowissenschaften und des Instituts für Psychologie teilnehmen.  
Diese Umfrage dauert ca. 5-10 min und beschäftigt sich mit der Nutzerfreundlichkeit von Kartendarstellungen am Bildschirm.  
Ziel der Untersuchung ist es, Grundlagen für einen Leitfaden zur Entwicklung von attraktiven und nutzerfreundlichen Bildschirmarten zu erhalten.

Diese Umfrage ist optimiert für eine Bildschirmauflösung von 1280x1024.

*Diese Umfrage enthält 34 Fragen.*

**Eine Bemerkung zum Datenschutz**  
Dies ist eine anonyme Umfrage.  
Die Daten mit Ihren Antworten enthalten keinerlei auf Sie zurückzuführende/identifizierende Informationen, es sei denn bestimmte Fragen haben Sie explizit danach gefragt. Wenn Sie für diese Umfrage einen Zugangsschlüssel benutzt haben, so können Sie sicher sein, dass der Zugangsschlüssel nicht zusammen mit den Daten abgespeichert wurde. Er wird in einer getrennten Datenbank aufbewahrt und nur aktualisiert, um zu speichern, ob sie diese Umfrage abgeschlossen haben oder nicht. Es gibt keinen Weg die Zugangsschlüssel mit den Umfrageergebnissen zusammenzuführen.

Zwischengespeicherte Umfrage laden Weiter >> [Umfrage verlassen und löschen]

Abbildung B.1: Fragebogen Teil 1

### Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen

0%  100%

**Zur Person**

**\*Was ist Ihr Geschlecht ?**

Weiblich  
 Männlich

**\*Zu welcher Altersgruppe gehören Sie ?**  
Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

jünger als 10 Jahre  
 11-20 Jahre  
 21-30 Jahre  
 31-40 Jahre  
 41-50 Jahre  
 51-60 Jahre  
 61-70 Jahre  
 älter als 70 Jahre

**\*Welches ist Ihr höchster Bildungsabschluss ?**  
Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

Kein Abschluss  
 Hauptschule / 9. Klasse  
 Realschule / POS  
 Abitur / Fachabitur  
 Berufsausbildung  
 Hochschulstudium / Fachhochschulstudium  
 Sonstiges

**\*Was ist Ihre derzeitige Tätigkeit ?**  
Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

Schüler/-in  
 in Ausbildung  
 Student/-in  
 Angestellter/-e Beamter/-in  
 Selbständig  
 Rentner/-in  
 Nicht berufstätig

Später Fortfahren Weiter >> [Umfrage verlassen und löschen]

Abbildung B.2: Fragebogen Teil 2

Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen

0% 100%

**Nutzung von Kartendiensten /-darstellungen**

**\*Haben Sie beruflich unmittelbar mit Kartendarstellungen zu tun ?**

Ja  
 Nein

**\*Interessieren Sie sich in Ihrer Freizeit neben Atlas und Stadtplan für Kartendarstellungen ?**

Ja  
 Nein

**\*Sind Sie privat oder beruflich mit folgenden Anwendungen vertraut ?**

	sehr gut	gut	weniger gut	kaum	gar nicht	kenne ich nicht
Google Earth / Google Maps	<input type="radio"/>					
Microsoft Live Maps	<input type="radio"/>					
NASA World Wind	<input type="radio"/>					
Online Navigationssysteme (Map 24 etc.....)	<input type="radio"/>					
Computerspiele	<input type="radio"/>					
Sonstige digitale Kartendarstellungen	<input type="radio"/>					

**\*Nutzen Sie Navigationsgeräte im Auto?**

Ja  
 Nein

Später Fortfahren
Weiter >>
[Umfrage verlassen und löschen]

Abbildung B.3: Fragebogen Teil 3

Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen

0% 100%

**Ortskunde**

**\*Wie gut kennen Sie das Gebiet des Weinbergcampus ?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

sehr gut  
 gut  
 weniger gut  
 kaum  
 gar nicht

**\*Wie häufig sind Sie am Weinbergcampus ?**

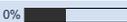
Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

täglich (Mo.-Fr.)  
 mehrmals pro Woche  
 mehrmals pro Monat  
 mehrmals pro Jahr  
 sehr selten / gar nicht

Später Fortfahren
Weiter >>
[Umfrage verlassen und löschen]

Abbildung B.4: Fragebogen Teil 4

Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen

0%  100%

**Zufallszahl generieren**

\*Wählen Sie bitte aus programmtechnischen Gründen die erste der nachfolgend generierten Zufallszahlen aus und klicken Sie dann auf "Weiter"!

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

- 284
- 398
- 839
- 836
- 763
- 275
- 572
- 298
- 626
- 187
- 986
- 449

Später Fortfahren Weiter >> [Umfrage verlassen und löschen]

Abbildung B.5: Fragebogen Teil 5

Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen

0%  100%

**Karteneinblendung**

!!! Hier beginnt der experimentelle Teil !!!

Fordern Sie über den zugehörigen Link eine Karte an!

Die Karte bleibt 25 Sekunden geöffnet.

Im nächsten Abschnitt werden einige Fragen zum Inhalt der gesehenen Karte gestellt.

Falls Sie die angezeigte Karte aus Interesse noch einmal genauer ansehen wollen, haben Sie am Ende der Umfrage noch einmal Gelegenheit dazu.

Schauen Sie sich nun die Karte an und prägen Sie sich den Inhalt ein!

**Karte anfordern**

Wenn Sie die Karte gesehen haben wählen klicken Sie auf "Ja" und dann auf "Weiter"!  
Haben Sie die Karte gesehen ?

- Ja
- Nein

Später Fortfahren Weiter >> [Umfrage verlassen und löschen]

Abbildung B.6: Fragebogen Teil 6

Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen

0%  100%

---

**Erinnerungsvermögen**

**\*Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte ?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

unter 10  
 ca. 10  
 ca. 25  
 ca. 50  
 ca. 75  
 ca. 100  
 mehr als 100

---

**\*Welche der folgenden Angaben trifft Ihrer Meinung nach auf die eben gesehene Karte zu ?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

Ebene, zweidimensionale Darstellung  
 Räumlich wirkende oder perspektivische Darstellung  
 Mischung ebener und räumlicher Darstellung

---

**\*Welche Farbe hatten die Gebäude ?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

Gelb  
 Rot  
 Grau  
 Grün  
 Gebäude sind naturgetreu wiedergegeben

---

**\*Gab es eingezeichnete Straßen und Wege ?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

Ja  
 Nein

---

**\*Gab es Straßennamen in der Darstellung ?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

Ja  
 Nein

---

**\*Gab es zusammenhängende Grünflächen in der Darstellung ?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

Ja  
 Nein

---

**\*Waren in der Darstellung Wasserflächen oder ein Fluss zu erkennen ?**

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten

Ja  
 Nein

---

[\[Umfrage verlassen und löschen\]](#)

Abbildung B.7: Fragebogen Teil 7

## B Fragebogen

Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen  
0%  100%

**Attraktivität und Orientierung**  
\*

**Dies ist der letzte Fragenteil !**

**Sie sehen nachfolgend verschiedene kartographische Darstellungsmöglichkeiten desselben Gebiets auf dem Weinbergcampus.**  
Sie haben die Möglichkeit, die nachfolgenden Darstellungen ohne Zeitbegrenzung anzusehen.  
Scrollen Sie nach Belieben hoch und runter und beantworten Sie am Ende der Seite die Fragen.

**Hier erschienen die Kartenvarianten A bis L**

Bitte entschuldigen Sie an dieser Stelle das aufwändige Fragedesign.  
Es ist mit der Zielsetzung der Untersuchung leider nur in dieser Form umzusetzen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten?	<input type="radio"/>											
...am wenigsten attraktiv?	<input type="radio"/>											
Welche Darstellung bietet die beste Übersicht über den Weinbergcampus?	<input type="radio"/>											
...schlechteste Übersicht über den Weinbergcampus?	<input type="radio"/>											
Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?	<input type="radio"/>											
...ist die schlechteste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?	<input type="radio"/>											
Welche Darstellung ist die beste zur Einschätzung von Entfernungen?	<input type="radio"/>											
...ist die schlechteste zur Einschätzung von Entfernungen?	<input type="radio"/>											
Welche Karte ist die beste, um jemandem schnell Ihren eigenen Standort zu zeigen?	<input type="radio"/>											
...ist die schlechteste, um jemandem schnell Ihren eigenen Standort zu zeigen?	<input type="radio"/>											
Welche Karte ist die beste für ein Autonavigationssystem?	<input type="radio"/>											
...ist die schlechteste für ein Autonavigationssystem?	<input type="radio"/>											

Später Fortfahren Weiter >> [Umfrage verlassen und löschen]

Abbildung B.8: Fragebogen Teil 8

Umfrage zur Wahrnehmung von Kartendarstellungen

0%  100%

**Hinweise und Anregungen**

\*Vielen Dank, dass Sie sich Zeit genommen haben, an dieser Umfrage teilzunehmen.

Möchten Sie anonym Hinweise oder Anregungen zur Umfrage geben ?

Ja  
 Nein

Geben Sie hier bitte Ihre Anregungen oder Hinweise ein!

[\[Umfrage verlassen und löschen\]](#)

Abbildung B.9: Fragebogen Teil 9



---

# Anhang C

## Tabellen

Tabelle C.1: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Was ist Ihr Geschlecht?“

Was ist Ihr Geschlecht ?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Weiblich	359	47,5	47,5	47,5
	Männlich	397	52,5	52,5	100,0
Gesamt		756	100,0	100,0	

Tabelle C.2: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Zu welcher Altersgruppe gehören Sie?“

Zu welcher Altersgruppe gehören Sie ?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	11-20 Jahre	3	,4	,4	,4
	21-30 Jahre	299	39,6	39,6	39,9
	31-40 Jahre	207	27,4	27,4	67,3
	41-50 Jahre	118	15,6	15,6	82,9
	51-60 Jahre	104	13,8	13,8	96,7
	61-70 Jahre	20	2,6	2,6	99,3
	Älter als 70 Jahre	5	,7	,7	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.3: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Welches ist Ihr höchster Bildungsabschluss?“

Welches ist Ihr höchster Bildungsabschluss ?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Kein Abschluss	1	,1	,1	,1
	Hauptschule / 9. Klasse	1	,1	,1	,3
	Realschule / POS	21	2,8	2,8	3,0
	Abitur / Fachabitur	42	5,6	5,6	8,6
	Berufsausbildung	58	7,7	7,7	16,3
	Hochschulstudium / Fachhochschulstudium	619	81,9	81,9	98,1
	Sonstiges	14	1,9	1,9	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.4: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Was ist Ihre derzeitige Tätigkeit?“

**Was ist Ihre derzeitige Tätigkeit ?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	in Ausbildung	10	1,3	1,3	1,3
	Student/-in	94	12,4	12,4	13,8
	Angestellter/-e Beamter/-in	615	81,3	81,3	95,1
	Selbständig	17	2,2	2,2	97,4
	Rentner/-in	15	2,0	2,0	99,3
	Nicht berufstätig	5	,7	,7	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.5: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Haben Sie beruflich unmittelbar mit Kartendarstellungen zu tun?“

**Haben Sie beruflich unmittelbar mit Kartendarstellungen zu tun ?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	103	13,6	13,6	13,6
	Nein	653	86,4	86,4	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.6: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Interessieren Sie sich in Ihrer Freizeit neben Atlas und Stadtplan für Kartendarstellungen?“

**Interessieren Sie sich in Ihrer Freizeit neben Atlas und Stadtplan für Kartendarstellungen ?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	367	48,5	48,5	48,5
	Nein	389	51,5	51,5	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.7: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Nutzen Sie Navigationsgeräte im Auto?“

**Nutzen Sie Navigationsgeräte im Auto?**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ja	323	42,7	42,7	42,7
Nein	433	57,3	57,3	100,0
Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.8: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit GoogleEarth/GoogleMaps vertraut?“

**B3 - Google Earth / Google Maps**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig sehr gut	170	22,5	22,5	22,5
gut	418	55,3	55,3	77,8
weniger gut	105	13,9	13,9	91,7
kaum	40	5,3	5,3	97,0
gar nicht	20	2,6	2,6	99,6
kenne ich nicht	3	,4	,4	100,0
Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.9: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit MicrosoftLiveMaps vertraut?“

**B3 - Microsoft Live Maps**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig sehr gut	19	2,5	2,5	2,5
gut	46	6,1	6,1	8,6
weniger gut	66	8,7	8,7	17,3
kaum	90	11,9	11,9	29,2
gar nicht	130	17,2	17,2	46,4
kenne ich nicht	405	53,6	53,6	100,0
Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.10: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit NASA WorldWind vertraut?“

**B3 - NASA World Wind**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig sehr gut	5	,7	,7	,7
gut	14	1,9	1,9	2,5
weniger gut	39	5,2	5,2	7,7
kaum	46	6,1	6,1	13,8
gar nicht	136	18,0	18,0	31,7
kenne ich nicht	516	68,3	68,3	100,0
Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.11: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit Online Navigationssystemen (Map 24 etc.....) vertraut?“

**B3 - Online Navigationssysteme (Map 24 etc.....)**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig sehr gut	99	13,1	13,1	13,1
gut	325	43,0	43,0	56,1
weniger gut	111	14,7	14,7	70,8
kaum	78	10,3	10,3	81,1
gar nicht	54	7,1	7,1	88,2
kenne ich nicht	89	11,8	11,8	100,0
Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.12: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit Computerspielen vertraut?“

**B3 - Computerspiele**

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig sehr gut	54	7,1	7,1	7,1
gut	128	16,9	16,9	24,1
weniger gut	109	14,4	14,4	38,5
kaum	156	20,6	20,6	59,1
gar nicht	218	28,8	28,8	88,0
kenne ich nicht	91	12,0	12,0	100,0
Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.13: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Sind Sie privat oder beruflich mit Sonstigen digitalen Kartendarstellungen vertraut?“

**B3 - Sonstige digitale Kartendarstellungen**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	sehr gut	36	4,8	4,8	4,8
	gut	136	18,0	18,0	22,8
	weniger gut	128	16,9	16,9	39,7
	kaum	178	23,5	23,5	63,2
	gar nicht	142	18,8	18,8	82,0
	kenne ich nicht	136	18,0	18,0	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.14: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Wie gut kennen Sie das Gebiet des Weinbergcampus?“

**Wie gut kennen Sie das Gebiet des Weinbergcampus ?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	sehr gut	79	10,4	10,4	10,4
	gut	286	37,8	37,8	48,3
	weniger gut	230	30,4	30,4	78,7
	kaum	114	15,1	15,1	93,8
	gar nicht	47	6,2	6,2	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.15: Häufigkeitsverteilung zur Frage „Wie häufig sind Sie am Weinbergcampus?“

**Wie häufig sind Sie am Weinbergcampus ?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	täglich (Mo.-Fr.)	162	21,4	21,4	21,4
	mehrmals pro Woche	49	6,5	6,5	27,9
	mehrmals pro Monat	64	8,5	8,5	36,4
	mehrmals pro Jahr	174	23,0	23,0	59,4
	sehr selten / gar nicht	307	40,6	40,6	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.16: Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Dimensionalität in der jeweils gezeigten Kartenvariante

**Kreuztabelle**

			Welche der folgenden Angaben trifft Ihrer Meinung nach auf die eben gesehene Karte zu ?			Gesamt
			Ebene, zweidimensionale Darstellung	Räumlich wirkende oder perspektivische Darstellung	Mischung ebener und räumlicher Darstellung	
Kartenvariation	A	Anzahl	50	2	4	56
		%	89,3%	3,6%	7,1%	100,0%
		Standardisierte Residuen	11,3	-3,8	-4,4	
	B	Anzahl	26	16	37	79
		%	32,9%	20,3%	46,8%	100,0%
		Standardisierte Residuen	2,4	-1,8	-,1	
	C	Anzahl	20	24	21	65
		%	30,8%	36,9%	32,3%	100,0%
		Standardisierte Residuen	1,8	,7	-1,8	
	D	Anzahl	10	12	44	66
		%	15,2%	18,2%	66,7%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-1,0	-2,0	2,3	
	E	Anzahl	3	14	50	67
		%	4,5%	20,9%	74,6%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-2,9	-1,6	3,2	
	F	Anzahl	4	43	11	58
		%	6,9%	74,1%	19,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-2,3	5,7	-3,1	
	G	Anzahl	18	14	20	52
		%	34,6%	26,9%	38,5%	100,0%
		Standardisierte Residuen	2,2	-,6	-,9	
	H	Anzahl	9	17	38	64
		%	14,1%	26,6%	59,4%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-1,2	-,8	1,4	
	I	Anzahl	6	38	36	80
		%	7,5%	47,5%	45,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-2,6	2,5	-,3	
	J	Anzahl	3	19	28	50
		%	6,0%	38,0%	56,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-2,3	,8	,9	
K	Anzahl	7	17	41	65	
	%	10,8%	26,2%	63,1%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-1,8	-,8	1,8		
L	Anzahl	1	25	28	54	
	%	1,9%	46,3%	51,9%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-3,1	1,9	,5		
Gesamt	Anzahl	157	241	358	756	
	%	20,8%	31,9%	47,4%	100,0%	

Tabelle C.17: Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach der Dimensionalität in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Chi-Quadrat-Tests			
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	304,806 <sup>a</sup>	22	,000
Likelihood-Quotient	274,528	22	,000
Zusammenhang linear mit-linear	61,119	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	756		

a. 0 Zellen (.0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 10,38.

Tabelle C.18: Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante

**Kreuztabelle**

			Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte ?							
			unter 10	ca. 10	ca. 25	ca. 50	ca. 75	ca. 100	mehr als 100	Gesamt
Kartenvariation	A	Anzahl	1	8	18	11	7	8	3	56
		%	1,8%	14,3%	32,1%	19,6%	12,5%	14,3%	5,4%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,2	1,4	-,3	-1,2	-,2	1,3	,2	
B	Anzahl	1	10	21	21	15	8	3	79	
	%	1,3%	12,7%	26,6%	26,6%	19,0%	10,1%	3,8%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,1	1,2	-1,2	-,2	1,3	,3	-,4		
C	Anzahl	1	2	14	19	17	8	4	65	
	%	1,5%	3,1%	21,5%	29,2%	26,2%	12,3%	6,2%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,1	-1,5	-1,8	,2	2,8	,8	,5		
D	Anzahl	0	9	26	21	5	4	1	66	
	%	,0%	13,6%	39,4%	31,8%	7,6%	6,1%	1,5%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-1,0	1,3	,7	,6	-1,3	-,8	-1,2		
E	Anzahl	0	4	29	17	6	6	5	67	
	%	,0%	6,0%	43,3%	25,4%	9,0%	9,0%	7,5%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-1,0	-,8	1,2	-,4	-1,0	,0	1,0		
F	Anzahl	0	3	17	23	7	5	3	58	
	%	,0%	5,2%	29,3%	39,7%	12,1%	8,6%	5,2%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,9	-,9	-,7	1,7	-,3	-,1	,1		
G	Anzahl	7	5	20	12	5	2	1	52	
	%	13,5%	9,6%	38,5%	23,1%	9,6%	3,8%	1,9%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	7,2	,2	,5	-,7	-,8	-1,3	-1,0		
H	Anzahl	1	1	29	25	4	2	2	64	
	%	1,6%	1,6%	45,3%	39,1%	6,3%	3,1%	3,1%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,1	-1,9	1,5	1,7	-1,6	-1,6	-,6		
I	Anzahl	0	2	19	24	16	12	7	80	
	%	,0%	2,5%	23,8%	30,0%	20,0%	15,0%	8,8%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-1,1	-1,9	-1,6	,4	1,6	1,7	1,6		
J	Anzahl	0	8	29	6	3	3	1	50	
	%	,0%	16,0%	58,0%	12,0%	6,0%	6,0%	2,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,9	1,7	2,8	-2,1	-1,4	-,7	-,9		
K	Anzahl	0	9	29	19	3	2	3	65	
	%	,0%	13,8%	44,6%	29,2%	4,6%	3,1%	4,6%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-1,0	1,4	1,4	,2	-1,9	-1,6	-,1		
L	Anzahl	0	5	9	13	14	9	4	54	
	%	,0%	9,3%	16,7%	24,1%	25,9%	16,7%	7,4%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,9	,1	-2,2	-,5	2,5	1,8	,8		
Gesamt	Anzahl	11	66	260	211	102	69	37	756	
	%	1,5%	8,7%	34,4%	27,9%	13,5%	9,1%	4,9%	100,0%	

Tabelle C.19: Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Chi-Quadrat-Tests			
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	174,649 <sup>a</sup>	66	,000
Likelihood-Quotient	152,773	66	,000
Zusammenhang linear mit-linear	,134	1	,714
Anzahl der gültigen Fälle	756		

a. 31 Zellen (36,9%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,73.

Tabelle C.20: Mittelwerte der Antwortkategorien zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante

**Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben  
gesehenen Karte?**

Karte	Mittelwert	N	Standardab- weichung
A	3,91	56	1,505
B	3,95	79	1,358
C	4,37	65	1,294
D	3,58	66	1,110
E	3,94	67	1,347
F	4,05	58	1,206
G	3,25	52	1,370
H	3,69	64	1,022
I	4,48	80	1,312
J	3,34	50	1,136
K	3,52	65	1,174
L	4,46	54	1,397
Insgesamt	3,90	756	1,326

Tabelle C.21: Vergleich der Mittelwerte (ANOVA) der Antwortkategorien zur Frage nach der Gebäudeanzahl in der jeweils gezeigten Kartenvariante

**ONEWAY ANOVA**

Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte ?

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	116,229	11	10,566	6,494	,000
Innerhalb der Gruppen	1210,528	744	1,627		
Gesamt	1326,757	755			

Tabelle C.22: Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach der Gebäudefarbe in der jeweils gezeigten Kartenvariante

			Kreuztabelle					Gesamt
			Welche Farbe hatten die Gebäude ?					
			Gelb	Rot	Grau	Grün	Gebäude sind naturgetreu wiedergegeben	
Kartenvariation	A	Anzahl	6	20	29	1	0	56
		%	10,7%	35,7%	51,8%	1,8%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	1,8	7,2	-6	-,3	-3,8	
	B	Anzahl	2	1	60	1	15	79
		%	2,5%	1,3%	75,9%	1,3%	19,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-1,0	-2,2	2,1	-,6	-1,3	
	C	Anzahl	7	1	16	1	40	65
		%	10,8%	1,5%	24,6%	1,5%	61,5%	100,0%
		Standardisierte Residuen	2,0	-1,9	-3,5	-,4	5,6	
	D	Anzahl	3	9	54	0	0	66
		%	4,5%	13,6%	81,8%	,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-,2	1,5	2,5	-1,3	-4,2	
	E	Anzahl	3	1	59	2	2	67
		%	4,5%	1,5%	88,1%	3,0%	3,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-,2	-1,9	3,2	,3	-3,7	
	F	Anzahl	3	1	5	1	48	58
		%	5,2%	1,7%	8,6%	1,7%	82,8%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,0	-1,7	-4,9	-,3	8,4	
	G	Anzahl	2	13	30	5	2	52
		%	3,8%	25,0%	57,7%	9,6%	3,8%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-,4	4,2	,0	3,4	-3,1	
	H	Anzahl	0	0	51	3	10	64
		%	,0%	,0%	79,7%	4,7%	15,6%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-1,8	-2,3	2,3	1,2	-1,7	
I	Anzahl	3	2	19	3	53	80	
	%	3,8%	2,5%	23,8%	3,8%	66,3%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,6	-1,8	-4,0	,8	7,0		
J	Anzahl	2	10	38	0	0	50	
	%	4,0%	20,0%	76,0%	,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,4	2,9	1,7	-1,1	-3,6		
K	Anzahl	6	1	54	0	4	65	
	%	9,2%	1,5%	83,1%	,0%	6,2%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	1,4	-1,9	2,6	-1,2	-3,2		
L	Anzahl	2	3	24	1	24	54	
	%	3,7%	5,6%	44,4%	1,9%	44,4%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,5	-,7	-1,3	-,3	2,6		
Gesamt	Anzahl	39	62	439	18	198	756	
	%	5,2%	8,2%	58,1%	2,4%	26,2%	100,0%	

Tabelle C.23: Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach der Gebäudefarbe in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Chi-Quadrat-Tests			
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	473,205 <sup>a</sup>	44	,000
Likelihood-Quotient	488,778	44	,000
Zusammenhang linear mit-linear	7,966	1	,005
Anzahl der gültigen Fälle	756		

a. 29 Zellen (48,3%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.  
Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,19.

Tabelle C.24: Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach eingezeichneten Straßen und Wegen in der jeweils gezeigten Kartenvariante

**Kreuztabelle**

			Gab es eingezeichnete Straßen und Wege ?		Gesamt
			Ja	Nein	
Kartenvariation	A	Anzahl	56	0	56
		%	100,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,3	-1,4	
	B	Anzahl	76	3	79
		%	96,2%	3,8%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,0	,0	
	C	Anzahl	60	5	65
		%	92,3%	7,7%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-,3	1,7	
	D	Anzahl	66	0	66
		%	100,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,3	-1,6	
	E	Anzahl	66	1	67
		%	98,5%	1,5%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,2	-,9	
	F	Anzahl	48	10	58
		%	82,8%	17,2%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-1,1	5,4	
	G	Anzahl	52	0	52
		%	100,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,3	-1,4	
	H	Anzahl	64	0	64
		%	100,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,3	-1,5	
I	Anzahl	73	7	80	
	%	91,3%	8,8%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,5	2,3		
J	Anzahl	50	0	50	
	%	100,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,3	-1,4		
K	Anzahl	65	0	65	
	%	100,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,3	-1,6		
L	Anzahl	52	2	54	
	%	96,3%	3,7%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,0	,0		
Gesamt	Anzahl	728	28	756	
	%	96,3%	3,7%	100,0%	

Tabelle C.25: Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach eingezeichneten Straßen und Wegen in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Chi-Quadrat-Tests			
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	52,912 <sup>a</sup>	11	,000
Likelihood-Quotient	50,451	11	,000
Zusammenhang linear mit-linear	,090	1	,764
Anzahl der gültigen Fälle	756		

a. 12 Zellen (50,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5.  
Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,85.

Tabelle C.26: Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach Straßennamen in der jeweils gezeigten Kartenvariante

**Kreuztabelle**

			Gab es Straßennamen in der Darstellung ?		Gesamt
			Ja	Nein	
Kartenvariation	A	Anzahl	56	0	56
		%	100,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,0	-,5	
	B	Anzahl	76	3	79
		%	96,2%	3,8%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-,3	4,0	
	C	Anzahl	65	0	65
		%	100,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,0	-,6	
	D	Anzahl	66	0	66
		%	100,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,0	-,6	
	E	Anzahl	67	0	67
		%	100,0%	,0%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,0	-,6	
F	Anzahl	58	0	58	
	%	100,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,0	-,6		
G	Anzahl	52	0	52	
	%	100,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,0	-,5		
H	Anzahl	63	1	64	
	%	98,4%	1,6%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,1	1,1		
I	Anzahl	80	0	80	
	%	100,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,0	-,7		
J	Anzahl	50	0	50	
	%	100,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,0	-,5		
K	Anzahl	65	0	65	
	%	100,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,0	-,6		
L	Anzahl	54	0	54	
	%	100,0%	,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,0	-,5		
Gesamt	Anzahl	752	4	756	
	%	99,5%	,5%	100,0%	

Tabelle C.27: Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach Straßennamen in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Chi-Quadrat-Tests			
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	20,594 <sup>a</sup>	11	,038
Likelihood-Quotient	14,101	11	,227
Zusammenhang linear-mit-linear	2,816	1	,093
Anzahl der gültigen Fälle	756		

a. 12 Zellen (50,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,26.

Tabelle C.28: Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach zusammenhängenden Grünflächen in der jeweils gezeigten Kartenvariante

**Kreuztabelle**

			Gab es zusammenhängende Grünflächen in der Darstellung ?		Gesamt
			Ja	Nein	
Kartenvariation	A	Anzahl	47	9	56
		%	83,9%	16,1%	100,0%
		Standardisierte Residuen	,1	-,2	
	B	Anzahl	65	14	79
		%	82,3%	17,7%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-,1	,1	
	C	Anzahl	61	4	65
		%	93,8%	6,2%	100,0%
		Standardisierte Residuen	1,0	-,2,1	
	D	Anzahl	45	21	66
		%	68,2%	31,8%	100,0%
		Standardisierte Residuen	-1,3	2,9	
E	Anzahl	51	16	67	
	%	76,1%	23,9%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,6	1,4		
F	Anzahl	53	5	58	
	%	91,4%	8,6%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,7	-1,6		
G	Anzahl	37	15	52	
	%	71,2%	28,8%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,9	2,1		
H	Anzahl	56	8	64	
	%	87,5%	12,5%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,4	-,9		
I	Anzahl	70	10	80	
	%	87,5%	12,5%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,4	-1,0		
J	Anzahl	41	9	50	
	%	82,0%	18,0%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	-,1	,2		
K	Anzahl	56	9	65	
	%	86,2%	13,8%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,3	-,6		
L	Anzahl	45	9	54	
	%	83,3%	16,7%	100,0%	
	Standardisierte Residuen	,0	-,1		
Gesamt	Anzahl	627	129	756	
	%	82,9%	17,1%	100,0%	

Tabelle C.29: Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach zusammenhängenden Grünflächen in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Chi-Quadrat-Tests			
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	28,537 <sup>a</sup>	11	,003
Likelihood-Quotient	28,221	11	,003
Zusammenhang linear-mit-linear	,406	1	,524
Anzahl der gültigen Fälle	756		

a.0 Zellen (.0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 8,53.

Tabelle C.30: Kreuztabelle zur Häufigkeitsverteilung der Antworten zur Frage nach Wasserflächen in der jeweils gezeigten Kartenvariante

**Kreuztabelle**

			Waren in der Darstellung Wasserflächen oder ein Fluss zu erkennen ?		Gesamt
			Ja	Nein	
Kartenvariation A	Anzahl		33	23	56
	%		58,9%	41,1%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,4	,5	
B	Anzahl		58	21	79
	%		73,4%	26,6%	100,0%
	Standardisierte Residuen		1,2	-1,5	
C	Anzahl		55	10	65
	%		84,6%	15,4%	100,0%
	Standardisierte Residuen		2,2	-2,9	
D	Anzahl		36	30	66
	%		54,5%	45,5%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,8	1,1	
E	Anzahl		39	28	67
	%		58,2%	41,8%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,5	,6	
F	Anzahl		41	17	58
	%		70,7%	29,3%	100,0%
	Standardisierte Residuen		,8	-1,0	
G	Anzahl		32	20	52
	%		61,5%	38,5%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,1	,2	
H	Anzahl		35	29	64
	%		54,7%	45,3%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,8	1,1	
I	Anzahl		44	36	80
	%		55,0%	45,0%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,9	1,1	
J	Anzahl		30	20	50
	%		60,0%	40,0%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,3	,3	
K	Anzahl		40	25	65
	%		61,5%	38,5%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,1	,2	
L	Anzahl		32	22	54
	%		59,3%	40,7%	100,0%
	Standardisierte Residuen		-,3	,4	
Gesamt	Anzahl		475	281	756
	%		62,8%	37,2%	100,0%

Tabelle C.31: Chi-Quadrat-Test der Antworten zur Frage nach Wasserflächen in der jeweils gezeigten Kartenvariante

Chi-Quadrat-Tests			
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	25,920 <sup>a</sup>	11	,007
Likelihood-Quotient	27,898	11	,003
Zusammenhang linear-mit-linear	5,043	1	,025
Anzahl der gültigen Fälle	756		

a.0 Zellen (.0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 18,58.

Tabelle C.32: Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten?“ / „...am wenigsten attraktiv?“

Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten?					...am wenigsten attraktiv?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	34	4,5	4,5	4,5	Gültig	A	152	20,1	20,1
	B	37	4,9	4,9	9,4		B	22	2,9	23,0
	C	101	13,4	13,4	22,8		C	44	5,8	28,8
	D	57	7,5	7,5	30,3		D	62	8,2	37,0
	E	50	6,6	6,6	36,9		E	35	4,6	41,7
	F	183	24,2	24,2	61,1		F	85	11,2	52,9
	G	8	1,1	1,1	62,2		G	134	17,7	70,6
	H	18	2,4	2,4	64,6		H	34	4,5	75,1
	I	16	2,1	2,1	66,7		I	60	7,9	83,1
	J	51	6,7	6,7	73,4		J	80	10,6	93,7
	K	32	4,2	4,2	77,6		K	30	4,0	97,6
	L	169	22,4	22,4	100,0		L	18	2,4	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0			Gesamt	756	100,0	100,0

Tabelle C.33: Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Darstellung bietet die beste Übersicht über den Weinbergcampus?“ / „...schlechteste Übersicht über den Weinbergcampus?“

Welche Darstellung bietet die beste Übersicht über den Weinbergcampus?					...schlechteste Übersicht über den Weinbergcampus?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	116	15,3	15,3	15,3	Gültig	A	82	10,8	10,8
	B	63	8,3	8,3	23,7		B	20	2,6	13,5
	C	73	9,7	9,7	33,3		C	57	7,5	21,0
	D	121	16,0	16,0	49,3		D	21	2,8	23,8
	E	60	7,9	7,9	57,3		E	24	3,2	27,0
	F	63	8,3	8,3	65,6		F	221	29,2	56,2
	G	10	1,3	1,3	66,9		G	91	12,0	68,3
	H	11	1,5	1,5	68,4		H	19	2,5	70,8
	I	16	2,1	2,1	70,5		I	103	13,6	84,4
	J	69	9,1	9,1	79,6		J	50	6,6	91,0
	K	31	4,1	4,1	83,7		K	30	4,0	95,0
	L	123	16,3	16,3	100,0		L	38	5,0	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0			Gesamt	756	100,0	100,0

Tabelle C.34: Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?“ / „...ist die schlechteste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?“

Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?					...ist die schlechteste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	179	23,7	23,7	23,7	Gültig	A	60	7,9	7,9
	B	73	9,7	9,7	33,3		B	12	1,6	1,6
	C	55	7,3	7,3	40,6		C	51	6,7	6,7
	D	115	15,2	15,2	55,8		D	17	2,2	2,2
	E	65	8,6	8,6	64,4		E	15	2,0	2,0
	F	40	5,3	5,3	69,7		F	329	43,5	43,5
	G	10	1,3	1,3	71,0		G	62	8,2	8,2
	H	22	2,9	2,9	73,9		H	10	1,3	1,3
	I	11	1,5	1,5	75,4		I	80	10,6	10,6
	J	49	6,5	6,5	81,9		J	41	5,4	5,4
	K	71	9,4	9,4	91,3		K	22	2,9	2,9
	L	66	8,7	8,7	100,0		L	57	7,5	7,5
	Gesamt	756	100,0	100,0			Gesamt	756	100,0	100,0

Tabelle C.35: Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Darstellung ist die beste zur Einschätzung von Entfernungen?“ / „...ist die schlechteste zur Einschätzung von Entfernungen?“

Welche Darstellung ist die beste zur Einschätzung von Entfernungen?					...ist die schlechteste zur Einschätzung von Entfernungen?					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	202	26,7	26,7	26,7	Gültig	A	74	9,8	9,8
	B	104	13,8	13,8	40,5		B	7	,9	,9
	C	89	11,8	11,8	52,2		C	18	2,4	2,4
	D	59	7,8	7,8	60,1		D	24	3,2	3,2
	E	71	9,4	9,4	69,4		E	12	1,6	1,6
	F	69	9,1	9,1	78,6		F	291	38,5	38,5
	G	7	,9	,9	79,5		G	84	11,1	11,1
	H	21	2,8	2,8	82,3		H	12	1,6	1,6
	I	25	3,3	3,3	85,6		I	89	11,8	11,8
	J	15	2,0	2,0	87,6		J	65	8,6	8,6
	K	31	4,1	4,1	91,7		K	27	3,6	3,6
	L	63	8,3	8,3	100,0		L	53	7,0	7,0
	Gesamt	756	100,0	100,0			Gesamt	756	100,0	100,0

Tabelle C.36: Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Karte ist die beste, um jemandem schnell Ihren eigenen Standort zu zeigen?“ / „...ist die schlechteste, um jemandem schnell Ihren eigenen Standort zu zeigen?“

Welche Karte ist die beste, um jemandem schnell Ihren eigenen Standort zu zeigen?					...ist die schlechteste, um jemandem schnell Ihren eigenen Standort zu zeigen?						
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	132	17,5	17,5	17,5	Gültig	A	74	9,8	9,8	9,8
	B	63	8,3	8,3	25,8		B	10	1,3	1,3	11,1
	C	81	10,7	10,7	36,5		C	46	6,1	6,1	17,2
	D	110	14,6	14,6	51,1		D	13	1,7	1,7	18,9
	E	50	6,6	6,6	57,7		E	16	2,1	2,1	21,0
	F	65	8,6	8,6	66,3		F	283	37,4	37,4	58,5
	G	10	1,3	1,3	67,6		G	81	10,7	10,7	69,2
	H	11	1,5	1,5	69,0		H	21	2,8	2,8	72,0
	I	21	2,8	2,8	71,8		I	97	12,8	12,8	84,8
	J	42	5,6	5,6	77,4		J	45	6,0	6,0	90,7
	K	41	5,4	5,4	82,8		K	30	4,0	4,0	94,7
	L	130	17,2	17,2	100,0		L	40	5,3	5,3	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0			Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.37: Häufigkeitsverteilungen zu den Fragen „Welche Karte ist die beste für ein Autonavigationssystem?“ / „...ist die schlechteste für ein Autonavigationssystem?“

Welche Karte ist die beste für ein Autonavigationssystem?					...ist die schlechteste für ein Autonavigationssystem?						
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	120	15,9	15,9	15,9	Gültig	A	74	9,8	9,8	9,8
	B	48	6,3	6,3	22,2		B	15	2,0	2,0	11,8
	C	23	3,0	3,0	25,3		C	65	8,6	8,6	20,4
	D	89	11,8	11,8	37,0		D	27	3,6	3,6	23,9
	E	44	5,8	5,8	42,9		E	16	2,1	2,1	26,1
	F	38	5,0	5,0	47,9		F	313	41,4	41,4	67,5
	G	51	6,7	6,7	54,6		G	38	5,0	5,0	72,5
	H	32	4,2	4,2	58,9		H	8	1,1	1,1	73,5
	I	9	1,2	1,2	60,1		I	81	10,7	10,7	84,3
	J	129	17,1	17,1	77,1		J	43	5,7	5,7	89,9
	K	98	13,0	13,0	90,1		K	26	3,4	3,4	93,4
	L	75	9,9	9,9	100,0		L	50	6,6	6,6	100,0
	Gesamt	756	100,0	100,0			Gesamt	756	100,0	100,0	

Tabelle C.38: Häufigkeitsverteilungen zur Frage „Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte?“ getrennt nach guter und schlechter Ortskenntnis

Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte ? (Probanden mit sehr guter und guter Ortskenntnis)					Wie viele Gebäude befanden sich auf der soeben gesehenen Karte ? (Probanden mit sehr guter und guter Ortskenntnis)				
	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig unter 10	5	1,4	1,4	1,4	Gültig unter 10	6	1,5	1,5	1,5
ca. 10	23	6,3	6,3	7,7	ca. 10	43	11,0	11,0	12,5
ca. 25	123	33,7	33,7	41,4	ca. 25	137	35,0	35,0	47,6
ca. 50	112	30,7	30,7	72,1	ca. 50	99	25,3	25,3	72,9
ca. 75	52	14,2	14,2	86,3	ca. 75	50	12,8	12,8	85,7
ca. 100	31	8,5	8,5	94,8	ca. 100	38	9,7	9,7	95,4
mehr als 100	19	5,2	5,2	100,0	mehr als 100	18	4,6	4,6	100,0
Gesamt	365	100,0	100,0		Gesamt	391	100,0	100,0	

Tabelle C.39: Häufigkeitsverteilungen zur Frage „Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten?“ getrennt nach Geschlecht

Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten? (Männer)					Welche Darstellung finden Sie am attraktivsten? (Frauen)				
	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig A	19	4,8	4,8	4,8	Gültig A	15	4,2	4,2	4,2
B	17	4,3	4,3	9,1	B	20	5,6	5,6	9,7
C	47	11,8	11,8	20,9	C	54	15,0	15,0	24,8
D	32	8,1	8,1	29,0	D	25	7,0	7,0	31,8
E	23	5,8	5,8	34,8	E	27	7,5	7,5	39,3
F	78	19,6	19,6	54,4	F	105	29,2	29,2	68,5
G	5	1,3	1,3	55,7	G	3	,8	,8	69,4
H	11	2,8	2,8	58,4	H	7	1,9	1,9	71,3
I	12	3,0	3,0	61,5	I	4	1,1	1,1	72,4
J	27	6,8	6,8	68,3	J	24	6,7	6,7	79,1
K	20	5,0	5,0	73,3	K	12	3,3	3,3	82,5
L	106	26,7	26,7	100,0	L	63	17,5	17,5	100,0
Gesamt	397	100,0	100,0		Gesamt	359	100,0	100,0	

Tabelle C.40: Häufigkeitsverteilungen zur Frage „Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?“ getrennt nach Geschlecht

Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken? (Männer)					Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken? (Frauen)						
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	99	24,9	24,9	24,9	Gültig	A	80	22,3	22,3	22,3
	B	38	9,6	9,6	34,5		B	35	9,7	9,7	32,0
	C	25	6,3	6,3	40,8		C	30	8,4	8,4	40,4
	D	57	14,4	14,4	55,2		D	58	16,2	16,2	56,5
	E	38	9,6	9,6	64,7		E	27	7,5	7,5	64,1
	F	17	4,3	4,3	69,0		F	23	6,4	6,4	70,5
	G	4	1,0	1,0	70,0		G	6	1,7	1,7	72,1
	H	11	2,8	2,8	72,8		H	11	3,1	3,1	75,2
	I	9	2,3	2,3	75,1		I	2	,6	,6	75,8
	J	27	6,8	6,8	81,9		J	22	6,1	6,1	81,9
	K	27	6,8	6,8	88,7		K	44	12,3	12,3	94,2
	L	45	11,3	11,3	100,0		L	21	5,8	5,8	100,0
	Gesamt	397	100,0	100,0			Gesamt	359	100,0	100,0	

Tabelle C.41: Häufigkeitsverteilungen zur Frage „Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken?“ getrennt nach Kenntnis von GoogleEarth/GoogleMaps

Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken? (Probanden mit sehr guter und guter Kenntnis von GoogleEarth/GoogleMaps)					Welche Karte ist die beste, um sich einen bestimmten Weg zu merken? (Probanden mit weniger guter bis fehlender Kenntnis von GoogleEarth/GoogleMaps)						
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	A	147	25,0	25,0	25,0	Gültig	A	32	19,0	19,0	19,0
	B	59	10,0	10,0	35,0		B	14	8,3	8,3	27,4
	C	41	7,0	7,0	42,0		C	14	8,3	8,3	35,7
	D	79	13,4	13,4	55,4		D	36	21,4	21,4	57,1
	E	55	9,4	9,4	64,8		E	10	6,0	6,0	63,1
	F	27	4,6	4,6	69,4		F	13	7,7	7,7	70,8
	G	8	1,4	1,4	70,7		G	2	1,2	1,2	72,0
	H	17	2,9	2,9	73,6		H	5	3,0	3,0	75,0
	I	8	1,4	1,4	75,0		I	3	1,8	1,8	76,8
	J	40	6,8	6,8	81,8		J	9	5,4	5,4	82,1
	K	52	8,8	8,8	90,6		K	19	11,3	11,3	93,5
	L	55	9,4	9,4	100,0		L	11	6,5	6,5	100,0
	Gesamt	588	100,0	100,0			Gesamt	168	100,0	100,0	

Tabelle C.42: Durchschnittliche Lerndurchgänge von Gruppe 1 und Gruppe 2 im Vergleich

Gruppenstatistiken					
	gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
lerndurch	A	55	5,22	1,729	,233
	L	30	5,40	1,589	,290

Tabelle C.43: Durchschnittliche Reaktionszeiten von Gruppe 1 und Gruppe 2 im Vergleich

Gruppenstatistiken					
	gruppe	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
V9	A	3182	3742,37	3799,748	67,360
	L	1895	3448,18	3583,738	82,325

Tabelle C.44: t-Test der Lerndurchgänge von Gruppe 1 und Gruppe 2

	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
	F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
lerndurch	.922	.340	-4,76	83	.635	-1,182	.382	Untere	Obere
Varianzen sind gleich									
Varianzen sind nicht gleich			-4,89	64,178	.627	-1,182	.372	Untere	Obere
								-9,41	,577
								-9,25	,562

Tabelle C.45: t-Test der Reaktionszeiten von Gruppe 1 und Gruppe 2

	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
	F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
V9	5,910	.015	2,725	50,75	.006	294,192	107,960	Untere	Obere
Varianzen sind gleich									
Varianzen sind nicht gleich			2,766	4166,921	.006	294,192	106,371	Untere	Obere
								82,544	505,840
								85,648	502,736

---

# Selbständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe. Die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Halle (Saale), 16. Mai 2011

Christian Dette