

Strategisches GIS-Management

Grundlagen und Schritte zur Systemeinführung

4. Auflage

Franz-Josef Behr

Franz-Josef Behr

Strategisches GIS-Management

4., teilweise bearbeitete Auflage

ISBN 978-3-943321-34-0

Alle in diesem Buch enthaltenen Angaben, Daten, Ergebnisse usw. wurden vom Autor nach bestem Wissen erstellt und mit größtmöglicher Sorgfalt überprüft.

Dennoch sind inhaltliche Fehler nicht völlig auszuschließen. Daher erfolgen die Angaben ohne jegliche Verpflichtung oder Garantie des Autors. Er übernimmt deshalb keine Verantwortung und Haftung für etwa vorhandene inhaltlichen Unrichtigkeiten.

Diejenigen Bezeichnungen von im Buch genannten Erzeugnissen, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, wurden nicht gesondert kenntlich gemacht. Es kann also aus dem Fehlen der Markierungen nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen.

Die automatisierte Analyse des Werkes, um daraus Informationen gemäß §44b UrhG zu gewinnen, ist untersagt.

© 2025 Franz-Josef Behr

Vorwort

Dieses Buch behandelt einen spezifischen Aspekt der raumbezogenen Informationsverarbeitung: die mit Einführung und Nutzung von Geoinformationssystemen verbundenen Aufgaben und Tätigkeiten. Der Einsatz dieser Technologie stellt aufgrund der Vielzahl der involvierten Bereiche technischer und organisatorischer Art hohe Anforderungen an das Unternehmen in Bezug auf Qualifikation, Organisation und Finanzierung, die ein strategisch ausgerichtetes Vorgehen nötig machen.

Gliederung

Für die Systemeinführung und Nutzung wird abschnittsweise ein phasenorientiertes Vorgehen vorgestellt. Dazu gliedert sich das Buch in zwei wesentliche Teile. Zunächst werden dem Leser in den Kapiteln 1 bis 4 Grundlagen präsentiert, die für das Vorgehen sowie für die Einschätzung und Bewertung verschiedener Systemansätze nötig sind. Eigenschaften von Projekten werden betrachtet und begriffliche Festlegungen für Geoinformationssysteme gegeben. Modellierungsansätze durch vektorielle und rasterorientierte Strukturen und Attributdaten bis hin zu multimedialen Ansätzen werden vorgestellt. Moderne Systemarchitekturen auf der Grundlage von Datenhaltungssystemen und Kommunikationseinrichtungen liegen Systeminstallationen zugrunde.

In den Kapiteln 5 bis 14 werden die Projektphasen von der Projektauslösung bis zum Systembetrieb vorgestellt. Inhalte der übergeordneten, strategischen Planung sowie Form und Ablauf von Ist-Erhebung und Anforderungsanalyse werden ebenso behandelt wie die Inhalte der konzeptuellen Modellierung. Durch Datenmodellierung und fachliche und informationstechnische Konzeptentwicklung werden die Eigenschaften der künftigen Informationsarchitektur festgelegt, durch die Kosten-Nutzen-Untersuchung bewertet und in der Ausschreibung veröffentlicht. Die Schritte einer Systemauswahl werden inhaltlich beschrieben. Aufgrund des Systementscheids erfolgt die Einführung des ausgewählten Systems innerhalb des Unternehmens. Mit der Phase der Datenübernahme und -erfassung geht das GIS in die operationelle Nutzung über.

Die Beschreibung der Projektphasen geschieht jeweils mit Blick auf die Systemeinführung und umfasst auch personelle und organisatorische Aspekte.

Zielgruppe

Das Buch richtet sich zum einen an Geoinformatiker, Kartographen, Geographen, Vermessungsingenieure und Informatiker, die innerhalb ihrer Organisation mit der Aufgabe der Systemeinführung oder des Systemmanagements betraut sind. Ziel ist es jedoch auch, einen Beitrag zur wissenschaftlichen und gleichzeitigen praxisbezogenen

Vorwort

Ausbildung zu leisten, um Grundlagen für eine Tätigkeit im Bereich der raumbezogenen Informationsverarbeitung zu legen.

Die Inhalte können in der Reihenfolge der Kapitel erarbeitet werden, es ist jedoch auch möglich, einzelne Abschnitte gezielt herauszugreifen. Wer grundlegende Konzepte der raumbezogenen Informationsverarbeitung unter dem Gesichtspunkt der Systemauswahl und -bewertung kennenlernen möchte, sollte bei Kapitel 1 anfangen. Interessiert man sich primär für das Vorgehen bei der Systemeinführung, kann der Einstieg mit Kapitel 5 beginnen. Ebenso ist es möglich, Themenschwerpunkte wie Kommunikationstechnologie, Datenmodellierung oder Datenerfassung auszuwählen.

Dank

Das Buch wäre nicht möglich ohne vielfältige Projekterfahrung und praktische Erprobung des hier vorgestellten Vorgehensmodells. Danken möchte ich deshalb vielen Kollegen, von deren Fachkenntnis ich lernen konnte, ebenso den Projektpartnern in Kommunen, Rechenzentren und Unternehmen für die Zusammenarbeit.

Für die Durchsicht des Manuskripts zur 3. Auflage danke ich Manuel Hart. Dr. Gerhard Joos (<http://www.dotgis.de/>) hat durch profunde Kenntnisse und Erfahrung in Geoinformatik und Projektmanagement verschiedene Themen angereichert und vertieft. Ein besseres Verständnis für organisatorische Herausforderungen und Change Management vermittelte mir Helga Nückles (<http://vision2change.com/>).

Ein herzlicher Dank geht an Gerold Olbrich, dem Lektor des Wichmann Verlags, für die stets angenehme, freundschaftliche und produktive Zusammenarbeit in den vergangenen Jahren sowie an Frau Carmen Ruh (VDE-Verlag) für das sorgfältige Lektorieren.

Danken möchte ich auch allen Lesern der bisherigen Auflagen, die den Nutzen der vorgestellten Informationen für ihre tägliche Arbeit bestätigten.

Das Werk steht nunmehr frei zur Verfügung.-

Die Erstellung dieses Buchs wurde durch die Unterstützung und Rücksichtnahme meiner Familie ermutigt und ermöglicht. Ein ganz besonderer, herzlicher Dank gilt deshalb Edith sowie Jonathan, Marie-Thérèse und Anne-Sophie.

Karlsruhe, im Dezember 2025

Dr. Franz-Josef Behr

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VII
1 Einführung und Begriffsbestimmung	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Das Phasenkonzept	1
1.3 Projektkennzeichen	4
1.4 Weiterführende Literatur	5
1.5 Begriffsbestimmung	6
2 Grundlagen von Geo-Informationssystemen	11
2.1 Geoinformationssysteme	11
2.2 Geometrische Grundstrukturen	14
2.3 Vektororientierte geometrische Modellierung	14
2.3.1 Grundbegriffe	14
2.3.2 Bäume, planare Graphen, Dreiecksnetze	17
2.3.3 Einfache geometrische Grundstrukturen	19
2.3.4 Verknüpfung mit Attributdaten	20
2.3.5 Spezifische Auswerteverfahren	22
2.3.6 Bewertung vektororientierter Arbeitsweise	23
2.4 Rasterorientierte geometrische Modellierung	24
2.4.1 Allgemeines	24
2.4.2 Die Quadtree-Zerlegung	26
2.4.3 Auswerteverfahren	28
2.4.4 Weitere Einsatzmöglichkeiten	29
2.4.5 Bewertung der Rasterdatenstruktur	30
2.5 Hybride Verarbeitung	31
2.6 Attributdaten	32
2.7 Multimediale Daten	33
2.8 Unschärfe	33
2.9 Zeit	34

Inhaltsverzeichnis

2.10	Metadaten.....	34
2.11	Koordinatenreferenzsysteme.....	35
3	Datenhaltung	37
3.1	Grundlagen.....	37
3.1.1	Kongruenz und Konsistenz.....	39
3.1.2	Persistenz.....	40
3.1.3	Transaktionen	41
3.1.4	Konkurrenzkontrolle	42
3.1.5	Zugriffskontrolle	43
3.1.6	Verteilte Datenhaltung	44
3.2	Komponenten von Datenhaltungssystemen	45
3.3	Datenbankmodelle	46
3.3.1	Das relationale Datenbankmodell	46
3.3.2	Objektrelationale Datenbankmodelle	48
3.3.3	Objektorientierte Datenbanken	49
3.3.4	XML-Datenbanken	49
3.3.5	NoSQL-Datenbanken	50
4	Kapitel: Kommunikation.....	53
4.1	Grundlagen.....	53
4.1.1	Begriffe	56
4.1.2	Netzwerkstrukturierung	57
4.2	Grundlage: Das Client-Server-Konzept.....	58
4.3	Die Schichtenarchitektur einer Web-GIS-Lösung	61
4.3.1	Präsentationsschicht.....	61
4.3.2	Kommunikationsschicht.....	62
4.3.3	Geschäftslogikschicht	62
4.3.4	Datenhaltungsschicht	63
4.3.5	Protokolle und Netzwerkdienste	63
4.4	Cloud-Computing	67
4.5	Internet-basierte GI-Dienste	69
4.5.1	OGC Webservices.....	69
4.5.2	Entwicklungen hin zu den API-basierten Diensten	72
4.5.3	Weitere Dienste.....	74
4.5.4	Von Vernetzung zur Interoperabilität.....	74
4.5.5	Produktauswahl.....	75
4.5.6	Einrichtung eines Web Map Service	76
4.6	Datenschnittstellen	77

4.6.1	Überblick.....	77
4.6.2	Kategorien.....	78
4.6.3	Fortführung von Sekundärkatastern.....	79
4.6.4	Einheitliche Schnittstellenformate?.....	82
4.6.5	Standardisierung.....	82
5	Kapitel: Strategische Planung	87
5.1	Projektauslösung und Kurzanalyse.....	87
5.2	Organisatorische Einbettung.....	90
5.3	Aufbau der Projektgruppe.....	91
5.3.1	Gruppengröße.....	91
5.3.2	Teilprojektgruppen	93
5.3.3	Qualifikation der Mitarbeiter.....	94
5.3.4	Unterstützung durch externe Mitarbeiter	97
5.4	Der Projektleiter	99
5.5	Projektplanung	101
5.5.1	Projektphasendefinition	101
5.5.2	Zeitplan und Projektdauer	103
5.5.3	Randbedingungen.....	105
5.5.4	Festlegung der Integrationsbereiche	107
5.5.5	Arbeitsmittelplanung	108
5.5.6	Arbeitsplanung.....	108
5.5.7	Kostenplanung	108
5.5.8	Kontrollplanung	109
5.5.9	Machbarkeitsprüfung	109
5.5.10	Risikoanalyse.....	110
5.6	Projektsteuerung und -kontrolle	111
5.7	Projektdokumentation	112
5.8	Partizipation	113
5.9	Projektmandat.....	115
6	Ist-Erhebung und Anforderungsanalyse.....	117
6.1	Vorbemerkung.....	117
6.1.1	Die Bedeutung der Anforderungserhebung	117
6.1.2	Personelle Anforderungen.....	118
6.1.3	Menschliche Aspekte	119
6.2	Umfang der Erhebung	120
6.2.1	Organisation	120

Inhaltsverzeichnis

6.2.2	Personal	122
6.2.3	Geodaten und weitere grafische Informationen	122
6.2.4	Fachdaten	123
6.2.5	Vorschriften und Normen	125
6.2.6	Einrichtungen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)	125
6.2.7	Weitere Informationen	125
6.3	Vorbereitungsphase	126
6.3.1	Festlegung der Vorgehensweise	126
6.3.2	Festlegung der Erhebungstechnik	126
6.3.3	Vorbereitende Sitzung	129
6.4	Erhebungsphase	130
6.4.1	Gespräch/Interview	130
6.4.2	Protokollerstellung und Abstimmung	131
6.5	Analysephase	131
6.5.1	Präzisierung	131
6.5.2	Analyse der Erhebungsergebnisse	133
6.5.3	Nutzeranalyse	138
6.5.4	Integration der Ergebnisse	139
6.6	Zieldefinition	141
6.7	Ergebnisdarstellung	141
6.8	Kommunikation und Qualifizierung	142
7	Kapitel: Konzeptuelle Modellierung	143
7.1	Grundlagen	143
7.1.1	Modellierungsansätze und Datenmodelle	143
7.1.2	Nutzung vorhandener Modelle	144
7.1.3	Fachliche und personelle Qualifikation	145
7.2	Der konzeptuelle Entwurf	146
7.2.1	Einordnung	146
7.2.2	Inhalt	147
7.2.3	Form des konzeptuellen Schemas	158
7.3	Geometrisch-grafische Eigenschaften	163
7.3.1	Objekttyp und Geometrien	164
7.3.2	Kartenobjektgeometrie	165
7.3.3	Darstellungsgeometrie	166
7.3.4	Darstellungsprimitive	167
7.3.5	Ergebnisdokumentation	171
7.4	Funktionen und Verhalten	171

7.5	Metamodellierung	173
7.6	Unternehmensweite Datenmodellierung	174
7.7	Weiterführende Entwurfsschritte	176
7.7.1	Logischer Datenbankentwurf	176
7.7.2	Vom Klassendiagramm die Klassen in einer objektorientierte Programmiersprache ableiten	176
7.7.3	Implementierungsentwurf	177
7.7.4	Filterdefinitionen für Webservices	178
7.7.5	Präsentationsmodellierung mittels Stilsprachen	178
8	Kapitel: Fachliche Konzeptentwicklung	181
8.1	Informationsprodukte	181
8.2	Zuständigkeiten	183
8.3	Organisatorische Einbettung	185
8.4	Personalplanung	186
8.4.1	Tätigkeitsprofile	186
8.4.2	Deckung des Personalbedarfs	187
8.5	Schulungsplanung	188
8.5.1	Management	188
8.5.2	Mitarbeiter	189
8.6	Rückwirkungsuntersuchung	190
8.7	Integration von Geobasisdaten	191
8.7.1	Nutzung von Basisdaten	191
8.7.2	Organisatorische Festlegungen	192
8.7.3	Partnerschaftliche Kooperation	193
8.8	Stufenkonzept für das Ausrollen des Systems	193
8.9	Überleitungsplanung	194
8.10	Fachliche IT-Anforderungen	195
9	Kapitel: Informationstechnische Konzeptentwicklung	197
9.1	Grundlagen und Systemkomponenten	197
9.1.1	Standards	197
9.1.2	Nutzung vorhandener Komponenten	198
9.1.3	GIS-Arbeitsstationen	198
9.1.4	Ausgabekomponenten	203
9.2	Systemkonfiguration	204
9.2.1	Einzelplatzlösung	205

Inhaltsverzeichnis

9.2.2	Mehrplatzlösung mit zentraler Datenhaltung	205
9.2.3	Organisationsübergreifende Lösung.....	206
9.2.4	Betriebssystemumgebung	208
9.2.5	Systemschnittstellen und Verfahrensintegration	209
9.2.6	Kommunikationskonzept	210
9.2.7	Eigenentwicklung oder schlüsselfertige Lösung	211
9.3	Sicherheitskonzept	214
9.4	Datensicherungskonzept.....	217
9.4.1	Sicherungsverfahren	218
9.4.2	Zentrale Sicherung.....	218
9.4.3	Häufigkeit.....	218
9.4.4	Aufbewahrung	219
9.4.5	Datenwiederherstellung	219
10	Kosten-Nutzen-Betrachtung	221
10.1	Grundlagen.....	221
10.2	Nutzenkategorien.....	221
10.2.1	Nutzen durch erhöhte Produktivität.....	222
10.2.2	Operationeller Nutzen	223
10.2.3	Strategischer Nutzen	225
10.2.4	Externer Nutzen.....	226
10.3	Quantifizierung der Nutzenaspekte	228
10.3.1	Vorgehen bei der Nutzen-Erhebung	228
10.3.2	Eine Nutzenerhebung in Zahlen.....	230
10.4	Nutzwertanalyse	231
10.5	Kostenaspekte	232
10.6	Kosten-Nutzen-Analyse	233
11	Systemauswahl	237
11.1	Übersicht	237
11.2	Ausschreibung	240
11.2.1	Begriffliche Festlegung	240
11.2.2	Formen.....	240
11.2.3	Anzahl der Bieter	243
11.2.4	Inhaltliche Gliederung.....	243
11.3	Pflichtenheft.....	247
11.3.1	Bedeutung	247
11.3.2	Inhalt.....	247

11.4	Angebotsbewertung	250
11.4.1	Anwendung von Ausschlusskriterien	251
11.4.2	Anwenderbefragung	251
11.4.3	Detailbewertung	252
11.5	Systemtest	260
11.5.1	Einige Regeln	261
11.5.2	Vorgaben für den Systemtest	262
11.5.3	Vorbereitende Datenerfassung	263
11.5.4	Durchführung	263
11.5.5	Beratereinsatz	264
11.5.6	Auswertung der Systemtests	264
11.6	Systementscheid	264
11.7	Vertragsgestaltung	266
12	Systemeinführung	269
12.1	Vorbereitung und Installation	269
12.2	Realisierung	269
12.2.1	Feinkonzept	270
12.2.2	Prototyping	271
12.2.3	Pilotanwendung	272
12.3	Probetrieb	273
12.4	Abnahme	273
12.5	Gewährleistungszeitraum	275
12.6	Nachbesserung	276
12.7	Personelle Aspekte	276
13	Datenerfassung und -übernahme	279
13.1	Übersicht	279
13.2	Erfassung vorhandener Daten	280
13.2.1	Erfassung alphanumerischer Daten	281
13.2.2	Manuelle Digitalisierung	281
13.2.3	Konstruktive Datenerfassung	283
13.2.4	Digitalisierung am Bildschirm	285
13.2.5	Halbautomatische Vektorisierung	286
13.2.6	Automatische Rasterkonvertierung	288
13.3	Übernahme digitaler Datenbestände	289
13.3.1	Auswahl von Datenquellen	289

Inhaltsverzeichnis

13.3.2	Open Data	291
13.3.3	Verfahrensablauf	292
13.4	Neuerfassung von Daten	294
13.4.1	Terrestrische Neuvermessung	294
13.4.2	Photogrammetrische Auswertung	295
13.4.3	Fernerkundungssensoren	297
13.4.4	Globale Navigationssatellitensysteme	298
13.5	Organisatorische Aspekte	300
13.5.1	Organisatorische Änderungen	300
13.5.2	Arbeitsvorbereitung	300
13.5.3	Planung	301
13.6	Qualitätssicherung	301
13.6.1	Art der Qualitätsprüfung	304
13.6.2	Ablauf einer IT-gestützten Fehlersuche und -korrektur	305
13.7	Kostenschätzung	306
14	Systembetrieb	309
14.1	Post-Evaluation	309
14.2	Allgemeine Aufgaben	310
14.3	Nutzenmanagement	312
14.4	Wartungsmanagement	313
14.5	Systemwechsel	314
14.6	Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen	315
	Literaturverzeichnis	317
	Stichwortverzeichnis	332

1 Einführung und Begriffsbestimmung

In diesem Kapitel wird das phasenorientierte Vorgehen für die Einführung und Nutzung von Geo-Informationssystemen vorgestellt. Eigenschaften des Phasenmodells und Kennzeichen von Projekten – speziell der GIS-Einführung – werden beschrieben. Die Vielfalt der Definitionen, die mit dem Begriff GIS verbunden sind, machen deutlich: Es gilt innerhalb eines organisatorischen und zeitlichen Kontextes, den spezifischen Weg für die Systemeinführung zu bestimmen.

1.1 Einleitung

Geoinformationssysteme (GIS, GI-Systeme) haben in den vergangenen Jahren einen hohen Reifegrad erlangt, verfügen über verschiedene Möglichkeiten der Datenstrukturierung, verwenden effiziente und sichere Konzepte zur Datenhaltung und -verwaltung, sind mehrbenutzerfähig, nutzen zunehmend verteilte Ressourcen und unterstützen Formen der webbasierten Informationsbereitstellung. Von Seiten der beteiligten Wissenschaften wie von Seiten der Systementwickler sind wesentliche Grundlagen, wie Geometrie, Datenmodellierungs- und Datenhaltungskonzepte, Transformationsverfahren sowie Analyse- und Visualisierungsmöglichkeiten, untersucht und entwickelt worden. Weitere Bereiche, wie konzeptuelle, räumliche Wahrnehmung, Nutzungsfreundlichkeit, Prozessorientierung, Interoperabilität, Serviceorientierung, Lizenzierungsvarianten, Crowdsourcing, Open Data, mobile Anwendungen und die Nutzung von Linked Data, Internet of Things (IoT), Blockchain, BIM, Big Data, Data Science, Open Data, Smart City und Digital Twin, sind in das Blickfeld gerückt.

Mit den Fortschritten steigen auch die Anforderungen an Leistung und Nutzbarkeit, sodass sich komplexe GIS-Installationen immer noch an der Grenze des technologisch und organisatorisch Machbaren bewegen.

Organisationen durchlaufen gleichzeitig eine große Reihe von Herausforderungen und Veränderungen, wie Restrukturierung, Fusion, Kostenreduktion oder strategische Neuausrichtung, die von informationstechnischen Neuerungen unterstützt oder ausgelöst werden.

1.2 Das Phasenkonzept

Dieses Buch behandelt deshalb neben grundlegenden Konzepten der Geodatenmodellierung, der Datenhaltung und der Interoperabilität von Systemen einen

spezifischen Aspekt der raumbezogenen Informationsverarbeitung: Aufgaben und Tätigkeiten bei Konzipierung, Einführung und Nutzung von Geoinformationssystemen.

Sie stellen an die Organisationen, die sich dieser Technologie bedienen wollen, spezifische Anforderungen in Bezug auf Qualifikation, Organisation und Finanzierung. Dazu wird für den Systementwurf, die Systemeinführung und die damit verbundenen Aufgaben ein phasenorientiertes Vorgehen vorgestellt. Gekennzeichnet ist dieser methodische Ansatz, wie ihn Abbildung 1 mit den Hauptphasen Systemanalyse, Systemauswahl und Systemeinführung zeigt, durch verschiedene Eigenschaften:¹

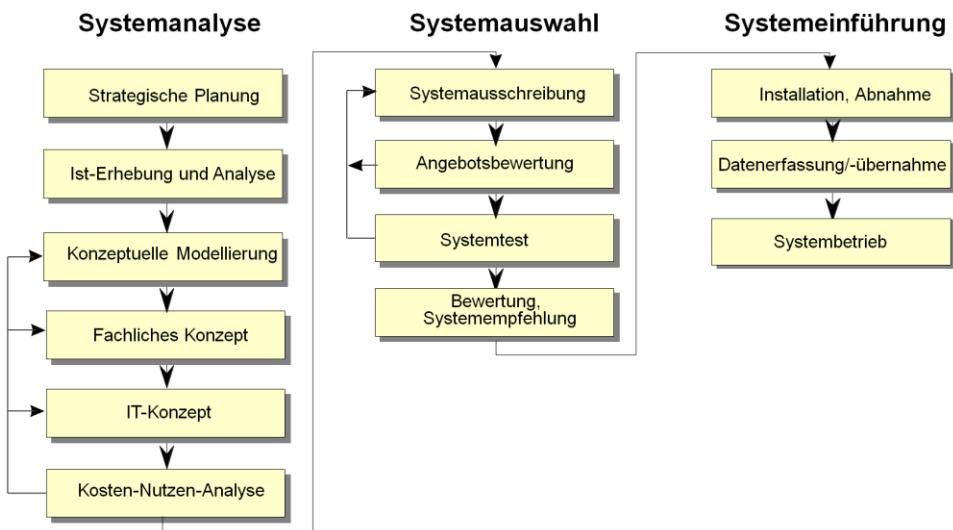


Abbildung 1: Vorgehensmodell für die Einführung von Geoinformationssystemen (nach BEHR 2000). Die Projektphasen bauen aufeinander auf und können Rückwirkungen auf vorangegangene Stufen haben.

- Der methodische Ansatz stellt einen klaren methodischen Rahmen durch Inhalts- und Zieldefinition und gegenseitige Abgrenzung der einzelnen Projektphasen dar und führt zu einer Komplexitätsreduktion der anfallenden Aufgaben.
- Um den Projektfortschritt zu dokumentieren, zu prüfen und korrigierend einzugreifen bilden Meilensteine – definierte und anerkannte Arbeitsergebnisse – den Abschluss der einzelnen Phasen. Dokumente beschreiben die Ergebnisse der einzelnen Phase und bilden die Grundlage weiterer Arbeitspakete. Ergebnisse früherer Phasen werden gegebenenfalls überarbeitet und liegen in aktualisierter Form vor.

¹ Daneben existieren noch weitere Einführungsmodelle, wie z. B. das V-Modell (http://www.cio.bund.de/Web/DE/Architekturen-und-Standards/V-Modell-XT-Bund/vmodellxt_bund_node.html) und das Vorgehensmodell gemäß PRINCE2 (<http://www.prince-officialsite.com/>)

1.2 Das Phasenkonzept

- Die einzelnen Projektphasen sind zeitlich begrenzt, sodass die terminliche Planung erleichtert wird.
- Die Kostenstruktur wird und bleibt überschaubar.
- Die Vorgehensweise ist, gegebenenfalls angepasst an projektspezifische Besonderheiten, auf verschiedene Einsatzgebiete der Informationstechnologie (IT) anwendbar.

GIS-Projekte sind häufig durch lange Laufzeiten gekennzeichnet, so können zwischen Projektbeginn und Aufnahme des Betriebs auch Jahre liegen (vgl. Textbox 7 auf Seite 103). In diesem Zeitraum sind Organisation, Mitarbeiter und Technik keineswegs statisch. Ihre Änderung und Dynamik müssen in den verschiedenen Projektphasen durch ein iteratives Vorgehen Berücksichtigung finden.

Betrachtet man Abbildung 1, so wird deutlich, dass die Systemauswahl – oftmals beherrschendes Thema bei der Einführung eines Informationssystems – nur einen Teil des Prozesses darstellt. Diese Phase übt zwar eine große Anziehungskraft aus, doch dabei darf die Bedeutung der vorangehenden Phasen und die letztliche Relevanz des Systembetriebs nicht außer Acht gelassen werden. „*Qualität ist die Gesamtheit der Eigenschaften und Merkmalswerte einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.*“ Diese Aussage der DIN 55350 macht deutlich, dass die Qualität des GIS-Einsatzes das Erkennen und Dokumentieren von Eigenschaften und Erfordernissen durch die Systemanalyse voraussetzt.



Abbildung 2: Das BSH-Gesetz: Brainware kommt vor Software und vor Hardware.

Abbildung 2, die auf Prof. François Bouillé, Université P. M. Curie, Paris, zurückgeht, zeigt dies anschaulich: *Brainware*, das Ergebnis der Analyse, der konzeptionellen Arbeit und Modellierung, kommt vor *Software* und diese wiederum vor *Hardware*. *Brainware* prägt die Daten, die ja Generationen von Soft- und Hardwarelösungen überdauern sollen. *Software* wiederum weist eine längere Lebensdauer auf, als dies bei *Hardware* der Fall ist.

Der Bedeutung von *Brainware*, *Software* und *Hardware* entsprechend ist auch das Vorgehenskonzept aufgebaut. Viele mit der Systemeinführung verbundene Tätigkeiten haben *Brainware* als Ergebnis, die im Denken, Planen und Entscheiden der beteiligten Mitarbeiter entsteht und in der Projektdokumentation ihren Niederschlag findet.

Der abstrakte Charakter von *Brainware* und das Fehlen konkreter, greifbarer Ergebnisse machen die Erzeugung der *Brainware* scheinbar mühsam; allzu gerne möchte man sich darum „herumdrücken“. Was sind die Folgen? Fehlende *Brainware* macht sich später im

Systembetrieb deutlich bemerkbar. Anwendungen sind nicht nutzungsfreundlich, Attribute fehlen, haben einen falschen Datentyp oder sind überflüssig geworden, da sich niemand mehr an die ursprüngliche Absicht bei der Festlegung des Datenfelds erinnern kann. Notwendige Auswertungen können nicht durchgeführt werden, da systeminterne Strukturen fehlen, oder die Performance der Server ist nicht akzeptabel.² Da Brainware somit unabdingbar für den Erfolg des praktischen Betriebs ist, lohnt sich entsprechender Einsatz für die Schaffung einer guten konzeptionellen Grundlage des einzuführenden Systems.

*Das Leben lebt vom Reiz.
H. KÜKELHAUS (1900 – 1984)³*

1.3 Projektkennzeichen

Das Projekt „GIS-Einführung“ verfügt über folgende, wesentliche Kennzeichen:

- *Einzigartigkeit der Aufgabe:* Die Einführung eines GIS vollzieht sich innerhalb bestimmter Randbedingungen auf politischer, strategischer, organisatorischer und personeller Ebene. Für viele, die ein solches Projekt angehen, ist dieser Prozess ein wichtiger, motivierender und qualifizierender Abschnitt im Laufe ihrer beruflichen Tätigkeit. Auch für das Unternehmen stellt sie eine wesentliche Neuerung dar, mit Möglichkeiten und Auswirkungen unterschiedlicher Art.
- *Zeitliche Begrenzung:* Das Projekt stellt keine Daueraufgabe dar, sondern ist befristet.
- *Bedeutung:* Das GIS-Projekt hat neben operationellen, personellen und finanziellen Auswirkungen auch Bedeutung für Arbeitsorganisation und Informationsaustausch innerhalb des Unternehmens.
- *Komplexität:* Es werden neben den primären Aufgaben des Unternehmens viele Sachgebiete berührt, wie z. B. GIS-Technologie, Organisation, Datenmodellierung und Datenbanktechnologie, IT-Infrastruktur, Bürokommunikation, raumbezogene Analyse, Kartographie, Webtechnologie.
- *Umfang:* Es sind in der Regel verschiedene organisatorische Einheiten, wie z. B. unterschiedliche technische Ämter einer Stadtverwaltung, sowie externe Stellen (Stadtwerke, Vermessungsamt) von der GIS-Einführung tangiert.
- *Risiko:* Die Durchführung des Projektes ist mit Unsicherheiten und Risiken verbunden, die sich beispielsweise aus der Fehleinschätzung technischer oder personeller Art oder aus der Abhängigkeit von Dritten ergeben.

² Je später ein Designfehler während des Entwicklungsprozesses (oder gar erst im praktischen Einsatz) entdeckt wird, umso höher der Aufwand, ihn zu korrigieren.

³ Pädagoge, Handwerker, Philosoph, Künstler, Forscher, Schriftsteller

1.4 Weiterführende Literatur

Selbst wenn wir nur Projekte der raumbezogenen Informationsverarbeitung betrachten, unterscheiden sich derartige Vorhaben sehr stark voneinander. Unterschiede ergeben sich unter anderem aufgrund folgender Rahmenbedingungen:

- Größe des Projekts,
- Realisierungsform, z. B. Einführung von Standardsoftware oder von eigens entwickelten Lösungen,
- eingesetzte Informationstechnik, z. B. lokale PC-basierte Lösung oder Client-Server-Architektur,
- organisatorischer Umfang, z. B. Einführung in Teilbereichen einer Organisation oder unternehmensübergreifende Einführung.

Das Vorgehensmodell, das in Abbildung 1 als erste Übersicht skizziert wurde und in Form einzelner Projektphasen in den folgenden Kapiteln beschrieben wird, muss also unternehmens- und projektspezifisch festgelegt und ausgestaltet werden.

1.4 Weiterführende Literatur

Grundlagen von Geoinformationssystemen werden unter anderem von BILL (2023) und SAURER & BEHR (1997) behandelt. Schwerpunkte liegen bei BERNHARDT (1994) auf der GIS-Anwendung in Energieversorgungsunternehmen, bei SCHÜSSLER (2006) und TAPPERT (2007) auf dem GIS-Einsatz im Marketing und bei HERRMANN (2000) auf Internet-Mapping. BARTELME (2005) greift als Teil der Geoinformatik die Aspekte der geometrischen und thematischen Modellierung, der Datenorganisation und Standardisierung auf. KLEMMER (2010) konzentriert sich auf Analyse- und Entwurfsmethoden als Teil der GIS-Projektplanung. Umfangreiche Tagungsbände der AGIT-Symposien sind u. a. von Strobl (2000) publiziert. ZIMMERMANN (2011) stellt grundlegende Konzepte und ihre Implementierung anhand der Programmiersprache Java vor. An Studierende wendet sich LINDER (2013).

Lehrbücher in englischer Sprache finden sich unter anderem bei ARONOFF (1993), BERNHARDSEN (1999) und BURROUGH & McDONNELL (1998). LONGLEY et al. (1999) haben dazu das umfangreichste Werk herausgegeben. BONHAM-CARTER (1994) legt seine Schwerpunkte auf Analyse und Modellbildung raumbezogener Zusammenhänge. Aspekte des Projektmanagements behandeln HUXHOLD & LEVINSOHN (1995) sowie OBERMEYER & PINTO (2008). Durch MEDYCKYJ-SCOTT & HEARNSHAW (1993) werden Beiträge zu verschiedenen Aspekten der anwenderorientierten Systemgestaltung herausgegeben. Grundlagen von Web-GIS werden von FU & SUN (2011) diskutiert. LEMMENS, M. (2011) ergänzt Grundlagen der Geoinformatik durch umfangreiche Technologie- und Projekterfahrung.

Einen praktischen Leitfaden für das Projektmanagement mit einem umfangreichen Anhang an Projektformularen liefert LITKE (2007). Organisatorische Aspekte werden von STEINBUCH (2000) dargelegt. Die Auswirkungen technologischer Veränderungen durch

Informationssysteme auf Unternehmensstrukturen und Mitarbeiter untersucht EASON (1988), der auch interessante Vorgehenskonzepte für eine sozial verträgliche Systemeinführung bietet.

Grundlagen, Projektschritte und Projekterfahrungen werden ebenfalls in einer Reihe von Fachartikeln behandelt, z. B. BILL & BÜHLER (1992), BEHR (1994), BORN (1994, 1997), POLLECKER & SCHLOSSHAUER (1994), STEIDLER (1994), WIETHEGER (1994), WIESER (1994), BORN & STEIDLER (1997), SEUß (1997), LOFY (1998).

Ein Leitfaden des BAYERISCHEN STAATSMINISTERIUM DER FINANZEN (2003) wendet sich vor allem an Entscheidungsträger in bayerischen Kommunalverwaltungen.

Datenbankmanagementsysteme werden mit Schwerpunkt auf Oracle Spatial von BRINKHOFF (2021) und mit Schwerpunkt auf PostGIS von OBE & HSU (2021) behandelt.

Ein Phasenkonzept mit insgesamt 10 Abschnitten stellt TOMLINSON (2007, S. 7 f) vor. Es reicht von „Consider the strategic purpose“ bis „Plan the implementation“, deckt somit nur einen Teil des hier vorgestellten Phasenkonzeptes ab.

Eine Checkliste zum Vorgehen bei der Harmonisierung von Geobasisdaten liefert E-GEO.CH (2012), die in 45 Schritten zum harmonisierten Datenmodell führen soll. Auch wenn die vier Phasen „Sensibilisierung“, „Initialisierung“, „Realisierung“, „Einführung“ sich vornehmlich auf Datenmodellierung beziehen, werden ergänzende, hilfreiche Hinweise gegeben.

Das Werk „Geoinformationssysteme (GIS) - Leistungsphasen nach Fachthemen“ bietet als Ergänzung zur HOAI einen strukturierten Leitfaden für die leistungsphasenorientierte Planung und Umsetzung in verschiedenen Fachbereichen (AHO 2023).

1.5 Begriffsbestimmung

Grundsätzlich beschreiben wir in einem Informationssystem ein Teilsystem unserer Umwelt (Realwelt). Dabei besteht das System aus einer Menge untereinander in Beziehung stehender Objekte. Ein Geoinformationssystem beschäftigt sich speziell mit den Objekten, die einen räumlichen Bezug aufweisen, und bietet Funktionen zu ihrer Bearbeitung an. Entsprechende allgemeine Definitionen für den Begriff GIS, die sich in der Literatur wiederfinden, werden in Textbox 1 dargestellt.

Kurzbezeichnung	Bedeutung
GIS	Geoinformationssystem, Geographisches Informationssystem
LIS	Landinformationssystem
UIS	Umweltinformationssystem
NIS	Netzinformationssystem

1.5 Begriffsbestimmung

BIS	Betriebsmittelinformationssystem
KIS	Kommunales Informationssystem
RIS	Rauminformationssystem

Tabelle 1: Begriffsvielfalt im GIS-Umfeld.

Neben dem Begriff „Geoinformationssystem“ existieren in der Literatur wie bei realisierten Systemen eine Fülle unterschiedlicher Bezeichnungen und Abkürzungen; einige davon sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Begriffsvielfalt spiegelt die historische Entwicklung und die vielfältigen Anwendungsgebiete wieder oder drückt die Vorliebe eines Autors aus.

Gemäß einer Definition der Fédération Internationale des Géomètres (FIG, nach WIESER 1989, S. 34)⁴ ist „*ein Landinformationssystem [...] ein Instrument zur Entscheidungsfindung in Recht, Verwaltung und Wirtschaft sowie ein Hilfsmittel für Planung und Entwicklung. Es besteht einerseits aus einer Datensammlung, welche auf Grund und Boden bezogene Daten einer bestimmten Region enthält, andererseits aus Verfahren und Methoden für die systematische Erfassung, Aktualisierung, Verarbeitung und Umsetzung dieser Daten. Die Grundlage eines LIS bildet ein einheitliches, räumliches Bezugssystem für die gespeicherten Daten, welches eine Verknüpfung der im System gespeicherten Daten mit anderen bodenbezogenen Daten erleichtert.*“

⁴ Vermutlich: FIG (1995), Statement on the Cadastre, Report prepared for the International Federation of Surveyors by Commission 7 (Cadastre and Land Management), FIG Publication No. 11, <http://www.sli.unimelb.edu.au/fig7/cadastre/statement_on_cadastre.html>, 11 July 2007. Detaillierte Ausführungen seitens der FIG finden sich unter http://www.fig.net/commission7-reports/cadastre/statement_on_cadastre.html.

A system for capturing, storing, checking, integrating, manipulating, analyzing and displaying data which are spatially referenced to the Earth (DoE 1987).

A Geographical Information System can process georeferenced data and provide the answers to questions involving ... the particulars of a given location, the distribution of selected phenomena, the changes that have occurred since a previous viewing, the impact of a specific event, or the relationships and systematic patterns of a region (BERNHARDSEN 1999).

Ein Geo-Informationssystem (GIS) ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten besteht und mit dem sich raumbezogene Problemstellungen in unterschiedlichen Anwendungsgebieten modellieren und bearbeiten lassen (BILL 2010:8).

Geoinformationssysteme sind ein Werkzeug zur Erfassung, Verwaltung, Bearbeitung, Analyse, Modellierung und Visualisierung raumbezogener Daten und ihrer Beziehungen. Sie stellen somit eine spezielle Anwendung der Informationstechnologie dar, mit zunehmender Verbreitung in Anwendungsgebieten wie Verwaltung, Planung, Umwelt- und Ressourcenschutz, Landschaftsplanung, Vertrieb, Landwirtschaft, Geologie, Geographie, kurz: in jedem Fachgebiet, das Daten mit Raumezug nutzt (BEHR 2000).

Textbox 1: Einige Definitionen des Begriffes GIS.

Ein *Umweltinformationssystem* ist nach ROGGENDORF et al. (1995) "... die Summe von Hardware, Software, Daten, Verfahren, Katastern, Personal, Know how und analogem Material, das zur Bearbeitung umweltrelevanter Fragestellungen eingesetzt wird. Umgekehrt bilden einzelne dieser Komponenten dann ein UIS, wenn sie einerseits die Bearbeitung aller Umweltmedien abdecken und andererseits ein gemeinsames organisatorisches Konzept besteht."

Im *Netzinformationssystem* (NIS) werden für alle zum Netz gehörigen Betriebsmittel grafische und alphanumerische Daten so strukturiert vorgehalten, dass alle Anforderungen interner und externer Benutzer erfüllt werden können (DVGW 1990). Das hierbei beschriebene Teilsystem der Realwelt ist also das Versorgungsnetz mit seinen Betriebsmitteln, den zwischen ihnen bestehenden Beziehungen und den darauf ablaufenden Prozessen. Betriebsmittel (und weitere Dinge), Beziehungen und Prozesse gilt es zu erkennen, zu beschreiben und im System zu modellieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen:

- Geoinformationssysteme sind im Wesentlichen durch das Zusammenspiel zwischen Mensch und Maschine bestimmt. „Maschine“ umfasst die notwendigen Hardware-, Software- und Kommunikationskomponenten sowie die damit gespeicherten Daten, die der Mensch durch Einsatz dieser Komponenten nutzbar macht.

1.5 Begriffsbestimmung

- Ihre spezifischen Eigenschaften erhalten die Systeme durch Ausrichtung auf einen Einsatzzweck, wie dies an den oben genannten Definitionen Landinformationssystem, Umweltinformationssystem und Netzinformationssystem deutlich wird.

2 Grundlagen von Geo-Informationssystemen

In diesem Abschnitt nähern wir uns, ausgehend von analogen Informationssystemen wie Karten und Listen, den Grundlagen digitaler GI-Systeme und unterscheiden dabei drei Generationen von Geoinformationssystemen. Zur geometrischen Modellierung werden dabei Punkte, Linien, Flächen und Körper herangezogen. Diese werden systemintern durch Vektoren oder Rasterstrukturen approximiert, die jeweils spezifische Eigenschaften besitzen. Alphanumerische Informationen werden als Attributdaten und auch in Form von Metadaten geführt. Geometrie und Sachdaten können Unschärfe besitzen und im Laufe der Zeit Veränderungen unterworfen sein.

2.1 Geoinformationssysteme

Um die reale, uns umgebende Welt in ihrer Komplexität und Vielfalt in einem Informationssystem abzubilden, bedienen wir uns modellhafter Vorstellungen (vgl. Abbildung 3). Dabei beschränken wir uns auf einen Ausschnitt aus der Realwelt. Innerhalb dieses Ausschnitts beschäftigen wir uns mit bestimmten Phänomenen, die wir als *Entitäten* bezeichnen werden⁵.

In Abbildung 3 sind zwei Entitäten eines Ausschnitts der Realwelt herausgegriffen. Die beiden Gebäude sind unterscheidbar und – vereinfacht gesprochen – über Ort, Straße und Hausnummer eindeutig identifiziert. Zueinander stehen sie in einer lagemäßigen Beziehung: Sie liegen nebeneinander. Daneben ist jede Entität noch durch weitere Kennzeichen – sogenannte Sach- oder Attributdaten – näher beschrieben.

Ein seit Langem verbreiteter und auch in dieser Abbildung verwendeter Ansatz – hier als „Geoinformationssystem 1.0“ bezeichnet – ist die Modellierung eines Ausschnitts der Realwelt unter Einbeziehung *geometriebasierter, grafischer Darstellungen*, wie wir sie aus Karten und Plänen kennen. Umfangreiche, analoge und digitale Informationssysteme wurden auf der Grundlage dieses Modellierungsansatzes bereits aufgebaut und werden auf dem Laufenden gehalten. Mathematische und geodätische Verfahren, große handwerkliche Tradition sowie kulturelles Erbe kennzeichnen dieses Darstellungsmodell. Wir sind es gewohnt und darin ausgebildet, diese modellhaften Darstellungen zu verstehen.

Der korrespondierende, alphanumerische Modellierungsansatz besteht darin, Eigenschaften einer Entität in Form beschreibender Daten aufzuschreiben. Hierfür wurden

⁵ Lat.: ens – das Seiende.

und werden umfangreiche Sammlungen in Form von Karteien, Listen und Nachschlagewerken aufgebaut, aktuell gehalten und ausgewertet.

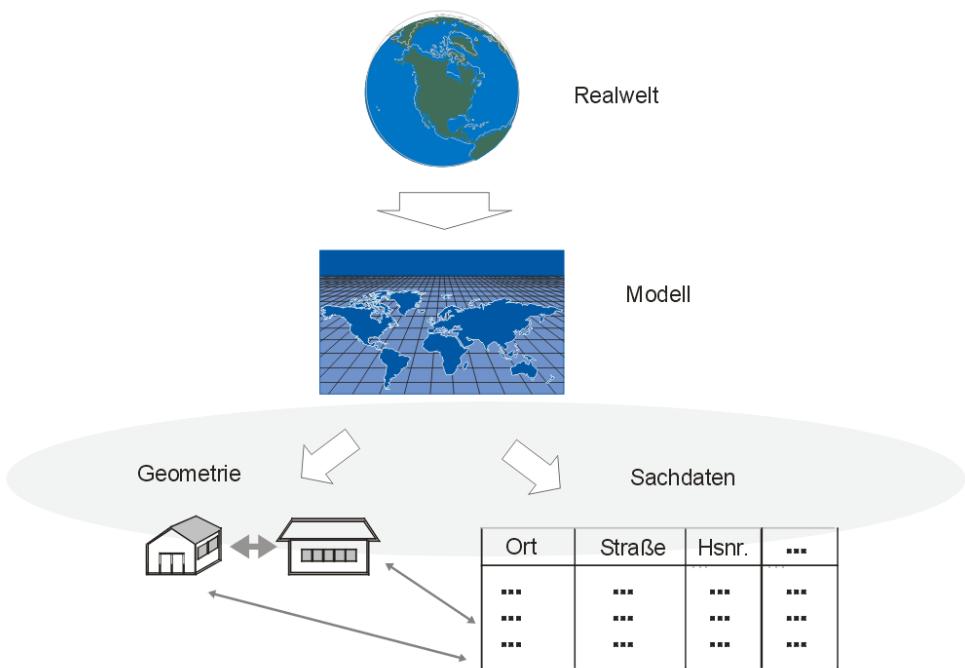


Abbildung 3: Realwelt und ihre ausschnitthafte Modellierung durch Grafik und Sachdaten.

Für beide Informationsarten gilt, dass für sie Verfahren der Aufbewahrung (Speicherung), Nutzung und Weiterleitung entwickelt wurden.

Für die Speicherung grafischer Darstellung kennen wir Plots und Pläne, archiviert in Planschränken, sowie Zeichnungsdateien in verschiedenen Formaten, für die Speicherung beschreibender Daten desktopbasierte Tabellenkalkulationsdateien und Datenbanken, aber auch noch Karteikästen, Hängeregistriaturen und große Dokumentenarchive. Diese *Datenbanken* erlauben es, die Information über längere Zeiträume zu bewahren und nutzbar zu machen.

In der Regel werden Karten und Pläne nicht nur von den Personen genutzt, die für die Erstellung der Unterlagen zuständig sind, sondern für die Nutzung durch einen weiteren Personenkreis gefertigt. In Energieversorgungsunternehmen gibt es dafür beispielsweise zentrale Zeichenbüros, die für die Bestandsdokumentation zuständig sind. In zeitlichen Abständen oder auf Anforderung hin werden die Pläne vervielfältigt und anderen

2.2 Geometrische Grundstrukturen

Abteilungen oder externen Stellen ausgehändigt, dort genutzt oder auch in Verbindung mit anderen Informationen ausgewertet.

Im Bereich des Katasterwesens und der topographischen Erfassung eines Landes sind Dienststellen der Vermessungsverwaltung für die Erfassung, Speicherung und Laufendhaltung der Information zuständig. Die Vielzahl der so vorgehaltenen Informationsarten wird über Kartenverzeichnisse und Blattschnittübersichten anderen zugänglich gemacht, die entsprechend ihren Informationsbedürfnissen – meist gegen Entgelt – Daten oder Karten anfordern können. Durch diese *Kommunikationswege* werden die Informationen personen- und ortsübergreifend verfügbar gemacht.

Mit der Einführung und zunehmenden Nutzung der *Informationstechnologie* wurden Methoden und Werkzeuge entwickelt, diese analogen Informationssysteme und Verfahren in digitale Systeme zu überführen („Geoinformationssysteme 2.0“). Hierbei sind verschiedene Themenkomplexe zu betrachten. Der eine ist die Geometrie der Daten. Hierfür gibt es Modellierungsansätze, die speziell für mathematisch-geometrische Verfahren und Rechnersysteme entwickelt wurden. Dazu werden wir geometrische Grundstrukturen betrachten (Kap. 2.2). Diese können im Vektormodell (Kap. 2.3) oder im Rastermodell (Kap. 2.4) rechnerintern abgebildet werden. Beide Modelle haben spezifische Eigenschaften, Stärken und Schwächen, die sie für bestimmte Aufgaben besonders oder weniger gut geeignet machen.

Der zweite Themenkomplex sind die *beschreibenden Daten*, die auch Attribute genannt werden, mit denen wir uns in Abschnitt 2.6 beschäftigen werden. Eine Erweiterung herkömmlicher Verarbeitungstechniken wird für multimediale Daten erforderlich (Kap. 2.7).

Während die analogen Medien *per se* auf Dauerhaftigkeit ausgelegt waren, sind für digitale Daten explizit Konzepte und Techniken für die Kurzzeit- und Langzeitarchivierung zu implementieren. Für die Speicherung werden digitale Datenhaltungssysteme eingesetzt, für die Abschnitt 3 grundlegende Anforderungen beschreibt und im Hinblick auf GI-Systeme beleuchtet.

Neben der Datenhaltung spielt die personen- und ortsunabhängige Informationsbereitstellung eine zunehmend große Rolle. Dies wird durch entsprechende Kommunikationseinrichtungen ermöglicht (Kap. 4). Diese schaffen die Voraussetzung für „Geoinformationssysteme 3.0“: GI-Systeme und Geodaten sind verteilt, jedoch über Kommunikationsinfrastrukturen untereinander verbunden. Funktionen werden in Form von Dienstangeboten bekannt gemacht und gemeinsam mit Daten anderen zur Nutzung angeboten.

2.2 Geometrische Grundstrukturen

Hinsichtlich ihrer räumlich-geometrischen Eigenschaften lassen sich Objekte mit Ortsbezug auf einige grundlegende geometrische Grundstrukturen zurückführen (vgl. Abbildung 4), nämlich Punkte, Linien, Flächen und Körper.

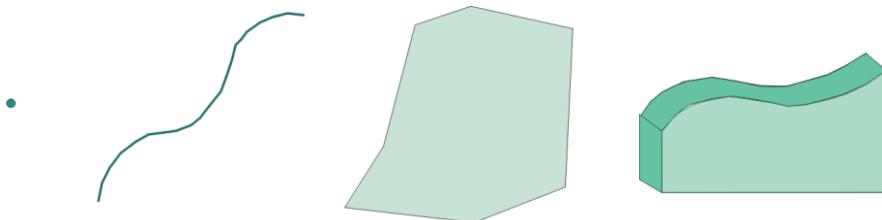


Abbildung 4: Geometrische Grundstrukturen Punkt, Linie, Fläche und Körper.

Ein Punkt kann beispielsweise die Spitze eines Berges repräsentieren, einen Grenzpunkt oder den Schieber eines Wasserversorgungsnetzes, eine Linie den Verlauf einer Grenze oder eines Gewässers, eine Fläche eine bestimmte Nutzungsart, einen Wahlbezirk oder ein Überschwemmungsgebiet beschreiben und ein Körper eine geologische Schicht darstellen. Eine Karte stellt herkömmlicherweise die Information modellhaft durch eine Zusammenstellung von Punkten, Linien und Flächen dar, die durch ihre Lage in einem bestimmten räumlichen Bezugssystem bestimmt sind. Wir können in diesem Zusammenhang auch von einem zweidimensionalen Modellierungsansatz sprechen. Der vierte Typ, die Darstellung einer Entität durch Volumenelemente (Körper), ist weniger gebräuchlich, findet sich jedoch in Anwendungsgebieten mit ausgeprägtem Bezug zu dreidimensionalen Entitäten, beispielsweise in der Geologie, der Meteorologie oder in Plänen von Hochbaumaßnahmen.

Bei der digitalen Repräsentation dieser geometrischen Grundstrukturen sind grundsätzlich zwei Ansätze möglich: Aus kartographischer Sicht liegt die Wiedergabe von Objekten durch Symbole, Vektoren und Flächen nahe (vektororientierter Ansatz). Daneben existiert der rasterorientierte Ansatz, bei dem die geometrischen Grundstrukturen in einzelne Rasterelemente zerlegt werden.

2.3 Vektororientierte geometrische Modellierung

2.3.1 Grundbegriffe

Führen wir uns nochmals Abbildung 4 vor Augen, können wir die Inhalte eines Plans oder einer Karte zunächst als Ansammlung verschiedener grafischer Elemente (sogenannter graphischer Primitive) wie Punkten, Linien und gefüllten umrandeten Flächen deuten. In diesem einfachen Fall werden Linien und Flächenumrandungen durch eine (verbundene) Folge von Stützpunkten dargestellt (Abbildung 5), denen wir erst aufgrund unserer

2.3 Vektororientierte geometrische Modellierung

Prägung eine Bedeutung – beispielsweise „Fläche“ oder „Volumen“ – geben. Die Daten selbst kennen in dieser einfachen Strukturierungsform ihren Zusammenhang nicht; aufgrund ihrer zufälligen Lage und Linienhaftigkeit spricht man umgangssprachlich auch von „Spaghetti-Daten“.

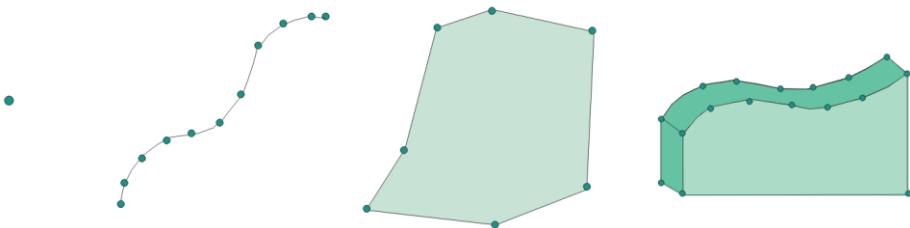


Abbildung 5: Geometrische Grundstrukturen, modelliert durch Stützpunkte und Linien.

Die Modellierung geometrischer Eigenschaften in einem GIS kann und muss abhängig von der Anwendung darüber hinausgehen. Ein wesentlicher Begriff in diesem Zusammenhang ist die *Topologie* der Daten. Die *Topologie* untersucht Eigenschaften, die bei stetigen (topologischen) Abbildungen unveränderlich sind, wozu auch die in der Geodäsie üblichen Transformationen zu zählen sind (FRANK 1983). Diese Eigenschaften sind *per se* unabhängig von der genauen geometrischen Lage der Objekte. Während das Beachten topologischer Bedingungen und Beziehungen (beispielsweise der Tatsache, dass eine Fläche durch mehrere, zusammenhängende Linien umschlossen wird) eher unbewusst im Rahmen der menschlichen Interpretation und im Kontext der entwickelten und gebräuchlichen kartographischen Techniken und Darstellungsarten geschieht, ist bei IT-gestützter Verarbeitung von Daten explizit auf Einhaltung topologischer Eigenschaften zu achten.

Topologische Strukturen und die damit verbundenen Auswertemöglichkeiten sind im GIS-Bereich nahezu ausschließlich für zweidimensionale Abbildungen entwickelt worden. Bei dreidimensional geprägten Objekten („3D-GIS“) besteht im GIS-Sektor noch Bedarf an wissenschaftlicher Untersuchung und praktischer Realisierung, beispielsweise bei Gebäudeinformationssystemen und bei 3D-Stadtmodellen (COORS 2005, KOLBE 2011, CHU et al. 2012). Liegt der Schwerpunkt eines GIS-Einsatzes auf der dritten Dimension oder auf der Modellierung sich zeitlich ändernder Phänomene, schränkt sich die Auswahl der marktverfügbaren Systeme stark ein.

Für die Beschreibung topologischer Phänomene werden die Bezeichnungen

- Knoten für einen Punkt,
- Kante für die Verbindung zwischen zwei Knoten

verwendet (Abbildung 6). Wichtige Beziehungen zwischen ihnen sind:

- Inzidenz: Eine Kante beginnt und endet in einem Knoten.
- Adjazenz: Zwei Knoten sind durch eine Kante verbunden.



Abbildung 6: Kante und Knoten.

In einem Knoten können beliebig viele Kanten beginnen oder enden. Er ist Träger metrischer Information (Koordinaten). Zwei Punkte, deren Distanz null ist, sind identisch und bilden einen Knoten (Eindeutigkeit von Knoten). Einem Knoten können somit mehrere Objekte der Wirklichkeit entsprechen; die entsprechenden Bedeutungen (z. B. Grenzpunkt und gleichzeitiger Gebäudepunkt) sind zu vermerken. Änderungen der Koordinaten eines Knotens wirken sich automatisch auf alle inzidierenden Kanten aus.

Die mit den Kanten verbundenen Geometrien tragen Informationen über die Form (geradlinig, gekrümmmt). Zwischenpunkte auf Kanten werden nicht als Knoten betrachtet; sie dienen lediglich der Bestimmung der Form (siehe Abbildung 7). Somit kann eine Kante auch prinzipiell eine Kombination von Geradenstücken, Kreisbögen oder Kurven höherer Ordnung (beispielsweise von Splinebögen) sein.

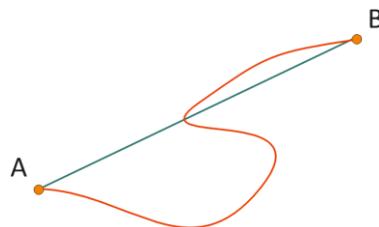


Abbildung 7: Die Kanten besitzen unterschiedliche Geometrien, inzidieren jedoch mit denselben Knoten.

Bei der Systemauswahl muss davon ausgegangen werden, dass nicht jedes System alle Linienformen (insbesondere Kreisbögen oder Splines) verarbeiten und speichern kann. Ist diese Eigenschaft in einem System nicht gegeben, wird man gekrümmte Linien durch eine Reihe von geradlinig verbundenen Stützpunkten approximieren. Dies kann ein Ausschlusskriterium sein, beispielsweise wenn die explizite Forderung besteht, Flurstücksgrenzen durch Geraden und Kreisbögen abzubilden.

Beim Datenaustausch sind noch andere Aspekte von Bedeutung. Kreisbögen sind oftmals durch unterschiedliche Definitionsräßen festgelegt, sodass geometrische Umrechnungen nötig werden. Kurven höherer Ordnung werden häufig systemabhängig mathematisch modelliert, sodass die Übernahme von Daten erschwert wird.

Für Kanten gilt, dass an einer Stelle des Raumes nur eine Kante gleicher Form existieren darf. Laufen also beispielsweise Kanten direkt nebeneinander her, so sind sie, eventuell

unter Aufspalten der bisherigen Kanten und Neubildung von Knoten, miteinander zu verschmelzen. Die Bedeutung der Kantenstücke (z. B. Flurgrenze, Gebäudegrenze) ist im Sinne einer Mehrfachbedeutung des Kantenstücks festzuhalten.

2.3.2 Bäume, planare Graphen, Dreiecksnetze

Aufbauend auf den Primitiven Knoten und Kante lassen sich komplexere geometrische Grundgebilde aufbauen, von denen im Zusammenhang mit GI-Systemen Bäume sowie planare Graphen von Bedeutung sind (Abbildung 8, Abbildung 9).

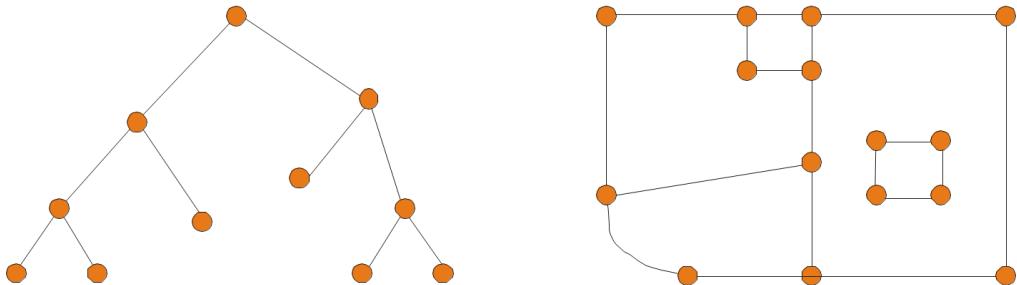


Abbildung 8: Baum und planarer Graph.

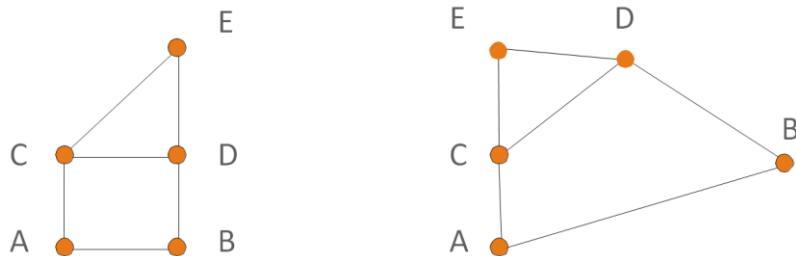


Abbildung 9: Zwei planare Graphen unterschiedlicher Geometrie, die topologisch identisch sind.

Bäume sind geeignet, um beispielsweise ein Gewässernetz zu beschreiben. Bei *planaren Graphen* liegen die Kanten zyklisch verbunden vor; sie können zur Beschreibung von flächenhaften Strukturen (Grundstücke, Flächen spezifischer Nutzung) verwendet werden. Ein von Kanten begrenztes Gebiet wird *Masche* genannt.⁶

Abbildung 8 zeigt rechts ein Beispiel für einen planaren Graphen, an dem neben den zuvor genannten Bedingungen folgende Eigenschaften deutlich werden: Kanten schneiden sich nicht, jede Kante grenzt zwei verschiedene Maschen voneinander ab. Eine Masche kann

⁶ Mit *Fläche* hingegen wird im Allgemeinen die Grundfläche als Geometrie bezeichnet.

wiederum Maschen enthalten (Inklusion), wie wir es von Flurstücken mit darin eingeschlossenen Enklaven oder von Innenhöfen in Gebäuden kennen.

Die Beziehung von Knoten, Kanten und Maschen kann in GI-Systemen durch topologische Datenstrukturen beschrieben werden, wie sie sich in verschiedenen Systemrealisierungen und Austauschformaten finden. Beispielsweise kann die sofortige Prüfung und Bildung topologischer Beziehungen im Zuge der Datenerfassung ein effizientes Arbeiten ermöglichen und ein konsistentes Ergebnis sichern helfen. Für eine Systemauswahl stellt die Führung der Topologie ein wesentliches Kriterium dar.

Zur Überprüfung der korrekten Struktur eines planaren zusammenhängenden Graphen kann der *Eulersche Satz* herangezogen werden. Mit K = Anzahl der Knoten, M = Anzahl der Maschen und N = Anzahl der Kanten eines beschränkten, planaren Graphs gilt:

$$K + M - N = 2$$

Einen weiteren Modellierungsansatz stellt die in Abbildung 10 gezeigte Bildung von vermaschten, nichtüberlappenden Dreiecksnetzen dar (engl. *triangulated irregular network*, TIN). Diese werden verwendet, um Oberflächen, beispielsweise des Geländes, durch zusammenhängende Dreiecke zu modellieren. Im Vergleich zu regelmäßigen Zerlegungen des Raumes (wie bei digitalen Geländemodellen üblich) passen sie sich dem Verlauf der Oberfläche an und können unterschiedliche Punktdichten berücksichtigen.

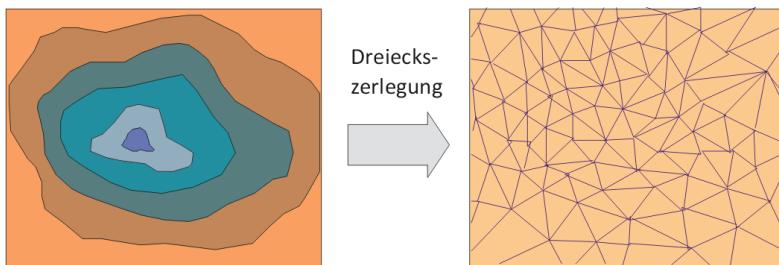


Abbildung 10: Die Dreieckszerlegung ist eine Möglichkeit, kontinuierliche Oberflächen durch vektorielle Datenstrukturen zu approximieren.

Eine weitere Zerlegung des Raumes bieten *Voronoi-Diagramme*, auch Thiessen-Polygonen oder Dirichlet-Zerlegung genannt (vgl. Abbildung 11). Dabei wird der Raum in unregelmäßige Teilflächen zerlegt. Jede Teilfläche wird durch genau ein Zentrum bestimmt und umfasst alle Punkte des Raumes, die näher an dem Zentrum der Teilfläche liegen als an jedem anderen Zentrum.

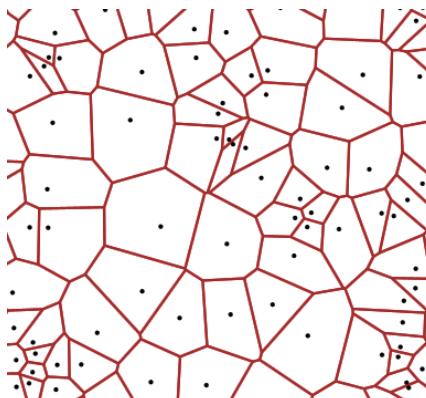


Abbildung 11: Beispiel eines Voronoi-Diagramms⁷.

2.3.3 Einfache geometrische Grundstrukturen

Zur Komplexitätsreduktion wird in manchen Standards und Systemimplementierungen auf eine strenge topologische Modellierung verzichtet und bewusst eine Reduktion auf einfache geometrische Grundstrukturen/Objekte (engl. *simple features*) vorgenommen. Mit der *Simple Features Specification* des Open GIS Consortiums (HERRING 2010, ANDRAE 2012) liegt ein Industriestandard für die Speicherung von Punkten und Punktmengen, Linien und Linienzügen sowie Polygonen und zusammengesetzten Elementen, wie z. B. Polygonen mit Enklaven, vor, dessen Implementierung als Bewertungskriterium im Systemauswahlverfahren herangezogen werden kann.

Die Spezifikation sieht verschiedene Geometrieklassen vor (vgl. Abbildung 12). Von einer allgemeinen Klasse *Geometry* werden die Kindklassen *Point*, *Curve*, *Surface* (Oberfläche) und *Geometry Collection* (Sammlung von möglicherweise heterogenen Geometrieobjekten) abgeleitet.

MultiPoint, *MultiCurve* und *MultiSurface* sind von *Geometry Collection* abgeleitet. Sie sind spezialisierter und können jeweils nur Objekte einer Geometrieklasse aufnehmen.

Ein *LineString* (Linienzug) ist eine Spezialisierung der allgemeineren *Curve*-Klasse und kann eine einfache Linie (*Line*) oder ein *LinearRing* (geschlossener Linienzug) sein. Ebenso sind die Klassen *Polygon* und *PolyhedralSurface* (Vielflächner) von der Klasse *Surface* abgeleitet.

⁷ Modifiziert nach <http://mbostock.github.io/d3/talk/20111116/airports-all.html> [2025-06-08].

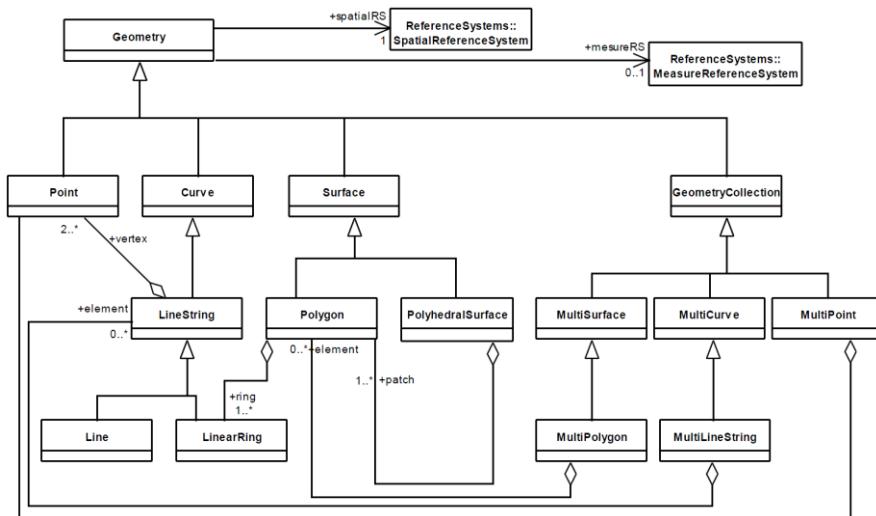


Abbildung 12: UML-Klassendiagramm der Simple Features Geometrietyphen
(Quelle: HERRING 2010, S. xvi)

Der Klasse **Geometry** ist jeweils ein räumliches Bezugssystem (**SpatialReferenceSystem**) zugeordnet. Optional wird die Maßeinheit (**MeasureReferenceSystem**) angegeben.

2.3.4 Verknüpfung mit Attributdaten

Historisch gesehen lag bei vielen Systemansätzen das Hauptaugenmerk Abbildung der geometrischen Eigenschaften. Knoten, Kanten und Maschen auf verschiedene Weise um beschreibende Eigenschaften ergänzt werden.

Abbildung 13 zeigt dazu einige Beispiele:

- Die (scheinbare) Objekteigenschaft „Flurstücksnummer“ ist als grafische Textprimitive abgebildet und somit nur über topologische Operatoren den flächenhaften Flurstücksobjekten zuordenbar.
- Mit geometrischen Grundelementen ist über Schlüssel eine Attributabelle verknüpft. Es handelt sich um einen Systemansatz, bei dem Grafik und Sachdaten häufig in unterschiedlichen Datenhaltungssystemen gespeichert werden.
- Für jedes Objekt werden Geometrie und alphanumerische, beschreibende Eigenschaften gemeinsam geführt – der Idealfall des objektorientierten Ansatzes.
- Bei der *dynamischen Segmentierung* werden unterschiedliche Attributsätze einem linienförmigen Objekt zugeordnet. Dabei ändern sich die Attributwerte längs des Weges. Diese Form der Attributzuweisung ist nicht in allen Systemen unterstützt.

2.3 Vektororientierte geometrische Modellierung

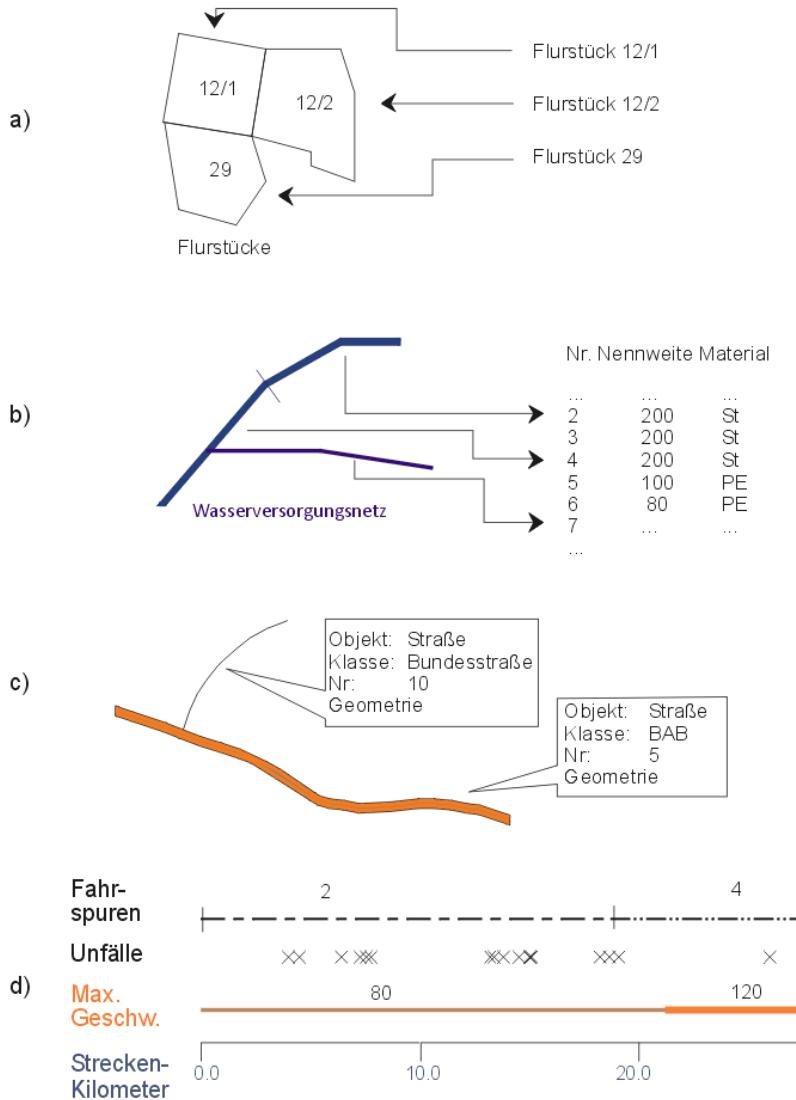


Abbildung 13: Verschiedene Ansätze, geometrische Eigenschaften mit beschreibenden Attributten zu verknüpfen.

2.3.5 Spezifische Auswerteverfahren

Für Vektordaten bieten die meisten GI-Systeme eine große Reihe spezifischer Auswerteverfahren:

- **Geometrische Auswertungen:** Geometrische Auswertungen stützen sich auf die Geometrie der Daten, d. h., sie basieren weitgehend auf Angaben zur Lage von Punkten sowie zur Form von Linien (Abbildung 14). Zu ihnen zählen:
 - Auswertungen zu Grundflächen und Flächenanteilen,
 - Auswertung von Koordinaten oder Koordinatenbereichen,
 - Auswertung von geometrischen Lagebeziehungen wie Winkel und Abstandsmaße.
- **Topologische Auswertungen:** Zu den wesentlichen Analyseverfahren sind Auswertungen der Topologie zu zählen (vgl. Abbildung 15). Siehe nötigen in der Regel nicht die Geometrie der Daten, sondern basieren auf topologischen Beziehungen der Objekte untereinander. Zu nennen sind:
 - Auswertung von Netzwerkverbindungen und Nachbarschaftsbeziehungen,
 - Auswertung vollständiger oder teilweiser Inklusion,
 - Suche optimaler Verbindungen,
 - Abflussbestimmung.

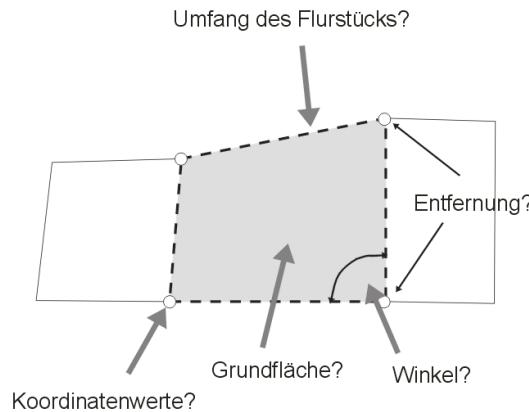


Abbildung 14: Beispiele für geometrische Abfragen/Auswertungen.

2.3 Vektororientierte geometrische Modellierung

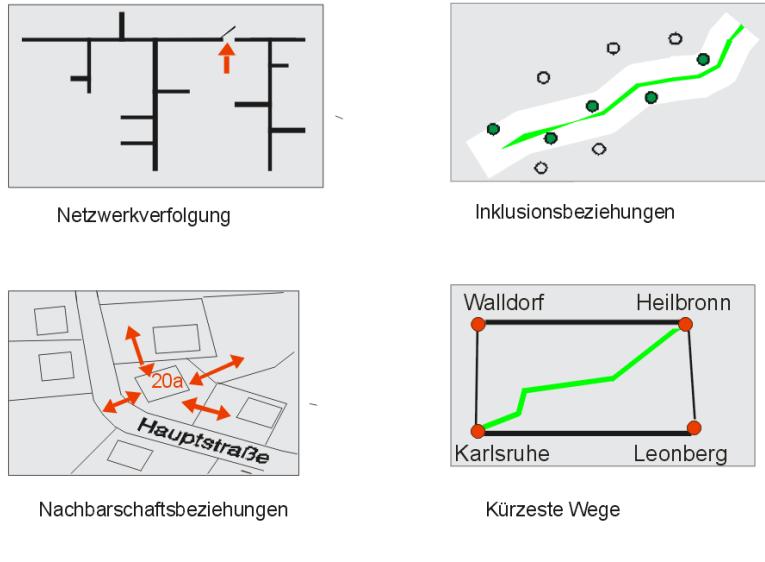


Abbildung 15: Beispiele für topologische Auswertungen.

- *Auswertungen von Dreiecksnetzen:* Aufbauend auf dem Dreiecksnetz (vgl. Abbildung 10) sind u. a. folgende Analysen möglich:
 - Hanglänge, -neigung und -exposition,
 - Verschneidung von Datenebenen,
 - Massenermittlungen,
 - Interpolation von Isolinien.

2.3.6 Bewertung vektororientierter Arbeitsweise

Bezüglich des Einsatzes dieses Modellierungsansatzes ist auf folgende Gesichtspunkte hinzuweisen:

- Vektorbasierte Daten sind ideal für die Modellierung punkt-, linien- und flächenförmiger Objekte sowie von Netzwerken (wie Versorgungsnetzen).

- Vektoren werden maßstabsunabhängig gespeichert, in der Genauigkeit, die aus der Datenerfassung und den darauffolgenden Verarbeitungsschritten resultiert. Sie können beliebig überlagert und kombiniert werden.

Wegen fehlender Verfahren zur automatisierten Generalisierung (vgl. ELLSIEPEN 2006) sind dennoch in manchen Anwendungsgebieten Daten unterschiedlicher Maßstäbe gesondert zu erfassen und zu speichern, wie es beispielsweise bei ATKIS für die verschiedenen Digitalen Landschaftsmodelle (Basis-DLM 25, DLM 50, ...) geschieht. Auch Netzinformationssysteme kennen solche Ansätze; dabei werden Leitungen für einen Bestandsplan lagerichtig und für einen Übersichtsplan generalisiert geführt.

- Ein System sollte sowohl intern als auch (idealerweise) bei der Übernahme oder Abgabe von Daten topologische Strukturen unterstützen (vgl. Abschnitt 4.6).
- Die Überlagerung vektorieller Information zur Datenverknüpfung ist ein komplexer und möglicherweise zeitintensiver Vorgang, da das System alle Schnittpunktmöglichkeiten prüfen und identifizieren muss. Dies kann bedeuten, dass solche Analysen auf eine bestimmte Anzahl von Datensätzen eingeschränkt sind. Zusätzlich können sich aufgrund von Lagegenauigkeiten bei Verschneidungsoperationen kleinere Restflächen ergeben, die in einem weiteren Bearbeitungsschritt zu eliminieren sind.
- Vektordaten liegen in vielen, unterschiedlichen Formaten vor (BEHR et al. 2011). Dies führt zu erhöhtem Aufwand beim Austausch von Daten. Ein GIS muss für wesentliche Vektorformate (amtliche und anbieterspezifische Austauschformate) Schnittstellen zur Verfügung stellen.

*Yes raster is faster, but raster is vaster,
and vector just seems more correcter.*

C.D. TOMLIN (1990)

2.4 Rasterorientierte geometrische Modellierung

2.4.1 Allgemeines

Während die vektororientierte Datenstruktur mehr oder weniger direkt die geometrischen Eigenschaften der zu modellierenden Entitäten widerspiegelt, zeigt uns Abbildung 16 für den rasterorientierten Ansatz eine ganz andere Repräsentation von Objekten: Die geometrischen Grundstrukturen werden in einzelne Rasterelemente (Bildelemente, Pixel) zerlegt. Diese sind in der Regel quadratisch geformt und meist von identischer Größe. Hat die Entität eine *volumenhafte Ausprägung*, kann die Abbildung durch würfelförmige Volumenelemente (volume elements, voxels) erfolgen (Abbildung 16b).

2.4 Rasterorientierte geometrische Modellierung

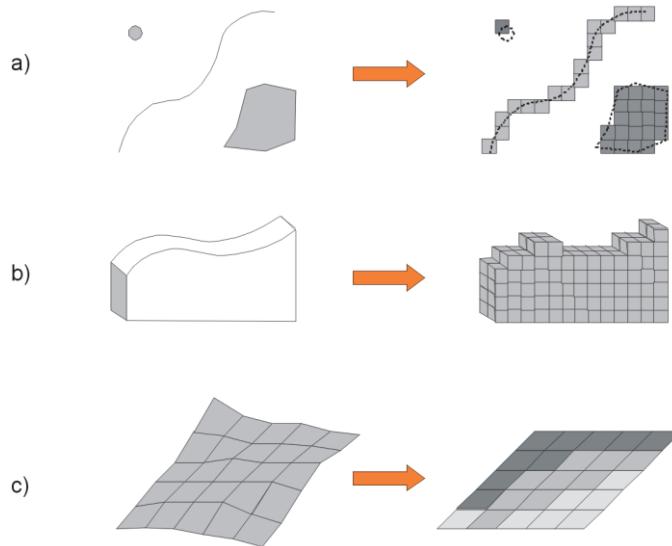


Abbildung 16: Entitäten der Realwelt und ihre Modellierung durch Raster bzw. Volumenelemente: a) punktförmig, linienhaft, flächenhaft; b) Volumenkörper; c) Oberfläche.

Eine punktförmige *Entität* wird durch ein Rasterelement dargestellt, eine *linienförmige Entität* durch eine Folge und eine Fläche durch eine Menge von Rasterelementen (Abbildung 16a). Kontinuierliche Werteverläufe (engl. coverage), wie Geländehöhen, Niederschlagswerte oder Lärmimmissionen, können diskretisiert als Rasterdatensatz approximiert werden (Abbildung 16c). Logisch zusammenhängende Information (z. B. Flächennutzung, Geländehöhe) wird man in der Regel jeweils in einem eigenen Rasterdatensatz ablegen.

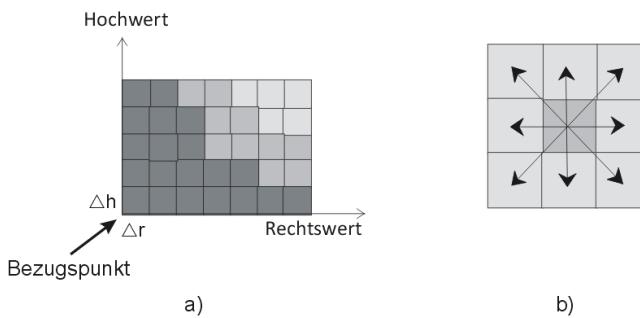


Abbildung 17: a) Bezugspunkt und Seitenlängen Δr , Δh definieren als Transformationsparameter die Lage jedes Rasterelements im Raum. b) Die Lage eines Rasterelements impliziert seine Nachbarschaftsbeziehungen.

Die Rasterstruktur selbst, versehen mit einer Metrik, definiert die Lage der Objekte im Raum (Abbildung 17). Die geometrische Nachbarschaft der Rasterpunkte ermöglicht so auf einfache Weise, räumliche Beziehungen der Elemente untereinander zu untersuchen.

Thematische Auswertungen, wie z. B. das Überlagern verschiedener Datenebenen, werden sehr effizient durchgeführt.

Jedem Rasterelement ist ein Zahlenwert (Klassennummer, Graustufe) zugeordnet, dem im Einzelfall unterschiedliche Semantik zukommt. In Abbildung 18 sind einige Möglichkeiten dargestellt:

- a) Eine Klassennummer kann als identifizierendes Kennzeichen das Rasterelement als Teil einer bestimmten Fläche kennzeichnen (z. B. eines Grundstücks).
- b) Die Klassennummer ist klassifizierendes Attribut. In diesem Fall repräsentiert der Zahlenwert die Zugehörigkeit eines Gewässers zu einer gewissen Ordnungsstufe.
- c) Die Klassennummer gibt nicht direkt ein Attribut wieder (wenn beispielsweise nur ganzzahlige Werte als Klassennummer möglich sind, der Wertebereich des Attributs jedoch reell ist). Der Attributwert wird erst durch eine Abbildung der Klassennummer auf den Attributwertebereich ermittelt (Reklassifizierung).
- d) Sollen mehrere Attribute mit den Entitäten verknüpft werden, dient die Klassennummer als Zugriffsschlüssel auf eine Attributabelle.

Die beschränkte geometrische Auflösung eines Rasterpunktes (vgl. Abbildung 17a) und die durch die häufige Verwendung ganzzahliger Zahlenwerte eingeschränkte Quantisierung der Information (Abbildung 18c) bedingen eine begrenzte Präzision rasterbasierter Information.

Für effizienten Zugriff und Reduzierung des Speicherplatzbedarfs gibt es verschiedene Methoden der Datenkompression und -verwaltung, wie Lauflängencodierung oder Waveletkomprimierung. Bei ausgeprägt homogenen Daten ist ein hoher Kompressionsgrad zu erreichen, bei sehr inhomogenen Daten kann jedoch sogar eine Vergrößerung des Datenvolumens auftreten. Kompressionsverfahren können verlustfrei (wie beim PNG-Format) oder verlustbehaftet sein (wie im Falle des JPEG-Formats).

2.4.2 Die Quadtree-Zerlegung

Quadtree-Verfahren sind nicht nur als Komprimierungsverfahren für Rasterdaten von Bedeutung, sie spielen auch bei der Bildung räumlicher Indizes bei der Speicherung von Vektordaten in relationalen Datenbanken eine große Rolle. Auch im Tiling-Konzept für die effiziente Bereitstellung von Kartendarstellungen im Internet findet sich dieser Ansatz wieder.

2.4 Rasterorientierte geometrische Modellierung

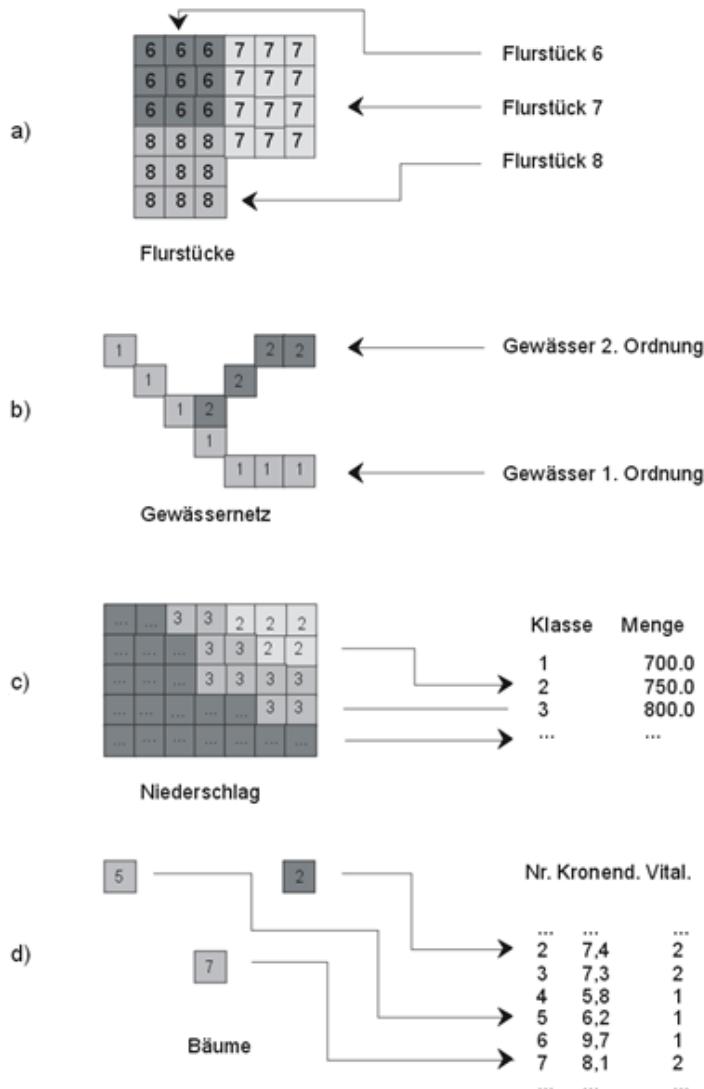


Abbildung 18: Rasterdaten und Zuordnung von Attributwerten.

Das Prinzip der Quadtree-Zerlegung beruht auf einer rekursiven Zerlegung von Bildbereichen und Zusammenfassung homogener Bereiche (Abbildung 19). Das Gitter wird schrittweise bis zu einer gewünschten Auflösung verfeinert, bis jede Gitterzelle eine homogene Fläche repräsentiert. Die Zelle wird dann zusammen mit ihrem charakterisierenden Merkmal (Klassenummer) und einer einzigen Koordinate

gespeichert, die sich auf die dabei entstandene, baumförmige Datenstruktur (den Quadtree) bezieht⁸.

Aufgrund ihres Aufbaus ist die Quadtree-Struktur ein Kompromiss zwischen Vektor- und Rastermodell, auch kann sie viele Vorteile dieser Methoden in sich vereinigen:

- *Variable Auflösung:* Die Quadtree-Struktur nähert durch die Anpassung der Zellgröße an die räumliche Variation der Daten die Präzision der Vektordatenstruktur an. Im Quadtree können Daten unterschiedlicher Auflösung überlagert werden; die Verknüpfung geschieht einfach auf verschiedenen Auflösungsstufen. Das Ergebnis bewahrt jedoch den Detaillierungsgrad der einzelnen Datensätze.

Bei der Auswahl eines Rastersystems ist zu prüfen, wie bei der Verknüpfung von Datenebenen unterschiedlicher geometrischer Auflösung verfahren wird.

- *Geringer Speicherplatzbedarf:* Wird die räumliche Auflösung verdoppelt, wächst der Speicherbedarf nur linear.

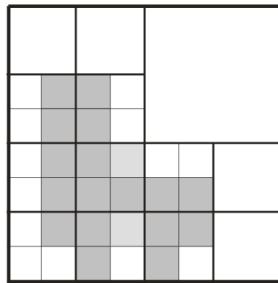


Abbildung 19: Schematische Darstellung der Quadtree-Zerlegung durch Zusammenfassung homogener Bereiche.

- *Hohe Effizienz:* Algorithmen für Flächenberechnung oder komplexe Verschneidungen reduzieren sich in der Quadtree-Struktur auf einen Vergleich der Klassenzahlen in den verschiedenen Auflösungsstufen der beteiligten Quadtrees mit einem einmaligen Durchlauf der Datenstruktur. Bei diesen Auswertungen kann die absolute Lageinformation (Rechtswert, Hochwert) unberücksichtigt bleiben, die logische Anordnung der Zellen innerhalb der Datenstruktur genügt und ist insbesondere für nachbarschaftsbezogene Auswertungen geeignet.

2.4.3 Auswerteverfahren

Mit Rasterdaten lassen sich viele der mit Vektordaten möglichen Auswerteverfahren ebenfalls durchführen. Daneben sind sie insbesondere für Verfahren interessant, die die

⁸ Dabei handelt es sich beispielsweise um die sogenannte Morton-Nummer (MORTON 1966, zit. nach SHAFFER & SAMET 1987).

2.4 Rasterorientierte geometrische Modellierung

Nachbarschaft einbeziehen (BONHAM-CARTER 1994). TOMLIN (2012) entwickelte mit der Map Algebra eine Sprache, um auf der Grundlage von lokalen, fokalen, globalen und zonalen Funktionen und Operatoren räumliche Analysen und Verschneidungen durchzuführen. Diese stehen in verschiedenen GI-Systemen zur Verfügung:

- *Ableitung von Statistikparametern* (lokale Funktionen, TOMLIN 2012, S. 46f.): Für einen Rasterdatensatz werden statistische Parameter, wie Mittelwert, Standardabweichung, Extremwerte und Häufigkeitsverteilung, bestimmt.
- *Nachbarschaftsbezogene Auswertungen* (fokale Funktionen, TOMLIN 2012, S. 70f.): Um statistische Parameter wie Entropie und Varianz abzuleiten oder Nachbarschaftsbeziehungen zu untersuchen, werden beispielsweise die acht am nächsten gelegenen Rasterelemente in die Auswertung einbezogen.
- *Inkrementelle Operatoren*: Ergebnisse eines Analyseschritts werden an die benachbarten Rasterelemente weitergegeben. Verfahren dieser Kategorie sind die Bestimmung von Einzugsgebieten und die Ableitung von Kostenoberflächen.
- *Auswertungen von Höhenmodellen*: Aufbauend auf einem Raster digitaler Höhenwerte sind u. a. folgende Analysen möglich:
 - Hangneigung, Exposition und Hanglänge,
 - Reliefenergie,
 - Sichtbarkeitsuntersuchungen.

2.4.4 Weitere Einsatzmöglichkeiten

Neben der Möglichkeit, Geodaten direkt in Rasterform zu erfassen, zu speichern und auszuwerten, gibt es in der raumbezogenen Informationsverarbeitung eine Reihe weiterer Möglichkeiten der Nutzung rasterbasierter Daten:

- *Archivierung analoger Vorlagen*: Die Überführung analoger Unterlagen, wie Skizzen, Fotos oder Verträge, in ein digitales Format geschieht mithilfe von Scannern. Sinnvoll ist diese Vorgehensweise insbesondere, damit mehrere Nutzer über Netzwerk direkt auf die Daten zugreifen können. Bei allen Archivierungsansätzen ist es zwingend notwendig, ausreichend beschreibende Daten zu den Rasterdaten zu erfassen, um einen gezielten Zugriff zu ermöglichen. Liegen zu einem GIS-Objekt Archivdaten vor, wird bei ihm ein Verweis auf die Archivinformation geführt. Entsprechende Zugriffsverfahren sind in die GIS-Anwendung zu integrieren.
- *Bilddokumentation*: Zum Festhalten des Zustandes der Umwelt zu einem bestimmten Zeitpunkt (z. B. Bauwerksfassade, Leitungen im offenen Graben, Kanalinspektion) werden Photographien oder Videosequenzen als Rasterdaten in das System integriert.

- *Planerstellung*: Karten und Pläne können als reine Rasterdaten oder in Kombination mit Vektordaten zusammengestellt, redaktionell bearbeitet, verwaltet und ausgegeben werden. Typische Anwendungen sind Luftbild-, Orthophoto- oder Satellitenbildkarten.
- *Hintergrundinformation*: Gescannte Karten oder Luftbilder können als Hintergrundinformation für vektorielle Information den räumlichen Bezug erleichtern.
- *Digitalisiergrundlage*: Karten werden gescannt und dienen als Grundlage für eine manuelle oder automatisierte Digitalisierung am Bildschirm (Kap. 13.2.4).
- *Automatisierte Bildauswertung*: Fernerkundungsdaten können durch Mustererkennungsverfahren ausgewertet werden, um beispielsweise Informationen über die Landnutzung, den Versiegelungsgrad oder den Vegetationszustand zu erhalten.
- *Internetkartographie*: Für die Präsentation von Karten in Webbrowsers werden sehr häufig Rasterbilder (tiles) verwendet. Auch WMS-Server stellen Präsentationen von Geodaten in Rasterformaten bereit, die im Browser oder Desktop-GI-Systemen angezeigt werden können.

2.4.5 Bewertung der Rasterdatenstruktur

Als *Vorteile* der Rasterstruktur sind zu nennen:

- Rasterdaten weisen eine identische Struktur für punkt-, linien- und flächenförmige Objekte auf. Somit können einheitliche Konzepte und Verfahren angewandt werden.
- Kontinuierliche Oberflächen, wie z. B. Temperaturverteilungen, Geländehöhen, Übergänge zwischen verschiedenen Bodenarten, können adäquat modelliert werden.
- Verschiedene Datenquellen – insbesondere im Bereich der Fernerkundung und den daraus abgeleiteten Informationen – liegen rasterbasiert vor und brauchen nicht gesondert digitalisiert werden. Derart strukturierte Daten können sinnvoll mit rasterorientierten oder hybriden Systemen verarbeitet und ausgewertet werden.
- In Papierform vorliegende Datenquellen können sehr wirtschaftlich über einen Scan-Prozess für die Verarbeitung in einem rasterbasierten GIS erschlossen werden.
- Die relativ begrenzte Anzahl von Datenformaten erleichtert die Datenumsetzung.
- Verschiedene Analyseoperationen und Datenverknüpfungen lassen sich besonders effizient mit Rasterdaten durchführen. So ist es bei der Verknüpfung von Daten meist nur noch erforderlich, den Inhalt der betreffenden Gitterzelle zu untersuchen.

Folgende Aspekte der Rasterstruktur sind jedoch ebenfalls zu beachten:

- Die Rasterdarstellung eines Objekts ist eher größer als es der realen Welt entspricht.
- Rasterbasierte Datenbanken werden sehr groß und wachsen (bei Verzicht auf Kompressionsverfahren) quadratisch mit der Rasterauflösung. Es stehen jedoch durch spezielle Komprimierungsverfahren für viele GI-Systeme Erweiterungen zur

2.5 Hybride Verarbeitung

Verfügung, die auch sehr große Rasterdatenbestände (bis zu Gigabyte- oder Terabyte-Bereich) verfügbar machen können. Auch spezielle Serveranwendungen zur Rasterdatenbereitstellung und -analyse werden angeboten (Rasterserver, Image-Server).

- In manchen Systemen müssen Rasterdaten, ganz gleich welchen Ursprungs oder von welcher Genauigkeit sie sind, mit identischer Auflösung gespeichert und ausgewertet werden.

2.5 Hybride Verarbeitung

Datenverfügbarkeit und funktionale Anforderungen verlangen danach, die Trennung der beiden Modellierungsansätze aufzuheben, um vektorielle und rasterbasierte Information gemeinsam in einem GIS verarbeiten zu können. Dies wird bereits von vielen Systemen unterstützt. Es sind jedoch mehrere Stufen der Integration von Vektor- und Rasterwelt zu unterscheiden und bei einer Systemauswahl zu berücksichtigen:

- *Rasterdaten als Zusatzinformation*: In diesem Fall können gescannte Informationen (Halbtönbilder, Dokumente) an Objekte des GIS „angehängt“ werden. Bei Bedarf oder automatisiert wird diese Zusatzinformation angezeigt. Die Rasterdaten haben einen räumlichen Bezug nur über das Objekt, zu dem sie gehören. Die gemeinsame Ausgabe beider Datenarten sollte möglich sein.
- *Rasterdaten als Hintergrundinformation*: Die Nutzung von Rasterdaten als Hintergrundinformation ist insbesondere in den Fällen hilfreich, in denen keine vektoriellen Geobasisdaten vorliegen, aber jedoch ein Kartenhintergrund für die räumliche Zuordnung der Fachinformation (beispielsweise einer Biotopkartierung oder des Entwässerungsnetzes einer Kommune) benötigt wird. Die Kartenblätter werden gescannt, in das räumliche Bezugssystem eingepasst und gegebenenfalls überarbeitet (Entfernen überflüssiger Bildteile wie Randbeschriftungen, Retouchierung, ...). Weitere, rasterbasierte Verarbeitungsfunktionen stehen nicht zwingend zur Verfügung. Die Rasterdaten sollten durch das System automatisch, blattschnittlos und maßstabsentsprechend zur Verfügung gestellt werden. Die gemeinsame Ausgabe von Vektor- und Rasterdaten muss möglich sein.
- *Vollständige Integration*: Rasterdaten können als Hintergrundinformation oder als eigenständige Daten integriert und – nach Möglichkeit in Kombination mit vektorieller Information – ausgewertet werden. Es steht eine große Leistungspalette an vektororientierten und rasterorientierten Analyseverfahren zur Verfügung⁹. Idealerweise kann der Anwender transparent auf beide Datenarten gleicherweise auswertend zugreifen. Die Konvertierung von einem Format in das andere wird gegebenenfalls im Hintergrund automatisiert durchgeführt.

⁹ Derartige Analysefunktionen finden bereits sogar Eingang in Datenbankmanagementsysteme.

2.6 Attributdaten

Wie in Abbildung 3 auf Seite 12 dargestellt und für herkömmliche Informationssysteme in Kap. 2.6 beschrieben, besteht ein Modellierungsansatz darin, Entitäten durch eine Beschreibung ihrer Eigenschaften zu charakterisieren. Eigenschaften ermöglichen eine Identifizierung, eine Klassifizierung und eine Charakterisierung von Objekten (Abbildung 20).



Eigenschaftstyp	Beispiel
identifizierend	B22
klassifizierend	Bundesstraße
charakterisierend	zweispurig ausgebaut, verbindet Würzburg und Bamberg zul. Höchstgeschwindigkeit: 100 km/h

Abbildung 20: Eigenschaften können identifizierend, klassifizierend oder charakterisierend sein.

Die Speicherung und Verarbeitung von Attributdaten haben eine lange Tradition in kommerziellen, d. h. verwaltungsorientierten IT-Anwendungen. Für die dabei zu verarbeitenden Informationen sehen marktübliche Datenhaltungssystemen meist eine beschränkte Anzahl von Datentypen vor:

- ganzzahlige Werte,
- reelle Werte,
- Datum und Zeit,
- Zeichenfolgen,
- logische Werte (wahr, falsch),
- unstrukturierte Bytefolgen (binäre, große Objekte, binary large objects, BLOB).

Diese Datentypen können durchaus für raumbezogene Eigenschaften verwendet werden, wie Länge, Grundfläche, Abstandsmaße oder Koordinatenwerte. Komplexe Geometrien können gegebenenfalls als BLOB gespeichert werden. Die Beschränkung dieser Datentypen wird durch die Integration objektorientierter Ansätze in die GIS- und Datenbanktechnologie überwunden.

2.7 Multimediale Daten

Von einer multimedialen GIS-Anwendung sprechen wir, wenn über die Attributdaten hinaus weitere Datenarten wie

- Textdokumente,
- Grafikdaten oder gescannte, bildliche Information,
- Ton- oder Videoaufnahmen (wie bei Kanalinformationssystemen)

innerhalb der GIS-Applikation verfügbar sind. „Unstrukturiert“ können die Daten aus der Sicht eines konventionellen Datenhaltungssystems sein: Es weiß nicht, dass eine Bitfolge (Datentyp „binary large object“) aus Benutzersicht beispielsweise einen gescannten Vertrag darstellt. Moderne Datenhaltungssysteme sind jedoch in der Lage, auch diese Daten als Objekte zu speichern, zu verwalten und, gegebenenfalls über zusätzliche Metadaten, verfügbar zu machen.

Die Integration dieser Medien ist jedoch gründlich zu durchdenken und zu prüfen, da sie zu erhöhten Anforderungen (leistungsfähigere Hardware, spezielle Datenbankoptionen, Speicherplatz) und somit zu Mehrkosten bei der Systemeinführung führt.

It is appropriate to use fuzzy sets whenever we have to deal with ambiguity, vagueness and ambivalence in mathematical or conceptual models of empirical phenomena.

P. A. BURROUGH (1998)

2.8 Unschärfe

Wurde auch zuvor bei Rasterdaten auf die Eignung zur Modellierung kontinuierlich auftretender Phänomene hingewiesen, ergeben sich dennoch zwischen Bereichen mit einheitlichen Klassennummern deutliche Grenzlinien. Viele natürliche Phänomene ließen sich jedoch wesentlich realistischer durch graduelle Übergänge zwischen den Klassen beschreiben. Eine derartige Unschärfe finden wir nicht nur bei der Klassifizierung von Daten, sondern beispielsweise auch bei Lageangaben oder bei Attributwerten.

Für derartige Situationen liefert die auf der Definition unscharfer Mengen (fuzzy sets) basierende Theorie der Fuzzylogik einen hilfreichen Ansatz. Anstatt mit Mengen, in denen einzelne Entitäten entweder vollständig oder nicht enthalten sind, wird mit Funktionen operiert, die jedem in der unscharfen Menge enthaltenen Element eine graduelle Zugehörigkeit (üblicherweise als Wert zwischen 1 und 0) zu dieser Menge zuweist. Somit wird es möglich, dass ein und dasselbe Element mit unterschiedlich hohen Wahrscheinlichkeiten in mehreren Mengen enthalten ist. Eine Aussage kann genähert erfolgen oder ein Attributwert subjektiv geprägt sein (BOUILLE 1994). Ein Einsatzgebiet liegt auf der Unterstützung bei Entscheidungsprozessen (*spatial decision support systems*, SDSS), die mit unscharfen Bewertungsgrundlagen operieren müssen (MANDL 1995, RAYADO PÉREZ et al. 2012).

Das Denken in diesen Prinzipien erfordert eine etwas andere Herangehensweise an logische Zusammenhänge, als es die Logik unseres Kulturkreises gewöhnt ist. Entsprechend ist in GI-Systemen die Behandlung von Unschärfe nicht durchgängig implementiert.

2.9 Zeit

Bei Phänomenen mit Raumbezug finden wir eine große Reihe von Erscheinungen, deren Lage, räumliche Ausdehnung oder deren Attributwerte sich im Laufe der Zeit ändern können.

Ein Stausee ändert in Abhängigkeit von Niederschlägen und entnommenem Wasser seine Größe; gleichzeitig ändern sich das Stauvolumen und der Druck, der auf der Staumauer lastet. Die Atmosphäre variiert fortlaufend durch Luftdruck- und Temperaturunterschiede sowie die vertikale Schichtung. In einem Versorgungsnetz werden Leitungen stillgelegt und durch neue Leitungen ersetzt. Das bei einer Kläranlage ankommende Abwasser ändert seine Menge und chemische Zusammensetzung. Grundstücke werden geteilt oder verschmolzen und wechseln ihren Eigentümer.

Komplexe Formen der Historisierung oder der Dokumentation zeitlicher Änderungen von Attributwerten und Geometrien werden bislang durch Datenhaltungssysteme und GI-Systeme nur teilweise unterstützt, beispielsweise in Form von Zeitstempeln (timestamps).

Im Kontext ortsbezogener Dienste und zeitkritischer Anwendungen (Katastrophenmanagement, Sensordatenverarbeitung) rücken die Modellierung, Speicherung und Verarbeitung von Geodaten mit Zeitbezug jedoch mehr in den Blickpunkt.¹⁰

Die Notwendigkeit, den zeitlichen Verlauf im System abzubilden, muss bei der Datenmodellierung und gegebenenfalls bei der Systemausschreibung entsprechend berücksichtigt werden. Im Rahmen der Datenmodellierung können dazu zusätzliche Angaben zur Historie des Objekts (Datum der Entstehung des Objektes, Datum des „Untergangs“ des Objektes) oder Vorgaben für zeitbezogene Indexierung vorgesehen werden. Auch clientseitig ergeben sich Anwendungsfälle, in denen Geodaten in ihrem zeitlichen Verlauf präsentiert werden müssen.

2.10 Metadaten

Solange der Anwender raumbezogene Informationen noch in Form von Plänen, Akten und Karteien nutzte, stand ihm eine Reihe von Hintergrundinformationen unmittelbar zur Verfügung. Er konnte die Spuren bemerken, die manuelle Änderungen hinterlassen haben, die Angabe des zuständigen Sachbearbeiters gab ihm Informationen über die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Information, das Datum der letzten Änderung im Stempelfeld nannte ihm die Aktualität der Unterlage. In digitaler Form ist diese Zusatzinformation nicht

¹⁰ Ein Modellierungsansatz wird in ISO 19108:2002 Geographic information – Temporal Schema beschrieben.

2.11 Koordinatenreferenzsysteme

mehr direkt verfügbar. Es gilt, diese „Daten über die Daten“ in Form von Metadaten zu erfassen und auswertbar vorzuhalten, wie in Abschnitt 7.5 beschrieben wird.

2.11 Koordinatenreferenzsysteme

Der Lagebezug von Objekten kann grundsätzlich über Koordinaten oder über geographische Identifikatoren, wie z. B. postalische Adressen, erfolgen. Erfolgt die lagemäßige Festlegung über Koordinaten, so sind diese immer auf ein geodätisches Bezugssystem (Koordinatenreferenzsystem, CRS) bezogen, das sich aus einem geodätischen Datum und einem Koordinatensystem zusammensetzt¹¹. Das geodätische Datum legt Position und Orientierung des Koordinatensystems auf einer Bezugsfläche (i. Allg. einem Referenzellipsoid) fest.

EPSG Code	Bedeutung
31466	Gauß-Krüger, 2. Meridianstreifen
31467	Gauß-Krüger, 3. Meridianstreifen
31468	Gauß-Krüger, 4. Meridianstreifen
31469	Gauß-Krüger, 5. Meridianstreifen
25832	UTM Zone 32N, ETRS 89
4326	World Geodetic System 1984
25833	ETRS89/UTM33
21781	CH1903 LV03, 6-stellig
3416	Lambert Neu (ETRS89)
31251	MGI(Ferro)/Austria GK West Zone
31252	MGI(Ferro)/Austria GK Central Zone
31253	MGI(Ferro)/Austria GK East Zone
31254	GK M28
31255	GK M31
31256	GK M34
31257	BMN M28
31258	BMN M31
31259	BMN M34

Tabelle 2: Übersicht von EPSG-Codes für Deutschland Schweiz und Österreich^{12,13}

¹¹ <http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/etrs/grund/grund.html>

¹² Eine Übersicht der Schweizer Koordinatenreferenzsysteme findet sich unter http://www-geo.admin.ch/internet/geoportal/de/home/topics/search_tree/dir_1/dir_1_01.html.

Beim Bezug von Geodaten und die Integration in die eigene Geodatenbank ist deshalb die Kenntnis des Koordinatenreferenzsystems eine wesentliche Metainformation. Ein weitverbreitetes Identifikationssystem ist hierbei die Nutzung der EPSG-Codes des OGP Geomatics Committees (OGP 2012, <http://www.epsg.org/>, vgl auch Tabelle 2).

Die AdV verwendet nunmehr für die Führung der Geobasisdaten im AAA-Modell gut verständliche Abkürzungen für die betreffenden Koordinatenreferenzsysteme. Diese sind in der GeoInfoDok aufgeführt und werden beim Austausch der Daten mit angegeben.

Bsp. für eine CRS-Abkürzung:

DE_RD-83_3GK4

Dieses CRS bezeichnet Gauß-Krüger-Koordinaten im 3°-Streifensystem, die auf den 4. GK-Streifen und auf das RD/83-bezogen sind.

Quelle: <http://www.landesvermessung.sachsen.de/inhalt/etrs/grund/grund.html#utm>

Getrennt vom Koordinatenreferenzsystem ist die Kartenprojektion zu betrachten. Sie legt fest, wie Koordinaten des Koordinatenreferenzsystems auf eine Projektionsfläche (Bildschirm, Papier) abgebildet werden. Koordinatenreferenzsystem und Kartenprojektion sind projektspezifisch unter Berücksichtigung der gesetzlichen Rahmenbedingungen (z. B. der INSPIRE-spezifischen Vorgaben) festzulegen.

¹³ Quellen: <http://giswiki.hsr.ch/Koordinatensystem>, <http://www.bev.gv.at/>, http://www.geoland.at/gps_trans.htm, <http://tydac.ch/>

3 Datenhaltung

Die Datenhaltung ermöglicht die zeitunabhängige Informationsweitergabe zwischen den Erzeugern der Information und den Nutzern der Information. Die störungsfreie Bereitstellung der Information stellt spezifische Anforderungen an Datenhaltungssysteme und ist bei einem Systementwurf besonders zu untersuchen. Wesentlich sind die Konsistenz der Daten, ihre dauerhafte Verfügbarkeit (Persistenz), die Behandlung konkurrierender Zugriffe und der Schutz der Daten.

Der GIS-Markt ist gegenwärtig durch leistungsfähige objektrelationale Datenbankmodelle geprägt. Datenstruktur und Bearbeitungsart raumbezogener Informationen machen spezielle Dienstfunktionen notwendig.

3.1 Grundlagen

Wie in Kap. 2.1 beschrieben ermöglicht Datenspeicherung, erzeugte Informationen über längere Zeiträume zu bewahren und nutzbar zu machen. Erzeuger und Nutzer der Daten können unabhängig voneinander und zu beliebigen Zeitpunkten aktiv werden.

Mit der Zunahme der Mehrfachnutzung von Daten im GIS-Bereich kennt die erfassende Stelle oftmals nicht den Nutzer der Daten und seine spezifischen Bedürfnisse. Umgekehrt kennen auch die Datennutzer die Umstände, die mit der Erzeugung der Information verknüpft sind, nur unvollständig. Gleichzeitig sind Daten durch eine sehr lange Lebensdauer und hohen Wert gekennzeichnet, welche die von Hardware- und Softwarekomponenten weit überschreitet.

Der zeitungebundene Zugriff durch möglicherweise sehr viele Datennutzer stellt verschiedene Anforderungen an die Struktur der Daten, an ihre Beschreibung sowie an das Datenhaltungssystem, dem die Daten anvertraut werden. Wie die Gegenüberstellung in Tabelle 3 zeigt, ist aus Gründen der Datensicherheit und des Mehrbenutzerzugriffs ein Datenbankmanagementsystem gegenüber der rein dateibasierten Geodatenhaltung vorzuziehen.

Das Datenhaltungssystem (Datenbankmanagementsystem, DBMS) erbringt dazu verschiedene Dienstfunktionen, die über die Leistung eines dateibasierten Ansatzes weit hinausgehen. Zu ihnen zählen unter anderem das Entgegennehmen, das Speichern und Verwalten, das Ändern und Löschen sowie das Auswählen, Wiederfinden und Bereitstellen von Daten (LOCKEMANN 1993, S. 304). Es setzt sich aus den gespeicherten Daten – der Datenbasis – und einer Instanz zur Erbringung dieser Dienstfunktionen zusammen. Dabei muss es Konsistenz und Persistenz sichern (siehe Textbox 2) sowie konkurrierende Zugriffe synchronisieren.

Es ist wichtig, diese grundlegenden Anforderungen zu verstehen, um eine entsprechende Bewertung angebotener Systeme vornehmen zu können.

	Dateibasierte Datenhaltung	DBMS-basierte Datenhaltung
Kennzeichen	meist tabellarischer Aufbau, Daten in einer oder mehreren Dateien abgelegt.	Daten in DBMS gespeichert. Unterstützung aller relationalen Operatoren ¹⁴ .
Einsatz	für einzelne Nutzer oder kleine Arbeitsgruppen.	für Mehrbenutzerbetrieb.
Datenschutz	Zugriffsrechte sowie Datensicherung durch Funktionen des Betriebssystems.	DBMS leistet Zugriffsschutz und Rechteverwaltung.
Daten-sicherheit	Datensicherung und Wiederherstellung durch Funktionen des Betriebssystems oder Zusatzsoftware.	Datensicherung und Wiederherstellung sind Funktionen des DBMS.
Portabilität	Einschränkungen sind möglich.	häufig auf unterschiedlichen Betriebssystemen verfügbar.
Datenmenge	abhängig von max. Dateigröße.	abhängig vom jeweiligen DBMS.
Geodaten-haltung	alphanumerisch oder binäres Datenfeld .	Geometriedatentyp.
Anwendungs-oberfläche	Möglichkeit der Dateneingabe und Datenänderung mit Standardwerkzeugen (bei alphanumerischen Attributwerten).	spezielle Client-Anwendungen oder SQL-Kommandoschnittstelle.

Tabelle 3: Kennzeichen dateibasierter *versus* DBMS-basierter Geodatenhaltung.

Konsistenz: Eine Datenbasis muss zu jedem Zeitpunkt den Konsistenzregeln für ein Modell der Realwelt folgen. Ein Datenhaltungssystem gewährleistet Konsistenz, wenn seine Dienstfunktionen stets einen konsistenten Zustand seiner Datenbasis wieder in einen konsistenten Zustand überführen.

Unverletzlichkeit: Ein Datenhaltungssystem gewährleistet Unverletzlichkeit, wenn bei einem Fehlverhalten die Datenbasis einen konsistenten Zustand annimmt, der die Ergebnisse aller bis zu einem bestimmten Zeitpunkt abgeschlossenen Dienstleistungen wiederspiegelt.

Synchronisation konkurrierender Zugriffe: Gleichzeitig ablaufende (nebenläufige) Datenbanktransaktionen sind dann korrekt synchronisiert, wenn jede so abläuft, als ob sie ohne Konkurrenz wäre, insbesondere keinen inkonsistenten Datenbasiszustand präsentiert und bei Abschluss einen konsistenten und persistenten Datenbasiszustand erreicht.

¹⁴ Im Falle eines relationalen DBMS

Textbox 2: Postulate an Datenhaltungssysteme nach Lockemann (1993).

3.1.1 Kongruenz und Konsistenz

In einem DBMS wird ein Ausschnitt der Realwelt modellhaft abgebildet. Die Nutzbarkeit der gespeicherten Daten setzt ihre Übereinstimmung – ihre *Kongruenz* – mit der Wirklichkeit voraus. Für die oben genannten Dienstfunktionen des Entgegennehmens, Änderns und Löschens bedeutet dies, dass ihre Anwendung die Kongruenz gewährleistet und die Datenbasis von einem kongruenten Zustand in einen anderen überführen muss.

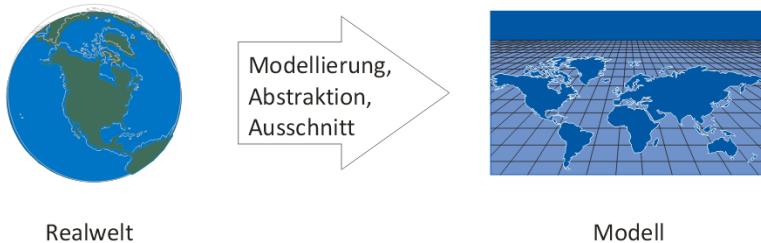


Abbildung 21: Im Datenmodell bilden wir einen Teil der Realwelt ab.

In praxi ist die Übereinstimmung zwischen Wirklichkeit und Datenbasis jedoch kaum jemals vollständig zu erreichen; man denke nur an die Zeitintervalle bei der Aktualisierung von Geobasisdaten. Daneben werden Fehler durch das System selbst verursacht oder es passieren beispielsweise bei der Dateneingabe und -fortführung Fehler.

Das Postulat der Kongruenz wird deshalb abgeschwächt und durch eine Reihe von *Konsistenzbedingungen* ersetzt, deren Einhaltung das Datenhaltungssystem bei der Erbringung der Dienstfunktionen prüfen kann. Diese müssen die Datenbasis stets von einem konsistenten Zustand wieder in einen konsistenten Zustand überführen.

Konsistenzbedingungen sind beispielsweise Abhängigkeiten zwischen Datentabellen, definierte Wertebereiche für Attributdaten, ihre Festlegung als zwingend zu erfassende Information („Pflichtfelder“) oder Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Sachdaten. Konsistenzbedingungen im Geo-Bereich sind auch topologische Bedingungen (Kap. 2.3), z. B. für Flurstücke oder Leitungsnetze, die Dimension (2D, 3D) von Geodaten und die Übereinstimmung von Geodaten mit zuvor festgelegten räumlichen Bezugssystemen.

Für diese Bedingungen werden Strukturierungsregeln und Verarbeitungsregeln definiert. Die Gesamtheit dieser Regeln wird konzeptuelles Modell genannt (Kap. 7.2). Regeln werden später in Form von Bedingungen (engl. *constraints*) im internen Schema berücksichtigt.

3.1.2 Persistenz

Neben der Einhaltung der im Datenmodell definierten Regeln muss das Datenhaltungssystem noch weitere Konsistenzbedingungen durch Abwehr verschiedener Störungen sicherstellen. Dazu zählen

- Störungen infolge unvorhergesehener, unbeabsichtigter Wechselwirkungen von Dienstleistungen für verschiedene Nutzer (konkurrierende Zugriffe),
- Störungen infolge Software- oder Hardwarefehlern,
- Störungen infolge externer, schädigender Ereignisse.

Wechselwirkungen im Zusammenhang mit konkurrierend auf die Daten zugreifenden Nutzern werden in Abschnitt 3.1.4 näher betrachtet. Das Datenhaltungssystem selbst kann aber auch wie jede Software fehlerhaft sein und Störungen hervorrufen. Fehler können auch durch den Ausfall von Speicherkomponenten, des Rechners oder der Netzwerkverbindung verursacht werden. Externe, schädigende Einflüsse wie Feuer oder Wasser können gar zur physischen Zerstörung des Datenhaltungssystems führen. Diesen Gefahren ist durch technische und organisatorische Maßnahmen Rechnung zu tragen, wie sie in Abschnitt 9.3 diskutiert werden.

Für das Datenhaltungssystem ist zu fordern, dass es in der Lage sein muss, nach einem Fehlverhalten einen konsistenten Zustand anzunehmen, der die Ergebnisse aller bis zu einem bestimmten Zeitpunkt abgeschlossenen Dienstleistungen widerspiegelt (siehe Textbox 2). Bei Verlust der Datenbasis muss auf einen außerhalb des Datenhaltungssystems gespeicherten Bezugszustand zurückgegriffen werden. Dieser wird mit dem DBMS periodisch als Datenbasisabzug (*dump*) hergestellt. Da demnach gewisse Zustände der Datenbasis nicht verloren gehen können, spricht man von der *Persistenz* (Dauerhaftigkeit, Langzeitverfügbarkeit) der konsistenten Zustände.

Zum Zeitpunkt der Störung laufende Dienstleistungen müssen, wie Abbildung 22 zeigt, auf einen Stand zurückgesetzt werden (*roll back*), der einem konsistenten Zustand entspricht und von dem aus die Dienstleistung wieder aufgenommen werden kann („Wiederanlaufen“ des Datenhaltungssystems, *recovery*). Hierbei wird aus Sicht des Datenhaltungssystems von der Annahme ausgegangen, dass der Abbruch der gerade laufenden Dienstleistungen keinen irreparablen Schaden anrichtet.

Die Protokolldatei kann Aufschluss über den letzten, persistenten Zustand der Datenbasis geben und enthält auch Angaben über vorgenommene Verarbeitungsschritte, sodass diese durch das System selbstständig wieder durchgeführt werden können, bis der konsistente Zustand unmittelbar vor der Störung erreicht ist.

3.1 Grundlagen

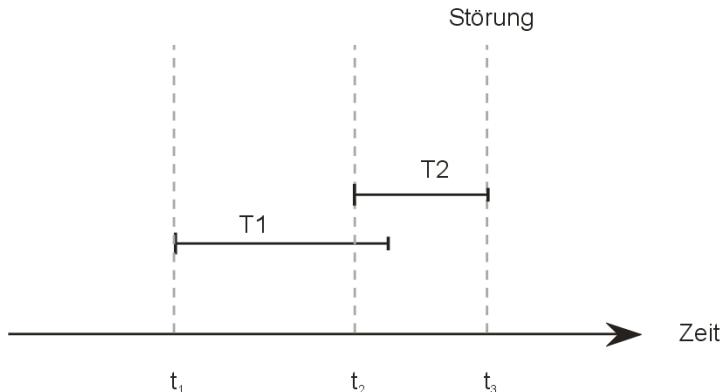


Abbildung 22: Konkurrierende Dienstleistungen (Transaktionen T1, T2) müssen unabhängig voneinander laufen und im Störungsfall auf einen Stand t_1 zurückgesetzt werden (roll back), der einem konsistenten Zustand entspricht.

3.1.3 Transaktionen

Im Zusammenhang mit Persistenz spielt der Begriff der Datenbasistransaktion eine wichtige Rolle. Als *Transaktion* (engl. *transaction*) wird die kleinste Einheit an Dienstfunktionalität bezeichnet, nach deren Abschluss wieder ein persistenter, konsistenter Zustand erreicht ist.

Eine Transaktion muss dazu als Einheit vier Eigenschaften erfüllen (das sog. ACID-Prinzip):

- *Atomarität (atomicity)*: Eine Transaktion wird entweder vollständig oder gar nicht ausgeführt. Nach einem vorzeitigen Abbruch bleiben keine Zwischenergebnisse von teilweise ausgeführten Dienstfunktionen erhalten.
- *Konsistenz (consistency)*: Eine Transaktion führt (wie oben erwähnt) von einem konsistenten Datenbankzustand zu einem anderen konsistenten Datenbankzustand. Die Transaktion wird abgebrochen und die Datenbank im Anfangszustand belassen, falls durch eine Transaktion Integritätsbedingungen verletzt werden.
- *Isolation (isolation)*: Parallel ausgeführte Transaktionen sind voneinander isoliert und beeinflussen sich nicht. Jede Transaktion hat den Effekt, den sie verursacht hätte, als wäre sie allein ausgeführt worden.
- *Dauerhaftigkeit (durability)*: Der von einer Transaktion bewirkte (neue) Zustand des Datenbanksystems ist dauerhaft (persistent) und ist nur durch eine neue Transaktion mit gegenteiliger Wirkung rückgängig zu machen („Rückbuchung“).

Im Kontext der raumbezogenen Informationsverarbeitung kann zwischen kurzen (engl. *short transactions*) und langen Transaktionen (engl. *long-duration transactions*) unterschieden werden. Kurze Transaktionen, wie das Ändern eines Sachattributs oder eine geringfügige Änderung der Geometrie, werden sofort auf der Datenbasis ausgeführt. Änderungsarbeiten, die beispielsweise einen Teil eines topologisch verknüpften Leitungsnetzes betreffen und mehrere Stunden oder Tage in Anspruch nehmen, werden als lange Transaktion durchgeführt, während der alle betroffenen Objekte vor Veränderungen durch andere Transaktionen geschützt sein müssen.

3.1.4 Konkurrenzkontrolle

Wechselwirkungen von Dienstleistungen für verschiedene Nutzer können entstehen, wenn zwei Dienstnehmer zur selben Zeit dieselben Daten ändern wollen. Im GIS-Bereich treten solche Situationen auf, wenn mehrere Anwender auf das gleiche Objekt, auf topologisch verknüpfte Objekte oder sich überlappende räumliche Bereiche verändernd zugreifen wollen.

Die nebenläufigen – konkurrierenden – Transaktionen behindern sich gegenseitig. Dies kann gar zu wechselseitigen Verklemmungen (engl. *dead locks*) führen. Das Datenhaltungssystem muss dafür sorgen, dass die gegenseitige Beeinträchtigung gering gehalten wird; insbesondere darf kein Nutzer ein inkonsistenter Zustand präsentiert werden. Nach Abschluss der Konfliktlösung muss ein konsistenter und persistenter Zustand erreicht sein.

Für die Synchronisierung konkurrierender Zugriffe lassen sich der präventive, auch pessimistisch genannte, und der optimistische Ansatz unterscheiden (LOCKEMANN 1993).

- *Präventiver Ansatz:* Das System besitzt Sperrmechanismen, um Zugriffskonflikte aufzulösen. Zu Beginn der zuerst schreibenden (fortführenden) Transaktion werden die fortzuführenden Daten für andere Nutzer gesperrt (*lock*). Dabei wird von Kurzzeittransaktionen ausgegangen: Versucht eine Anwendung auf einen gesperrten Satz zuzugreifen, wird sie so lange in eine Warteschlange eingereiht, bis die Sperre wieder freigegeben wird. Dieser Ansatz zur Synchronisierung von Zugriffen kann jedoch bei konkurrierenden Langzeittransaktionen, wie sie sich bei der GIS-Datenerfassung und -fortführung ergeben, zu Einschränkungen bei der Fortführung der Daten führen.

Unterschiede zwischen Datenhaltungssystemen ergeben sich hinsichtlich der *Granularität* der Sperrung, d. h., ob sie sich auf die gesamte (geographische) Datenbasis, auf eine Objektklasse bzw. Relation, ein Objekt oder ein Attribut bezieht. Je feiner die Granularität gewählt werden kann, desto weniger werden andere Nutzer später in ihrer Arbeit eingeschränkt werden – ein Umstand, der bei der Systemauswahl mit bedacht werden sollte!

Die Sperrung erfordert systemseitig entsprechenden Verwaltungsaufwand, der bei manchen Systemen durch eine zusätzliche Middleware-Applikation wahrgenommen

3.1 Grundlagen

wird. Nach Abschluss dieser Transaktion werden die Sperren wieder aufgehoben, sodass ein anderer Nutzer verändernd auf die Daten zugreifen kann.

- *Optimistischer Ansatz*: Die optimistische Synchronisation verzichtet auf Sperren und soll ein ungehindertes Arbeiten konkurrierender Nutzer erleichtern. Hierbei müssen die Transaktionen einen bestimmten, dreiphasigen Aufbau besitzen. In der *Lesephase* tritt die Transaktion nur lesend in Erscheinung. Nimmt der Anwender Änderungen vor, werden diese ohne Berücksichtigung anderer Transaktionen in eigenen Arbeitsbereichen (Kopien, Alternativen, „Versionen“) durchgeführt. Diese Alternativen sind zunächst nur scheinbare Kopien des Gesamtdatenbestandes; erst bei Änderungen werden Kopien der geänderten Objekte erzeugt. Von Alternativen können wiederum Alternativen abgeleitet werden, um beispielsweise aufeinander aufbauende Planungsvarianten zu erstellen. Innerhalb einer Alternative erfolgt die Bearbeitung über Kurzzeittransaktionen mit den zuvor beschriebenen Rücksetz- und Wiederherstellungsmechanismen. Änderungen können durch die Anwender in den jeweiligen Varianten unabhängig voneinander vorgenommen werden.

Mögliche Konflikte werden dadurch bereinigt, dass in der *Validierungsphase* zwischen dem Originalzustand des Objektes oder einer der Alternativen gewählt werden kann.

Ist die Validierung erfolgreich verlaufen, werden in der *Schreibphase* die Änderungen aus dem Arbeitsbereich in die Datenbasis eingebracht.

LOCKEMANN (1993) weist auf Probleme in der Validierungsphase hin. Hier muss entschieden werden, ob die von der Transaktion gelesenen Daten zu Beginn der Validierung überhaupt noch gültig sind, weil sie beispielsweise mittlerweile verändert oder gerade von anderen Transaktionen gelesen wurden. Gegebenenfalls müssen dann eine oder mehrere Transaktionen zurückgesetzt werden, d. h. den Inhalt ihres Arbeitsbereichs löschen. Die Entscheidung, welche Transaktion dies tut, muss der Anwender treffen.

Unabhängig von der Art der eingesetzten Technik gilt, dass dezidierte organisatorische Regelungen nicht durch technische Einrichtungen ersetzt werden sollten.

3.1.5 Zugriffskontrolle

In einem GIS mit Mehrbenutzerbetrieb ist es unerlässlich, den Datenzugriff (lesend und schreibend) zu überwachen. Im Datenhaltungssystem können, wie im Fall des Automatisierten Liegenschaftsbuchs (ALB) oder eines Indirekteinleiterkatasters, auch personenbezogene Daten geführt werden. Auch fachliche Zuständigkeiten (zum Beispiel bei abteilungs- oder organisationsübergreifenden Installationen) müssen systemseitig abgebildet und unterstützt werden. Beispielsweise wird ein Wasserwerk allein das Recht haben, die Bestandsdokumentation der Wasserversorgung fortzuführen. Andere Stellen haben jedoch die Möglichkeit, für Auskunftszecke diese Informationen zu nutzen.

Drei wesentliche Grundtypen von Zugriffsrechten sind

1. Berechtigung für lesenden Zugriff (z. B: Extraktion von Geodaten),
2. Berechtigung für schreibenden (ändernder) Zugriff, wie beispielsweise Änderung von Objekteigenschaften im Rahmen der Datenerfassung und -fortführung,
3. Berechtigung für Verwaltungsaufgaben (Systemadministration, Strukturänderungen, Nutzer- und Rechteverwaltung).

Die Vergabe von Schreib- und Leserechten kann auf Datenbanken, Objektklassen (Tabellen), auf einzelne Objekte beziehungsweise Datensätze oder auf einzelne Datenfelder (i. A. über Sichten realisiert) bezogen erfolgen. Im Allgemeinen werden nur Rechte für Datenbanken und Tabellen verwaltet. Ohne Berechtigung kann darum die entsprechende Operation nicht durchgeführt werden.

3.1.6 Verteilte Datenhaltung

Die Datenbasis muss nicht zwangsläufig zentral vorgehalten werden, sondern kann über mehrere, durch ein Netzwerk verbundene Rechner verteilt sein, um Datenverfügbarkeit und schnellen Zugriff zu unterstützen. Seitens der Anwendung muss gewährleistet sein, dass von jedem Rechnerknoten aus so auf die Daten zugegriffen werden kann, als ob sie an einer Stelle innerhalb des Datenhaltungssystems und auf dem eigenen Rechner vorgehalten würden. Man spricht in diesem Zusammenhang von Verteilungs- und Replizierungstransparenz.

Die Realisierung verteilter Datenhaltung stellt gleichwohl sehr hohe technologische Anforderungen (LOCKEMANN 1993, S. 565). Die beteiligten Rechner können eine große Heterogenität aufweisen, Störungen, beispielsweise durch Ausfall von Netzwerkverbindungen oder einzelner Rechner, muss das Datenhaltungssystem weitgehend vor dem Nutzer verbergen (Fehlertransparenz).

Die Realisierung einer verteilten Datenhaltung erfordert eine Berücksichtigung spezifischer Anforderungen bei der Datenmodellierung (Fragmentierung von Relationen und Festlegung des Speicherorts, ...) und beim Systementwurf.

Ähnlich zu den Grundregeln für RDBMS von Codd (siehe Abschnitt 3.3.1) wurden von DATE (1995) Grundregeln für verteilte Datenbankmanagementsysteme (VDBMS) definiert. Konkrete Produkte erfüllen aber laut TEMPL (2005) meist nur einen Teil der Forderungen.

Im Bereich der Geoinformatik spielen solche verteilten Systeme nur in Ausnahmefällen eine Rolle. Disjunkte Datenbestände werden jedoch über standardisierte, interoperable Protokolle und Dienste verknüpft und in Anwendungen verfügbar gemacht.

3.2 Komponenten von Datenhaltungssystemen

Das Datenhaltungssystem setzt sich aus den gespeicherten Daten – der Datenbasis – und dem Datenverwaltungssystem zusammen (Abbildung 23). Dieses umfasst alle Softwarekomponenten zur Erbringung der für das Einrichten und Betreiben der Datenbasis notwendigen Dienstfunktionen.

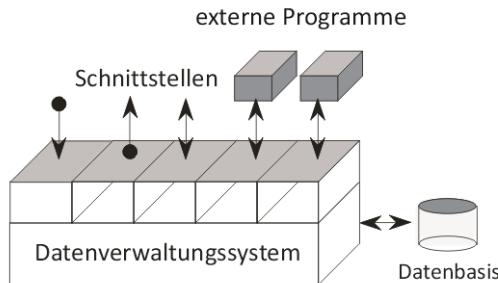


Abbildung 23: Komponenten eines Datenhaltungssystems.

Das Verwaltungssystem stellt eine Reihe von Schnittstellen zur Verfügung. Zu ihnen zählen Möglichkeiten, Daten und Strukturen über das interne Schema zu definieren, Massendaten zu laden bzw. zu entladen, Abfragen über Abfragesprachen zu formulieren, Auswertungen (Reports) durchzuführen und formatiert auszugeben sowie Programmschnittstellen zur Kopplung mit Anwendungsprogrammen.

Programmschnittstellen (application programming interfaces, APIs) ermöglichen Programmen, ähnlich wie einem normalen Datenbanknutzer, auf die Datenbank definierend, auswertend und kontrollierend zuzugreifen. Datenbankinhalte können so in Programmvariable übernommen und weiter ausgewertet werden. Dabei werden teilweise ODBC bzw. JDBC als Zwischenschicht verwendet oder die Programmiersprachen stellen direkt Zugriffsmöglichkeiten zur Verfügung. Manche Datenhaltungssysteme integrieren selbst eigene, mächtige Programmiersprachen, etwa PL/SQL (Oracle) oder PL/pgSQL (PostgreSQL).

Für die Kommunikation mit dem System stehen Sprachen zur Verfügung, die jeweils bestimmten syntaktischen Regeln folgen:

- Eine Datendefinitionssprache (*data description language*, DDL) erlaubt es, das Ergebnis der Datenmodellierung dem System mitzuteilen.
- Über eine Abfrage- und Manipulationssprache (*query language*, *data manipulation language*, DML) sind Abfrage und Änderung des Datenbankinhaltes möglich.
- Eine dritte Sprachkomponente, die Datenkontrollsprache (*data control language*, DCL), ermöglicht es, Transaktionen kontrolliert anzustoßen, abzuschließen oder rückgängig zu machen.

Bei heutigen relationalen Datenhaltungssystemen (RDBMS) sind die drei Kategorien in einer standardisierten Sprache – SQL – vereint.

In GI-Systemen sind entsprechende Funktionen für Datendefinition, Abfrage und Manipulation sowie für Vorgangskontrolle in der Anwendungsoberfläche zu erwarten.

3.3 Datenbankmodelle

Die Gesamtdaten eines Anwendungssystems werden prinzipiell unabhängig von weiteren IT-Gesichtspunkten auf einer logischen Ebene beschrieben. Damit diese Beschreibung erfolgen kann, ist ein bestimmter formaler Rahmen notwendig: das sogenannte Datenbankmodell. Es gibt an, in welcher Form die Daten strukturiert werden. Im Zuge der Einführung eines Informationssystems wird das Datenbankmodell auf Basis des konzeptuellen Entwurfs entwickelt, das in Kapitel 7 vorgestellt wird.

Während in den 70er- und 80er-Jahren noch Datenbanksysteme auf der Grundlage des Netzwerkdatenmodells und des hierarchischen Datenbankmodells von Bedeutung waren, hat seither das relationale Datenbankmodell eine marktbeherrschende Stellung gewonnen (Abschnitt 3.3.1). Leistungsfähige Weiterentwicklungen und Implementierungen in Form objekt-relationaler Datenbankmanagement-Systeme liegen als geschlossene Lösungen oder als quelloffene Systeme vor, die den objektorientierten Ansatz und das Vererbungskonzept auf die Schemadefinition übertragen (Kap. 3.3.2). Daneben existieren rein objektorientierte Datenbankmanagement-Systeme (OO-DBMS, Kap. 3.3.3) und aktuell NoSQL-Datenbanken (Kap. 3.3.5). Die Speicherung und Auswertung von XML-Dokumenten spielen eine zunehmende Rolle (Kap. 3.3.4).

3.3.1 Das relationale Datenbankmodell

Basierend auf mathematischen Überlegungen stellte 1970 E. F. Codd „A relational Model of Data for large Databanks“ vor, das in der Folge als Relationsmodell oder als relationales Datenbankmodell bezeichnet wurde (Codd1970).

Die Einhaltung der 12 Codd'schen Regeln (Codd 1986), die stichwortartig in Textbox 3 zusammengestellt sind, bilden ein Maß für die „Relationalität“ eines Datenhaltungssystems. Die Orientierung an diesen Regeln ist dort wesentlich, wo relationale Datenbanken für die Datenhaltung verlangt werden. Einige wesentliche Kennzeichen sind:

- *Tabellenstruktur*: Alle Informationen werden in Tabellen (Relationen) gespeichert. Einzelne Datensätze – die Zeilen innerhalb einer Tabelle – werden auch als Tupel bezeichnet.
- *Metainformation*: Alle Daten, die zur Verwaltung des Systems benötigt werden (z. B. zur Verwaltung von Zugriffsrechten), sind ebenfalls in Tabellen gespeichert.

3.3 Datenbankmodelle

- *Standardisierte Sprache*: Alle Benutzer – Datenbankverwalter, Anwendungsentwickler und Anwender – verwenden SQL (structured query language, SQL). Diese unterstützt Datendefinition, Vereinbarung darauf aufbauender Sichten (*view definition*), interaktive oder programmgestützte Fortführung der Daten, Festlegung von Integritätsbestimmungen und Kontrolle der Transaktionen. Diese normierte, interaktiv oder eingebettet nutzbare Sprache ist – in ihren Grundzügen – vergleichsweise leicht zu erlernen und durch die Mengenorientierung sehr mächtig.
- *Konsistenzsicherung*: Eine Überprüfung der Konsistenz und Integrität der Daten erfolgt durch das DBMS selbst (über entsprechende Bedingungen, formuliert durch SQL-Anweisungen) und nicht durch Anwendungsprogramme.

1. Speicherung in Tabellenform.
2. Zugriff über Tabellenname, Primärschlüssel und Spaltennamen.
3. Speicherung aller Angaben über die Datenbank selbst ebenfalls in Tabellen (Metadaten).
4. Einheitliche Sprache für alle Anwender und Aufgaben.
5. Änderungen in Datensichten (Views) werden im eigentlichen Datenbestand vorgenommen (sofern der Primärschlüssel Teil der Datensicht ist).
6. Operationen auf einzelne Datensätzen wie auch mit Mengen von Datensätzen.
7. Physikalische Datenunabhängigkeit von Daten und Anwendungsprogrammen.
8. Logische Datenunabhängigkeit von Anwendungsprogrammen.
9. Eine Überprüfung der Konsistenz und Integrität der Daten erfolgt durch die Datenbank und nicht durch die Anwendungsprogramme.
10. Der Anwender muss nicht wissen, wo und wie Daten gespeichert sind (Verteilungsunabhängigkeit).
11. Systematische Behandlung von Null-Werten.
12. Es darf nicht möglich sein, diese Regeln durch eine Programmiersprache zu unterlaufen.

Textbox 3: Die 12 Codd'schen Regeln.

Mit dem Relationenmodell sind folgende Eigenschaften verbunden:

- Eine Relation ist eine Menge von Tupeln. Diese kennen keine Reihenfolge (Ordnung), auch wenn die tabellarische Anzeige eine Reihenfolge suggeriert.
- Attributwerte sind atomar (entsprechend der 1. Normalform).
- NULL als Indikator für das Fehlen eines Wertes ist möglich.
- Alle Tupel müssen prinzipiell voneinander verschieden sein.

Relationale Datenbankmanagementsysteme sind derzeit die Spitzenprodukte der Datenbanktechnologie und sehr weit verbreitet. Es darf dennoch nicht angenommen werden, dass derartige Datenhaltungssysteme leicht zu handhabende Produkte darstellen. Im Gegenteil können ihre Installation und Verwaltung komplexe Aufgaben darstellen, die für die Mitarbeiter entsprechende Schulung und Erfahrung voraussetzen.

3.3.2 Objektrelationale Datenbankmodelle

Das klassische relationale Modell wird funktional zum sog. objektrelationalen Modell erweitert, indem bestimmte Konzepte der Objektorientierung in das relationale Modell integriert werden. Die Erweiterungen betreffen laut LANGE (2006) u. a. mengenwertige Attribute, die Bildung anwendungsspezifischer Attribute, die Objektidentität (künstlich erzeugte Objektidentifikatoren anstelle von aus Attributen erstellten Schlüsseln), Vererbung und Klassenhierarchie. Ein mengenwertiges Attribut kann beispielsweise die Koordinaten aller Stützpunkte eines Linienzuges enthalten.

Der SQL-Standard SQL-99 dokumentierte diese Entwicklungen (TEMPL 2006):

- Möglich wird die Definition von strukturierten (zusammengesetzten) Datentypen, die als Datentyp verwendet werden können. Zum Beispiel könnte ein Typ definiert werden, der eine vollständige postalische Adresse abbildet. Für die Speicherung von Geodaten stellen die Systeme entsprechende Geometriedatentypen bereit.
- Entsprechend dem Konzept von Basisklassen und abgeleiteten Klassen in objektorientierten Programmiersprachen erlaubt SQL die Definition von Basistabellen und Erweiterungen davon (Untertabellen).
- SQL erlaubt die Definition von Methoden ähnlich wie in objektorientierten Programmiersprachen. So wurde es möglich, die funktionalen Anforderungen des Simple Feature-Standards (HERRING 2011) direkt in das Datenbankmanagementsystem zu integrieren.

Aktuelle Datenbankmanagementsysteme besitzen diese objektrelationale Erweiterungen und unterstützen raumbezogene Datentypen und Funktionen. Im Bereich der freien Software ist PostgreSQL (mit PostGIS als räumliche Erweiterung zur Speicherung und Verwaltung von Geodaten) eines der ältesten und am weitesten fortgeschrittenen objektrelationalen Datenbankmanagementsysteme.

Bestanden vor einigen Jahren noch Vorbehalte gegen den Einsatz relationaler Datenbanksysteme im GIS-Bereich, kann heutzutage die Bedeutung der GIS-Datenhaltung in objektrelationalen Standard-Datenbanken nicht genug betont werden. Es handelt ausgereifte und leistungsstarke Systeme, die einen Mehrbenutzerzugriff unterstützen und die Daten durch das Transaktionskonzept widerspruchsfrei speichern. Integritätsbedingungen, wie z. B. die Wertebereichsintegrität und die referentielle Integrität, stellen die Konsistenz der Daten sicher.

3.3 Datenbankmodelle

Mit der Simple Features Specification des Open GIS Consortiums (HERRING 2011) liegt ein Industriestandard für die Speicherung von Punkten und Punktmengen, Linien und Linienzügen sowie Polygonen und zusammengesetzten Elementen, wie z. B. Polygonen mit Enklaven, vor. Aufgrund der Unterstützung dieses Standards durch Datenbankanbieter ist es möglich, aus verschiedenen GI-Systemen und Webapplikationen heraus einen leistungsfähigen, verlässlichen transparenten Zugriff auf einen Geodatenpool herzustellen.

3.3.3 Objektorientierte Datenbanken

Vielfach werden objektorientierte Ansätze im Bereich der Informationstechnologie eingesetzt, unter anderem bei der Softwareentwicklung, bei der Gestaltung von Anwendungsoberflächen (*user interface*) sowie bei der Datenbank- und GIS-Technologie.

Grundsätzlich sollte die konzeptuelle Modellierung objekt- bzw. klassenbezogen durchgeführt werden. Dabei ist die Einheit von Grafik und Sachdaten (und des Verhaltens) als Eigenschaft eines Objekts sicherzustellen.

Neben den objektrelationalen Systemen existiert ebenfalls eine Reihe von rein objektorientierten Datenbanksystemen. Ein markanter Vertreter ist das im GIS Smallworld¹⁵ integrierte DBMS (<http://en.wikipedia.org/wiki/VMDS>).

Ein Unterschied zu herkömmlichen Datenbanksystemen ergibt sich in Bezug auf konkurrierende Zugriffe und ihre Lösung. Hier wird in der Regel der in Abschnitt 3.1.4 beschriebene optimistische Ansatz auf der Basis von Versionsmanagementeinrichtungen verfolgt.

Bei objektorientierten Datenbanken können die mangelnde Standardisierung, die Notwendigkeit der Erstellung von „Brücken“ zu Standard-Datenbanksystemen und die zu geringe Performance den Einsatz erschweren. Auch objektrelationale Systeme und GI-Systeme unterstützen heutzutage Versionierungskonzepte.¹⁶

3.3.4 XML-Datenbanken

Die direkte Speicherung und Auswertung von XML-Dokumenten werden von nativen XML-Datenbanken¹⁷ und auch von einer Reihe objektrelationalen Datenbankmanagementsystemen auf der Grundlage des Standards ISO/IEC 9075-14:2011 Part 14: XML-Related Specifications unterstützt. Als Anfragesprache werden XQuery oder XPath (<http://www.w3.org/TR/xpath>) genutzt.

¹⁵ http://www.ge-energy.com/products_and_services/products/-geospatial_systems_and_mobile_workforce/smallworld_geospatial_solutions.jsp

¹⁶ vgl. beispielsweise http://docs.oracle.com/html/A96698_01/version.htm, <http://edndoc.esri.com/arcade/9.2/concepts/versioning/versioning.htm>

¹⁷ vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/XML-Datenbank#Native_XML-Datenbanken

3.3.5 NoSQL-Datenbanken

NoSQL-Datenbanken versuchen im Sinne von „Not only SQL“ bereits existierende Datenbanklösungen durch folgende Ansätze sinnvoll zu ergänzen:

- Speicherung von Daten, die nicht in das traditionelle Tabellenschema passen, durch weitgehenden Verzicht auf feste Datenschemata und abgeschwächte Konsistenzmodelle,
- dokumentenorientierte Speicherung,
- hohe Performance auch bei sehr großen, komplexen Datenmengen.

In der Tat finden wir gerade bei Geodaten oftmals sehr variable Strukturen, die eine schemalose Speicherung begünstigen würden.

Die Entwicklung von NoSQL-Systemen ist eine Reaktion auf Entwicklungen in der Entstehung und Nutzung von Daten (WOLFF et al. 2013):

- Datenmengen wachsen exponentiell.
- Verlinkung der Daten (Hypertext im Web, Blog-Inhalte mit Ping-backs, User Generated Content).
- Geringerer Grad und Struktur der Daten (zum Beispiel bei *User Generated Content* oder beim Tagging-Konzept in OpenStreetMap).
- Nutzung von Textindizes zur Volltextsuche.
- Zunahme von Web-Orientierung und Verteilung von Informationen.
- Hohe Anforderungen in Bezug auf Datendurchsatz und Hochverfügbarkeit infolge kostengünstiger Hochgeschwindigkeits- sowie mobilen Internet-Zugängen.

Die Systemansätze der NoSQL-Systeme (wie Nutzung von JSON/JavaScript und HTTP-basierter Zugriff) verdeutlicht die Nähe zum Web. Durch Hochverfügbarkeit, Replikation und Verteilung der Daten auf mehreren Servern wird versucht, diesen Anforderungen zu entsprechen.

Open-Source-Produkte sind unter anderem MongoDB, CouchDB und HBase. Googles BigTable und Amazon Dynamo sind proprietäre Lösungen, die vor allem für cloudbasierte Dienste angeboten werden. MongoDB (<http://www.mongodb.org/>) unterstützt GeoJSON (Point, LineString, Polygon)¹⁸ und bietet einige wenige räumliche Analyseoperatoren (\$geoWithin, \$geoIntersects, \$near, \$nearSphere). Apache CouchDB (<http://couchdb.apache.org/>) nutzt ebenfalls JSON, um Dokumente zu speichern. Es bietet sich an, Geodaten in das GeoJSON-Format zu konvertieren¹⁹. Mit GeoCouch steht ein

¹⁸ <http://docs.mongodb.org/manual/release-notes/2.4/>

¹⁹ Ein Bericht über ein Projekt mit GIS-Bezug findet sich unter <http://www.ioexception.de/2011/08/09/einfache-visualisierung-von-geodaten-%E2%80%93-teil-1->

3.3 Datenbankmodelle

spezieller Index für Geodaten zur Verfügung. HBase (<http://hbase.apache.org/>) ist die in Java geschriebene Datenbank von Hadoop, einem Open-Source-Projekt der Apache Software Foundation (WOLFF et al. 2013).

couchdbgeocouch/, ein weiteres unter http://gispoint.de/fileadmin/user_upload/-paper_gis_open/537509009.pdf

4 Kapitel: Kommunikation

Im vorangegangenen Kapitel haben wir Eigenschaften von Datenhaltungssystemen und die Möglichkeit, über Schnittstellen mit ihnen zu kommunizieren, kennengelernt. In diesem Abschnitt verlassen wir diese lokale Sicht und betrachten Möglichkeiten, mittels Kommunikationseinrichtungen über größere Entfernung auf Daten zuzugreifen oder sie an andere weiterzuleiten. Hierzu werden grundlegende Architekturkonzepte, Strukturen, Protokolle und Standards vorgestellt.

Spezifisch für das GIS-Umfeld ist die Übernahme und Weitergabe von Daten. Kommunikationsvoraussetzung sind dabei dezidierte Dienste und die Konvertierung verschiedener Datenformaten. Für die Einführung der raumbezogenen Informations-technologie müssen wir uns mit den verschiedenen Ansätzen, Möglichkeiten und Problemen auseinandersetzen.

4.1 Grundlagen

Wie wir im vorangegangenen Kapitel gesehen haben, erlaubt die Datenhaltung eine zeitunabhängige Informationsweitergabe zwischen den Erzeugern der Information und den Nutzern der Information. Kommunikation stellt die Möglichkeit dar, auch die örtliche Abhängigkeit zu überwinden und die im GI-System gespeicherte Information einem größeren Nutzerkreis zur Verfügung zu stellen.

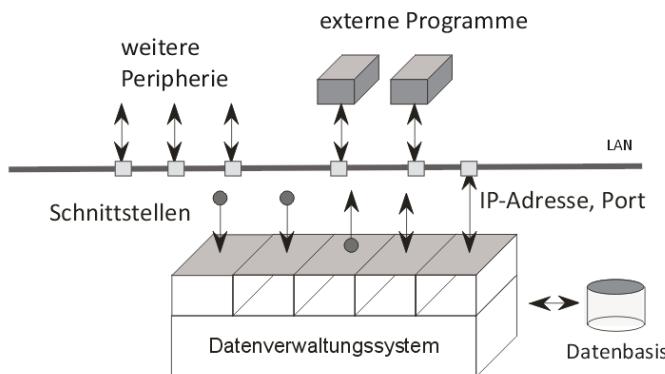


Abbildung 24: Zugriff auf das Datenhaltungssystem durch entfernte Dienstnehmer.

Wir greifen Abbildung 23 in veränderter Form auf. Kern ist in Abbildung 24 wiederum das Datenhaltungssystem mit seinen für das Einrichten und Betreiben der Datenbasis

notwendigen Dienstfunktionen, das über seine IP-Adresse und Portnummer ansprechbar ist. Die Schnittstellen mit den Möglichkeiten, Daten zu definieren, Daten einzuspeichern und abzurufen, haben jedoch eine Erweiterung erfahren. Es ist möglich, auch von entfernten Stationen aus die Schnittstellen zu nutzen.

Die Kommunikation zwischen Dienstnehmern und Diensterbringern setzt voraus, dass die verschiedenen Teilnehmer untereinander vernetzt sind. Die Verbindung kann – in Abhängigkeit von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten und Entfernungen – entweder lokal sein oder größere Entfernungen überbrücken. Im ersten Fall spricht man vom lokalen Netzwerk (local area network, LAN, vgl. DETKEN 1999), im zweiten vom Weitverkehrsnetz (wide area network, WAN). Das Internet kann als ein erdumspannendes WAN angesehen werden. Der Zugang zum Netzwerk kann kabelgebunden oder drahtlos (Wireless LAN) erfolgen.

Neben den Zugriffsmöglichkeiten bietet die Kommunikation eine Reihe weiterer Eigenschaften und Möglichkeiten (KAUFFELS 1994, SCHERFF 2010):

- *Datenverbund*: Der Gesamtdatenbestand wird verteilt, um die Daten dort effizient verfügbar zu machen, wo sie erzeugt bzw. gepflegt und ausgewertet werden.

Die Verteilung von Daten im GIS-Bereich kann durch die organisatorische Zuständigkeit bestimmt sein. Alle GIS-Funktionen sollten für Daten ferner Stationen genauso einsetzbar sein wie für die lokalen, eigenen Daten.

- *Funktionsverbund*: Alle Peripheriegeräte des Netzes wie Scanner, Drucker, Plotter, oder Massenspeicher sind durch Netzwerkdienste gemeinsam nutzbar. Der Zugriff muss für den Anwender transparent mit den entsprechenden Programmen und Systemkommandos möglich sein. Durch Warteschlangenverwaltung werden die Aufträge verschiedener Anwender koordiniert und sukzessive abgearbeitet.
- *Lastverbund*: Komplexe Aufgaben werden an spezielle und dafür optimierte Rechner des Netzverbunds delegiert.

Im GIS-Bereich werden Präsentationsaufgaben durch browserbasierte Auskunftslösungen ausgeführt. Die Daten werden über das Netzwerk durch das Datenhaltungssystem und dedizierte Webserver bereitgestellt.

- *Verfügbarkeitsverbund*: Die Verfügbarkeit bestimmter Dienste wird auch bei Ausfall einzelner Komponenten – eventuell unter Inkaufnahme von Redundanz wesentlicher Ressourcen – aufrechterhalten.
- *Kommunikationsverbund*: Neben dem Datenaustausch ermöglichen Dienste die Erstellung, Weiterleitung und das Empfangen von Nachrichten zwischen den Kommunikationspartnern. In einem weiteren Schritt können innerhalb der beteiligten Stellen Arbeitsabläufe gesteuert und verfolgt werden.

4.1 Grundlagen

Die störungsfreie Bereitstellung dieser Dienste stellt spezifische Anforderungen an das Kommunikationssystem:

- *Hohe Übertragungsleistung*: Damit der Zugriff auf Netzwerkressourcen und GIS-Daten effizient erfolgen kann, müssen die Übertragungskanäle entsprechend leistungsfähig sein.
- *Geringe Störanfälligkeit*: Es müssen geeignete Verfahren zur Erkennung und Korrektur von Übertragungsfehlern zur Verfügung stehen.
- *Sicherheit*: Es sind Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen gegen Datenmanipulation und Sabotage nötig.
- *Transparenz*: Die Forderung nach Transparenz für den Anwender betrifft u.a. die Namensgebung und das Verbergen der Zugriffsverfahren, der Protokolle und Netzwerkbetriebssysteme sowie der angeschlossenen Rechner.
- *Flexibilität*: Eine Anpassung an unterschiedliche Protokolle, Zeichensätze und Betriebssysteme muss möglich sein.

Die kommunikationsbasierte Informationsbereitstellung und -verknüpfung sind auch Kennzeichen der raumbezogenen Informationsverarbeitung. Das im Jahr 2003 erschienene Standardwerk "Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks" von PENG & TSOU (2003) charakterisiert diese Ausrichtung bereits in seinem Titel:

GI-Systeme und Geodaten sind verteilt, jedoch über Kommunikationsinfrastrukturen untereinander verbunden. Funktionen werden in Form von Dienstangeboten bekannt gemacht und gemeinsam mit Daten anderen zur Nutzung angeboten. Grundlagen sind die ubiquitäre Verbreitung des Internets, der drahtlosen Kommunikation und die Entwicklung und Übernahme von Standards.

Verteilte GI-Systeme beruhen auf der Technologie und der Infrastruktur des Internets. Die Kommunikation im Netzwerk wird durch Protokolle ermöglicht, die in mehreren Schichten den Verbindungsaufbau und die Datenübertragung ermöglichen (vgl. SCHERFF 2010, S. 63 f.; S. 85 f.)²⁰. Für das Verständnis moderner Architekturen räumlicher Informationsverarbeitung wesentliche Grundlagen, Adressierungskonzepte, Spezifikationen und Standards werden nachfolgend beschrieben.²¹

²⁰ Das OSI-Referenzmodell geht von HTTP in der Anwendungsschicht aus, mit darunter liegenden, weiteren Kommunikationsprotokollen. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem Protokollstapel (protocol stack).

²¹ Im einfachsten Fall stellt auch ein Datenträgeraustausch (z. B. mittels USB-Stick, CD oder externer Festplatte) die Möglichkeit dar, Daten zwischen Organisationen und Systemen auszutauschen (Offline-Austausch). Diese Form der Datenbereitstellung ist denkbar, um die Bestandsdokumentation einzelner Versorgungsparten untereinander oder zwischen Partnern mit geringer Kommunikationsintensität auszutauschen (z. B. zwischen einem

4.1.1 Begriffe

Netzwerkverbindungen sind unter anderem durch die auf ihnen mögliche Übertragungsfrequenz – der sogenannten Bandbreite – gekennzeichnet. Angaben über die *Bandbreite* haben jedoch nur eine eingeschränkte Aussagekraft, da diese Zahl die maximale Übertragungsrate für Bruttodaten beschreibt. Für die Praxis ist jedoch die tatsächliche Übertragungsleistung von Bedeutung. Diese gibt die Geschwindigkeit an, mit der die Nutzdaten – im GIS-Bereich also Geometrie- und Sachinformation beziehungsweise Rasterdaten – über das Netz übertragen werden können.

Unter Stationen oder *Knoten* versteht man die Teilnehmer innerhalb des Netzes, also Rechner oder direkt an das Netz angeschlossene Peripheriegeräte. Stationen sind innerhalb eines Netzwerks über eine eindeutige Adresse ansprechbar; ein Beispiel ist die aus vier, durch Punkte getrennte Zahlen aufgebaute Adresse in TCP/IP-basierten Netzen (*IP-Adresse*, z. B. 128.193.112.107). Der Anwender operiert jedoch üblicherweise mit symbolischen, „sprechenderen“ Adressbezeichnungen (wie geoweb.hft-stuttgart.de), die dann auf die eigentlichen Netzwerkadressen abgebildet werden. Gebräuchlich sind auch die Begriffe Domain-Name oder Host-Name.

Netzwerkübergänge werden erforderlich, wenn das Netzwerk in Subnetze unterteilt (strukturiert), physikalisch erweitert oder mit anderen Netzen verbunden werden soll. Hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit lassen sich verschiedene Kategorien von Kommunikationseinrichtungen unterscheiden (TRAUTNER 2010):

- *Repeater* (Koppler) sind einfache Verstärkereinrichtungen und dienen der direkten Weiterleitung des Signals.
- *Bridges* haben eine zusätzliche Filterfunktion, ermöglichen ein physikalisches Entkoppeln von Netzsegmenten und eine Lasttrennung durch selektive Übertragung.
- Ein *Switch* kann LANs mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften verbinden. Für die einzelnen Netzsegmente steht die gesamte Netzwerk-Bandbreite zur Verfügung.
- Die Hauptfunktion von *Routern* ist die Weiterleitung zwischen Sender und Empfänger (Routing). Sie verfügen über eine eigene CPU und sind über die Auswertung der den Nachrichtenpaketen beigefügten Adressierungsaufgaben in der Lage, das Datenaufkommen zwischen Netzen bzw. Subnetzen wirkungsvoll zu minimieren. Die Nutzung von Routern setzt mit Anlegen und Laufendhaltung von Routing-Tabellen eine umfangreiche Konfiguration voraus. Router, die unterschiedliche Netzwerkprotokolle verarbeiten können, werden Multiprotokoll-Router genannt.
- *Hubs* sind in der Lage, eine große Anzahl von Netzsegmenten – die auch unterschiedliche Übertragungsmedien nutzen können – miteinander zu koppeln.

Energieversorgungsunternehmen und einem Abwasserzweckverband). Entsprechende Zyklen für die Datenübertragung sind festzulegen.

4.1 Grundlagen

Durch die Integration von Bridge- oder Routerfunktionalität sind sie heute aus leistungsfähigen Netzen nicht mehr wegzudenken.

Ein einzelner Hub allein schon bietet die Möglichkeit, ein kleines Netzwerk bei vergleichsweise geringen Investitionen aufzubauen. Die Netzwerkkarten der Rechner werden dabei mit UTP- oder STP-Kabel direkt mit den Anschlüssen des Hubs verbunden.

Während der Begriff Internet grundsätzlich für einen Zusammenschluss verschiedener Netzwerke steht, wird er heutzutage überwiegend als Synonym für das weltweit größte Datennetz verwendet, das aus mehreren zehntausend Einzelnetswerken besteht. Die im Internet angebotenen Dienste, wie der Versand elektronischer Nachrichten (E-Mail), die Dateiübertragung (File Transfer) und insbesondere die Bereitstellung multimedialer Informationsinhalte über das World Wide Web (WWW) mit der standardisierten Hypertext Markup Language (HTML) und dem Übertragungsprotokoll Hypertext Transfer Protocol (HTTP) haben signifikante Bedeutung im GIS-Bereich erlangt. Diese Dienste und Protokolle werden auch innerhalb von Organisationen eingesetzt (Intranet) und können beispielsweise für die Auskunftserteilung eingesetzt werden.

4.1.2 Netzwerkstrukturierung

Mit den genannten Kommunikationseinrichtungen lassen sich hierarchische, unternehmensweite Netzwerkstrukturen aufbauen (KAUFFELS 1994, S. 245): Unternehmensweite Teilnetze werden durch ein Backbone-Netz verbunden. An sie werden auf Stockwerks- bzw. Abteilungsebene weitere Router angeschlossen, welche die Verkabelungsinfrastruktur zusammenführen und mit dem Backbone-Netz verbinden.

Für die Strukturierung von lokalen Netzen spricht eine Reihe von Gründen (TRAUTNER 2010):

- *Lastreduzierung*: Durch die Strukturierung eines LAN werden die interne Kommunikation und die daraus resultierende Last weitgehend auf Subnetze eingegrenzt. Nur noch subnetzübergreifende Kommunikation belastet mehrere Subnetze.
- *Sicherheit*: Die Ausbreitung sicherheitskritischer Daten über mehr als die unbedingt erforderlichen Netzteile wird vermieden.
- *Fehlerbegrenzung*: Die Weiterleitung fehlerhafter Übertragungspakete wird auf Teilbereiche des Gesamtnetzes eingeschränkt. Ohne Strukturierung sind alle angebundenen Endgeräte betroffen.
- *Management*: LAN-Management und gegebenenfalls Fehleranalyse können bezogen auf Teilnetze durchgeführt werden.

Die physikalische Netzwerkstruktur kann noch durch ein Virtual LAN (VLAN) überdeckt werden, einem virtuellen lokalen Netzwerk, das in IEEE 802.1Q standardisiert wurde. Es beschreibt „ein technologisches Konzept zur Implementierung logischer Workgroups

innerhalb eines [physischen] Netzes“ (LIPINSKI 2013), also die Trennung von physischer (LAN) und logischer Sicht (VLAN). Die Vorteile sind erhöhte Sicherheit, Performance und ein geringerer Administrationsaufwand durch zentrale Steuerung.

Die Auswahl des Übertragungsmediums wird durch die zu übertragenden Datenraten, die zu überbrückende Entfernung und durch den Aufwand bei der Installation der Netzwerkeinrichtungen bestimmt (vgl. Tabelle 4).

Aufgrund dieser Leistungsfähigkeit werden die früher üblichen Hochfrequenzkabel (Koaxialkabel) zunehmend abgelöst. Vorteile dieses Kabeltyps gegenüber Twisted Pair liegen in der größeren Segmentlänge und in der höheren Zuverlässigkeit.

Bereich	Bezeichnung	Anforderungen	Medium
zwischen Gebäuden	Primärverkabelung	Reichweite, Blitzschutz, Ausfallsicherheit, hohe Übertragungskapazität	Glasfaser
zwischen Etagen	Sekundärverkabelung	geringer Montageaufwand, Erweiterbarkeit, Flexibilität	Twisted Pair, zunehmend Glasfaser
innerhalb der Etagen	Tertiärverkabelung	preisgünstig, flexibel	Twisted Pair, WLAN

Tabelle 4: Übersicht über den Einsatz von Übertragungsmedien
(nach HENNEKHEUSER 1994, S. 80).

Die schnellste, leitergebundene Übertragung ermöglichen Glasfaserleiter. Ihre Bandbreite, Reichweite, Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie die vergleichsweise einfache Installation ermöglichen den Durchsatz großer Datenmengen über weite Entfernung.

Die für leitergebundene Verbindungen nötige Montage, die in älteren Gebäuden und zwischen Gebäuden bauliche Maßnahmen in erheblichem Umfang notwendig macht, kann bei drahtlosen Verbindungen vermieden werden. Von einer Sendeantenne aus kann – je nach Wandaufbau – in einer Entfernung bis zu 150 m die Verbindung zu 10 bis 20 Empfangsstationen hergestellt werden.

4.2 Grundlage: Das Client-Server-Konzept

Das Konzept der Client-Server-Architektur bildet die Grundlage vieler Netzwerkanwendungen und beruht auf kooperierenden DV-Anwendungen. Der Server (Dienstgeber) ist ein Programm, das ein oder mehrere Dienste (engl. *services*) anbietet, die über Kommunikationseinrichtungen von anderen Teilnehmern, den Dienstnehmern (Klienten, engl. *clients*), genutzt werden können. Der Client ist also diejenige Anwendung,

4.2 Grundlage: Das Client-Server-Konzept

die Anforderungen an den Server stellt und auf die geforderte Leistung wartet. Einige Beispiele für Dienstgeber sind nachfolgend dargestellt:

- *Datenbankserver*: Unter den kooperierenden Rechnern wird ein System für das Datenhaltungssystem ausgewählt und wird damit zum Datenbankserver für die GIS-Daten (Abbildung 25). Er bedient die übrigen Stationen mit seinen Datenhaltungsdiensten.
- *Web-Server*: Multimediale Daten – also auch GIS-Daten – werden im World Wide Web (WWW) durch HTTP-Server und damit verbundene Applikationsserver bereitgestellt. Der Anwender nutzt Client-Applikationen, wie z. B. Browser, für die Kommunikation mit den Servern zur Anforderung bestimmter Daten, beispielsweise eines Planausschnitts oder einer thematischen Karte. Grundlage der Visualisierung sind die aus GIS-Sicht beschränkten Eigenschaften von HTML und des zugrundeliegenden Hypertext Transfer Protocols (HTTP).
- *NAS-Server (Network Attached Storage Server)*: Anstatt jeden Rechner mit der notwendigen hohen Festplattenkapazität auszustatten, kann im Rechnernetz ein Dateiserver verwendet werden, der eine große, netzgebundene Speicherkapazität in Verbindung mit der nötigen Software zur Steuerung der Zugriffe den verschiedenen Nutzern zur Verfügung stellt. Vorteile liegen im günstigen Preis für große Massenspeicher, der zentralen Verwaltung und Organisation dieser Ressource sowie in dem vereinfachten Datensicherungsverfahren durch zentrale Sicherung.
- *Terminalserver*: Durch einen Terminalserver wird es möglich, Applikationen auf einem Server ablaufen zu lassen, dabei jedoch alle Ausgaben und Benutzereingaben an einen über das Netzwerk angebundenen Client zu delegieren, der entsprechend geringere Hardwareressourcen benötigt (*Virtualisierung*). Für dieses Konzept sprechen Wartungs- und Sicherheitsaspekte. Bei der Systemauswahl ist zu prüfen, ob das System Virtualisierung unterstützt.²² Bei der Zeichnungsausgabe können Engpässe in der Datenübertragung auftreten (Esri & GEOCOM 2008).
- *Lizenzserver*: Bei manchen Lizenzierungsansätzen ist die Anzahl der im Netz frei verfügbaren, gleichzeitig nutzbaren Lizenzen eines Softwareprodukts festgelegt. Der Lizenzserver überwacht die Anzahl der gerade genutzten Produktinstanzen.

²² Einführende Artikel finden sich z. B. unter http://www.tecchannel.de/server/virtualisierung/2032411/desktop_virtualisierung_virtuelle_pc_richtig_planen/ und http://www.tecchannel.de/server/virtualisierung/2029842/faq_alles_ueber_virtualisierung_variancen_und_unterschiede/

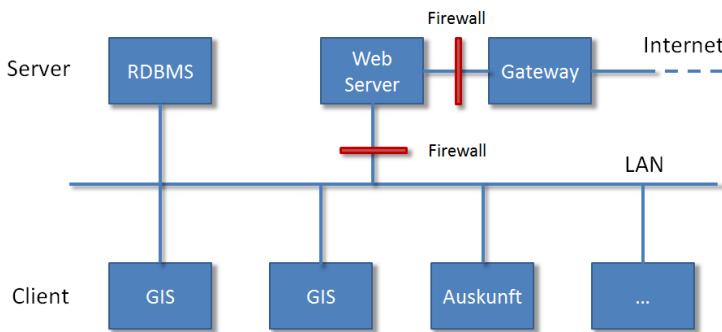


Abbildung 25: Datenhaltungsfunktionen werden durch einen RDBMS-Server vorgehalten, weitere GIS-Arbeitsstationen bedienen sich als Clients seiner Dienste. Ein Webserver stellt Daten und Dienste für das Internet zur Verfügung. Er ist jedoch durch Firewalls abgesichert, die um ihn herum einen Sicherheitsbereich (demilitarisierte Zone, DMZ) herstellen, um das Intranet vor unerwünschten Zugriffen von außen zu schützen.²³

- *Server für weitere Dienste (compute server):* Bei bestimmten Systemarchitekturen werden Server für rechenintensive Spezialanwendungen (wie GIS-Analysefunktionen) empfohlen.
- *Tileserver:* Falls im Webbrowser Geodaten in Form von Tiles visualisiert werden sollen, kann ein Server für die Informationsbereitstellung vorgesehen werden.

Diesen Alternativen ist gemeinsam, dass die Informationsbereitstellung an eine Vielzahl von Clients erhebliche Anforderungen an die Server-Leistung stellt; zwischen Anfrage und Präsentation sollten ja nur wenige Sekunden verstreichen!

Eine Zusammenfassung über die Auswirkungen der Zeitdauer bis zur Anzeige gibt <http://www-webperformancetoday.com/2010/06/15/everything-you-wanted-to-know-about-web-performance/> [2013-10-04]. Dort finden sich auch Hinweise auf entsprechende Quellen.

Ebenso wie die Kommunikationstechnologie sind auch die Client-Server-Konzepte derzeit Stand der Technik. Mit diesen Grundlagen können organisationsspezifisch angepasste Lösungen entwickelt werden. Im GIS-Bereich sind verschiedene Stufen der Lastverteilung zwischen Server und Clients möglich (PENG & Tsou 2003, S. 238). So kann ein Server Datenhaltung und GIS-Funktionalität vollständig übernehmen; dem Client kommt dann nur die Aufgabe der Präsentation zu, wie dies beispielsweise bei WWW-Clients der Fall ist

²³ Über Sicherheitsanforderungen informiert das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik unter https://www.allianz-fuer-cybersicherheit.de/Webs/ACS/DE/Informationen-und-Empfehlungen/Empfehlungen-nach-Angriffszielen/Unternehmen-allgemein/ISI-Reihe/isi-reihe_node.html [2025-06-15]

4.3 Die Schichtenarchitektur einer Web-GIS-Lösung

(*thin client*). Im anderen Fall liegt auf dem Server nur das Datenhaltungssystem. Analyse- und Präsentationsfunktionen werden durch Clients abgedeckt (*thick client*).

Im Idealfall sollte ein System möglichst viele Varianten der Client-Server-Architektur zulassen, um im Betrieb, beispielsweise bei Änderungen der Nutzeranforderungen, optimale Lösungen konfigurieren zu können. Die Schnittstellen zwischen den Client- und Server-Anwendungen sollten auf Standards wie HTTP, SQL und ODBC aufsetzen, um so gegebenenfalls auch unterschiedliche GI-Systeme, Applikationsserver und Datenhaltungssysteme koppeln zu können. Durch Bereitstellen weiterer Ressourcen in den einzelnen Schichten einer Web-GIS-Lösung können Systeme skaliert werden und entsprechend auf Nutzernachfragen reagieren.

Installation und Betreuung der Server-Komponenten stellen für den Systemadministrator eine verantwortungsvolle Aufgabe dar. Gemeinsam ist den beschriebenen Varianten, dass sie bei Programm- und Konfigurationsfehlern oder Überlast zum „Absturz“ des Servers führen können. Ein Mapping-Server sollte deshalb immer unabhängig zum eigentlichen Web-Server des Unternehmens betrieben werden.

4.3 Die Schichtenarchitektur einer Web-GIS-Lösung

IT-Lösungen können in ihrer Komplexität reduziert und handhabbar gemacht werden, indem das Gesamtsystem in einzelne Teilbereiche (Schichten, engl. *layers*) gegliedert wird, zwischen denen klare Schnittstellen definiert werden. Für Internet-Mapping-Anwendungen wird in Abbildung 26 der typische Architekturansatz einschließlich der involvierten Schnittstellen und Protokolle vorgestellt.

4.3.1 Präsentationsschicht

Die *Präsentationsschicht* ist dem Client zugeordnet. Hier finden wir typischerweise Webbrower, Mail-Clients, FTP-Clients und, im GIS-Umfeld, desktopbasierte Geoinformationssysteme und browserbasierte Mapping-Anwendungen. Webbrower und GI-Systeme nutzen HTTP (z. B. über Port 80) für die Verbindung zu HTTP-Servern und werden deshalb auch HTTP-Client oder HTTP User Agent genannt. JavaScript-Bibliotheken (Karten-Präsentationsframeworks wie OpenLayers) können dort Mapping-Anwendungen in HTML-Seiten einbetten, sodass Geodaten von Servern angefordert und dargestellt werden können.

Kamen früher für die Präsentation im Web-Client noch Applets, Plug-ins und ActiveX-Controls zum Einsatz, spielen heute vor allem JavaScript-APIs eine Rolle (mit abnehmender Bedeutung von Flash und Silverlight), speziell in Kombination mit HTML 5 („Rich Internet applications“, RIAs)²⁴. Durch Kombination von JavaScript und Stylesheets stellen freie und proprietäre JavaScript-APIs Funktionen

²⁴ Die Marktdurchdringung zeigt https://w3techs.com/technologies/overview/-client_side_language/all [2019-02-23].

wie die Anzeige von Namen oder Sachdaten beim Überfahren von verweissensitiven Bereichen zur Verfügung. Kompatibilitätsprobleme bei verschiedenen Browertypen werden in diesen Bibliotheken weitgehend überwunden.

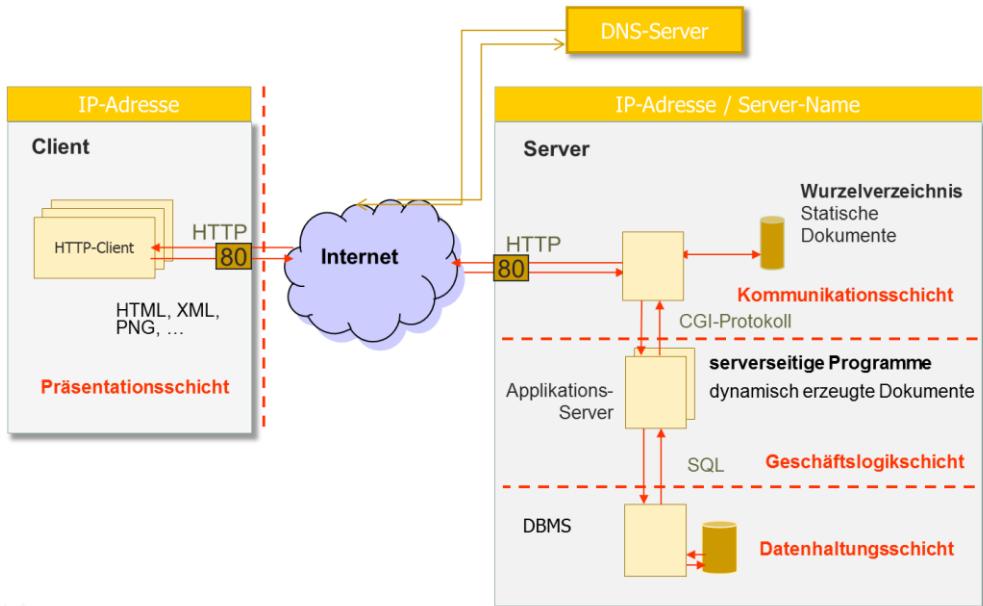


Abbildung 26: Die Schichtenarchitektur einer client-server-orientierten Web-GIS-Lösung.

4.3.2 Kommunikationsschicht

Die **Kommunikationsschicht** (Web Tier) umfasst im Wesentlichen standardisierte, weit verbreitete Serverapplikationen, die der Kommunikation im Netzwerk dienen. Im Web-GIS-Kontext geht es um den *HTTP-Server* (Port 80). Er nimmt Anfragen (HTTP-Requests) entgegen und schickt Antworten (engl. *responses*) zurück. Er wird dabei gegebenenfalls Sicherheitsanforderungen berücksichtigen. Werden statische, sich nicht ändernde Ressourcen verlangt, nimmt er diese aus einem Festplattenverzeichnis („Wurzelverzeichnis“ in Abbildung 26, engl. *root folder*) und sendet sie zurück. Statische Ressourcen sind beispielsweise gekachelte Kartenbilder (eng. *tiles*), die ein *Tile-Server* auf Anforderung dem Client zur Verfügung stellt. Dies ist ein Standardverfahren bei den weit verbreiteten geschlossenen und freien webbasierten Kartendiensten.

4.3.3 Geschäftslogikschicht

Die Möglichkeiten eines HTTP-Servers zur Informationsbereitstellung beschränken sich primär darauf, statische Dateien an den Client auszuliefern. Für spezifischere Ressourcenanforderungen, die eine dynamische Generierung von Ergebnissen erfordern,

4.3 Die Schichtenarchitektur einer Web-GIS-Lösung

wird er sich anderer Anwendungen bedienen. Solche Programme (Applikationen) sind in der mittleren Schicht, der *Geschäftslogikschicht* (Business Logic Tier), auch *Applikationsschicht* (Application Tier) genannt) angesiedelt. Was steckt hinter diesen Bezeichnungen? Während die Anwendungen der darüber liegenden Kommunikations-schicht organisationsunspezifisch die Dienstleistungen der einzelnen Services implementieren, müssen die Anwendungen dieser Schicht die Geschäftsmodelle und -prozesse des jeweiligen Unternehmens unterstützen. Im Bereich der Geoinformatik können diese beispielsweise Online-Kartendienste, Online-Shops für Geodaten oder andere Dienste entsprechend der OGC-Spezifikationen sein. Dafür sind weitverbreitete Softwarepakete verfügbar, es kann jedoch auch nötig sein, Applikationen entsprechend der eigene Anforderungen zu entwerfen und zu implementieren.

4.3.4 Datenhaltungsschicht

Gerade im Geoinformatikbereich benötigen Applikationen umfangreiche Datenbestände. Entgegennahme, Speicherung, Verwaltung, Bereitstellung und zunehmend Analyse dieser Daten sind Aufgabe der *Datenhaltungsschicht* (Data Tier). Hier finden wir weitverbreitete, standardisierte *Datenbankmanagementsysteme* (DBMS) mit ihren Datenbanken zur Datenhaltung. Für Speicherung und Verarbeitung raumbezogener Daten implementieren Datenbankmanagementsysteme die Anforderungen der *Simple feature access Specification* (HERRING 2011) durch eigene Datentypen, durch Unterstützung unterschiedlicher Koordinatenreferenzsysteme und räumlicher Transformations-, Verschneidungs- und Analysefunktionen (BRINKHOFF 2021, JANSEN & ADAMS 2010, S. 215 f., OBE & Hsu 2021).

4.3.5 Protokolle und Netzwerkdienste

4.3.5.1 Internet- und Transportschicht: TCP/IP-Protokollfamilie

Die Kommunikation zwischen Netzwerkteilnehmern beruht auf der *TCP/IP-Protokollfamilie* (transmission control protocol/internet protocol)²⁵. Diese Protokolle stellen die Grundlage von Internet- bzw. Intranet-basierten Diensten dar. Für Kommunikationsverbindungen werden alle Netzwerkteilnehmer dabei durch eine eindeutige Kennzeichnung, der *IP-Adresse*, identifiziert.

Dabei sind zwei Varianten zu unterscheiden²⁶: IP version 4 (IPv4) und IP version 6 (IPv6). Bei IPv4, 1983 freigegeben und noch am weitesten verbreitet, sind Adressen des Adressraums 32-Bit-Zahlen, die im Allgemeinen durch vier, durch einen Punkt voneinander getrennte Zifferntripel dargestellt werden (wie 192.168.1.5). Seit 1999 wird das IPv6-

²⁵ Ein Netzwerkprotokoll ist ein Satz von Regeln, die die Art und Weise festlegen, in der die Kommunikation über das Netz zu erfolgen hat.

²⁶ <http://www.iana.org/numbers>

Protokoll eingesetzt, um die Einschränkungen des IPv4-Protokolls bezüglich der Zahl der Netzwerkteilnehmer zu überwinden. IPv6-Adressen sind 128-Bit-Zahlen, die üblicherweise in Form hexadezimaler Zeichenketten notiert werden²⁷.

Diese Form der Adressierung kann man sich ähnlich dem im Telefonnetz verwendeten Ansatz vorstellen. Der Teilnehmer wird – technisch gesehen – durch eine hierarchisch aufgebaute Nummer identifiziert, als Menschen verwenden wir jedoch zumeist Verzeichnisse in Papier- oder digitaler Form, die den Namen des Teilnehmers in diese Nummer übersetzen. Im Internet gibt es dazu ein Verzeichnis in Form des *Domain Name Systems* (DNS²⁸). Redundant ausgelegte DNS-Server bilden *Host-Namen* (Server-Namen) auf IP-Adressen ab und umgekehrt.

4.3.5.2 Identifizierung von Ressourcen

Host-Name bzw. IP-Adresse sind Teil eines umfassenden Adressierungskonzeptes über *Universal Resource Identifier* (URI, <http://tools.ietf.org/html/rfc1630>), über das Ressourcen in oder außerhalb des Internets eindeutig identifizierbar sind. Im Bereich der Geoinformatik werden vornehmlich *Uniform Resource Locators* (URLs, siehe Beispiel in Abbildung 27) und *Uniform Resource Names* (URNs) eingesetzt. URLs nutzen wir bei der Ansprache von Webdiensten, URNs beispielsweise um Koordinatenreferenzsysteme (eng. coordinate reference systems, CRS), wie `urn:ogc:def:crs:EPSG::4610`, zu benennen (OGP 2012). URIs werden auch zur Identifikation im Linked Data-Ansatz verwendet (<http://www.w3.org/standards/semanticweb/data>), durch den die Daten im Web besser nutzbar und zugreifbar gemacht werden sollen.

4.3.5.3 Anwendungsschicht: Hypertext Transfer Protocol

Aufbauend auf den Protokollen der Internet- und Transportschicht erfolgt in der Anwendungsschicht die Kommunikation der Anwendungsprogramme. Hier spielt das *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP, <http://tools.ietf.org/html/rfc2616>) die wesentliche Rolle. HTTP ist insbesondere für die Übertragung von Verwaltungs- und Nutzinformationen (Texte, Geodaten, Rasterdaten) in ortsbezogenen Diensten wichtig. Ressourcen (Daten, Dienste) auf Servern werden dabei über eine URL identifiziert.

HTTP ist ein zustandsloses Protokoll: Informationen werden zwischen aufeinanderfolgenden Kommunikationsvorgängen nicht automatisch gespeichert, sondern müssen jeweils in der URL spezifiziert oder über andere Mittel (zum Beispiel über Cookies oder ergänzende Verfahren zur Sitzungsverwaltung²⁹) implementiert werden.

²⁷ zum Beispiel 2001:0:5ef5:79fd:2421:ef2:3f57:fef

²⁸ <http://tools.ietf.org/html/rfc1034>, <http://tools.ietf.org/html/rfc1035>

²⁹ Engl: Session Management.

4.3 Die Schichtenarchitektur einer Web-GIS-Lösung

Die beiden wesentlichen von HTTP zur Informationsübertragung vorgesehenen Methoden sind HTTP GET und HTTP POST:

- *HTTP GET-Methode*: Neben dem URI können Informationen in Form von Schlüssel-Werte-Paaren (key-value-pairs, KVP) zum Server übertragen werden (vgl. Abbildung 27). Die zu übertragende Informationslänge ist bei dieser Anfragemethode begrenzt (laut FIELDING et al. 1999, S. 18 im manchen Fällen auf 255 Zeichen).
- *HTTP POST-Methode*: Neben dem URI können beliebig umfangreiche Daten übertragen werden, in Form von Schlüssel-Werte-Paaren oder in Form von beliebigen Bytefolgen, wie z. B. einem XML-Dokument. Diese Anfragemethode kann verwendet werden, um neue Ressourcen (beispielsweise neue Geodaten) auf dem Server zu generieren oder vorhandene zu modifizieren.

Wegen ihrer Einfachheit und Verständlichkeit wird für viele Kommunikationsaufgaben die HTTP GET-Methode verwendet. Man spricht in diesem Zusammenhang häufig von einem REST-basierten (engl. RESTful, abgeleitet von Representational State Transfer, FIELDING 2000, TILKOV 2009) Ansatz. Dieser Architekturstil geht davon aus, dass eine Ressource durch eine URL identifizierbar ist und in verschiedenen Darstellungsformen (Repräsentationen) vom Server ausgeliefert werden kann. REST-basierte Schnittstellen werden vielfach für freie und kommerzielle Dienste genutzt, wie z. B. von [geonames.org](http://www.geonames.org)³⁰ sowie von [Google™](http://www.google.com)³¹. Dieser Ansatz findet sich im GIS-Umfeld ebenfalls in vielen, durch das Open Geospatial Consortium (OGC) standardisierten Diensten.

Der Server antwortet auf eine Anfrage mit der HTTP Response, die neben dem Nachrichteninhalt unter anderem einen dreistelligen HTTP-Status-Code zurückliefert, der clientseitig auszuwerten ist. Die Status-Codes gliedern sich in Nummernbereiche (Tabelle 5, <ftp://ftp.rfc-editor.org/in-notes/rfc2616.txt>):

Wie anderen Netzwerkprotokollen ist auch dem HTTP eine Portnummer zugeordnet, in diesem Falle üblicherweise 80 (vgl. Abbildung 26). Eine Portnummer ist optionaler Bestandteil eines URL und identifiziert auf dem Client oder Server für das Betriebssystem einen Dienst, der über ein bestimmtes Protokoll angesprochen wird.

Die Portnummern 0 –1023 („well-known ports“) sind durch *Internet Assigned Numbers Authority* (<http://www.iana.org/>) und die *Internet Engineering Task Force* (<http://www.ietf.org/>) festgelegt. Höhere Portnummern sind frei verfügbar, unterstützen jedoch aufgrund fehlender Normierung keine standardisierten Kommunikationsverbindungen.

Nummernbereich	Erläuterung	Kommentar
1xx	Information, Übertragung	Eher selten verwendet.

³⁰ <http://www.geonames.org/export/ws-overview.html>

³¹ <https://developers.google.com/maps/documentation/webservices/index?hl=de>

		dauert noch an
2xx	Die Anforderung wurde erfolgreich empfangen, ausgewertet, akzeptiert und ausgeführt.	Der Idealfall: 200 – erfolgreiche Datenübertragung.
3xx	Weiterleitung	Die Ressource steht nun an einer anderen Stelle, die über den Location Header mitgeteilt wird und vom Klienten berücksichtigt werden muss.
4xx	Clientseitiger Fehler bei der Anforderung	Häufig: 400 Bad Request – fehlerhaft formulierte Anforderung, 401 Unauthorized – die Autorisierung über Benutzername und Passwort schlug fehl, 403 Forbidden – z. B. bei versuchtem Zugriff auf gesperrte Ressource, 404 Not Found – die im URI spezifizierte Lokation der Ressource ist nicht korrekt.
5xx	Serverseitiger Fehler	500 Internal Server Error – interner, serverseitiger Fehler, häufig infolge fehlerhafter Konfiguration oder Programmierung, 503 Service Unavailable – Dienstleistung wird eventuell später wieder verfügbar sein.

Tabelle 5: HTTP-Status-Codes.

Unter der Nutzung von HTTP können Client und Server auch auf der Grundlage von SOAP (Simple Object Access Protocol) kommunizieren. Die Inhalte von Anfrage und Antwort sind dabei in einen XML-basierten „Umschlag“ mit Protokollinformation eingepackt, was die Zugänglichkeit und Verständlichkeit im Vergleich zum REST-basierten Architekturansatz verringert. SOAP-orientierte Dienste können ihre Angebote in der Web Service Description Language (WSDL) ankündigen (vgl. z. B. VRETANOS 2010, Annex E).

Vom Server ausgelieferte Antwortinhalte werden in einem bestimmten Format geliefert. Für die korrekte Interpretation dieses Datenstroms wird dem Client im Nachrichtenkopf eine Angabe über den Inhaltstyp gesandt (*content type*, auch MIME Type oder Media Type genannt, siehe Beispiele in Tabelle 6).

MIME steht für Multipurpose Internet Mail Extensions³². Eine Übersicht bietet <https://wiki.selfhtml.org/wiki/MIME-Type/%C3%9Cbersicht>.

Inhaltstyp (MIME type)	Beschreibung
------------------------	--------------

³² Siehe auch <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2045>, <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2046> und <http://www.iana.org/assignments/media-types/media-types.xhtml>

4.4 Cloud-Computing

text/plain	einfacher Text – der Standardinhaltstyp.
application/gml+xml; version=3.2	Daten im XML-basierten GML Version 3.2, die durch eine Applikation ausgewertet werden sollen.
application/x-www-form-urlencoded	Übermittlung von Schlüssel-Werte-Paaren mittels der POST-Methode.
image/png, image/gif, image/jpeg, image/svg+xml	Datenformate in den Formaten PNG, GIF, JPEG und Scalable Vector Graphics (SVG), wie sie bei WMS-Antworten Verwendung finden.
application/vnd.ogc.se_xml	Das vnd-Präfix zeigt, dass es sich um den Inhaltstyp eines Herstellers (vendors) handelt.

Tabelle 6: Beispiele für Inhaltstypen in der Kommunikation zwischen Client und Server

4.3.5.4 Schnittstellen

Wie zuvor erwähnt bieten definierte Schnittstellen den Übergang von einer Schicht zur benachbart liegenden Schicht. Die Kommunikation zwischen Präsentationsschicht und Kommunikationsschicht erfolgt mittels *HTTP*. Die Kommunikation zwischen Kommunikationsschicht und Geschäftslogikschicht ist im *Common Gateway Interface* (CGI, www.ietf.org/rfc/rfc3875) festgelegt. Dabei werden Inhalte und Parameter des HTTP-Requests an die Applikation der Geschäftslogikschicht weitergereicht (Request Meta-Variables, Request Message-Body, Request Method etc.). Ebenso ist die Rückgabe von Ergebnissen von der Geschäftslogikschicht an den HTTP-Server zur Weiterleitung an den Client festgelegt.

Applikationen der Geschäftslogikschicht nutzen Programmierschnittstellen für die Kommunikation mit Datenbankmanagementsystemen der Datenhaltungsschicht. *SQL*-Befehle werden über Funktions- oder Methodenaufrufe abgesetzt und Ergebnismengen zur Weiterverarbeitung empfangen. Solche Programmierschnittstellen existieren in nahezu jeder Programmiersprache, die für die Entwicklung von Webapplikationen eingesetzt wird.

Eine einfach zu handhabende, direkte HTTP-basierte Schnittstelle zwischen Anwendungen der Präsentationsschicht und der Geschäftslogikschicht bietet *Asynchronous Javascript and XML* (AJAX), die Web-2.0-Anwendungen und aktuellen Kartendiensten zugrunde liegt. *WebRTC* (Web Real-Time Communication, <https://webrtc.org/?hl=de>) bietet unter Nutzung von HTML5 und JavaScript unter Umgehung von HTTP die Möglichkeit für Echtzeitkommunikation mit einem Server.

4.4 Cloud-Computing

Durch das Cloud-Computing besteht die Möglichkeit, Dienste sowie Ressourcen dynamisch über das Internet in Anspruch zu nehmen. Diese Möglichkeit ist besonders bei sehr großen

Datenmengen, anspruchsvollen Rechenvorgängen sowie bei einer Vielzahl von konkurrierenden Zugriffen interessant (YANG et al. 2011, S. 306).

Aus organisatorischer Sicht lassen sich Public Cloud, Private Cloud und Hybrid Cloud unterscheiden (EHMANN 2012, ROSENBERG 2010):

- Die Angebote der *Public Cloud* (External Cloud) zeichnen sich dadurch aus, dass Cloud-Anbieter und Cloud-Nutzer unabhängig voneinander arbeiten und unterschiedlichen Unternehmen angehören. Der Anbieter macht seine Ressourcen und Dienstleistungen öffentlich zugänglich, über ein Web-Portal kann der Nutzer gewünschte Services individuell zusammenstellen.
- Die *Private Cloud* (Internal Cloud) zeichnet sich dadurch aus, dass Anbieter und Nutzer der Cloud derselben organisatorischen Einheit angehört. Dienste und Ressourcen werden nicht öffentlich angeboten, sondern bleiben auf die Organisation beschränkt. Somit können beispielsweise Aspekte des Datenschutzes eingehalten werden.
- Die *Hybrid Cloud* führt Eigenschaften der Public- und der Private-Cloud zusammen. Hierbei werden Lastspitzen oder bestimmte Funktionen einer Private-Cloud in eine Public-Cloud ausgelagert, ohne den regulären Betrieb und die auf die Private-Cloud ausgelegten Ressourcen zu beeinträchtigen. Hierbei können jedoch Probleme der Interoperabilität auftreten.

Das Angebot verfügbarer Cloud-Dienste ist enorm vielfältig:

- *Infrastructure as a Service (IaaS)*: Durch die Infrastruktur wird dem Benutzer eine flexible Rechenleistung zur Verfügung gestellt, die jeder Zeit abrufbereit ist. Diese Art des Service ermöglicht durch die Skalierbarkeit jede Art der Anwendung und bildet die Grundlage für das Cloud-Computing.
- *Platform as a Service (PaaS)*: an Entwickler gerichtet, stellt durch seine umfangreichen Funktionen, Entwicklungsumgebungen und Anwendungen als Dienste bereit.
- *Software as a Service (SaaS)*: Das Softwarenutzungskonzept SaaS basiert auf dem bereits in den 90er-Jahren erfolgreichen Ansatz des Application Service Providers (ASP, BRANDT 2010). Software wird nicht mehr konventionell lizenziert, sondern fallweise dynamisch über das Internet bezogen. Die Anwendung erfolgt häufig browserbasiert, sämtliche Daten werden beim Anbieter gespeichert, der für die Sicherheit, Wartung und Aktualität seiner Services und Speicherressourcen verantwortlich ist. Es fallen periodisch Nutzungsentgelte für Betrieb und Wartung an.
- *Data as a Service (DaaS)*: Daten werden durch einen Dienstleister in Form von OGC-konformen Diensten oder durch spezielle Übertragungstechnologien angeboten.
- *Humans as a Service (HuaaS)*: Die Nutzung von menschlicher Intelligenz als Webservice wird meist für Arbeiten genutzt, bei denen Computersysteme schlecht oder langsam arbeiten (z. B. bei photogrammetrischer Bildauswertung).
- *Storage as a Service (SaaS)*: Der Anbieter stellt dem Kunden die benötigten Speicherkapazitäten für die Speicherung, Archivierung und das Back-up zur

4.5 Internet-basierte GI-Dienste

Verfügung. Der Kunde erspart Anschaffung und Wartung eigener Speichersysteme, die Abrechnung erfolgt nutzungsabhängig.

Weitere cloudbasierte Angebote sind beispielsweise *Communication as a Service* (CaaS, Bereitstellung von Netzstrukturen und Dienste wie Virtual Private Networks, oder Internettelefonie/Voice over IP), *Desktop as a Service* (DaaS, Nutzer können unabhängig von ihrem Standort auf einen virtuellen Desktop und die angebotenen Programme zugreifen), *Monitoring as a Service* (MaaS, Management und Monitoring von Anwendungen), *Security as a Service* (SecaaS, zur Identitäts- und Rechteverwaltung bei der Nutzung von Cloud-Diensten).

Bedeutende Anbieter sind Google (wie Google App Engine, Google Storage, <https://cloud.google.com/>), Microsoft (Windows Azure, <http://www.windowsazure.com/de-de/>), SAP und Amazon (wie Amazon Elastic Compute Cloud, <http://aws.amazon.com/de/>), aber auch viele weitere IT- sowie GIS-Unternehmen offerieren Dienste und Ressourcen. Teilweise ist Cloud-Nutzung bereits Bestandteil eines Produktes.

Einen Ansatz für die Kostenschätzung bietet <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/estimating-cost-gis-cloud.pdf>.

Bei der Betrachtung von Cloud-Nutzung für Speicherung und Auswertung von Geodaten spielen neben Funktionalität und Preis auch Aspekte der Sicherheit eine große Rolle (Datensicherheit, Anwendungssicherheit, Plattformsicherheit)³³. Vor Inanspruchnahme eines Cloud-Services und der Übermittlung der zu verarbeitenden Daten ist festzulegen, welche Daten in der Cloud gespeichert bzw. welche Daten lokal gehalten werden. Dabei sollte eine Risikoanalyse und -bewertung eingeschlossen werden.

Informationsgüter sind teuer in der Herstellung, aber billig in der Reproduktion.

P. STÄHLER (2000)

4.5 Internet-basierte GI-Dienste

4.5.1 OGC Webservices

Im Bereich der raumbezogenen Datenverarbeitung haben sich durch das Open Geospatial Consortium (OGC) spezifische Dienste mit standardisierten Schnittstellen (engl. *interfaces*) herausgebildet, die teilweise auch Eingang in offizielle internationale Normen gefunden haben.³⁴ Sie bilden das tragende Gerüst von Geodateninfrastrukturen (NEBERT et al. 2007b,

³³ Siehe auch „Mindestanforderungen zur Informationssicherheit bei Cloud Computing Diensten“ des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik, https://www.bsi.bund.de/-DE/Themen/CloudComputing/Eckpunktepapier/Eckpunktepapier_node.html [2013-11-04]

³⁴ Eine Liste der relevanten Dokumente findet sich unter <http://www.opengeospatial.org/standards>.

VON JANOWSKY et al. 2009, AHLGRIMM et al. 2010). Strategisch verfolgt das Konsortium das Ziel, dem Markt offene Standards verfügbar zu machen, die einen konkreten, messbaren Nutzen für den Anwender bieten und es erlauben, raumbezogene Informationen und Dienste nahtlos in Geschäftsprozesse und Arbeitsvorgänge zu integrieren.

HÖHNE et al. (2010) weisen allerdings darauf hin, dass „die Freiheitsgrade [von Normen und Standards für Geodaten und Geodatendienste] durch konkretisierende Spezifikationen, sogenannte Applikationsprofile (Profile), eingeschränkt und damit übergreifend geltende Vereinbarungen über Struktur und Inhalt eines Geodatendienstes getroffen werden [müssen].“ Innerhalb der Geodateninfrastruktur Deutschland stehen solche Applikationsprofile beispielsweise für WMS und CSW zur Verfügung.

Im Zuge der Standardisierungsarbeit wird die Liaison mit anderen Gruppierungen, insbesondere Standardisierungsgremien, gesucht³⁵. Dazu zählen das ISO Technical Committee 211 (ISO TC/211) – Geographic information/Geomatics (<http://www.isotc211.org/> sowie <https://committee.iso.org/home/tc211>), das CEN Technical Committee 287 – Geographic Information (<http://www.cenc287.eu/>), das Web3D Consortium (<http://www.web3d.org/>) und das World Wide Web Consortium (W3C, <http://www.w3.org/>).

Interoperabilität wird durch drei Gruppen von Diensten/Funktionen ermöglicht³⁶:

- Publizieren von Geodaten und Diensten durch Anbieter,
- Auffinden von Daten und Diensten durch potenzielle Nutzer,
- Einbinden von Daten und Diensten durch Nutzer in webbasierten Anwendungen (Geobrowser, Desktop-GI-Systeme).

Die Gesamtheit der spezifizierten Dienste wird als *OGC Web Services* (OWS) bezeichnet.³⁷

Kennzeichnend für alle Dienste ist, dass sie in der Lage sind, über die *GetCapabilities-Operation* Auskunft über ihre Dienstleistungen zu geben. Diese Auskunft (meist XML verfasst, vgl. DE LA BEAUPARDIERE 2006, S. 80 f.) ist maschinenlesbar und auswertbar. GI-Systeme sind aufgrund der darin bereitgestellten Information in der Lage, die Anwendungsoberfläche zu konfigurieren und weitere dienstspezifische Operationen anzusprechen. Auch kaskadierende Server und manche Mapping-Clients können diese Metainformationen nutzen.

Für das Publizieren und Auffinden von Daten und Diensten stehen Katalogdienste (catalog services, auch Registrierungsservices genannt) zur Verfügung. Zu ihnen gehört der durch

³⁵ Siehe <http://www.opengeospatial.org/ogc/alliancepartners>

³⁶ das sogenannte Publish Find Bind Pattern (COTÉ 2007).

³⁷ Die Norm ISO 19119:2005(E) beschreibt plattformunabhängig Dienste und Dienstarchitekturen und differenziert dabei zwischen einer großen Reihe von ortsbezogenen Diensten.

4.5 Internet-basierte GI-Dienste

das OGC spezifizierte *Catalogue Service* (NEBERT et al. 2007a), durch den strukturierte Metadaten bereitgestellt werden.

Darstellungsdienste (eng. *portrayal services*, im INSPIRE-Kontext auch als View Services bezeichnet, siehe AHLGRIMM et al. 2010, S. 30) unterstützen das Betrachten von Geodaten in Form von Bilddaten. In diese Kategorie fällt der in hoher Zahl implementierte *Web Map Service* (WMS, DE LA BEAUJARDIERE 2006, ANDRAE et al. 2011). Der Standard spezifiziert im Wesentlichen drei aufeinander aufbauende Operationen: GetCapabilities, GetMap und optional GetFeatureInfo. Auf eine *GetCapabilities-Anforderung* hin beschreibt ein WMS-Server sein Angebot durch ein Service-Metadata-Dokument. Verpflichtend sind darin Informationen zu Name, Titel und Web-Adresse des Dienstes, die um weitere Angaben zur Vertriebsstelle wie Kontaktinformationen, Gebühren oder Zugangsbeschränkungen ergänzt werden können (ANDRAE et al. 2011, S. 109). Der verpflichtende Layerabschnitt enthält Details zu den angebotenen Kartenebenen (beschreibender Titel, Name, verfügbare Koordinatenreferenzsysteme, geografische Ausdehnung der Daten). Auf Grundlage dieser Metadaten kann dem Nutzer durch das GIS eine Auswahlliste von Kartenebenen angeboten werden, die er in seine GIS-Anwendung integrieren kann.

Bilddaten eines rechteckigen Ausschnitts der gewünschten Kartenebenen werden über die *GetMap-Operation* angefordert (vgl. Abbildung 27), wobei auch die Namen von Kartenstilen angegeben werden können. Der Server generiert aufgrund der Anfrageparameter ein Kartenbild und sendet es an den Client, der es anzeigt oder mit weiteren Datenebenen transparent überlagert. Die Geoobjekte werden nur bildhaft dargestellt, allerdings können Sachdaten (Attribute) von Objekten an einer bestimmten Kartenposition über die *GetFeatureInfo-Operation* abgefragt werden.

```
http://rips-gdi.lubw.baden-wuerttemberg.de/arcgis/services/wms/UIS_0100000030200001/MapServer/WMServer?REQUEST=GetMap&VERSION=1.1.1&SERVICE=wms&SRS=EPSG:31467&BBOX=3498000,5283000,3510000,5300000&WIDTH=300&HEIGHT=350&LAYERS=0&FORMAT=image/png&TRANSPARENT=false&EXCEPTI&styles=
```

Abbildung 27: Beispiel für einen HTTP GET-Anfrage an einen WMS-Dienst. Die Anforderung wird an den Server rips-gdi.lubw.baden-wuerttemberg.de geschickt. Die Schlüssel-Werte-Paare beginnen nach dem Fragezeichen und sind jeweils durch das Zeichen „&“ voneinander getrennt.

Das *Styled Layer Descriptor-Profile* (LUPP 2007) ergänzt die Web Map Service-Spezifikation um die anwendergesteuerte Präsentation der Geodaten in einem WMS-Kartenbild.

Der *Symbology Encoding Standard* (SES, MÜLLER 2006) definiert eine XML-Sprache für Zeichenvorschriften für den Web Map Service, den nachfolgend beschriebenen Web Feature Service und den Web Coverage Server. Durch ein Regelwerk werden

maßstabsabhängig kartographische Darstellungen (sogenannte Symbolizer) für Punkte, Linien, Flächen, Texte und Rasterdaten definiert.

Abgerundet wird der WMS-Standard durch die *Web Map Context*-Spezifikation (SONNET 2005, ANDRAE et al. 2011, S. 277 f.). Sie beschreibt plattformunabhängig, wie Kartenanforderungen an WMS-Dienste gespeichert und wieder verfügbar gemacht werden können.

Durch den Darstellungsdienst bleiben die eigentlichen Daten geschützt, der Nutzer erhält nur die bildliche Darstellung, die als Hintergrund oder für die visuelle Interpretation geeignet ist. Geodaten (engl. features) können jedoch über einen *Datendienst* (Downloaddienste für vektorbasierte Objekte), wie den *Web Feature Service* (WFS), verfügbar gemacht werden (VRETANOS 2010a sowie ISO 19142). In der einfacheren Variante (Simple WFS bzw. Basic WFS) können die Daten nur heruntergeladen werden. Komplexere WFS-Server (Transactional WFS bzw. Locking WFS) unterstützen Änderungen vorhandener sowie Erzeugung neuer Objekte, serverseitig abgesichert durch Transaktionen und Objektsperren.

Anforderungen an einen WFS-Dienst können mittels HTTP GET- und HTTP POST-Methode sowie mittels SOAP gestellt werden. Daten werden in der Regel in der *Geographic Markup Language* kodiert zurückgeliefert (GML, LAKE et al. 2004, PORTELE 2007, 2012).

Zu den Datendiensten zählt ebenfalls der vom OGC spezifizierte Web Coverage Service (WCS, BAUMANN 2010). Er unterstützt die Bereitstellung rasterbasierter Geodaten (engl. Coverages), wie Fernerkundungsdaten, Luftbilder, digitalen Höhendaten und Geodaten anderer Phänomene. Im Rahmen von INSPIRE ist auch ein *Web Coordinate Transformation Service* (WCTS, WHITESIDE et al. 2007) vorgesehen.

Die vorgestellten Dienste zeichnen sich durch ihre hohe Verbreitung aus. Als weitere Dienste sind unter anderem Sensordienste, Dienst zur geografischen Namenssuche (Gazetteer Services), Dienste zur Erstellung von perspektivischen Ansichten (Web Terrain Services) und Dienste zur Erstellung von 3D-Szenografen (Web 3D Services) zu nennen.

Prozessdienste (Web Processing Services, <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>) erlauben es, Dienste zu kombinieren, indem sie Bearbeitungsaufträge entgegennehmen, abarbeiten und das Ergebnis der Prozesskette zurückliefern. Authentifizierung und Autorisierung sind oftmals zusätzlich abzudecken.

4.5.2 Entwicklungen hin zu den API-basierten Diensten

Obwohl die OGC-Dienste anerkannten Standards folgen und auch in Kombination untereinander eine weite Verbreitung gefunden haben, wird darin dem Grundprinzip des HTTP-basierten Zugriffs auf Ressourcen nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt. Die Rückkehr zur HTTP-basierten Ressourcennutzung erhielt dann mit der Dissertation von Roy Fielding (Fielding, 2000) mehr und mehr Aufmerksamkeit und wurde als

4.5 Internet-basierte GI-Dienste

Representational State Transfer (REST) bekannt. Softwareprodukte adressieren über die REST-Schnittstellen Ressourcen über HTTP und spezielle Spezifikationen für den Uniform Resource Locator (URL), die in ihrem Aufbau weitgehend einem einheitlichen Konzept folgen.

Solche REST-basierten APIs können per se nur genutzt werden, wenn der API-Anbieter die Methoden detailliert dokumentiert. Dies ist jedoch nicht implizit gegeben, wie es bei den traditionellen OGC-Webdiensten von Anfang an durch Metadaten für den Zugriff auf Dienste und Daten berücksichtigt wurde.

Dies änderte sich mit dem Swagger-Toolpaket (<https://swagger.io/>). Dieses ermöglicht nicht nur die automatisierte, einheitliche Dokumentation von REST-basierten APIs, sondern auch die (teil-)automatisierte Generierung von Server- und Client-Anwendungen in verschiedenen Programmiersprachen (<https://editor.swagger.io/>).

Parallel dazu zeichnete sich der Trend ab, für Datenmodelle und Datenkodierung die JavaScript Object Notation (JSON) und deren Struktur anstelle des oft als sperrig und „schwatzhaft“ empfundenen XML zu verwenden.

Der OGC beschloss daher, die bestehenden APIs neu zu gestalten, indem er sie zunächst als neue Versionen der bisherigen APIs deklarierte, sich dann aber konzeptionell neu orientierte. Es entstanden die Standardisierungsansätze OGC API - Common, OGC API - Features, OGC API - Coverages, OGC API - Records, OGC API - Processes, OGC API - Tiles und Environmental Data Retrieval (EDR) API, OGC API - Styles, OGC API - Joins, Discrete Global Grid System (DGGS) und Routes (Hobona, 2020, Emde, 2021, Retterath, 2022).

Auch wenn der Einstieg in die API-Nutzung erleichtert werden soll, erfordern die neuen Ansätze dennoch neue Kenntnisse und Erfahrungen in der Fachwelt, bei Softwareentwicklern und Vermessungsbüros, um den Übergang von den bisherigen Web-Service-Ansätzen in die Welt der Open-API-basierten Dienste zu realisieren. Dazu gehören die Ressourcenorientierung mit dem Zugriff über einheitliche, hierarchische und sprechende URL-Strukturen, zusätzliche Navigationsmöglichkeiten über Hyperlinks, die Abkehr von XML und die Hinwendung zu HTML und JSON als Kodierung sowie eine einheitliche API-Dokumentation mit Swagger bzw. OpenAPI.

The difference between hosting data on an FTP site and hosting it in a big [...] warehouse is that the former has very few moving parts, is really simple, and practically never goes down, while the latter is the opposite of that.
 PAUL RAMSEY (2012)³⁸

4.5.3 Weitere Dienste

Weit verbreitet und essentiell für das Einrichten und Administrieren von verteilten GI-Anwendungen sind weitere standardisierte IT-Dienste:

- *Dateiübertragungsdienste*: Das *File transfer protocol* (FTP) ermöglicht die Dateiübertragung zwischen verbundenen Rechnersystemen. Geschützte Verbindungen unterstützt das Secure File Transfer Protocol (SFTP).
- *Verwaltungsdienste*: *Telnet* und *Secure Shell* (SSH) erlauben es, sich an entfernten, über das Netzwerk erreichbaren Rechnern anzumelden und wie ein lokaler Nutzer dort zu arbeiten.
- *Weitere Dienste*: Speziell in der Linux-Welt gibt es weitere TCP/IP-basierende Dienste wie *rcp* (remote copy, ebenfalls zum Kopieren von Dateien) oder *rsh* (remote shell) zum Ausführen eines Kommandos auf einem fernen Rechner.

4.5.4 Von Vernetzung zur Interoperabilität

Die Festlegung von Protokollen, Geodatendiensten und Formaten sichert die technische Interoperabilität zwischen Softwarelösungen auf Klienten und Servern in einem Netzwerk. Interoperabilität geht aber weiter. Durch Kontakt und Zusammenarbeit von Experten innerhalb einer *Information Community* kann Interoperabilität auf persönlicher Ebene entstehen, eine Grundlage für die Erarbeitung institutioneller Interoperabilität (Cross-Community Interoperability) durch Vereinbarungen bezüglich wechselseitiger Nutzung von Geodaten und Diensten, beispielsweise zwischen verschiedenen Verwaltungsebenen. Werden dabei die Grenzen von Informationsgemeinschaften überschritten, gilt es, semantische Interoperabilität herzustellen, das heißt, Bezeichnungen und ihre Bedeutungen sowie ihre Beziehung zueinander kompatibel zu machen.

All diese Schritte zur Schaffung der Interoperabilität benötigen zumindest im öffentlichen Raum *last, but not least* politische Interoperabilität. Zwischen staatlichen Einrichtungen sind Vereinbarungen und Rahmenbedingungen zu treffen, auf deren Grundlage die zuvor genannten Formen der Interoperabilität wirksam werden können.

³⁸ Paul Ramsey ist der Initiator von PostGIS. Sein Blogbeitrag ist unter <http://blog.cleverelephant.ca/2012/12/whats-so-hard-about-that-download.html> erschienen.

4.5.5 Produktauswahl

Die Wahl eines GIS-Mapping-Servers ist in Abhängigkeit von folgenden Faktoren zu treffen:

- Welche standardisierten Webservices werden unterstützt?
- Ist die Kompatibilität mit einer eventuell bereits vorhandenen GIS-Installation gesichert?
- Können Web-Informationen aus den Daten des GIS-Datenhaltungssystem generiert werden oder sind zusätzliche Sekundärbestände zu schaffen und aktuell zu halten?
- Wie ist das System konfigurierbar (Anpassung durch grafische Anwendungsoberfläche, Programmierung oder Parametrisierung)?
- Können Vektor- und Rasterdaten dargestellt werden?
- Welche Funktionen sind bereits im Standardlieferumfang clientseitig verfügbar (Zoom, Verschieben, Ein- und Ausblenden, Sachdatenanzeige, Objektsuche, Suche im Umkreis, ...)?
- Wie ist das Systemverhalten bei hoher Anzahl gleichzeitiger Clientzugriffe/bei hoher Datenlast?
- Welche Anforderungen stellt die angebotene Lösung an die Clients?
- Werden Zugriffsrechte verwaltet?
- Sollen Informationsinhalte präsentiert werden oder sollen direkt Daten – eventuell im Sinne eines Datenvertriebs mit Kopplung an ein Abrechnungssystem (electronic commerce) – abgegeben werden? Sind dabei verschiedene Abgabeformate zu unterstützen?

Erfolgt die Installation bei einem Internet Service Provider (ISP), sind folgende Punkte zu klären:

- Zugangsmöglichkeit für die Installation und Administration,
- Möglichkeiten der Performance- und Erfolgsprüfung (Auswertungsfunktionen und Statistiken),
- HTTP-Server mit adäquatem Server-Betriebssystem,
- Serverstandort, Anbindung an das Internet (international und nationale Konnektivität), Bandbreite,

- Netzwerkzuverlässigkeit (mind. 99 %³⁹), Dienstleistungen wie Krisenmanagement bei Ausfällen, Sicherheitsmanagement (Serverspiegelung, Notstromversorgung), 24-h-Stundenservice in den Bereichen Technik und Wartung, Kundenunterstützung durch Call-Center,⁴⁰
- Beratungsangebot (Projektbegleitung, Sicherheit, Netzwerkmanagement, Integration), Rechtsstandort (Inland oder Ausland), Kostenstruktur (pauschalisierte Abrechnung von übertragenen Datenvolumina, ohne und mit Begrenzung von Volumina), Kündigungsfristen und Vertragslaufzeiten.

4.5.6 Einrichtung eines Web Map Service

Geodateninfrastruktur Bayern (2020) beschreibt Schritte zur Einführung von Web-Diensten:

- Aufbereitung der Daten (z.B. Darstellungsvorschriften)
- Konfiguration des Dienstes (z.B. unterstützte Operationen): Die Einstellungen werden im WMS-Server vorgenommen, entsprechende Angaben sollten im Capabilities-Dokument des Dienstes hinterlegt werden
- Zusätzlichen Angaben zum Dienst bzw. zu den Daten im Capabilities-Dokument (z.B. Kontaktinformationen, inhaltliche Beschreibung, Zugangsbeschränkungen und Gebühren)

Die Inhalte von Textfeldern in der Antwort auf die Anfrage GetCapabilities müssen mindestens in deutscher Sprache angegeben sein. Angaben in weiteren Sprachen sind in folgender Form erlaubt:

<Abstract>--DE:Beschreibung.--EN:description.</Abstract>

³⁹ Dies bedeutet, dass der Service im Mittel 84 h/Jahr ausfallen darf.

⁴⁰ Die Leistungen werden in einer Dienstgütevereinbarung (*Service-Level-Agreement, SLA*) festgelegt.

*Die Anwender ... sind mit den unterschiedlichsten Systemen ausgerüstet ...
Die Anzahl und Palette der Systeme erweitert sich kontinuierlich.
B. WILMERSTADT (1996)*

4.6 Datenschnittstellen

4.6.1 Überblick

In hohem Maße sind auf kommunaler, nationaler und internationaler Ebene sowie durch kommerzielle Anbieter und Versorgungsunternehmen digitale, raumbezogene Datenbestände verfügbar. Die Nutzung bereits vorhandener Daten ist für die GIS-Einführung von großer Bedeutung. Sie wird in vielen Fällen zu einer Kostenreduktion gegenüber einer eigenen Datenerfassung führen und macht es möglich, sich auf die eigenen Kernaufgaben zu konzentrieren.

Unterschiede in den Datenmodellen von Grafik- und Sachdaten sowie in den Datenformaten zwischen Ausgangs- und Zielsystem führen jedoch zu Problemen bei der Datenübernahme, die Verzögerungen des gesamten Projekts nach sich ziehen können.

Zu beachten ist ebenfalls, dass nur wenige Datenaustauschformate in der Lage sind, topologische Strukturen zu kodieren.

Eine aufwendige interaktive Nachbearbeitung infolge fehlender Informationsinhalte kann notwendig werden. Es ist deshalb notwendig, sich mit den Verfahren der Datenübernahme und den ablaufenden Prozessen näher zu befassen.

Die Datenübernahme im einzuführenden GI-System setzt entsprechend leistungsfähige Schnittstellenprogramme (Konverter) voraus. Ihre wesentlichen Aufgaben sind:

- Prüfung der umzusetzenden Daten,
- Umsetzung oder Transformation der Objektstruktur,
- Umsetzung der Geometriedaten, eventuell mit Transformation zwischen unterschiedlichen geodätischen Bezugssystemen,
- Umsetzung der topologischen Struktur,
- Umsetzung der Fachdaten,
- gegebenenfalls Ergänzung um Zusatzinformation, z. B. zusätzliche Sachdaten,
- Protokollierung des Umsetzvorgangs,
- Ausgabe von statistischen Parametern.

Ein Beispiel ist die Umsetzung einzelner Ebenen eines CAD-basierten Systems in Objektklassen. Im Ausgangssystem kann eine Ebene „Gebäude“ existieren, im Zielsystem wird jedoch ein Gebäude als Objekt dargestellt, bestehend aus verschiedenen Objektteilen wie Gebäudeumring, Ausgestaltungslinien und Hausnummer, die als verschiedene grafische Primitive abzubilden sind. Es gilt also, topologische und hierarchische Abhängigkeiten zu schaffen. Grafische Information ist eventuell zusätzlich mit Sachdaten zu verknüpfen.

Der Umfang der in diesem Beispiel skizzierten funktionalen Anforderungen macht deutlich, dass es sich um komplexe Softwarekomponenten handelt, deren Leistung – und Preis! – nicht unterschätzt werden darf.

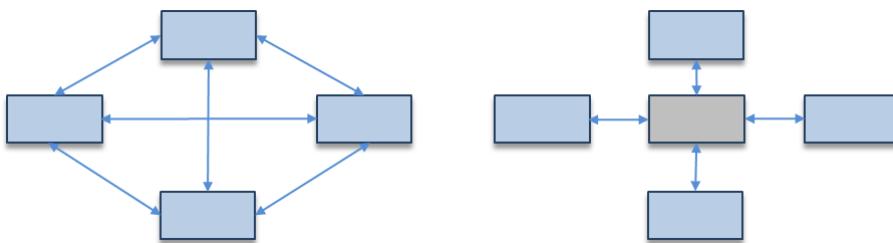


Abbildung 28: Direkte (links) oder mittelbare Erzeugung über ein internes Zwischenformat (rechts) des Zielformats, hier für vier Datenformate dargestellt.

4.6.2 Kategorien

Es lassen sich verschiedene Arten von Schnittstellenlösungen unterscheiden:

- *Unidirektionale und bidirektionale Konverter:* Konverter ermöglichen entweder die Übernahme von Daten von einem Datenformat in ein anderes (unidirektionale Konverter) oder den Austausch in beide Richtungen (bidirektionale Konverter).
- *Direkte oder mittelbare Erzeugung des Zielformats:* Die Konvertierung erfolgt entweder durch direkte Erzeugung des Zielformats oder durch Nutzung eines internen Zwischenformats (Abbildung 28).

Die direkte Erzeugung des Zielformats ist auf eine bestimmte Kombination von Quell- und Zielsystem hin optimierte Form der Datenkonvertierung. Für jede weitere zu unterstützende Schnittstelle muss ein neues Konvertierungsprogramm bereitgestellt werden.

Bei der mittelbaren Erzeugung des Zielformats bildet ein Konverter das Ausgangsformat in ein Zwischenformat ab, das dann in einem nächsten Schritt von einem weiteren Konverter in das Zielformat transformiert wird.

4.6 Datenschnittstellen

Als Vorteile für die Nutzung eines Zwischenformats werden die vielseitige Verwendbarkeit und die größere Unabhängigkeit von Änderungen bei einem der Kommunikationspartner angeführt (MOEGERLE & SCHUELLER 1993).

Wie Abbildung 28 verdeutlicht, wächst der Nutzen eines unabhängigen Zwischenformats mit der Zahl der Systeme, mit denen Datenaustausch erfolgen soll.

Bei n unterschiedlichen Formaten werden für den Fall der direkten Umsetzung $n \times (n - 1)$ Konvertierungsprogramme benötigt. Bei der mittelbaren Umsetzung über Nutzung eines Zwischenformats beträgt die Anzahl der benötigten Konvertierungsprogramme $n \times 2$.

- *Starre Abbildung oder parametrisierte Umsetzung:* Eine Möglichkeit der Datenkonvertierung besteht darin, im Programmcode eine exakte, auf den Anwendungszweck und das Austauschformat bezogen vollständige Abbildung des einen Datenformats auf das andere zu implementieren. Dabei ist die Abbildung der strukturellen Eigenschaften, der grafischen Ausprägung und der Fachattribute festgelegt. Von Nachteil ist der möglicherweise hohe Softwarepflegeaufwand bei Änderungen der logischen Struktur im Quell- oder Zielformat oder beim Einsatz des Konverters in GIS-Installationen mit anderen Strukturierungsansätzen. Dabei werden die Datenstrukturen im Sinne der Definition von Objektklassen dem Programm als wesentliche Steuerparameter vorgegeben.

Die Verarbeitungsregeln müssen so gehalten sein, dass ein großes Spektrum an Umsetzungsmöglichkeiten abgedeckt wird. Es ergibt sich eine große Flexibilität, da die Datenstrukturen an jede Anwendung angepasst werden können. Die Fachdatenübernahme erfolgt ebenfalls parametergesteuert; dabei können Datenfelder vollständig oder in Teilen übergeben werden.

Durch die Verwendung von selbstdokumentierenden Schlüsselwortparametern (z. B. „Layer“, „Objektart“) auf der Basis der Begriffsdefinitionen von Quell- und Zielsystem oder durch dialoggeführte Definition und Pflege der Abbildungsregeln wird die Handhabbarkeit und Anpassung erleichtert. Die Allgemeingültigkeit des Ansatzes kann jedoch zu einem erhöhten Aufwand führen. Werden keine fertigen Parametersätze mitgeliefert, ist ein Zeitraum von einigen Stunden bis zu einigen Wochen für die Parametrisierung einzuplanen.

Die Tendenz geht allgemein zu parametrisierten Umsetzprogrammen.

4.6.3 Fortführung von Sekundärkatastern

Neben der Datenerstübernahme ist der Laufendehaltung der Information gleichermaßen Bedeutung zuzumessen. Dies gilt sowohl im Hinblick auf die Fortführung von sekundärer (in Kopie geführter) geographischer Basisinformation als auch in Bezug auf die Laufendehaltung der darauf aufbauenden Datenbestände.

Insbesondere sind Sekundärnachweise bei Energieversorgungsunternehmen eingerichtet worden, wo die Geobasisdaten als Grundlage für die Dokumentation der Versorgungsnetze (Wasser, Gas, Fernwärme) genutzt werden (DE LANGE 2020).

Schnittstellenformate waren jedoch – und sind es zum Teil auch heute noch – lange auf eine vollständige oder gebietsweise Übernahme von Datenbeständen ausgelegt; die Frage der Datenfortführung und des Bestandsabgleichs blieb unberücksichtigt. Erst mit der intensivierten Nutzung und Weitergabe von Daten wurde die Problematik der Übernahme von Fortführungsdaten (Differenzdaten) zunehmend bewusst.

In der Praxis lassen sich drei Ansätze zur Laufendhaltung mit steigender Leistungsfähigkeit finden:

1. *Manuelle Nachführung*: Ist die automatisierte Fortführung eines Sekundärnachweises wegen mangelnder Fortführungsmechanismen nicht möglich, müssen – eventuell über Jahre hinweg – auf der Grundlage von Veränderungsnachweisen die Änderungen nachvollzogen werden.
2. *Flächenhafter Austausch*: Beim flächenhaften Austausch werden die Daten eines polygonal oder rechteckig begrenzten Gebiets aus der Datenbank vollständig gelöscht, bevor die neuen, aktuellen Daten eingebracht werden. Allein die IT-technische Abwicklung kann bei diesem Verfahren mehrere Tage in Anspruch nehmen, wenn beispielsweise die Basisdaten des gesamten Stadtgebiets ausgetauscht werden müssen. Daneben treten üblicherweise Konsistenzprobleme an den Rändern des Austauschgebietes auf, sodass mit aufwendiger interaktiver Nachbearbeitung gerechnet werden muss.
3. *Objektweise Fortführung*: Eine automatisierte, objektbezogene Fortführung ist grundsätzlich beim Aufbau eines GIS zu fordern. Es sind allerdings viele Schnittstellenformate im Einsatz, die eine derartige Funktionalität gar nicht oder nur unter großen Schwierigkeiten zulassen; auch die Struktur der GIS-Anwendungen selbst kann dies unmöglich machen. Die Bereitstellung solcher Veränderungsinformation an einzelne Datenbezieher stellt auch Ansprüche an die Ablauforganisation des Datenlieferanten.

Für die regelmäßige Aktualisierung von ALKIS- und ATKIS-Sekundärdatenbeständen steht künftig der Änderungsdienst *Nutzerbezogene Bestandsdatenaktualisierung* (NBA) zur Verfügung. Mit der NBA können kontinuierlich und fortführungsfallbezogen Änderungsdaten und/oder stichtagsbezogen Differenzdaten bezogen werden.

Fortführungsfallbezogen bedeutet⁴¹, „dass alle Veränderungen, die in einem zurückliegenden Zeitraum stattgefunden haben, in ihrer zeitlichen Reihenfolge nach aufgeführt werden. Damit wird es möglich, alle Prozesse schrittweise im datenübernehmenden System nachzuvollziehen.“

⁴¹ Laut <http://www.lv-bw.de/alkis.info/datenabgabe.html>

4.6 Datenschnittstellen

Das stichtagsbezogene Verfahren liefert hingegen die notwendigen Differenzdaten, um den Ausgangszustand beim Nutzer auf den vom Nutzer gewünschten Endzustand zu bringen. Die dazwischen liegenden Änderungsschritte sind dabei nicht nachvollziehbar.

- Datenformate der verfügbaren und benötigten digitalen Datenquellen – unter dem Gesichtspunkt aktueller Standards und Normen,
- Anzahl der zu unterstützenden Formate (uni- oder bidirektional),
- Leistungsfähigkeit der Schnittstellenformate (objektweiser oder nur gebietsweiser Austausch),
- Leistungsumfang, Nutzungsfreundlichkeit und Performance der Konvertierungssoftware,
- Vollständigkeit der Datenkonvertierung und damit Konsistenz der übernommenen Fremddaten (Sekundärdaten) mit den Primärdaten des Zielsystems,
- zu erwartender Umfang der notwendigen Nacharbeiten,
- Preis.

Tabelle 7: Häufig sind Konvertierungsprogramme nicht direkter Bestandteil eines GI-Systems, sondern gesondert zu beschaffen. Die Wahl eines Konvertierungsprogramms und die Festlegung der zu verwendenden Austauschformate muss verschiedene Faktoren berücksichtigen.

Der Nutzer kann dabei Selektionskriterien fachlicher Art (durch Angabe von Objektarten, Attributarten und -werten sowie Relationen), räumlicher Art (durch Angabe eines Bereichs) oder zeitlicher Art (durch Angabe eines Zeitintervalls) verwenden.

Stellt das eingesetzte System zur Führung des Sekundärnachweises keine entsprechenden Strukturen zur Verfügung, ist besonderes Augenmerk auf die Strukturierung der Schnittstelle zu legen, um beispielsweise bei einem Löschauftrag das zugehörige Objekt bzw. die entsprechenden Objektteile im Sekundärkataster selektieren und löschen zu können.

Innerhalb des fachtechnischen Konzepts sind entsprechende Vorgaben im Hinblick auf die spätere Systemauswahl zu formulieren.

Beim Austausch der Basisdaten ergeben sich in der Regel Unterschiede und Klaffungen gegenüber dem bisher vorhandenen Datenbestand. Dies bedeutet, dass zumeist die darauf bezogenen Informationen (z. B. auf die Gebäude eingemessene Leitungen und Hausanschlüsse) manuell nachgeführt werden müssen. Eine vollständige, automatisierte Nachführung bei größeren Abweichungen ist nicht operationell möglich.

*Es gibt erhebliche Probleme in der Standardisierung und Normierung.
M. SCHILCHER et al. (1996)*

4.6.4 Einheitliche Schnittstellenformate?

Zur Entschärfung der zuvor geschilderten Probleme des Datenaustausches gibt es verschiedene Ansätze zur Definition eines systemunabhängigen Schnittstellenformats, wie zum Beispiel GML. Zum Austausch vektorieller GI-Daten konnte sich jedoch noch kein Standard durchsetzen. Einige Schnittstellenformate werden jedoch von vielen Systemen und Einrichtungen unterstützt:⁴²

- *Shape-Format*: Austauschformat des Environmental Systems Research Institute, Inc. (Esri)⁴³. Ein Shape-Datensatz kann jeweils nur Daten eines Geometrietyps (Punkte, Linien oder Flächen) beinhalten und besteht immer aus separaten Dateien für Strukturdefinition, Geometrie- und Sachdaten.⁴⁴
- *DXF-Format*: CAD-orientiertes Austauschformat, spezifiziert durch Autodesk Inc.⁴⁵

Daneben sind noch GeoRSS⁴⁶, das Well-known Text-Format (WKT)⁴⁷, GeoJSON sowie XML-basierte Formate wie KML (Keyhole Markup Language) relevant.

In der Regel ermöglichen es diese Formate nicht, raumbezogene Daten topologisch strukturiert und vollständig abzubilden. Manche Systeme unterstützen auch nur Teilmengen dieser Standards, sodass stets eine Verifikation der Leistungsfähigkeit von Konvertern anhand von Umsetzungsergebnissen angebracht ist.

4.6.5 Standardisierung

Vonseiten der *International Organization for Standardization* (ISO, <https://www.iso.org/>) und der durch Liaisonabkommen verbundenen Industriekonsortien, Interessensgruppen und nationalen Normungsgremien wird die Entwicklung von Normen und Datenaustauschverfahren vorangetrieben, die in nationalen Normen Eingang finden. Auf europäischer Ebene sind verschiedene Technische Komitees mit Normierungsaufgaben im Bereich Geoinformation tätig. 1992 hat sich das CEN/TC 287 „Geoinformation“ konstituiert

⁴² Eine Zusammenstellung von Datenaustauschformaten findet sich auf <http://www.gis-news.de/technologie/datenformate>.

⁴³ <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>

⁴⁴ Ablösung erfährt dieses Format in bestimmten Anwendungsbereichen durch das DBMS-orientierte GeoDataBase-Konzept.

⁴⁵ <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=12272454>

⁴⁶ RSS ADVISORY BOARD (2009), REED (2006) sowie <http://www.georss.org/>

⁴⁷ Siehe HERRING (2010, 2011)

4.6 Datenschnittstellen

(<http://www.centc287.eu/>), bald darauf das noch immer aktive CEN/TC 211. Seine Aufgabe ist auf dessen Homepage (<https://www.isotc211.org/>) wie folgt festgelegt:

“Standardization in the field of digital geographic information [...] aims to establish a structured set of standards for information concerning objects or phenomena that are directly or indirectly associated with a location relative to the Earth. These standards may specify, for geographic information, methods, tools and services for data management (including definition and description), acquiring, processing, analyzing, accessing, presenting and transferring such data in digital/electronic form between different users, systems and locations. The work shall link to appropriate standards for information technology and data where possible, and provide a framework for the development of sector-specific applications using geographic data.”

Aus der Normungsarbeit dieses Gremiums sind mehr als 50 Normen hervorgegangen (KRESSE & FADAIE 2004), die teilweise in das Deutsche übertragen wurden.⁴⁸ Ziel auf europäischer Ebene ist die Harmonisierung der Normen in den Mitgliedsstaaten und damit, auf Geodaten bezogen, der Abbau von Hemmnissen, welche die Zusammenarbeit erschweren. Für raumbezogene IT-Systeme sind ebenfalls die Normen von ISO/IEC JTC 1 Information Technology⁴⁹ von Bedeutung.

Die nationale Normenorganisation Deutschlands ist das Deutsche Institut für Normung (DIN, <https://www.din.de/de>), der Schweiz die Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV, <https://www.snv.ch/de/>), die Österreichs das Austrian Standards Institute (ASI, <https://www.austrian-standards.at/home/>). Diese Organisationen vertreten nationale Interessen in der internationalen Normung.

Zu jedem europäischen Gremium gibt es in einzelnen Ländern ein sogenanntes Spiegelgremium, das die jeweilige nationale Beteiligung ermöglichen und sicherstellen soll. Aus diesen nationalen Spiegelgremien werden dann die entsprechenden Experten in die jeweiligen Working Groups und in das ihnen übergeordnete Technical Committee (TC) entsandt, um dort durch ihr Expertenwissen die relevanten Normen voranzubringen und die nationalen Interessen zu vertreten.

Im Rahmen der deutschen Normungsarbeit werden GI-relevante Themen in den Arbeitsausschüssen „Geodäsie“, „Photogrammetrie und Fernerkundung“ sowie „Kartographie und Geoinformation“ wahrgenommen, die dem DIN-Fachbereich „Vermessungswesen, Geoinformation“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau)⁵⁰ angehören.

⁴⁸ Deutsche und internationale Normungsdokumente sind über den Beuth Verlag, Berlin, zu beziehen.

⁴⁹ http://www.iso.org/iso/jtc1_home.html

⁵⁰ <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau> [2025-12-31]

Im Fachbereich 10 „Interoperabilität von Informations-, Kommunikations- und Navigationssystemen“ werden Themen wie Erdbeobachtung (z. B. Warnung vor Tsunamis), geographische Informationsdienste, Navigations- und Ortungsempfänger für Anwendungen im Straßenverkehr, Informationsaustausch in einer Umgebung eines „Systems von Systemen“ behandelt (insbesondere im Kontext von Erdbeobachtung, Navigation und Ortung)⁵¹.

Das Gremium „Kartographie und Geoinformation“ (NA 005-03-03 AA) ist Spiegelausschuss zu CEN/TC 287 und ISO/TC 211.

Auf nationaler Ebene wird die Regelsetzung durch die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen (AdV, <http://www.adv-online.de/>) unterstützt. Auch der Deutsche Dachverband für Geoinformation (DDGI, <http://www.ddgi.de/>) leistet dazu seinen Beitrag.

Für die Bundesrepublik Deutschland stellte die für den Austausch von ALK- und ATKIS-Daten konzipierte Einheitliche Datenbankschnittstelle (EDBS) einen Verwaltungsstandard dar. An die Stelle der bisher gebräuchlichen Datenformate EDBS (für ALK-Daten) und WLDGE (für ALB-Daten) tritt nun die auf internationalen Normen und Standards des OGC aufgebaute Normbasierte Austauschschnittstelle NAS, das Datenaustauschformat des AAA-Modells. Ihr liegt GML zugrunde. Sie umfasst neben den Fachobjekten auch Operationen zur Haltung von Bestandsdaten. Die Modellierung der Schnittstelle entspricht internationalen Normen und Standards (AdV 2009, S. 12). In manchen Bundesländern werden Geodaten noch zumindest für einen Übergangszeitraum (in Bayern beispielsweise bis 2016) in den bisherigen Datenformaten abgegeben. Auch darüber hinaus werden noch Datenauszüge im Shape- und DXF-Format unterstützt.

In der Schweiz wurde parallel zu EDBS als Datenaustauschverfahren für Landinformationssysteme INTERLIS entwickelt und steht seit 2009 in der Version 2.3 zur Verfügung. Der eCH-Standard 0118 definiert Codierungsregeln, um aus einem INTERLIS-Datenmodell ein GML-Transferformat gemäß ISO-Norm 19136 abzuleiten⁵².

In Österreich werden laut <https://www.bev.gv.at/> die Daten der Digitalen Katastralmappe (DKM), des Digitalen Landschaftsmodells und andere Geodaten u. a. im Shape- und GeoPackage-Fomat abgegeben.

Wesentliche Standardisierungsimpulse gehen von dem bereits in Abschnitt 4.5.1 eingeführten Open Geospatial Consortium (OGC, <http://www.opengeospatial.org/>) aus. Die Ziele dieses offenen Industrieforum sind die Interoperabilität von Daten und GI-Technologien:

⁵¹ Global Earth Observing System of Systems, <http://www.earthobservations.org/geoss.shtml>

⁵² http://www.interlis.ch/interlis2/docs23/eCH-0118_GML-Kodierungsregeln-fuer-INTERLIS_2011-06-22_de.pdf

4.6 Datenschnittstellen

- Spezifikation verträglicher (interoperabler) Produkte durch Systemanbieter und Datenlieferanten,
- Synchronisierung von GI-Technologie und allgemeinen IT-Standards,
- Schaffung eines Industrieforum zur Förderung von Initiativen für die verteilte Geo-informationssverarbeitung.

Wichtig sind auch Standards des *Word Wide Web Consortiums* (<http://www.w3.org>), wie Extensible Markup Language (XML), und Scalable Vector Graphics (SVG) sowie der Ansatz des Semantic Webs mit den Konzepten wie Linked Data, RDF (Gandon & Schreiber 2014), Ontologien und GeoSPARQL.

5 Kapitel: Strategische Planung

In diesem Kapitel werden wir zunächst auslösende Faktoren für ein GIS-Projekt betrachten. Die strategische Planung basiert auf diesen projektauslösenden Ideen und Faktoren und schafft durch die Projektdurchführungsstrategie Klarheit über die Inhalte und den Umfang des Projekts.

Die zu durchlaufenden Projektphasen werden in Form einer Projektgruppe bearbeitet. Für ihren Aufbau und ihre Zusammensetzung existieren verschiedene Möglichkeiten. Inhalte der strategischen Planung und Aspekte der Projektleitung werden behandelt.

Nun weißt du aber, dass bei jedem Geschäft die Anfang das Wichtigste ist.
Plato: Politeia, Buch II, 377B⁵³

5.1 Projektauslösung und Kurzanalyse

Erstellung und Nutzung umfangreicher Datensammlungen haben in der öffentlichen Verwaltung und in Unternehmen lange Tradition und große Bedeutung für die tägliche Arbeit. In einem solchen Umfeld können verschiedene Auslöser dazu führen, ein Projekt zu initiieren (vgl. auch Textbox 4):

- *Subjektive Problemerkennung:* Anstoß für ein Projekt kann das Erkennen eines Problems vonseiten der Mitarbeiter sein (vgl. Textbox 4). STEINBUCH (2000) weist auf die Gefahr der Subjektivität bei der Erkennung und Beurteilung des Ist-Zustands sowie bei der Einschätzung des Sollzustands hin. Vor weiteren Schritten sind deshalb ein kritisches Hinterfragen sowie der Versuch der Objektivierung anhand nachvollziehbarer Kriterien nötig, was z. B. durch externe, unabhängige Beratung unterstützt werden kann.

Typische Probleme im Zusammenhang mit konventioneller Planbearbeitung sind der schlechte Allgemeinzustand und Fortführungsstand von Daten und Plänen. Daten sind uneinheitlich, von zweifelhafter Qualität und werden an verschiedenen Stellen mehrfach vorgehalten und gepflegt. Der Zeitbedarf für Informationsbeschaffung und -aufbereitung sowie Datenpflege ist zu hoch.

- *Untersuchung von Verbesserungspotenzialen:* Bei der Suche nach Verbesserungspotenzialen wird nicht der Status quo bewertet, sondern gezielt im Hinblick auf Verbesserungen durch neue Arbeitstechniken und -methoden sowie durch technologische Neuerungen untersucht.

⁵³ <http://www.opera-platonis.de/Politeia2.html>

Bei der Entwurfsbearbeitung des Landschafts- und Artenschutzprogramms wurde bald der grundlegende Mangel an planungsgerecht aufbereiteten Umweltdaten bzw. ökologischen Planungsgrundlagen offenkundig. (BOCK 1989)

Trotz einer Jahresleistung von 300 neu gezeichneten Plänen ... erhöht sich die Zahl der nicht gezeichneten Leitungskilometer ständig. (MUXEL 1989)

Access to appropriate technological solutions can be the determining factor in the ability to meet transportation challenges. (SANCHEZ et al. 2002)

Die handschriftliche Datenübertragung, Medienbrüche und damit verbundene Eingabefehler sowie nicht standardisierte Datenhaltung [...] verursachen zeitaufwändige Arbeitsabläufe und Redundanzen. (HUG 2004)

Current users of geographic information spend 80 per cent of their time collating and managing the information and only 20 per cent analysing it to solve problems and generate benefits. (GEOGRAPHIC INFORMATION PANEL 2008, S. 12)

Textbox 4: Erfahrungen mit dem Einsatz von Informationssammlungen.

Zum Beispiel kann eine technologische Neuerung darin bestehen, dass die bisherige CAD-basierte Bestandsplanführung durch die integrierte Führung der Geodaten in einem GIS abgelöst wird. Verbesserungspotenziale ergeben sich auch dadurch, dass Daten aus anderen Quellen genutzt werden oder eigene Daten an andere Stellen weitergegeben werden können.

- **SWOT-Analyse:** Eine SWOT-Analyse⁵⁴ kann verschiedene Ansätze zusammenfassen. Dabei werden Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken in Bezug auf das Ziel der Systemeinführung identifiziert und in einer Matrixdarstellung zusammengeführt.
- **Systematische Prüfung:** Eine systematische Prüfung kann in Form einer Schwachstellenanalyse durch die Untersuchung von Kennzahlen (vgl. Textbox 4) oder anhand von Checklisten erfolgen. Im ersten Fall wird das Unternehmen anhand verschiedener Kennzahlen geprüft und nach Möglichkeit mit Durchschnittswerten aus vergleichbaren Unternehmen oder aus früheren Jahren verglichen.

Dies betrifft beispielsweise

- den Zeitbedarf (Arbeitszeit bzw. Durchlaufzeit) für die Ausführung bestimmter Arbeitsvorgänge (wie den Zeitbedarf für die Bearbeitung eines Baugesuchs),
- die Fehlerhäufigkeit, wie die Häufigkeit der Unvollständigkeit von Daten,
- den Personaleinsatz (beispielsweise bei der Führung von Plänen).

⁵⁴ Engl. Abkürzung für Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Risiken).

5.1 Projektauslösung und Kurzanalyse

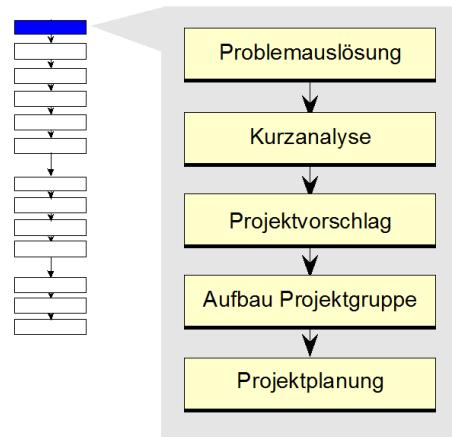


Abbildung 29: Arbeitsschritte der strategischen Planung als erste der zu durchlaufenden Projektphasen.

Bei der Checklistentechnik werden Prüflisten mit aufgabenbezogenen, systematischen Fragen formuliert, welche die Unternehmensbereiche im Hinblick auf Schwachstellen untersuchen.

Da die Auswirkungen einer Systemeinführung auf die personellen und finanziellen Ressourcen einer Organisation groß sind, darf auch die strategische Planung (vgl. Abbildung 29) nur dann fortgesetzt werden, wenn auf der Leitungsebene die Unterstützung des Vorhabens wahrscheinlich ist. Hier können Gespräche mit der Geschäftsleitung über die Ziele der strategischen Planung Klarheit bringen oder es kann ein formaler Weg (beispielsweise im Rahmen eines betrieblichen Vorschlagswesens) beschritten werden:

1. Die Situation ist zu beschreiben und gegenüber anderen Bereichen abzugrenzen.
2. Die Bedeutung der wahrgenommenen Problemfaktoren ist darzulegen.
3. Die Ursache des Problems ist zu beschreiben.
4. Ein oder mehrere Problemlösungsansätze werden skizziert.
5. Projektrisiken sind zu benennen.
6. Der Nutzen der Problemlösung wird dargestellt.

Das Ergebnis der Kurzanalyse wird als Projektantrag für die Durchführung der strategischen Planung formuliert, der im Kontext aller vorgeschlagenen IT-Projekte des Unternehmens bewertet werden muss.

Ein leider oft in der Praxis zu beobachtender Fehler besteht darin, dass unter dem Drang zur Problemlösung der Aufbau eines effektiven organisatorischen Rahmens vernachlässigt wird – obwohl allein dadurch Projekte [...] erfolgreich zu Ende geführt werden können.
LOCKEMANN et al. 1983

5.2 Organisatorische Einbettung

Die Einführung des IT-Systems vollzieht sich innerhalb eines organisatorischen Umfelds, in das die Mitarbeiter und die durch sie vollzogenen Aufgaben eingebettet sind. Die Form der Einbettung ist von der Art des Projekts, vom Aufbau der Organisation und vom Umfang der einzubehorenden organisatorischen Einheiten abhängig.

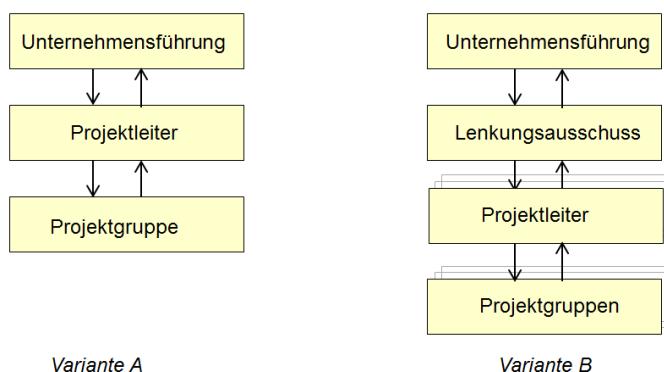


Abbildung 30: Möglichkeiten der Einbettung eines GIS-Projektes in ein organisatorisches Umfeld.

Bei kleineren IT-Projekten wird der Projektleiter als Vertreter der Projektgruppe direkt der Unternehmensleitung berichten (Abbildung 30, Variante A). Umgekehrt werden Vorgaben vonseiten der Unternehmensführung über den Projektleiter an die Mitarbeiter weitergegeben.

Bei umfangreicheren Projekten, komplexeren organisatorischen Strukturen oder bei Querbezügen zu anderen Projekten berichtet der Projektleiter an eine zwischengeordnete Instanz, die häufig Lenkungsausschuss genannt wird (Abbildung 30, Variante B, vgl. LITKE 2007, S. 65 f.). Der Projektleiter wird in der Regel Mitglied dieses Gremiums sein. Dort erfolgt eine Projektkontrolle, es werden Zusammenhänge mit anderen Projekten oder Teilprojekten koordiniert und Entscheidungen getroffen (vgl. Tabelle 8). Der Lenkungsausschuss stellt die Beziehung zur Unternehmensführung her. Neben dem Projektleiter werden ihm häufig Verantwortliche verschiedener Fachbereiche sowie Mitglieder der Geschäftsleitung angehören.

- Definition von Aufgaben,

5.3 Aufbau der Projektgruppe

- Festlegung von Projektgruppen und ihren Mitarbeitern,
- Entscheidung in Grundsatzfragen,
- Festlegung von Prioritäten,
- Veranlassung der Lösung von Aufgaben,
- Terminvereinbarung und –kontrolle,
- Koordination der Tätigkeiten der Projektgruppen,
- Abstimmung von Arbeitsergebnisse,
- Kommunikation mit der Unternehmensführung.

Tabelle 8: Aufgaben eines Lenkungsausschusses⁵⁵.

In beiden hier skizzierten Möglichkeiten ist der Bezug zur Unternehmensführung wesentlich, da auf dieser Ebene die Entscheidung über wesentliche Ziele der Informationsverarbeitung getroffen und später unterstützt werden müssen.

Der Erfolg [...] hängt hauptsächlich von dem Engagement der Mitarbeiter, ihren Idee, ihrem Einfühlungsvermögen in artfremde Sachverhalte und von dem Zugehen und Beraten anderer Abteilungen [...] über Einsatzmöglichkeiten des GIS ab.

J. BAUER (2011)

5.3 Aufbau der Projektgruppe

5.3.1 Gruppengröße

Gerade im IT-Umfeld sind es häufig einzelne Mitarbeiter aus Fachabteilungen, von denen wesentliche Impulse zur Systemeinführung ausgehen; auch die Kurzanalyse kann durch einen einzelnen Mitarbeiter geleistet werden. Für die weiteren im Rahmen der verschiedenen Projektphasen anfallenden Aufgaben kann die Beschränkung auf einen – oder wenige – Mitarbeiter mit schwerwiegenden Nachteilen verbunden sein (STEINBUCH 2000):

- *Verzögerungen und überlange Projektdauer:* Bei umfangreichen Projekten, wie es die Einführung und Nutzung eines GIS darstellt, wird die Zeitdauer der Projektdurchführung zu lange (vgl. Textbox 7).
- *Hohe Anforderungen an die Qualifikation:* Von der Systemeinführung werden eine Vielzahl unterschiedlicher Themenbereiche tangiert, die von einem Mitarbeiter in der Regel nicht vollständig abgedeckt werden können.

⁵⁵ Nach: Arbeitskreis kommunaler Sicad-Anwender in Baden-Württemberg (1990): Grundlagen der Zusammenarbeit.

- *Ausfallrisiko:* Das Projektrisiko bei Ausfall eines Mitarbeiters ist sehr hoch.
- *Geringes Maß an Partizipation:* Weitere von der GIS-Einführung betroffene Stellen können nicht direkt in das Projekt integriert werden.
- *Einseitigkeit:* Das System kann durch subjektive Schwerpunkte stark geprägt werden.

Diesen Punkten steht bei der Arbeit mit einer *Projektgruppe* eine Reihe von Vorteilen gegenüber:

- Einzelne Schwerpunkte können durch erfahrene oder spezialisierte Mitarbeiter übernommen werden.
- Angehörige verschiedener Fachbereiche und Hierarchiestufen werden in die Systemeinführung involviert. Das Projekt wird gemeinsam getragen und verantwortet.
- Das Engagement unterschiedlicher Stellen wird gefördert. Die Interessen aller Beteiligten können wahrgenommen werden.
- Der Einsatz externer Berater kann im Rahmen der Projektgruppe effektiv erfolgen.

Es sind jedoch noch folgende Aspekte zu bedenken:

- Der administrative und zeitliche Aufwand für Abstimmung und Kommunikation kann bei größeren Projektgruppen sehr stark anwachsen.
- Projektmitarbeiter müssen vollständig oder teilweise von ihrer bisherigen Tätigkeit freigestellt werden; geschieht dies unzureichend, sind Projektverzögerungen die häufige Folge. In ihren Abteilungen muss die Arbeit anderweitig aufgefangen werden. Es besteht die Gefahr der Entfremdung der Projektmitarbeiter von ihren Hauptaufgaben.

Die Größe der Gruppe sollte in der Regel sechs bis acht Personen nicht überschreiten, da sonst Abstimmungsarbeit sowie Kommunikations- und Koordinationsprobleme die Effizienz der Zusammenarbeit infrage stellen.

Häufig werden die in die strategische Planung involvierten Mitarbeiter auch die weiteren Projektabschnitte mittragen. Bereits die gemeinsame Entwicklung der strategischen Planung hat für das Zusammenarbeiten in der Projektgruppe während des weiteren Projektverlaufs eine wichtige gruppendiffusivische Funktion. Die Mitarbeiter, die ja häufig aus unterschiedlichen Organisationseinheiten stammen oder unternehmensfremd sind, lernen sich kennen und können eine förderliche Gruppenidentität aufbauen.

5.3 Aufbau der Projektgruppe

Aufgabern:

Auftrag/Aufgabe analysieren

Lösungsbedingungen und –aufwand ermitteln.

Priorittten setzen, Zeitvorstelleungen für die Lösung formulieren

Ergebnis mit Lenkungsa. Abstimmen.

Regelmäßig über Arbeitsstand und Sondersituation an den Lenkungsa. Berichtne

Im Einzelfall nehmen Mitgleider an Sitzung des Lenkungsa. teil.⁵⁶

People from different disciplines—business strategists, technologists, graphic designers, marketers—spanning multiple organizations and hierarchical levels need to find ways of working together.

N. LEVINA (2001)

5.3.2 Teilprojektgruppen

Je nach Projektart kann eine Untergliederung in Teilprojektgruppen oder Projektuntergruppen zweckmäßig sein. In Abbildung 31a ist schematisch dargestellt, wie verschiedene Projektphasen durch unterschiedliche Teilprojektgruppen bearbeitet werden. Phase 1 könnte beispielsweise die Voruntersuchung, Phase 2 die Konzeptentwicklung beinhalten, die durch eine Gruppe bearbeitet werden. In Phase 3 erfolgt dann die Implementierung einer Eigenentwicklung durch eine weitere Teilprojektgruppe mit spezifischer Qualifikation.

⁵⁶ Nach: Arbeitskreis kommunaler Sicad-Anwender in Baden-Württemberg (1990): Grundlagen der Zusammenarbeit.

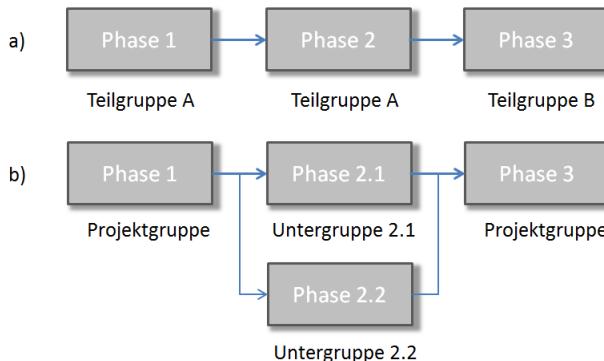


Abbildung 31: a) Unterschiedliche Teilprojektgruppen werden in einzelnen Projektphasen tätig. b) Die Bearbeitung verschiedener Teilbereiche eines Projektabschnitts kann durch Projektuntergruppen geschehen.

Abbildung 31b zeigt die Bearbeitung verschiedener Teilbereiche eines Projektabschnitts durch Projektuntergruppen. Innerhalb einer Kommune könnte beispielsweise Untergruppe 2.1 das Datenmodell für das Tiefbauamt entwickeln, während Untergruppe 2.2 das Datenmodell für das Grünflächenamt erstellt. In einer weiteren Projektphase erfolgt die Zusammenführung der TeilmODELLE.

Um die Projektziele zu erreichen, müssen Personen aus den unterschiedlichsten Bereichen und Hierarchieebenen interdisziplinär zusammenarbeiten.
H.-D. LITKE (2007, S. 205)

5.3.3 Qualifikation der Mitarbeiter

Beim Aufbau einer Projektgruppe sind neben der Anzahl auch Qualifikation und Art der Mitarbeiter im Hinblick auf die im Rahmen der Projektlaufzeit zu bearbeitenden Aufgaben zu untersuchen.

Die Projektgruppe wird sich aus Mitarbeitern der von der Systemeinführung berührten Abteilungen (fachliche Qualifikation) und aus Mitarbeitern mit Schwerpunkt „Informationstechnologie“ und „Organisation“ (organisatorische Qualifikation) zusammensetzen (vgl. Tabelle 9 und Abbildung 32). Dabei sind verschiedene Schwerpunkte bei der Projektdurchführung möglich:

5.3 Aufbau der Projektgruppe

	IT/Organisation	Anwenderseite
Kompetenz, Kenntnis	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorgehensmodelle, ▪ Datenmodellierung, ▪ vorhandene Informationstechnik, ▪ Marktgegebenheiten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ praxisrelevante Anforderungen, ▪ tatsächliche Abläufe, ▪ soziale Gegebenheiten
Mitwirkung bei Systemeinführung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analyse, Konzeptentwicklung, Kosten-Nutzen-Analyse, evtl. Realisierung, Systemabnahme 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formulierung und Verifizierung fachlicher Anforderungen, ▪ Abnahme gemäß funktionaler Spezifikation
Mitwirkung bei Systemnutzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenbankverwaltung, ▪ Operatingaufgaben 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Datenerfassung, Auswertung, Ausgabe, ▪ weitere Anforderungsspezifikation
Schwerpunkt bei	<ul style="list-style-type: none"> ▪ komplexen IT-Systemen und umfangreicher Vernetzung, ▪ unternehmensweiten Datenmodellen, ▪ unternehmensübergreifenden Systemen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ geringer Anzahl von GIS-Arbeitsplätzen, ▪ Einführung neuer GIS-Anwendungsbiete

Tabelle 9: Schwerpunkte und Einsatzgebiete von Mitarbeitern mit organisatorischer bzw. fachlicher Qualifikation.

1. *Technisch-organisatorische Ausrichtung:* Diese Form der Projektdurchführung stellt den klassischen Fall in Unternehmen mit ausgeprägter Ausrichtung auf eine zentrale IT-Abteilung dar. Mitarbeiter aus diesem Bereich sind zuständig für Anforderungserhebung, Analyse, Systementwurf, eventueller Realisierung, Integration, Systemübergabe bzw. -abnahme und Systembetreuung.

- Zentrale Steuerung,
- Kommunale Datenzentrale,
- Organisation,
- Amt für Statistik,
- Vermessungsamt,
- Fachbereich Umwelt,
- Fachbereich Planung,
- Fachbereich Bauordnung.

Abbildung 32: Beispiel für den Aufbau einer Projektgruppe (nach KGSt 1994:36).

Anwender hingegen stehen in der Erhebungsphase als Gesprächspartner zur Verfügung. Über weitere Projektschritte werden sie informiert. Das fertige System wird ihnen übergeben. Es besteht die Gefahr, dass die Forderungen der Anwender nur ungenügend erfüllt werden; dies wiederum kann zu mangelnder Identifikation mit dem eingeführten GIS führen.

2. *Gemeinschaftliche Ausrichtung:* Dieser Ansatz entspricht der zeitgemäßen Sichtweise einer IT-Abteilung als Diensterbringer für die Fachabteilungen. Mitarbeiter aus dem Bereich „Organisation“ und Vertreter der Anwendungsseite werden gleichermaßen in alle Projektabschnitte involviert. Bei Bedarf werden entsprechende Schulungsmaßnahmen durchgeführt. Es wird sichergestellt, dass ein umfangreicher Schatz an Wissen und Erfahrung in den Einführungsprozess eingebracht wird. Für beide Seiten ist es wichtig, voneinander und die Sprache des anderen zu lernen. Häufig erwerben sich die so involvierten Anwender umfangreiche Kenntnisse und stehen nach Systemeinführung als Multiplikatoren oder beratend zur Verfügung.
3. *Anwenderzentrierung:* Alle Projektschritte werden maßgeblich von Anwendern durchgeführt und verantwortet. Da die Gefahr der Fehleinschätzung der mit einzelnen Projektschritten verbundenen Aufgaben mit entsprechenden Folgen besteht (z. B. unzureichende Beurteilung von Systemeigenschaften bei der Systemauswahl), ist besonderer Wert auf eine ausreichende zusätzliche Qualifizierung der Anwender zu legen (vgl. Kapitel 8.5, Schulungsplanung). Interne oder externe Mitarbeiter mit organisatorischer Qualifikation können bei Bedarf hinzugezogen werden.

Bei der Wahl der Projektmitarbeiter aus den Reihen der Anwender darf der Schwerpunkt nicht einseitig auf Personen mit starkem IT-Interesse gelegt werden. Die fachliche Qualifikation, d. h. die Kenntnis der fachlichen Anforderungen, der tatsächlichen Abläufe und der sozialen Gegebenheiten, muss im Vordergrund stehen.

Hierachische Bedeutung	Fachexpertise
X	X X X
X	X X
Glaubwürdigkeit	Leiterschaft

Abbildung 33: Die Projektmitarbeiter müssen verschiedene Charakteristika repräsentieren, um eine erfolgreiche „Führungskoalition“ (KOTTER 2011) aufzubauen.

Neben dieser fachlichen Kompetenz sind unter strategischen Gesichtspunkten bei der Einbeziehung von Projektmitarbeiter nach KOTTER (2011, S. 50) weitere Aspekte wichtig (siehe Abbildung 33):

5.3 Aufbau der Projektgruppe

- *Hierarchische Bedeutung:* Sind ausreichend Entscheidungsträger eingebunden, um das Blockieren der Systemeinführung durch andere verhindern zu können?
- *Glaubwürdigkeit:* Können Mitarbeiter mit positiver Reputation die Ziele und Entscheidungen des Projekts innerhalb der Organisationseinheiten kommunizieren?
- *Integration von Entscheidungsträger:* Sind genügend Entscheidungsträger vertreten, um den Prozess der Systemeinführung und organisatorischen Umsetzung unter strategischen Gesichtspunkten voranzutreiben? Gegebenenfalls können diese auch nur in einzelnen Projektphasen einbezogen werden.

Neben den genannten Qualifikationen setzt die Mitarbeit in der Projektgruppe eine Reihe weiterer Eigenschaften und Persönlichkeitsmerkmale voraus – sogenannte Soft Skills –, wie z. B. die Fähigkeit und Bereitschaft zur Teamarbeit, die Kritikfähigkeit (Bereitschaft und Fähigkeit zur Kritikverarbeitung) sowie Lern- und Lehrfähigkeit.

5.3.4 Unterstützung durch externe Mitarbeiter

Hinsichtlich der Art der involvierten Mitarbeiter lassen sich unternehmensinterne und externe Mitarbeiter unterscheiden.

Für *interne Mitarbeiter* sprechen ihre Vertrautheit mit der Organisation und den zu erfüllenden Aufgaben sowie die vergleichsweise in geringem Maße anfallenden Kosten. Die Bereitschaft bzw. die Motivation, am GIS-Projekt mitzuarbeiten, ist hoch einzuschätzen. *Externe Mitarbeiter* sind hilfreich, da sie

- über eine große Erfahrung aus anderen Projekten verfügen,
- grundsätzliche Datenmodellierungsansätze kennen, die als Grundlage für zu erstellende Datenmodelle dienen,
- grundsätzliche IT-Konzepte kennen, die einen guten Ausgangspunkt für eigene Konzepte darstellen,
- mit Objektivität organisationsinterne Vorgänge wahrnehmen, beurteilen und einen Prozess der Veränderung in Gang setzen können,
- vermittelnd tätig sind und die Interessenlagen unterschiedlicher Gruppen in die Konzepterstellung einfließen lassen,
- den Projektablauf beschleunigen,
- im Stande sind, die Erfahrungs- und Lernkurve der internen Mitarbeiter zu verkürzen.

Der Einsatz externer Berater ist unter anderem für folgende Aufgaben hilfreich:

- Beratung im Rahmen der strategischen Planung im Hinblick auf inhaltliche und zeitliche Festlegung der Projektphasen,
- Durchführung von Anforderungserhebung, Ist-Untersuchung und -Analyse,
- Aufstellen des Datenmodells,

Der Einbezug (FIG-fremder) IT-Experten ist oft unabdingbar. Zu prüfen sind der Einbezug einer Fachperson in das Projektteam oder die Erteilung von Aufträgen. (E-GEO.CH 2012)

Auch zur Entwicklung eines Feinkonzeptes ist es sinnvoll, einen externen Gutachter einzuschalten. (ROGGENDORF, SCHOLLES & STAHL 1995)

Erfahrungen zeigen, dass die Einbeziehung externer Partner für die Projektberatung, für die Realisierung von Spezialaufgaben unerlässlich und nützlich ist. (BERNHARDT 1994, S. 239)

Textbox 5: Bedeutung des externen Beraters.

- Konzeptentwicklung,
- Aufgaben der Projektdokumentation,
- Systemvorauswahl und Systemevaluierung,
- Mitwirkung bei der Vertragsgestaltung,
- Systemabnahme.

Bei der Auswahl des Beraters sind unter Anderem folgende Eigenschaften zu beachten⁵⁷:

- *Fachkunde und Erfahrung:* Aufgabe des Beraters ist es, dem Unternehmen bei den einzelnen Projektphasen behilflich zu sein und dabei seine Erfahrung und sein Wissen weiterzugeben. Erfahrung ist dabei nicht nur rein fachlich zu sehen, sondern beinhaltet ebenfalls Aspekte der Organisation und der Kommunikation. Gegebenenfalls sind Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Beratungstätigkeit durch einen erfahreneren Berater (Seniorberater) abzusichern.
- *Sensibilität:* Die Systemeinführung muss wesentlich die Ziele und jeweiligen Anforderungen des Unternehmens berücksichtigen. Der Berater muss in der Lage sein, diese in Gesprächen und im Umgang mit den Mitarbeitern wahrzunehmen und zu erkennen.
- *Verständlichkeit:* Die im Rahmen der Beratung getroffenen Aussagen müssen in einer Art und Weise erfolgen, die für den Auftragnehmer verständlich ist. Der Berater muss in der Lage sein, technische und organisatorische Sachverhalte ohne ein Übermaß an Fachvokabular zu erläutern.
- *Objektivität:* Die Beratung muss objektiv erfolgen, ohne finanzielle Beeinflussung durch Dritte. Bestehen Beziehungen zu bestimmten Systemanbietern, sind sie offenzulegen. Vertrautheit mit bestimmten Systemen kann dem Beratungsprozess jedoch durchaus förderlich sein. Bei öffentlichen Aufträgen dürfen gemäß BMI (2010, S. 200) „*für den Auftraggeber ausschließlich Personen tätig werden, die nicht gleichzeitig auf Seiten von Bewerbern bzw. Bieterin tätig sind.*“

⁵⁷ Vgl. auch http://www.sifepp.nysed.gov/a/records/mr_erecords_gis_consult.shtml [2013-10-04].

*Ein Projektleiter hat in der Praxis
mit Alltagsproblemen von vielfältiger Natur zu kämpfen.
H.-D. LITKE (1995)*

*13. Fehlerquelle: Verwendung derselben Person als Projektmanager und als Architekt.
G. VERSTEEGEN (2000, S. 195)*

5.4 Der Projektleiter

Grundsätzlich können die Aufgaben einer Projektgruppe ohne hierarchische Strukturierung der Gruppenmitglieder bearbeitet werden. In diesem Fall erfolgt die Zusammenarbeit gleichberechtigt und ermöglicht eine offene Kooperation, die eine verstärkte Motivation und Effizienz der Mitarbeiter bewirken kann. Koordinations- oder Vertretungsaufgaben werden zeitlich begrenzt einzelnen Gruppenmitgliedern übertragen.

Eine Variante der Leitung kann darin bestehen, die Führung gleichberechtigt einem Mitarbeiter mit Schwerpunkt „Organisation“ und einem Anwender mit besonderer fachlicher Kompetenz zu übertragen.

In den meisten Fällen jedoch wird ein Mitarbeiter der Gruppe als Ansprechpartner koordinierend tätig sein und eine Gruppenleitung wahrnehmen. Nach dem Maß der ihm übertragenen Aufgaben und Kompetenzen kann er als Gruppensprecher, als Gruppenleiter oder als Projektleiter fungieren. Als Gruppensprecher stellt er das „Sprachrohr“ der Gruppe nach außen hin dar, als Gruppenleiter hat er dazu in einem gewissen Maße noch Personalverantwortung wahrzunehmen. In beiden Fällen wird der Projekterfolg von der gesamten Gruppe verantwortet. Anders verhält es sich beim Projektleiter. Er ist Sprecher der Gruppe, trägt Verantwortung für personelle und Sachressourcen sowie für das Gesamtergebnis. Der Erfolg oder Misserfolg eines Projekts hängt sehr stark von seiner Person ab (LITKE 2007, TUMUSCHEIT 2007).

Die Übernahme von Aufgaben und Verantwortung setzt – neben Fachwissen, methodischer und sozialer Qualifikation (vgl. TUMUSCHEIT 2007, S. 102 f.) – voraus, dass ihm auch die nötigen *Kompetenzen* zugestanden werden. Zu diesen Befugnissen gehören

- die Mitwirkung bei der Festlegung der Projektziele,
- die inhaltliche Festlegung der Projektphasen,
- die Mitarbeiterauswahl,
- das fachliche Weisungsrecht,
- das Entscheidungsrecht.

Die Kompetenzerfordernisse sind unter anderem von der Art des Projektes, von seiner Eingliederung in die Gesamtorganisation und von der Projektorganisationsform abhängig.

Bei langdauernden Projekten beispielsweise kann dem Projektleiter neben der fachlichen Weisungskompetenz auch die personelle Zuständigkeit zuerkannt werden. Bei kürzeren Projektlaufzeiten bleibt die Zuordnung der Mitarbeiter zu den ursprünglichen organisatorischen Einheiten erhalten.

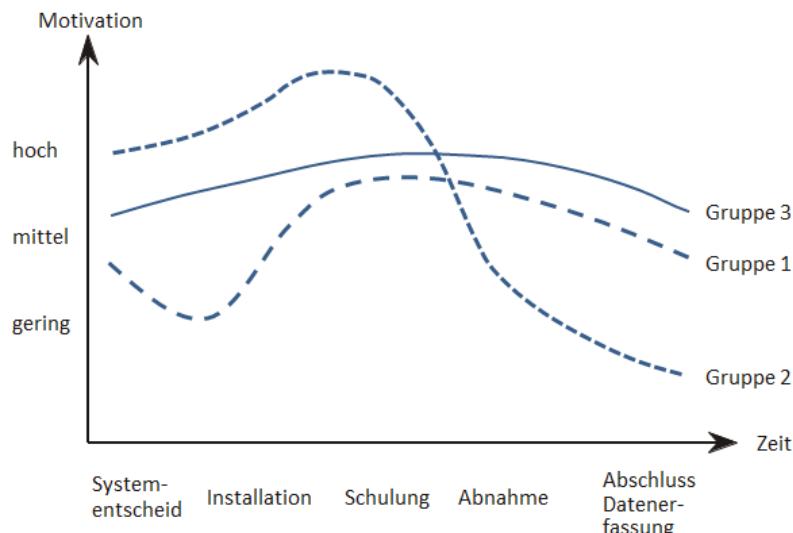


Abbildung 34: Wechselnde Motivation im Laufe eines GIS-Projekts (nach VAN GASTEL 1995); Gruppe 1: „Die Konservativen“, Gruppe 2: „Die leicht Begeisterungsfähigen“, Gruppe 3: „Die Realisten“.

Die Motivation der Mitarbeiter kann, wie Abbildung 34 zeigt, während der Projektlaufzeit individuellen Schwankungen unterworfen sein. Verantwortung des Projektleiters ist es, für einen adäquaten, erfolgreichen Personaleinsatz zu sorgen. Dazu gehören:

- Information und Koordinierung der Projektmitarbeiter,
- Motivation und Stärkung der Identifikation der Mitarbeiter,
- Förderung eines produktiven, kreativen Arbeitsklimas.

Im Wesentlichen wird der Projektleiter für folgende Aufgabenbereiche verantwortlich sein:

1. Projektplanung (Kap. 5.5),
2. Projektsteuerung und -kontrolle (Kap. 5.6),
3. Projektdokumentation (Kap. 5.7).

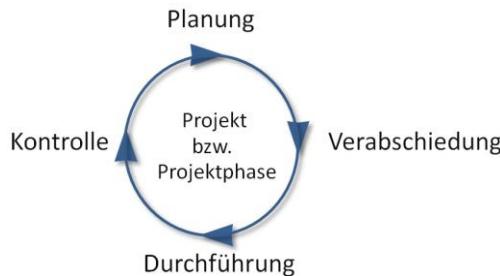


Abbildung 35: Zentrale Abschnitte bei der Bearbeitung eines Projektes bzw. einer Projektphase (nach BRENNER 1994, S. 63).

Die Projektplanung ist der erste Schritt bei der Bearbeitung eines Projektes oder Projektschnittes (siehe Abbildung 35). Planung, Verabschiedung, Durchführung und Kontrolle sind wesentliche methodische Schritte, die uns in allen GIS-Projektphasen in spezifischer Ausprägung und mit spezifischen Inhalten begegnen werden.

Planen ist das systematische Durchdenken und Festlegen von Zielen, Verhaltensweisen und Maßnahmen (BRENNER 1994, S. 62).

Verabschiedung heißt, die Ergebnisse der Planung zur Diskussion zu stellen und in Kraft zu setzen.

Bei der *Durchführung* werden die verabschiedeten Planungsergebnisse in die Wirklichkeit umgesetzt. Der Projektleiter greift steuernd in den Projektablauf ein. Er legt die Aktivitäten zeitlich fest und koordiniert sie, ebenso wacht er über die Finanzen.

Durch *Kontrolle* wird geprüft, in welchem Ausmaß die gesetzten Ziele und der erwartete Nutzen erreicht wurden. Verbunden mit den genannten Schritten ist jeweils die Verantwortung durch eine Person oder ein Gremium.

Es gibt zwei Dinge, auf denen das Wohlgefallen in allen Verhältnissen beruht. Das eine ist, dass Zweck und Ziel der Tätigkeit richtig bestimmt sind, das andere aber besteht darin, die zu diesem Endziel führenden Handlungen zu finden.
ARISTOTELES: Politik VII, 13

5.5 Projektplanung

5.5.1 Projektphasendefinition

Die Planung des Projektablaufs ist das wichtigste Ergebnis der strategischen Planung. Projektplanung bedeutet dabei, ein Vorgehensmodell, wie das in den nachfolgenden Kapiteln beschriebene, auf die Besonderheiten des Projektes anzupassen. Die Anpassung

betrifft nicht nur die inhaltliche Ausgestaltung der einzelnen Projektphasen; in Abhängigkeit von institutionellen und rechtlichen Randbedingungen können auch einzelne Phasen (wie die konzeptuelle Modellierung oder die Kosten-Nutzen-Analyse) entfallen.

- Verständnis der Unternehmensleitung und ihre volle Unterstützung der Ziele und Einsatzgebiete.
- Konzentration auf gut ausgesuchte und gewinnbringende Anwendungsgebiete – Einfachheit vor Komplexität.
- Das System orientiert sich an den Bedürfnissen des Unternehmens anstelle des schlichten IT-Einsatzes.
- Die Auswahl der Einsatzgebiete erfolgt geplant und schrittweise, wobei jeder Schritt hinreichend klein und einfach zu bewältigen ist.
- Die (unternehmensweite) Konzeptentwicklung erfolgt durch einen sehr erfahrenen Systemanalytiker.
- Die betroffenen Mitarbeiter werden umfassend in die Entwicklung des Datenmodells einbezogen.
- Die Bedeutung eines Datenmodells wird anerkannt. Es wird ein einheitliches Modellierungskonzept und eine einheitliche Datenbeschreibungssprache eingehalten.
- Die Konvertierung bereits vorhandener Datenbestände wird konzeptionell berücksichtigt.
- Alle Mitarbeiter werden sorgfältig gemäß ihrer Verantwortungsstufe ausgebildet.
- Ein Datenbankverwalter führt nach Systemeinführung eine straffe technische Kontrolle durch.
- Zum Einsatz kommt getestete, „gute“ Software mit logischer und physikalischer Datenunabhängigkeit.
- Erkennbare Ergebnisse werden binnen 6 – 18 Monaten erreicht.
- Den Nutzern wird eine ihren Anforderungen entsprechende Zugriffs- und Auswertemöglichkeit der im GIS gespeicherten Daten geboten.

Textbox 6: Kriterien für eine erfolgreiche Systemeinführung
(nach MARTIN 1981, KOTTER 2011).

Grundlage einer Projektplanung ist das Vorliegen einer grundlegenden Aufgaben- und Zielbeschreibung, die im Rahmen der Kurzanalyse (Kap.5.1) erarbeitet wurde. Die in Textbox 6 genannten Kriterien für eine erfolgreiche Systemeinführung können weitere Anhaltspunkte bieten. Einzelne Phasen werden in einzelne Arbeitspaket (AP) zerlegt (z. B. „Aufstellen eines Objektabbildungskatalogs“) und Meilensteine für einzelne Phasen oder Aktivitäten festgelegt (z. B. „Datenmodell liegt vor.“).

Für jedes Arbeitspaket werden seine Dauer und die erforderlichen Ressourcen an Mitarbeitern und Sachmitteln geschätzt. Auf personelle Aspekte sind wir im Zusammenhang mit dem Aufbau einer Projektgruppe bereits in Kap. 5.5 eingegangen. Andere Aspekte, wie Zeitplanung, Kostenplanung und Kontrollplanung, werden wir in den folgenden Abschnitten betrachten.

Es dauerte gut zwei Jahre von der Systementscheidung ... bis zum Abschluss der Erprobungsphase und dem Beginn der Produktion (RIEDER 1995).

The selection of a GIS computer system ... spanned over 18 month (UVYN & EYNDE 1991).

Unter Beachtung der Tragweite der Systemauswahl sollte man für die Phase der notwendigen Voruntersuchung bis hin zur Vertragsgestaltung einen Zeitraum von 1 bis 3 Jahren als normal betrachten (BERNHARDT 1994, S. 229).

The whole process of realization of fully integrated information system takes at least ten years (BOGAERTS 1995).

The entire process ... takes one or more years (ARONOFF 1993, S. 249).

Nur 9 % aller größeren Softwareprojekte wurden „in Time und im Budget“ durchgezogen. Bei kleineren bis mittleren Projekten lag zumindest eine „Erfolgsquote“ von 16 % bis 28 % vor (VERSTEEGEN 2000, S. 2).

Textbox 7: Erfahrungswerte zur Zeitdauer einer Systemeinführung.

Hofstadtersches Gesetz: Es braucht immer länger, als man erwartet, sogar wenn man das Hofstadtersche Gesetz berücksichtigt.

D. R. HOFSTADTER (1985): Gödel, Escher, Bach – ein endloses geflochtenes Band

5.5.2 Zeitplan und Projektdauer

TUMUSCHEIT (2007, S. 181) weist darauf hin, dass eine Projektlaufzeit über 18 Monaten als kritisch einzustufen sei. Aufgrund einer sich ändernden Umwelt (veränderte strategische Unternehmensziele, veränderte Mittelverfügbarkeit, Personalwechsel, organisatorische Änderungen, Weiterentwicklung der Informationstechnologie) wächst mit der Zeitdauer die Gefahr, dass ein Projekt nicht mehr den Anforderungen der Realität entspricht. Die Projektlaufzeit im GIS-Bereich kann ein sehr ernst zu nehmender Faktor sein (vgl. Textbox 7). Eine Reihe von Umständen kann sich projektverzögernd auswirken:

- *Länge der Entscheidungswege:* Als ein wesentlicher Punkt ist die Länge der Entscheidungswege innerhalb von Unternehmen zu nennen. Aufsichtsrats- oder Stadtratssitzungen finden nur zu bestimmten Terminen statt, und aus (unternehmens-)politischen oder finanziellen Gründen können weitere Projektschritte für längere Zeit „auf Eis gelegt werden“.

In einem Unternehmen wird die GIS-Einführung bis zur Erstellung der Ausschreibungsunterlagen vorbereitet. Wegen Haushaltskürzungen muss jedoch die Beschaffung verschoben werden. Ein Jahr später wird das Projekt erneut aufgegriffen. Ein relevanter Teilbereich des Unternehmens ist inzwischen ausgegliedert, der Projektleiter steht nicht mehr zur Verfügung, und es haben technologische Änderungen stattgefunden. Ist-Erhebung, Konzeptentwicklung und Pflichtenhefterstellung sind teilweise neu durchzuführen.

- **Personalverfügbarkeit:** Auch im Rahmen der Personalplanung sind zeitliche Aspekte mit zu bedenken. Für eine effektive Mitarbeit in der Projektgruppe kann es nötig sein, vor Projektbeginn die Mitarbeiter für ihre Aufgabe zu schulen. Entsprechende Zeit ist einzuplanen. Der Übergang von bisheriger Tätigkeit zur Projekttätigkeit geschieht häufig nicht nahtlos: Es wird Zeit benötigt, um bestimmte Arbeiten abzuschließen oder an einen Nachfolger zu übergeben. Auch im weiteren Projektverlauf können Rückgriffe auf die Mitarbeiter im Zusammenhang mit ihren früheren Aufgaben notwendig werden; häufig müssen auch die bisherigen Tätigkeiten weitergeführt werden. Die Verfügbarkeit der einzelnen Mitarbeiter – auch der externen! – ist also in die Planung einzubeziehen, beispielsweise durch Aufstellen mitarbeiter spezifischer Projektkalender.

Projektphase	Anteil
Strategische Planung	10 %
Ist-Erhebung und Anforderungsanalyse	20 %
Konzeptuelle Modellierung	15 %
Fachliche Sollkonzeptentwicklung	20 %
IT-Konzept	8 %
Kosten-Nutzen-Betrachtung	10 %
Systemauswahl	10 %
Konzeption Datenerfassung	7 %

Tabelle 10: Prozentuale, zeitliche Anteile einzelner Projektphasen von der Projektauslösung bis zum Systementscheid.

- **Angebotserstellung:** Von Anbieterseite ist mit Fristen von zwei bis vier Monaten für Angebotserstellung sowie für die Vorbereitung eines Funktionstests zu rechnen.
- **Lieferfristen:** Nach Auftragserteilung sind Zeitspannen für die Lieferung der Hardware, die Integration der verschiedenen Komponenten und für Softwareerstellung oder -anpassungen einzuplanen. Je nach Verfügbarkeit der Komponenten können mehrere Monate oder bis zu einem Jahr vergehen.

5.5 Projektplanung

Für die Projektdauer lässt sich aufgrund der stark variierenden Randbedingungen keine allgemein gültige Aussage machen. Daneben ist noch der hohe Innovationsgrad zu beachten. Tabelle 10 gibt jedoch eine ungefähre Angabe darüber, welchen prozentualen Anteil einzelne Phasen an der Projektlaufzeit haben.

Um bei der Systemkonzeption den sich ändernden Anforderungen und Randbedingungen gerecht zu werden, sind entsprechende Rückkopplungsmechanismen zwischen den einzelnen Projektphasen vorzusehen („Iterationen“, vgl. VERSTEEGEN 2000, S. 192f). Die erstellten Dokumente und Arbeitsergebnisse sind entsprechend anzupassen.

5.5.3 Randbedingungen

In einer Situationsanalyse werden Bedingungen untersucht, die das Systemkonzept und seine Realisierung zu erfüllen haben. Diese Randbedingungen schränken den Freiraum für Entwurf und Realisierung ein und beeinflussen somit das weitere Vorgehen:

- *Organisatorische Bedingungen:* Die Gesamtorganisation des Unternehmens hat Auswirkungen auf das Vorgehen bei Ist- und Anforderungserhebung, auf alle konzeptionellen Arbeitsschritte sowie auf die Zeitplanung. Zu betrachten sind:
 - Organisationsstruktur, zu beteiligende Stellen/Organisationseinheiten,
 - Organisationskultur (Stabilität, Innovationskraft, sozialer Umgang),
 - IT-Struktur,
 - auslösende Momente für Systemeinführung,
 - zeitliche Vorgaben für Systemeinführung und Lebensdauer des Systems,
 - finanzielle und personelle Randbedingungen.

Die Organisationsstruktur des Unternehmens legt bereits eine darauf abgestimmte Vorgehensweise nahe.

Die Unterschiede beispielsweise zwischen einem flächendeckenden Versorgungsunternehmen mit dezentraler, differenzierter Organisationsstruktur und einem kleineren, lokalen Versorgungsunternehmen liegen auf der Hand. Während im ersten ein Projektteam die GIS-Einführung durch eine umfangreiche Erhebung vorbereitet, wird im zweiten Fall vielleicht nur ein Sachbearbeiter mit Führung und Auswertung der Bestandsinformation betraut sein, sodass Teilschritte der Erhebung in verkürzter Form durchgeführt werden oder gar entfallen können.

- *Institutionelle Bedingungen:* Institutionelle, strategische Ziele sind in manchen Unternehmen als Leitbild dokumentiert und können ausgewertet werden, in anderen sind sie als Teil des Einführungsprozesses zu erarbeiten:
 - geschäftspolitische Ziele (neue Dienstleistungsangebote, Stärkung der Wettbewerbssituation, Kundennähe, neue Märkte, ...),
 - verfahrenstechnische und IT-bezogene Ziele,
 - Prioritätenvorgaben.

- *Politische Bedingungen:* Zu den politischen Randbedingungen zählen:
 - Empfehlungen für die IT-Entwicklung,
 - Datenschutz- und Sicherheitsbestimmungen,
 - Standards, technische Regeln und relevante Datenaustauschformate,
 - weitere gesetzliche Vorgaben, z. B. die Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den Zugang der Öffentlichkeit zu Umweltinformationen⁵⁸, die PSI-Richtlinie (Public Sector Information)⁵⁹, Wassergesetze einzelner deutscher Bundesländer sowie die INSPIRE-Direktive⁶⁰).

Die Beachtung der Randbedingungen hat auch eine inhaltliche Abgrenzung des Projektes zum Ziel. Welche Aufgaben sind zu bearbeiten, welche auszugliedern? Im nächsten Schritt gilt es, die einzubeziehenden Organisationseinheiten festzulegen.

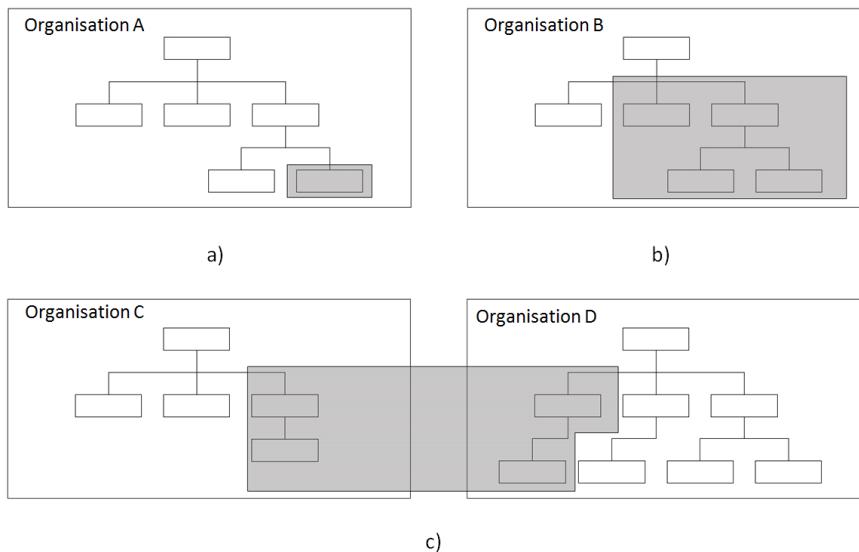


Abbildung 36: Ausprägungen von Integrationsbereichen.

⁵⁸ Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über den Zugang der Öffentlichkeit zu Umweltinformationen (2003/4/EG), <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:041:0026:0026:DE:PDF>

⁵⁹ Richtlinie 2003/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. November 2003 über die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors, (2003/98/EG), <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0098:de:HTML>

⁶⁰ Europäische Rahmenrichtlinie zum Aufbau einer Geodateninfrastruktur in Europa INSPIRE, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32007L0002:EN:NOT>

Das ganzheitliche Erkennen und Abgrenzen der jeweiligen Fachinformationsgemeinschaft steht zu Beginn jedes erfolgreichen Harmonisierungsprojektes.
E-GEO.CH 2012, S. 15

5.5.4 Festlegung der Integrationsbereiche

Es muss eine sehr genaue Abgrenzung der einzubeziehenden Bereiche vorgenommen werden. Solche Integrationsbereiche können, wie Abbildung 36 zeigt, unterschiedliche Ausprägung haben:

- a) Die abteilungsbezogene Systemeinführung ist durch die Verfügbarkeit von Server- und Clientkomponenten auf Arbeitsplatzrechnern möglich geworden. Es besteht die Gefahr, Informationsinseln zu schaffen und dabei den Vorteil der unternehmensweiten Informationsnutzung zu verspielen. Durch Insellösungen sind außerdem Probleme bei der künftigen informationstechnischen Entwicklung des Unternehmens sowie Zusatzaufwände bei Formatkonvertierungen zu erwarten.
- b) Abteilungsübergreifende Integration schafft die Möglichkeit, Daten zusammenzuführen und durch die gemeinsame Nutzung Synergieeffekte zu erzielen. Notwendig ist die konstruktive Zusammenarbeit der verschiedenen Einheiten.
- c) Die Einbeziehung mehrerer Organisationen hilft, Teile der Kostenlast auf mehrere Partner zu verteilen, erfordert jedoch auch situationsspezifische Formen der Projektdurchführung, der Kommunikation und der Budgetierung. Bei der Systemauswahl gilt es, einen Kompromiss zwischen möglicherweise konkurrierenden Anforderungen zu finden. Einem Scheitern der Partnerschaft kann durch die deutliche Willenserklärung auf Führungsebene („institutionelle Interoperabilität“) und insbesondere durch gutes Einvernehmen auf persönlicher Ebene („personelle Interoperabilität“) vorgebeugt werden.

Kriterien für die Festlegung der Integrationsbereiche sind (nach BRENNER 1994, S. 141):

- Die bestehende formale und informelle Organisationsstruktur,
- Nutzen und Kosten der Integration,
- erwartete Synergien,
- die Möglichkeit der interoperablen Datennutzung („Geoinformationssysteme 3.0“, vgl. Abschnitt 2.1), insbesondere bei organisationsübergreifender Integration.

Aspekte öffentlich-privater Zusammenarbeit diskutiert BRÜGGMANN (2009). Über den Aufbau einer kommunalen Geodateninfrastruktur in interkommunaler und interdisziplinärer Zusammenarbeit berichten LINDER & HINRICH (2013). Dabei werden in den beteiligten Kommunen fachliche Kompetenzzentren („GDI-Grundlagen und INSPIRE“, „Metadaten“, „Lizenzmodelle, Nutzungsbedingungen und Preise, Geodatenbeschaffung und -vertrieb“, ...) bzw. thematische Kompetenzzentren („Geobasisdaten, ALKIS“, „Auto und Verkehr, Wirtschaft und Gewerbe“) gebildet. Die Abstimmung der Projekte erfolgt in einem Koordinierungsausschuss. Als Resümee heißt es, dass „Kooperationen der Kreise mit kreisangehörigen Gemeinden einerseits sowie mit anderen

Kreisen und kreisfreien Städten andererseits die breite Einführung einer kommunalen GDI in starkem Maße begünstigen.“

Laut einer GDI-Studie (OSTRAU et al. 2013) engagieren sich 44 % der an der Befragung teilnehmenden Kommunen in Kooperationen auf kommunaler oder Kreisebene.

Erfahrungen zeigen, dass der Umfang der einzubeziehenden Organisationseinheiten allerdings häufig unternehmenspolitisch bestimmt wird und auch im Zuge der Projektdurchführung variieren kann.

5.5.5 Arbeitsmittelplanung

Zur Durchführung eines GIS-Projektes werden u. a. folgende Arbeitsmittel benötigt:

- Arbeitsräume: Büroräume, Besprechungsräume usw., einschließlich der zugehörigen Einrichtungsgegenstände,
- Kommunikationseinrichtungen: Telefon, Telefax, E-Mail sowie Web 2.0-basierte Kollaborationswerkzeuge und –plattformen, vgl. WYLLIE (2012),
- Bürotechnik: Rechner, Ausgabeeinheiten, Scanner, Kopierer,
- Software, u. a. für Textverarbeitung, Projektmanagement, Grafik, Datenmodellierung, Prozessmodellierung,
- Verbrauchsmaterialien.

Die Arbeitsmittel sind in der Zeitplanung und Kostenplanung zu berücksichtigen.

5.5.6 Arbeitsplanung

Der Projektleiter plant die Aufgaben innerhalb jeder Phase und ordnet sie den Mitarbeitern zu. Grundlage dieser Aufgabenplanung sind die allgemeinen Projektziele und die aktuelle Situation. Einzelaufgaben werden in Form von Arbeitsaufträgen beschrieben. Diese beinhalten folgende Punkte (BRENNER 1994, S. 212):

- Ziel des Auftrags,
- inhaltliche Beschreibung,
- erwartete Resultate,
- Abgrenzung gegenüber parallel und nachfolgend ablaufender Aktivitäten,
- zuständige Mitarbeiter und Kapazität,
- Start- und Endtermin.

5.5.7 Kostenplanung

Die Kostenplanung setzt Personal-, Zeit- und Arbeitsmittelplanung voraus. Liegen für bestimmte Faktoren keine Kostenansätze vor, beispielsweise für externe Mitarbeiter,

5.5 Projektplanung

können entsprechende Angebote eingeholt werden. Im GIS-Bereich werden vornehmlich folgende Kostenarten auftreten:

1. *Personalkosten*: Die Personalkosten beinhalten die Lohn- und Lohnnebenkosten für die unternehmensinternen Projektmitarbeiter. Kosten für weitere Mitarbeiter, die nur partiell in das Projekt einbezogen werden (beispielsweise für Interviewpartner im Rahmen der Ist-Untersuchung), können in der Regel unberücksichtigt bleiben.
2. *Qualifizierungskosten*: Dazu zählen Kosten für den Besuch von Fortbildungsmaßnahmen, von Kongressen und GIS-Referenzprojekten.
3. *Materialkosten*: Materialkosten entstehen aufgrund der benötigten Arbeitsmittel.
4. *Fremdleistungskosten*: Diese Kostenart betrifft die Kosten externer Projektmitarbeiter einschließlich anfallender Nebenkosten, z. B. Reisekosten.
5. *Kommunikationskosten* (beispielsweise für Kollaborationsanwendungen).

5.5.8 Kontrollplanung

Die Projektkontrolle dient der Überwachung der fach- und termingerechten Durchführung des Projektes. Grundsätzlich kann eine Kontrolle zum Abschluss bestimmter Projektabschnitte (Meilensteine) oder in regelmäßigen Zeitintervallen im Rahmen regelmäßig durchgeföhrter Projektsitzungen durchgeführt werden.

Der Projektleiter kontrolliert den Fortschritt bzw. den Abschluss der einzelnen Arbeitsaufträge. Ergebnisse werden vorgestellt und besprochen. Akzeptiert der Projektleiter die Ergebnisse, ist der Arbeitsauftrag abgeschlossen. Gegebenenfalls muss eine Terminverlängerung ins Auge gefasst werden.

5.5.9 Machbarkeitsprüfung

Als Teil der strategischen Planung ist die grundsätzliche Machbarkeit der Systemeinführung nachzuweisen. Dafür sind verschiedene Aspekte zu betrachten (HUXHOLD & LEVINSOHN 1995):

- *Institutionelle Faktoren*: Die Organisation muss willens und fähig sein, den mit der Systemeinführung verbundenen personellen und ideellen Aufwand über einen langen Zeitraum tragen zu können. Mitarbeiter mit der notwendigen Qualifikation stehen zur Verfügung, können ausgebildet oder auf dem Arbeitsmarkt gewonnen werden. Auftretende organisatorische Änderungen werden akzeptiert und können umgesetzt werden.
- *Finanzielle Machbarkeit*: Die für Projektdurchführung, Systembeschaffung und -betrieb geschätzten Kosten sind für das Unternehmen – zumindest während des Planungszeitraums – tragbar. Bereits erkennbare Nutzenaspekte werden berücksichtigt; eine detaillierte Kosten-Nutzen-Untersuchung wird in einer späteren Projektphase erfolgen (Kap. 10).

- **Technische Machbarkeit:** Die erforderliche Technologie ist verfügbar oder wird innerhalb der Projektlaufzeit verfügbar werden. Die technologische Komplexität ist aufgabenangemessen.

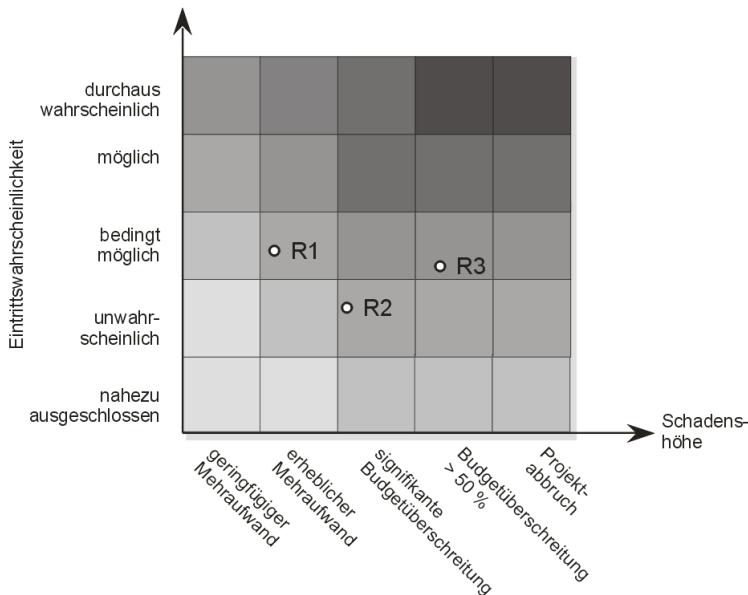


Abbildung 37: Risiken werden anhand einer Risikomatrix bewertet.

5.5.10 Risikoanalyse

Nach Feststellung der grundsätzlichen Machbarkeit werden erkannte Risiken institutioneller, finanzieller, technischer und organisatorischer Art betrachtet, um Handlungsmaßnahmen für die Projektüberwachung abzuleiten. Im GI-Bereich sind beispielsweise folgende Risiken von Bedeutung:

- Der zeitliche und finanzielle Aufwand der Datenübernahme/-ersterfassung wird unterschätzt.
- Die Kosten der Nutzung der Geobasisdaten sind nicht bekannt.
- Die Migration bestehender Datenbestände ist komplexer als erwartet.
- Die Qualität der unternehmenseigenen Daten ist nicht bekannt.
- Die Unterstützung wesentlicher Entscheidungsträger fehlt.

Generell gilt das Risikomanagement als Bestandteil des Projektmanagements (VERSTEEGEN 2000, S. 122). Die Einordnung der erkannten Risiken in einer Risikomatrix hilft bei der

5.6 Projektsteuerung und -kontrolle

Bewertung (Abbildung 37); sie werden nach ihrem potenziellen Schaden und dessen Eintrittswahrscheinlichkeit unterteilt⁶¹.

In der Projektplanung können Maßnahmen zur Reduktion der Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmter Risiken berücksichtigt werden (Mitigation). Für den Fall eines Risikoeintritts können in der Kostenplanung Mittel zur Kompensation der Kosten eingesetzt werden.

Mit der ersten Projektsitzung hat der Projektleiter die Chance, seinen Führungswillen und seine Führungsfähigkeit zu zeigen.

H.-D. LITKE (2007)

5.6 Projektsteuerung und -kontrolle

Die Aufgaben der Projektmitarbeiter sind Thema regelmäßiger Sitzungen der Projektgruppe. Der Projektleiter geht alle laufenden Aktivitäten und Arbeitsaufträge durch, bespricht Ziele und mögliche Probleme. Es muss sichergestellt sein, dass die Mitarbeiter die Aufgabe richtig verstanden haben. Die Einbeziehung (Partizipation) der Mitarbeiter durch Diskussion über personelle Kapazitäten und Termine kann die Motivation der Mitarbeiter fördern. Dem Projektleiter kommen folgende Aufgaben zu:

- Klärung des formalen Rahmens,
- Sicherung des gemeinsamen Verständnisses der Aufgabenstellung,
- Klärung der Interessen der Gruppenmitglieder,
- Motivation durch allgemeine Hinweise und Ansprechen von Problemzusammenhängen,
- Vorschlag und gemeinschaftliche Festlegung der Vorgehensweise,
- Sicherung der Übereinstimmung zwischen den Gruppenmitgliedern durch Erkennen und Ausräumen von Missverständnissen,
- Erkennen und Beseitigen von Problemen und Hemmnissen (beispielsweise Ausbildungsdefizite).

Durch die regelmäßige Verfolgung der Teilaufgaben erhalten Projektleiter und involvierte Mitarbeiter einen Überblick über den Stand und die Ergebnisse einzelner Aktivitäten und Phasen. Bei ernsthaften Termin- und Kostenüberschreitungen können so rechtzeitig Maßnahmen getroffen werden. Bei Bedarf sind Projektänderungsanträge mit Änderungsbeschreibung, Begründung und vermuteten Auswirkungen zu formulieren und abzustimmen.

⁶¹ Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Risikomatrix, online im Internet: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/255136/risikomatrix-v2.html>

Sind der Projektgruppe noch eine weitere Instanz, wie z. B. Lenkungsausschuss und Geschäftsleitung, übergeordnet (vgl. Kap. 5.2), so kann Kontrolle und Rückmeldung in Berichtsform mit unterschiedlicher Häufigkeit erfolgen (z. B. innerhalb der Projektgruppe wöchentlich, für den Lenkungsausschuss monatlich, für die Geschäftsleitung nach Abschluss wesentlicher Projektphasen). Inhalte sind u. a. die Einhaltung des Zeitplans und des Budgetrahmens, die Eignung der eingeschlagenen Vorgehensweise, technische Probleme sowie die Bewertung bereits bekannter oder neu aufgetauchter Projektrisiken.

Die Projektkontrolle umfasst auch Selbstreflexion und Bewertung des eigenen Handelns:

- Wurden alle wesentlichen Punkte beachtet?
- Wurden Fehler gemacht?
- War das Vorgehen effektiv?
- Welche unbeabsichtigten Rückwirkungen oder Nebenwirkungen ergeben sich?
- Wo müssen Ziele überdacht oder neu formuliert werden?

Weitere Anregungen zur Prüfung des eigenen Standpunkts werden in Kap. 6.1.3 genannt.

5.7 Projektdokumentation

Die Dokumentation im Rahmen der verschiedenen Projektphasen umfasst das Sammeln, Erfassen, Beschreiben, Ordnen und Speichern von Dokumenten sowie ihre Bereitstellung und Nutzbarmachung für Zwecke der Information. Dazu gehören unter anderem:

- im Rahmen der Projektplanung festgelegte Projektstandards,
- Projektentscheidungen und Projektänderungsanträge,
- Daten- und Funktionsmodelle,
- Projektpläne und Checklisten,
- Testdaten und Testergebnisse,
- Projekttagebücher,
- Protokolle und Statusberichte.

Der Projektfortschritt wird in allen Phasen dokumentiert. Nach Möglichkeit sind dazu Unternehmensstandards zu nutzen. Die Dokumente sind Hilfsmittel zur Erfüllung interner sowie externer und gesetzlicher Vorschriften und dienen zur Projektüberwachung, zur Projektsteuerung, zur Vertretung der Projektfortschritte und -ergebnisse nach außen. Sie sind die Medien, Erfahrungen weiterzugeben.

Hilfreich sind formale Vorgaben für Textdokumente (Namenskonventionen, eindeutige Bezeichnungen, Datum, Versionsstand, Dateiname, ...).

Durch die Zielsetzungen der einzelnen Phasen ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an Form und Inhalt der Dokumente. Universelle Hilfsmittel für ihre Erstellung sind Textverarbeitungssysteme. Daneben sind spezielle Werkzeuge für nahezu

5.8 Partizipation

alle Projektplanungs- und Entwurfsmethoden am Markt verfügbar, wie Programme für das Projektmanagement, die in grafischer Form und durch alphanumerische Auswertungen (Reports) die Dokumentation unterstützen, sowie spezielle Werkzeuge zur Archiv- und Dokumentenverwaltung.

Web-2.0-basierte Kollaborationswerkzeuge und -plattformen bieten ebenfalls eine flexible, an jedem Web-Browser nutzbare Möglichkeit für Projektdokumentation und Meinungsaustausch. Eine Übersicht über aktuelle Werkzeuge liefert WYLLIE (2012). Eine weitere Übersicht findet sich unter <http://pm-sherpa.com/features/basecamp-alternatives/>.

Die Nutzung solcher Projektmanagementwerkzeuge unterstützt die systematische Planung der Projektschritte. Ihre Dauer und wechselseitige Abhängigkeiten der Arbeitspakete werden erkennbar; Personen- und Sachmittelressourcen können gezielt zugeordnet werden. Projektfortschritte werden dokumentiert und anfallende Kosten erfasst.

Auch Datenbankapplikationen sind hilfreich, Daten konsistent und leicht auswertbar zu halten. Die Unterstützung durch diese DV-Werkzeuge bietet folgende Vorteile:

- Standardisierte, personenunabhängige Darstellung,
- erhöhte Effizienz bei Dokumentationserstellung und -änderung,
- programmunterstützte Konsistenzprüfung,
- Übernahme der Dokumentationsergebnisse in die Implementierung, beispielsweise durch automatisierte Generierung von Datenbanktabellen.

Die Komplexität der Werkzeuge, der für Erstellung und Laufendhaltung der Dokumentation erforderliche Zeitaufwand und das für die Nutzung der Werkzeuge erforderliche Know-how dürfen jedoch nicht unterschätzt werden.

Bei kleineren Gruppen wird der Projektleiter die Dokumentation selbst erstellen, während dies bei größeren Projekten und Gruppen ein zuständiger interner oder externer Mitarbeiter übernimmt. Der Projektleiter wird jedoch nach wie vor für die Koordination und Überwachung der Ergebnisse verantwortlich sein.

A GIS is a system of people, information and technology – in that order.
Thierry Gregorius, 2013⁶²

5.8 Partizipation

Für die Einbeziehung der künftigen Anwender des Systems in die Projektarbeit wird der Begriff der Partizipation verwendet. Diese Vorgehensweise besitzt verschiedene Vorteile (BITZER 1991:25) für Mitarbeiter- und Unternehmen:

⁶² http://www.exprodat.com/Blogs/blog_Zen-your-GIS-strategy-part-I.htm

- höhere Innovationsbereitschaft infolge der Mitgestaltung durch die betroffenen Mitarbeiter,
- Entfaltung von Kreativität durch die Schaffung von Freiräumen bei der Systemgestaltung,
- verstärkte Identifikation mit der selbst erarbeiteten Lösung, also Zufriedenheit mit der Arbeit und dem Arbeitsergebnis,
- höhere Motivation zur Arbeit mit dem künftigen System,
- Entlastung des Managements durch Delegation von Aufgaben und Entscheidungsbefugnissen,
- verbesserte Qualität der erarbeiteten Konzepte durch Einbeziehung des Know-hows der Mitarbeiter sowie verbesserte Produktqualität durch sensibilisierte und motivierte Mitarbeiter.

- Gründung von Arbeitskreisen, bestehend aus Mitarbeitern der Fachabteilungen und des Rechenzentrums,
- Vorbereitung der Projektmitarbeiter auf ihre Aufgaben durch adäquate Schulungen,
- Aufnahme zusätzlichen Personals zur Entlastung der im Projekt tätigen Mitarbeiter von ihrem Tagesgeschäft,
- Einbeziehung der Personalvertretung in alle Planungsvorgänge,
- allgemeines Schulungs- und Weiterbildungsprogramm,
- Informationsveranstaltungen für alle Fachämter der Stadtverwaltung.

Textbox 8: Beispiele für partizipative GIS-Einführung
(nach SPITZL 1995, HAUSPURG & ROSNER 1995)

Entscheidungen werden somit dort maßgeblich mitgestaltet, wo sie auch in die Wirklichkeit umgesetzt werden. Die Art der Beteiligung kann allerdings unterschiedlich sein:

- Einbeziehung in den Prozess der Ist-Erhebung und -Analyse,
- Mitarbeit in der Projektgruppe oder -untergruppe,
- allgemeine Information über die geplante Systemeinführung, z. B. durch Rundbriefe, multimediale Präsentationen oder Videos,
- Information über Teilergebnisse und Projektfortschritte.

5.9 Projektmandat

Kommunikation und Partizipation müssen besonders in den Fällen und in den Organisationseinheiten sorgfältig geplant werden, wenn mit Widerständen zu rechnen ist, wenn es Verlierer gibt und Veränderungen von Einstellungen und Haltungen nötig werden.

Einige Beispiele für partizipative Systemeinführung sind in Textbox 8 zusammengestellt. Ein von Beteiligung geprägtes Vorgehen kann auf Seite des Mitarbeiters Positives bewirken

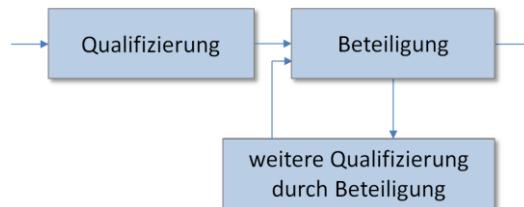


Abbildung 38: Im Vorfeld einer Projektphase muss eine angemessene Qualifizierung erfolgen. Durch die nachfolgende aktive Beteiligung ergeben sich positive Verstärkungseffekte.

Infolge von Ausbildungsdefiziten auf Seite der Mitarbeiter werden Möglichkeiten der Beteiligung und einer effizienten Projektabwicklung jedoch nicht immer genutzt. Deshalb müssen bereits in einem frühen Projektstatus die Mitarbeiter entsprechend ausgebildet werden (Beteiligungsqualifizierung, Abbildung 38). Die Planung der notwendigen Weiterbildungsmaßnahmen wird als Teil der fachlichen Konzeptentwicklung in Abschnitt 8.5, Schulungsplanung, näher betrachtet.

5.9 Projektmandat

Abschluss der strategischen Planung ist ein Dokument – der strategische Plan – mit folgenden Inhalten:

- Einleitung und Gründe für die Projektdurchführung,
- Projektziele und Rahmenbedingungen,
- einbezogene organisatorische Einheiten,
- Vorstellung der Projektgruppe, Verantwortlichkeiten und Zuständigkeit, Aufgaben,
- Ergebnis der Machbarkeitsstudie,
- Projektrisiken,
- Kostenplanung und Zeitplan.

Die Projektgruppe präsentiert die Ergebnisse vor dem Steuerungsausschuss oder der Geschäftsleitung. Die Projektziele, die wesentlichen Projektschritte, die damit verbundenen personellen und finanziellen Konsequenzen und die grundsätzliche Machbarkeit werden dargestellt und zur Diskussion gestellt. Änderungswünsche können vorgebracht und gegebenenfalls in einer modifizierten Planung Niederschlag finden.

Als Ergebnis der Präsentation wird das Projekt unter Berücksichtigung der Änderungsanträge genehmigt.

6 Ist-Erhebung und Anforderungsanalyse

Die umfassende Analyse des Ist-Zustands bildet die Basis für alle konzeptionellen Überlegungen und Entscheidungen. Sie schafft gleichzeitig den Grundstock für die Information der Mitarbeiter, um alle Betroffenen in einem frühen Stadium in die Entscheidungsfindung mit einzubeziehen. Die Beteiligung der Mitarbeiter ist unbedingt erforderlich, um die notwendige Akzeptanz des Einsatzes neuer Techniken zu erreichen sowie die effektive Nutzung des GIS sicherzustellen. Erforderliche organisatorische Konsequenzen werden allein durch eine sorgfältige Analyse der bestehenden Strukturen transparent.

Im Folgenden werden wir den Umfang der zu erfassenden Informationen kennenlernen und das Vorgehensmodell für die Ist- und Anforderungserhebung betrachten (Abbildung 39). Dabei wird der Schwerpunkt auf die Arbeitsabschnitte Vorbereitungsphase, Erhebungsphase und Analysephase gelegt.

6.1 Vorbemerkung

6.1.1 Die Bedeutung der Anforderungserhebung

Die Haupteigenschaften eines nutzbaren Systems sind nach EASON (1988):

1. Die Übereinstimmung des Systems mit dem konzeptuellen Modell des Anwenders, d. h. Übereinstimmung mit der Wahrnehmung der aufgabenrelevanten räumlichen Phänomene durch den Anwender.
2. Die Übereinstimmung zwischen System und der Art und Weise, in der der Nutzer Information erhält bzw. weitergibt.
3. Die Möglichkeit für den Anwender, das Verhalten des Systems nachzuvollziehen.
4. Die Aufgabenangemessenheit des Systems.

Der Anwender steht also im Mittelpunkt im Hinblick auf die Realisierung eines nutzbaren Informationssystems. Die Anforderungserhebung ist die Projektphase, in der die dazu nötigen Informationen erfasst werden. Ihre spätere Umsetzung in der Systemrealisierung schafft die Voraussetzungen für die Erreichung der angestrebten Nutzenpotenziale.

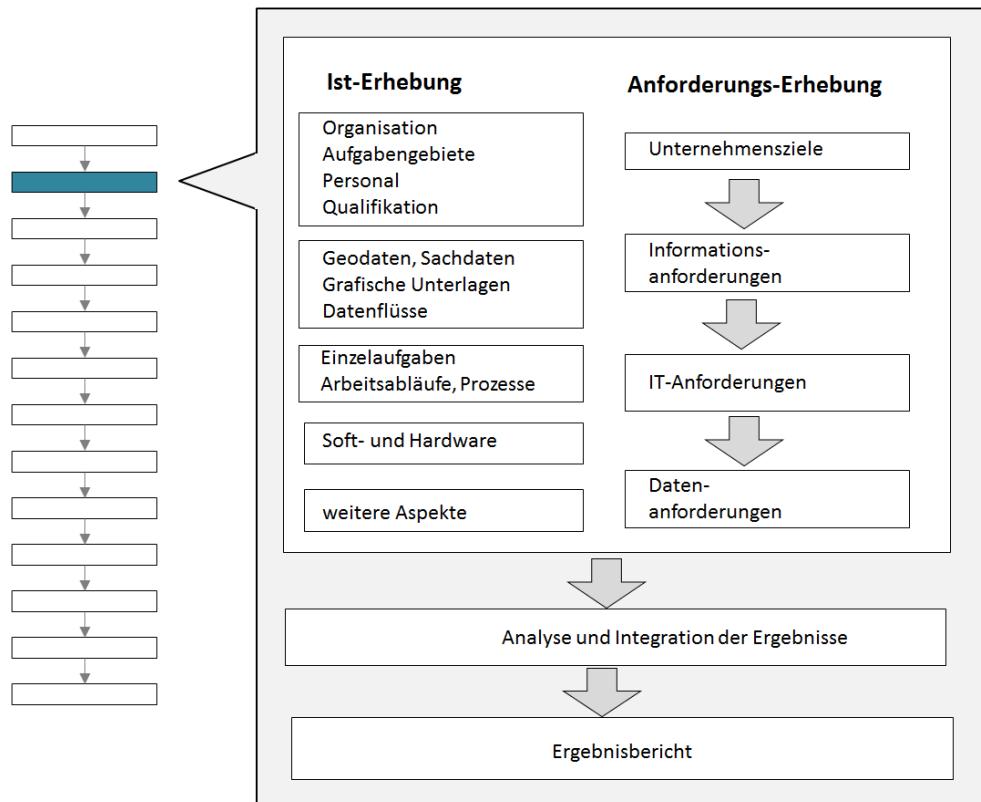


Abbildung 39: Ablauf der Ist-Erhebung und Anforderungsanalyse.

6.1.2 Personelle Anforderungen

Ist-Erhebung und Anforderungsanalyse sind konstruktive Tätigkeiten, bei denen sich Kenntnis des Unternehmensumfeldes, Problemverständnis, Kenntnis von grundsätzlichen Lösungsmöglichkeiten, Geschick bei der Auswahl der Vorgehensmöglichkeit, kommunikative Fähigkeiten und ein klarer Blick für technische und wirtschaftliche Machbarkeit vereinigen müssen (LOCKEMANN et al. 1983). Von der die Erhebung durchführenden Person – dem Systemanalytiker – werden also gleichermaßen Wissen, Erfahrung und Kreativität gefordert.⁶³ Diese Eigenschaften kann er dann voll zur Geltung bringen, wenn er auf einen Vorrat an Methoden und Techniken (Abschnitt 5.4) zurückgreifen kann und sie beherrscht.

⁶³ Hinweise zur Eignungs- und Leistungsbewertung bei der Vergabe von Beratungsleistungen finden sich auch in BMI (2010, S. 221 f.).

6.1 Vorbemerkung

Kategorie	Teilziele
Geschäftspolitische Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vermeidung von Doppelarbeiten ▪ Nutzung bereits vorhandener Informationen ▪ Spezialisierung mit neuer Aufgabenverteilung ▪ Grundlage für Arbeitsplanung und Leistungsabrechnung ▪ bessere Grundlage für Auswertungen und Informationsbeschaffung ▪ einheitliche Datengrundlagen ▪ Zusammenfassung möglichst vieler Einzeldateien zu einer übergreifenden Dokumentation ▪ Effizienzsteigerung ▪ umfangreichere, aktuellere, schnellere Informationsbereitstellung ▪ Vermeidung von Redundanz ▪ Entscheidungsgrundlage für Investitionsplanung ▪ Verfügbarkeit kundenspezifischer Informationen ▪ Integration technischer und kaufmännischer IT
Fachliche Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auswertungen/Reporterzeugung (bezogen auf Attribut- und Geometriedaten) ▪ Auskunft ▪ Übergabe aktueller Daten an Netzberechnungsprogramme ▪ Thematische kartographische Auswertungen ▪ Ableitung von Geometrien (Längs- und Querschnitte, Übersichtspläne) ▪ zuverlässige, nach den geltenden technischen Regeln durchgeführte Schadensbewertung
IT-Ziele	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereitstellung von Webservices ▪ Zugriff auf kaufmännische IT (und umgekehrt) ▪ Zusammenführen von Datenbeständen

Abbildung 40: Ziele auf verschiedenen Ebenen des Unternehmens sind bei Ist-Erhebung und -Analyse zu berücksichtigen.

6.1.3 Menschliche Aspekte

Ein GIS-Projekt stellt erhebliche Anforderungen an personelle und finanzielle Ressourcen. Häufig wird ein großer Kreis an Personen in unterschiedlichen Fachabteilungen einbezogen, deren konstruktive Mitarbeit für den Erfolg des Projektes äußerst wichtig ist. Dabei können auch Schwierigkeiten auftreten:

- Die Bedeutung und die Möglichkeiten des Informationssystems sind unbekannt, werden unter- oder überschätzt. Eine realistische Einschätzung ist zu fördern.
- Das Interesse von Anwendern liegt im reibungslosen Ablauf ihrer Tätigkeit. Von einer neuen oder erneuerten IT-Lösung wird eine Mehrbelastung befürchtet.
- Mit der Systemeinführung können ebenfalls arbeitstechnische und organisatorische Änderungen eintreten (wie veränderte Bewertung des Arbeitsplatzes und damit des

Gehalts, Bildung neuer Gruppierungen und Änderung der hierarchischen Struktur, Über- oder Unterforderung durch eine neue Tätigkeit). Dies kann in betroffenen Mitarbeitern Vorbehalte und Ängste hervorrufen.

- Aktivitäten anderer Fachabteilungen werden mit Argwohn beobachtet. Wird die eigene Abteilung in ihrer Bedeutung gemindert oder bekommt die andere Abteilung zu viel Kompetenz?
- Das Projekt wird abgelehnt, da man nicht möchte, dass andere in die „eigenen“ Daten Einblick nehmen, eine Haltung, die im Widerspruch zu den politisch gewollten und wirtschaftlichen, offenen Lösungen steht.
- Die Projektmitarbeiter studieren lieber Produktinformationen, statt konkret die Anforderungen des eigenen Unternehmens zu untersuchen („Software statt Brainware“).
- Bei der Projektgruppe liegt ein zu starkes Interesse auf dem IT-Produkt „GIS“ selbst.

Derartige Problembereiche gilt es wahrzunehmen, durch Partizipation aufzuarbeiten und im Rahmen der Konzeptentwicklung situationsgerechte Lösungen zu entwickeln.

6.2 Umfang der Erhebung

Dieser Projektschritt umfasst, wie Abbildung 39 zeigt, die Erhebung aller notwendigen Informationen sowie der Anforderungen der potentiellen Systemnutzer. Die Anforderungen betreffen nicht nur die zu verarbeitenden Daten, sondern auch die auf ihnen ablaufenden Arbeitsvorgänge (Prozesse) und sind im Überblick in Tabelle 11 zusammengestellt. Wesentliche Quellen für die benötigten Informationen sind die Mitarbeiter des Unternehmens, dokumentierte organisatorische Festlegungen, vorhandene Datensammlungen und die eingesetzten Arbeitsmittel.

Informationsanforderungen finden ihre konzeptionelle Umsetzung in den Abschnitten 7 und 8.1. IT-Anforderungen werden in Kapitel 9 aufgegriffen. Datenanforderungen werden spätestens bei der Entwicklung der Datenübernahmestrategie in Kapitel 13 relevant.

6.2.1 Organisation

Die Konzeptentwicklung muss die Unternehmensorganisation mit ihren Arbeitsabläufen berücksichtigen. Erfasst werden deshalb

- die Organisationsstruktur und tatsächlichen Abläufe,
- Aufbau und Aufgaben der involvierten Abteilungen und ihre personelle Ausstattung,
- die organisatorischen Schnittstellen zwischen den zu untersuchenden sowie zu externen Organisationseinheiten,
- die Datenflüsse mit Mengenangaben und Aussagen zur Häufigkeit,
- die Arbeitsabläufe mit den einzelnen Arbeitsschritten und -ergebnissen,

6.2 Umfang der Erhebung

- der aktuelle Umfang der IT-Unterstützung und der Informationsbedarf.

Bereich	Inhalte
Organisation	<ul style="list-style-type: none"> Aufbau und Aufgaben der involvierten Abteilungen, personelle Ausstattung, organisatorische Schnittstellen (intern und zu externen Partnern, Datenflüsse mit Mengen- und Zeitangaben, Arbeitsabläufe mit den einzelnen Arbeitsschritten und -ergebnissen, aktueller Umfang der IT-Unterstützung, Informationsbedarf.
Personal	<ul style="list-style-type: none"> Stellenbeschreibungen, Ausbildungsstand, Altersstruktur und erwarteter zukünftiger Personalbedarf. derzeitiger, anteiliger Zeitaufwand für die Geodatenführung, organisatorische Zuständigkeiten, Weisungsbefugnis,
Grafische Informationsarten	<ul style="list-style-type: none"> Identifikation, Art und Qualität des Informationsträgers, Bezugssystem, Gebietsausdehnung, Art der Darstellung (Bestandsplan, Übersichtskarte, Schemaplan, ...), Planinhalte und Plangestaltung, Datenqualität (geometrische Genauigkeit, Generalisierung, Attributgenauigkeit), Quellen (Datengrundlage, Vermischung unterschiedlicher Datenquellen, beispielsweise aus unterschiedlichen Maßstabsbereichen, ...), Aktualität, Zuständigkeiten, Art der Informationsweitergabe, Datenformate, Art und Häufigkeit der Nutzung der Datenart.
Alphanumerische Informationsarten (Fachdaten)	<ul style="list-style-type: none"> Medium (Listen, Dateien, Datenbanken), Identifikation, Herkunft, Abhängigkeiten der Datensammlungen untereinander (Verweise auf andere Datenarten, z. B. andere Fachdatensammlungen oder grafische Informationsarten), geführt (von – bis), Vollständigkeit, Fortführungshäufigkeit.
Vorschriften und Normen	<ul style="list-style-type: none"> organisatorische Verfugungen, interne Zeichenvorschriften, externe Dokumentationsvorschriften, technische Regelwerke, DIN-Normen, relevante Gesetze und Verordnungen.
IT-Einrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> Hardwareplattformen, Betriebssysteme und Netzwerksoftware, eingesetzte Softwarekomponenten, Datenschnittstellen sowie DV-technische Schnittstellen, Datenflüsse und Service.
Weitere Informationen	<ul style="list-style-type: none"> Organigramme der beteiligten Ämter (Aufbauorganisation), Organisations- und Arbeitsanweisungen, Aufgabenverteilungspläne, Formularsätze, Muster von Karteien, Listen, Reports, Plänen, Skizzen usw.

Tabelle 11: Umfang der Ist-Erhebung.

Ein Schwerpunkt der Organisationsuntersuchung wird auf der Erstellung, Speicherung und Nutzung der (Geo-)Daten liegen (LIESENFELD 1992):

- Welche Abläufe führen von der Datenerfassung zur Dokumentation und Ergebnisprüfung?
- Wie ist die Fortführung geregelt?
- Wie erfolgt die Koordinierung von Fremdleistungen?
- Werden aktuelle Daten zentral oder dezentral vorgehalten?
- Wie sieht das Archivierungssystem aus?
- Wie ist die Planauskunft organisiert?
- Über welche Geräteausstattung verfügen die beteiligten Organisationseinheiten?
- Wie wird die Übereinstimmung von Fachdaten und Geobasisdaten gesichert?

6.2.2 Personal

Für die Analyse des Personalbestands, der für die künftige Führung der GIS-Produkte sowie für IT-Aufgaben in Frage kommt, sind unter anderem folgende Angaben relevant:

- Stellenbeschreibungen,
- Ausbildungsstand,
- Altersstruktur,
- derzeitiger, anteiliger Zeitaufwand für die Führung der Geodaten,
- organisatorische Zuständigkeiten, Weisungsbefugnis,
- erwarteter zukünftiger Personalbedarf.

6.2.3 Geodaten und weitere grafische Informationen

Eine genaue Kenntnis über das Vorhandensein, die Herkunft, Qualität, Nutzung und Weiterleitung von Daten ist für den Aufbau der digitalen Informationsprodukte, für den Austausch und die Mehrfachnutzung von Geoinformation von Bedeutung:

- Der Anwender muss die Eignung der Daten für seine Aufgabenstellung beurteilen können.
- Planinhalte definieren funktionale Anforderungen an das System (wie z. B. die Ableitung von Profildarstellungen, die Integration von Detailzeichnungen, die Unterstützung verschiedener Kartenprojektionen).
- Planarten, Qualität und Umfang der Daten sind neben Art und Zustand des Informationsträgers Anhaltspunkte für die Konzeption der Datenerfassung.
- Es ergeben sich Ansatzpunkte für grafische Auswerteverfahren.

6.2 Umfang der Erhebung

Die zu erhebenden *Metainformationen* – Information über Informationen – können sehr umfangreich sein. Teilweise finden sie sich direkt bei analogen, grafischen Informationsarten – viele derartige Angaben sind in der Kartographie und Planerstellung gebräuchlich, wie beispielsweise Kartenblattbezeichnungen, Kartenrandangaben, Legenden und Angaben zur Historie der Karte. Andere Metainformationen können erst durch genaue Analyse des Datenmaterials gewonnen werden. Die zu erhebenden Metainformationen betreffen Raumbezug, Inhalt, zeitliche Aspekte und organisatorische Zusammenhänge (Tabelle 12 und Tabelle 13).

Aspekt	Metainformationen
Raum:	<ul style="list-style-type: none">▪ Koordinatenreferenzsystem (geodätisches Bezugssystem, Koordinatensystem),▪ Kartenprojektion▪ räumlicher Geltungsbereich (Koordinatenbereich, beschreibende Gebietsangaben).
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none">▪ Art der Darstellung (Bestandsplan, Katasterkarte, Übersichtskarte, ...);▪ Planinhalte und Plangestaltung:<ul style="list-style-type: none">▫ Datengrundlage (Liegenschaftskarte, Stadtgrundkarte, Übersichtskarte, ...),▫ verwendete Symbole, Linien, Texte, Linienbegleitsignaturen,▫ Detailzeichnungen, Schnittdarstellungen, Verweise auf weitere Pläne,▫ Zugrunde liegender Blattschnitt,▫ Kartenrandangaben,▫ Dichte der graphischen Darstellung;▪ Datenqualität (geometrische Genauigkeit, Generalisierung, Attributgenauigkeit).
Zeitliche Entstehung und Fortführung (engl. lineage):	<ul style="list-style-type: none">▪ Quellen (Datengrundlagen und ihre Bedeutung für das Produkt): Liegt eine Vermischung unterschiedlicher Datenquellen, beispielsweise aus unterschiedlichen Maßstabsbereichen, vor?▪ Geschichte (zeitlicher Ablauf der Verarbeitungsschritte, durch wen ausgeführt);▪ Aktualität.

Tabelle 12: Für Geodaten zu erhebende Metainformationen räumlicher, inhaltlicher und zeitlicher Art.

6.2.4 Fachdaten

Während bei grafischen Informationsarten die geometrisch-räumlichen Bezüge im Vordergrund der Betrachtung stehen, überwiegen bei Fachdaten, die in Form von Dateien, Listen oder Datenbanken von den Fachabteilungen geführt werden, die inhaltlichen Aspekte. Für die einzelnen Datenarten sind neben den in Tabelle 11 genannten

inhaltlichen, zeitlichen und organisatorischen Angaben die Metainformationen gemäß Tabelle 13 zu erfassen:

- Identifikation: Name der Datenart, identifizierender Schlüssel (z. B. Plannummer);
- Zugriff (z. B. über eine Blattschnittübersicht);
- Mengenangaben (Anzahl);
- Status der Datenart:
 - Verfügbarkeit (verfügbar, in Bearbeitung, geplant),
 - Fortführungsstand (Version), Fortführunghäufigkeit (periodisch, bei Bedarf, ...),
 - Art der Fortführung (Änderung und Ergänzung, Neukonstruktion, ...);
- Art und Qualität des Informationsträgers:
 - Folie, Papier, Mikrofilm, Datei, Datenbank,
 - Allgemeinzustand (Lesbarkeit, mechanische Festigkeit, Kontrast),
 - auftretende Verzerrungen;
- Zuständigkeiten für die Datenquelle:
 - für Datenerfassung, für Datenfortführung,
 - Ansprechpartner (Name, Organisation, Adresse, Telefon, E-Mail-Adresse),
 - fachliche Qualifikation in Bezug auf die Führung der Datenart;
- Art und Häufigkeit der Nutzung der Datenart:
 - bei der zuständigen Organisationseinheit,
 - bei anderen, unternehmensinternen oder externen Stellen;
- Art der Informationsweitergabe:
 - Zuständigkeit, Ansprechpartner,
 - Art der analogen Informationsweitergabe (gesamt, Ausschnitt),
 - Art der digitalen Informationsweitergabe (Übertragungsformat, Medium, Betriebssystem, Möglichkeit des Online-Zugriffs, Netzwerkadresse, ...),
 - Kosten und Lieferzeiten.

Tabelle 13: Zu erhebende nutzungs- und organisationsbezogene Metainformationen.

Für die einzelnen Attribute sind folgende Angaben wesentlich:

- Attributbezeichnung und -definition,
- Typ (Zahl, Zeichenfolge, ...), Wertebereich (von – bis) und Einheit des Attributwertes,
- Attributgenauigkeit.

Diese Angaben werden u. a. für die Modellierung der Objektklassen benötigt (Abschnitt 7.2.2.2).

6.2 Umfang der Erhebung

6.2.5 Vorschriften und Normen

Neben gesetzlichen Randbedingungen sind das Vorhandensein und die Relevanz folgender Dokumente zu untersuchen:

- organisatorische Verf ügungen,
- interne Zeichenvorschriften,
- externe Dokumentationsvorschriften, technische Regelwerke, DIN-Normen,
- politisch vorgegebene Rahmenbedingungen.

6.2.6 Einrichtungen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)

Die mit der Einf ührung eines GIS m öglicherweise tangierten Systeme sind in die Analyse mit einzubeziehen. Dies betrifft unter anderem

- Hardwareplattformen, Betriebssysteme und Netzwerksoftware,
- eingesetzte Softwarekomponenten, ihr Installationsdatum und die geplante Nutzungsdauer,
- Datenschnittstellen, DV-technische Schnittstellen und Datenfl üsse.

6.2.7 Weitere Informationen

Die erhobenen Anforderungsspezifikationen bestehen zun ächst h äufig in stichwortartigen, tabellarischen oder sonstigen sprachlichen Aufzeichnungen, die das Unternehmensumfeld und die zu realisierenden Anforderungen beschreiben. Damit das Ganze f ür den Systemanalytiker nicht zu abstrakt wird, sind alle Angaben durch Grafiken, z. B. Organigramme, Planbeispiele und Ablaufdiagramme, zu ergänzen. Zur Erläuterung werden weiterhin Beispiele von Bildschirmkopien (Screenshots), Formularen und Skizzen beige f ügt.

Organisations-einheit	Ansprechpartner	Termin	Ort	Inhalt
Alle	GIS-Koordinatoren der Fachabteilungen	18.12.20xx	Besprechungs-zimmer 2/113	Vorbereitende Besprechung
Tiefbauamt	GIS-Koordinator und Mitarbeiter	Ist-Erhebung
Stadtplanungsamt	GIS-Koordinator und Mitarbeiter			

Abbildung 41: Beispiel f ür Zeitplan Ist- und Anforderungserhebung.

Zur Unterstützung der Erhebung werden deshalb die Teilnehmer um Bereitstellung relevanter Unterlagen gebeten, wie z. B.

- Organigramme der beteiligten Organisationseinheiten (Aufbauorganisation),
- Organisations- und Arbeitsanweisungen, Aufgabenverteilungspläne,
- Formularsätze,
- relevante Gesetze und Verordnungen,
- Muster von Dateien, Karteien, Listen, Reports, Plänen, Skizzen usw.

6.3 Vorbereitungsphase

Im Folgenden wird ein Vorgehensmodell für die Ist- und Anforderungserhebung beschrieben. Dabei liegt, wie Abbildung 42 zeigt, der Schwerpunkt auf den Abschnitten *Vorbereitungsphase*, *Erhebungsphase* und *Analysephase*.

Die erste dieser Phasen dient der Vorbereitung der Ist- und Anforderungserhebung. Sie umfasst die Festlegung von Vorgehensweise und Erhebungstechnik sowie eine einführende, vorbereitende Sitzung der Projektteilnehmer.

6.3.1 Festlegung der Vorgehensweise

In einem Zeitplan werden Umfang und Zeitraum der Erhebungsphase festgelegt und näher beschrieben (vgl. Abbildung 41). Der Zeitplan dient gleichzeitig der Projektdokumentation und unterstützt die Projektkontrolle.

6.3.2 Festlegung der Erhebungstechnik

Für die Anforderungserhebung wird eine Reihe von Techniken eingesetzt.

- *Erhebungsmethoden*: Generell kommen als Erhebungsmethode das Interview, die Nutzung von Fragebögen sowie eine Kombination aus Fragebogen und Interview in Betracht. Das Interview mit unterstützendem Fragebogen (Abbildung 43) ist eine bewährte Technik zur Anforderungserhebung. Dabei kommt dem persönlichen Gespräch große Bedeutung zu, da die Ansprechpartner in den zu untersuchenden Fachabteilungen im Allgemeinen einen sehr inhomogenen Ausbildungs-, Kenntnis- und Erfahrungsstand in Bezug auf die Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologie verfügen. Im Gespräch hängt es vom Geschick des Interviewers ab, wie und in welcher Form eine Einbettung der bisher geführten Daten und Arbeitsabläufe innerhalb des künftigen Systems aufgezeigt und im Gespräch vertieft werden können. Erst dann wird der Befragte in die Lage versetzt, Anforderungen an das künftige System zu formulieren.

6.3 Vorbereitungsphase

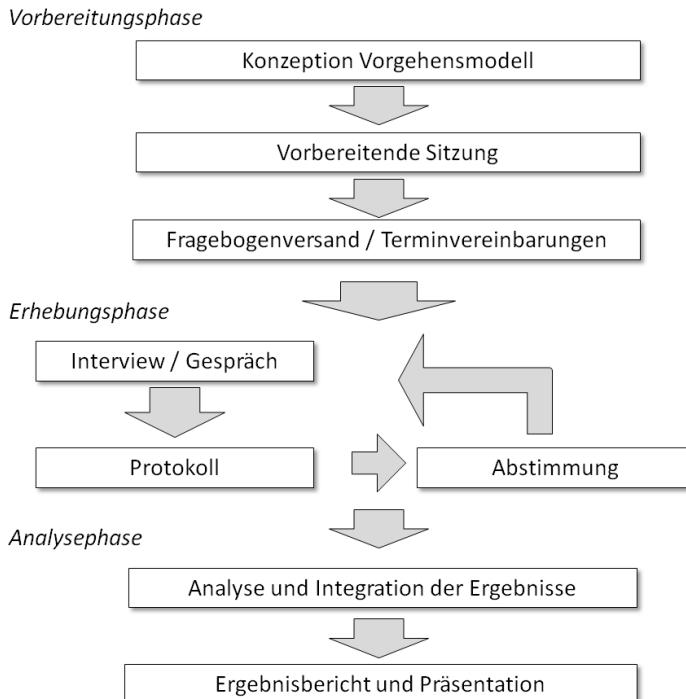


Abbildung 42: Vorgehen bei der Ist- und Anforderungsanalyse.

Der Aufbau des Fragebogens sollte für den jeweiligen Personenkreis verständlich sein. Auf kurze und präzise Fragestellungen ist zu achten.

- **Beobachtungsverfahren:** Hierbei werden teilnehmende und nichtteilnehmende Beobachtungen, einmalige oder wiederholte Beobachtungen sowie Individual- oder Gruppenbeobachtung unterschieden. Beobachtungsverfahren können eigenständig oder ergänzend zu Interviews eingesetzt werden. Dabei beobachtet der Systemanalytiker die einzelnen Sachbearbeiter bei ihrer Arbeit. Die Beobachtung soll zu objektiven Ergebnissen darüber führen, wer, was, wann, wie lange, mit welchen Daten unternimmt.

Die Beobachtung kann auch als Eigenbeobachtung durchgeführt werden: Der Sachbearbeiter wird aufgefordert, die Häufigkeit bestimmter Tätigkeiten (z. B. Zugriff auf bestimmte Informationen) selbst zu untersuchen und zu dokumentieren.

- **Besprechungen und Diskussionen:** Sie dienen der Klärung von Sachverhalten, die nicht durch Rücksprache mit einer Person erhalten werden kann (z. B. Aufklärung von Widersprüchen, Entscheidung von strittigen Fällen oder bereichsübergreifende Sachverhalte). Hierbei kann zusammengehörige Information aus verschiedenen Blickwinkeln und mit unterschiedlicher Bewertung erfasst werden.

	Stadtwerke	Datum	Seite								
	Projekt Geographisches Netzinformationssystem										
Organisationseinheit	bearbeitet durch										
Ansprechpartner											
<p>4 Grafische Unterlagen (Pläne / Zeichnungen)</p> <p><i>Welche grafischen Unterlagen (z. B. Pläne, Skizzen) nutzen Sie bzw. erstellen Sie? Bitte nutzen Sie bei Bedarf mehrere Blätter, um die Datenarten vollständig zu beschreiben! Fügen Sie bei Bedarf Beispielpläne bei!</i></p> <p>4.1 Planart / Zeichnungstyp</p> <p>Bezeichnung:</p> <p>Maßstab:</p> <p>Größe (DIN Ax) / Anzahl:</p> <p>Genauigkeit:</p> <table> <tr> <td>Skizze</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Schemazeichnung</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Lage-/Bestandsplan</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Übersichtsplan</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <p>4.2 Benutzung intern</p> <p>Zweck:</p> <p>durch wie viele Mitarbeiter:</p> <p>Häufigkeit (pro Jahr/Woche/Tag):</p> <p>4.3 Erstellung</p> <p>durch Organisationseinheit / Sachgebiet / Firma:</p> <p>Fortführungshäufigkeit (pro Jahr/Woche/Tag):</p> <p>4.4 Weiterleitung</p> <p>an Organisationseinheit / Sachgebiet / Firma:</p> <p>Grund:</p> <p>Häufigkeit (pro Zeiteinheit):</p> <p>Art der Weitergabe (Kopie, Ausschnitt, E-Mail, ...):</p> <p>Vertraulichkeit/Datenschutz:</p>				Skizze	<input type="checkbox"/>	Schemazeichnung	<input type="checkbox"/>	Lage-/Bestandsplan	<input type="checkbox"/>	Übersichtsplan	<input type="checkbox"/>
Skizze	<input type="checkbox"/>	Schemazeichnung	<input type="checkbox"/>								
Lage-/Bestandsplan	<input type="checkbox"/>	Übersichtsplan	<input type="checkbox"/>								

Abbildung 43: Beispiel für einen Fragebogen.

6.3 Vorbereitungsphase

Während eine Diskussion eher spontanen, weniger offiziellen Charakter besitzt, sollten Besprechungen im Rahmen der Anforderungserhebung gezielt vereinbart und vorbereitet werden:

1. Terminvereinbarung,
2. Erstellung von Arbeitsunterlagen,
3. Vorab-Versand der Unterlagen an die Teilnehmer.

Im Zuge der Datenmodellierung sind es beispielsweise sehr viele, einzelne Sachverhalte (Umfang an Objekttypen, Namensgebung, Attributumfang, Attributbezeichnungen und -definitionen), die in einer Besprechung zu klären sind. Die Erfahrung zeigt, dass es sehr mühsam und langwierig sein kann, zu einem Konsens zu finden. Deshalb ist es besonders wichtig, klare Vorstellungen bezüglich der Ziele einer Besprechung zu entwickeln und auch durchzusetzen.

Hilfreich kann es sein, ein Arbeitspapier (beispielsweise einen Datenkatalog, der schon das konzeptuelle Schema enthalten kann) vorab den Teilnehmern zur Abstimmung zuzusenden, in der Besprechung nur noch über Einwände zu sprechen und einen Konsens zu verabschieden.

6.3.3 Vorbereitende Sitzung

Die Befragung und das Gespräch in den einzelnen Abteilungen werden durch eine Informationsveranstaltung vorbereitet, bei der das geplante Vorhaben und die Vorgehensweise bei der Anforderungserhebung den betroffenen Mitarbeitern vorgestellt wird („Kick-off-Meeting“, Abbildung 44). So kann bereits die Grundlage für eine offene, konstruktive und engagierte Atmosphäre bei der Durchführung der Interviews geschaffen werden. Zu diesem Zeitpunkt sollten auch bereits Ansprechpartner in den einzelnen Abteilungen benannt sein.

Agenda

1. Vorstellung der Projektbeteiligten
2. Projektziele
3. Projektablauf
4. Vorgehen Ist- / Anforderungserhebung
 - a) Vorstellung und Abstimmung Fragebogen
 - b) Benötigte Unterlagen
 - c) Festlegung Ansprechpartner, Terminabsprachen
5. Sonstiges

Abbildung 44: Vorschlag für die inhaltliche Gliederung einer vorbereitenden Sitzung.

Mit der Einladung zur vorbereitenden Sitzung werden im Sinne einer „Icebreaker-Party“ mehrere Ziele verfolgt:

- Bekanntmachung des Projekts in den verschiedenen Fachabteilungen,
- Einbeziehung in die Entscheidungsfindung,
- Vorstellung der internen und externen Projektteilnehmer,
- Sympathiewerbung für das Vorhaben,
- Vertrauensgewinn und Verhinderung von demotivierender Ungewissheit,
- Ermutigung zu Engagement und Zusammenarbeit.

6.4 Erhebungsphase

6.4.1 Gespräch/Interview

Nach Möglichkeit sollte das Interview mit Einzelpersonen oder mit einer Kleingruppe durchgeführt werden, an einem Ort, an dem Störungen durch den normalen Arbeitsbetrieb ferngehalten werden. Die Zeitdauer sollte zwei bis zweieinhalb Stunden nicht überschreiten. Dem Fragebogen kommt bei der Erhebung eine mehrfache Bedeutung zu:

- Er dient der Vorbereitung des Gesprächs durch die Ansprechpartner in den Fachabteilungen.
- Er erleichtert den Einstieg in das Gespräch und ermöglicht es, Informationen zu erhalten, die über die im Fragebogen formulierten Inhalte hinausgehen.
- Er dient der Prüfung der Vollständigkeit der Anforderungserhebung.

Der Interviewer muss bei seinem Vorgehen das strategische Ziel verfolgen, eine Gesamtsicht der benötigten Anforderungen zu erhalten. Dabei ist u. A. darauf zu achten,

- sich sprachlich und fachlich der jeweiligen Fachabteilung anzupassen,
- Fragen so zu formulieren, dass eine objektive Beantwortung möglich wird (keine Wertungen ausdrücken, keine Suggestivfragen),
- die wichtigsten Punkte am Ende zusammenzufassen,
- für die Unterstützung zu danken.

Die im Rahmen der Anforderungserhebung geführten Gespräche sind so zu führen, damit sich die Mitarbeiter mit ihren Anregungen, Aufgaben und Problemen verstanden und aufgenommen fühlen, um frühzeitig Akzeptanzproblemen vorzubeugen.

6.4.2 Protokollerstellung und Abstimmung

Die Ergebnisse des Interviews werden im Anschluss in einem Protokoll zusammengefasst und den Gesprächspartnern zur Prüfung übermittelt. Missverständnisse werden so frühzeitig ausgeräumt und gleichzeitig die Zusammenarbeit vertieft.

Die schriftliche Abfassung der Gesprächsergebnisse fördert darüber hinaus auch eine Präzisierung der Gedanken und Aussagen (siehe Kap. 6.5.1, Präzisierung).

- *Hydrantenverzeichnis*: Das Hydrantenverzeichnis wird in Karteiform geführt und enthält Angaben zu ca. 1500 Hydranten (Einbau, Fabrikat, Art, Material, Einbauort, Datum, Reparaturen). Der Zugriff auf diese Information erfolgt für die Erstellung der Rohrlängenstatistik durch vier Mitarbeiter. Die Information wird ebenfalls der Feuerwehr bereitgestellt (1mal pro Jahr). Die Fortführung erfolgt ca. 1mal pro Monat.
- *Schieberdatei*: Die Schieberdatei enthält Angaben zu ca. 2350 Schiebern (Fabrikat, Nennweite, Material, Einbauort, Datum, Reparaturen). Der Zugriff auf diese Information erfolgt für die Erstellung der Rohrlängenstatistik durch vier Mitarbeiter. Die Fortführung erfolgt ca. 1mal pro Monat.

Abbildung 45: Beispiel für sprachliche Beschreibung zweier Sachdatensammlungen.

*Auf strenges Ordnen, raschen Fleiß
erfolgt der allerschönste Preis;
Dass sich das größte Werk vollende*
J. W. v. GOETHE: Faust. Der Tragödie zweiter Teil⁶⁴

6.5 Analysephase

6.5.1 Präzisierung

Die Ergebnisse der Erhebung werden in sprachlicher oder tabellarischer Form zusammengestellt (Abbildung 45 und Abbildung 46). Die tabellarische Form der Darstellung hilft, die Vollständigkeit der erhobenen Information zu sichern. Die dabei getroffenen Aussagen sind häufig jedoch nicht vollständig bzw. lassen Interpretationsmöglichkeiten zu.

Im Hinblick auf weitere Modellierungsschritte ist es hilfreich, die Bedeutung der Aussagen zunächst kritisch zu hinterfragen und weiter zu präzisieren bzw. sich präzisieren zu lassen.

⁶⁴ <http://www.gutenberg.org/cache/epub/2230/pg2230.html> [2014-01-23]

Das Prüfen der Aussagen und ihre Präzisierung kann geschehen, indem man Aussagen in einen Katalog von Aussagentypen einordnet (Tabelle 14):

1. Aussagen über Objekte und ihre Eigenschaften bzw. über Objektklassen,
2. Aussagen über Beziehungen,
3. Aussagen über die Anzahl der in Beziehung stehenden Objekte,
4. Aussagen über Integritätsbedingungen,
5. Aussagen über Operationen auf den Daten,
6. Aussagen über Ereignisse.

Bezeichnung	Bestandspläne Baumaßnahmen
Maßstab	1:50 – 1:500
Anzahl	35
Art	Bestandsplan
Größe	DIN A4 – DIN A0
Erstellung durch	Tiefbauamt
Grund der Erstellung	Anschlussplanungen, Ausschreibungen
Aktualität der Information	keine Angabe
Zweck der internen Nutzung	Anschlussplanungen, Ausschreibungen
Anzahl nutzender Mitarbeiter	8
Häufigkeit pro Tag	1 x pro Tag
Fortführung durch	Tiefbauamt
Häufigkeit der Fortführung	keine Fortführung
Weitergabe der Information an	Stadtplanungsamt
Grund der Weitergabe	Fertigstellungsmeldung, Beurteilung Bauanträge, Unterhalt, Bauleitplanung
Häufigkeit der Weitergabe	1 x pro Monat
Art der Weitergabe	E-Mail, Brief, Kopie, Ausschnitt

Abbildung 46: Beispiel für eine tabellarische Form der Metadatendokumentation grafischer Unterlagen.

Für jede Aussageform gibt es typische Formulierungen, die einer stärkeren Präzisierung dienen. Beispiele aus dem Bereich eines Versorgungsunternehmens sind in Tabelle 14 zusammengestellt. Die präzisierten Aussagen werden uns bei der Festlegung von Objektklassen sowie beim Aufbau des Funktionsmodells im Rahmen der konzeptuellen Modellierung wieder begegnen.

6.5 Analysephase

Typ	Aussageform	Beispiele
1	„x hat y“ „x besteht aus y“ „x ist definiert durch y“ „x ist ein y“	„Jeder Kunde hat eine Kundennummer“ „Das Rohr besteht aus einem Werkstoff“ „Jeder Schieber ist eine Absperrarmatur“
2	„x Verb y“ „x Verb y ₁ Präposition y ₂ Konjunktion y ₃ ...“	„Versorgungsleitungen versorgen Hausanschlussleitungen“ „Stromtrassen liegen im Gehwegbereich“
3	„x Verb Anzahl y“	„Eine Versorgungsleitung versorgt keine, eine oder mehrere Hausanschlussleitungen“
4	„Objekt / Objektklasse / Attribut muss sein ...“ „... darf nicht sein“	„Die Nennweite eines Rohres darf nicht mehr als ... betragen“
5	„Objekttyp / Objekt / Attribut Verb“	„Den Tarif des Kunden ändern“ „Den Kundendatensatz löschen“
6	„wenn / sobald / bevor ... Ereignis, dann Operation“	„Am Jahresende werden Rechnungen für alle Tarifkunden erstellt“

Tabelle 14: Verschiedene Kategorien von verbaler Präzisierung.

Für jede Aussageform gibt es typische Formulierungen, die einer stärkeren Präzisierung dienen. Beispiele aus dem Bereich eines Versorgungsunternehmens sind in Tabelle 14 zusammengestellt. Die präzisierten Aussagen werden uns bei der Festlegung von Objektklassen sowie beim Aufbau des Funktionsmodells im Rahmen der konzeptuellen Modellierung wieder begegnen.

Die präzisierten Aussagen sind durch Rücksprache mit den Verantwortlichen der einzelnen Anwendungsbereiche zu verifizieren. Datenarten werden bezüglich ihrer Nutzer und ihrer Nutzungshäufigkeit analysiert (Abbildung 47 und Abbildung 48). Es wird dadurch möglich, Prioritäten für einzelne Organisationseinheiten und künftige GIS-Produkte festzulegen.

6.5.2 Analyse der Erhebungsergebnisse

Die Analyse der Erhebungsergebnisse dient der Konsolidierung und der Gesamtschau der für die Organisation wichtigen Informationen und Beziehungen. Neben der Untersuchung personeller und finanzieller Ressourcen sowie der Unternehmenskultur gilt ein Hauptaugenmerk der Analyse der alphanumerischen und grafischen Informationsarten.

Datenart	Nutzer
Flächennutzungsplan	Träger öffentlicher Belange, Forstamt, Ingenieurbüros, Landratsamt, Verbandsgemeinden.
Bestandsplan Wasser	Bauabteilung, Gas-/Wasser-/Stromversorgung, Tiefbauamt.
Bebauungspläne	Bauordnung/Denkmalsschutz, Stadtplanung.
Grundbuch	Grundbuchamt, Bauordnung/Denkmalsschutz, Liegenschaften.

Abbildung 47: Datenarten und ihre Nutzer (Beispiel). Die Zusammenstellung vermittelt auch Informationen über die zu beteiligenden Organisationseinheiten.

Nutzungshäufigkeit	Datenart
täglich	ALKIS, Allgemeiner Kanalplan, Baulistenverzeichnis, Bestandsplan Strom, Straßenbeleuchtung.
wöchentlich	Flächennutzungsplan, Grundstückspläne 20kV-Trasse, Kanalinformationssystem, zu verkaufende Flurstücke.
monatlich	Baumkataster, Bebauungspläne
halbjährlich	Straßenlampenverzeichnis, Fernwärme Hausanschlüsse

Abbildung 48: Nutzungshäufigkeit verschiedener Datenarten (Beispiel).

6.5.2.1 Geodaten und grafische Information

Die Datenarten können gemäß Tabelle 15 verschiedenen Kategorien zugeordnet werden. Ihre Analyse umfasst unter anderem

- Erfassung und Beurteilung der unterschiedlichen Geodatenbestände (Maßstäbe, Bezugssysteme, Aktualität, Vollständigkeit, Konsistenz),

6.5 Analysephase

- Art der grafischen Präsentation,
- Erfassung und Beurteilung damit verbundener alphanumerischer Datenbestände,
- Ermittlung des Umfangs und der Häufigkeit der bisherigen Nutzung (täglich, wöchentlich, monatlich, halbjährlich...),
- Fortführungshäufigkeit,
- Informationsbedarfsanalyse und Ermitteln der Informationsströme,
- Klassifizierung nach Möglichkeiten der Datenübernahme oder Datenerfassung,
- Klassifizierung nach Aktualität, Maßstabsbereichen,
- Aufstellung eines Mengengerüsts (Anzahl der jeweiligen Planarten).

Diese Informationen finden Berücksichtigung bei der Datenmodellierung, der Festlegung der Informationsprodukte, der Konzeption der Datenübernahme oder Datenerfassung und bei der Kostenschätzung – so rechnet sich z. B. der Einsatz automatischer Erfassungsverfahren oftmals erst bei einer großen Menge an Plänen. Pläne schlechter zeichnerischer oder inhaltlicher Qualität machen es nötig, weitere Informationen wie Handrisse in den Erfassungsprozess einzubeziehen. Umfang und Quantität der Nutzung ermöglichen das Abschätzen der zu erwartenden Abfrage- und Änderungshäufigkeiten sowie die Planung der Vergabe von Zugriffsrechten an einzelne Benutzer. Angaben zum Umfang der Daten (Mengengerüste) werden beispielsweise für die Ausschreibung benötigt.

6.5.2.2 Alphanumerische Information

Die alphanumerischen Datenarten können gemäß Tabelle 15 verschiedenen Kategorien zugeordnet werden. Die Analyse alphanumerischer Informationen umfasst u. a.

- Beurteilung der unterschiedlichen Datensammlungen (Tabellenkalkulationsdaten, PC-Datenbanken, Textdokumente usw.) bezüglich Aktualität, Vollständigkeit, Konsistenz,
- Ermittlung des Umfangs und der Häufigkeit der bisherigen Nutzung,
- Attributumfang und verwendete Schlüssel,
- Bedeutung für das Gesamtunternehmen,
- Informationsbedarfsanalyse,
- Aufstellung eines Mengengerüsts.

Die Resultate finden ebenfalls Eingang in Datenmodellierung, Festlegung der Informationsprodukte und Konzeption der Datenerfassung und -übernahme. Die Informationsbedarfsanalyse gibt Klarheit über die zu führenden Informationsprodukte und notwendigen Auswerteverfahren.

6.5.2.3 Informationsflüsse und Arbeitsabläufe

In Bezug auf die Informationsflüsse werden die logischen, zeitlichen, qualitativen und quantitativen Zusammenhänge zwischen Daten und Tätigkeiten beschrieben. Die Informationsströme sagen uns, durch welche Arbeitsschritte und in welcher Abfolge Informationen bearbeitet und genutzt werden und mit welchen Komponenten das künftige System sie unterstützen muss.

Kategorie	Erläuterung	Aufgaben
Geplant:	Der Aufbau dieser Datenart ist konzipiert. Mit der Erfassung der Daten wurde noch nicht begonnen.	Die Konzeption ist in eine GIS-adäquate Form zu überführen (Datenmodell, Präsentationsregeln).
In Bearbeitung:	Die entsprechende Datensammlung wird gerade erstellt.	Festlegung: Abschluss der Datenerfassung mit anschließender Datenübernahme oder Übernahme des derzeitigen Bestands und GIS-basierte Komplettierung.
Verfügbar:	Die Daten liegen vollständig vor.	Die Übernahme ist konzeptionell festzulegen und organisatorisch (terminlich etc.) zu planen.
Gemäß Workflow:	Datenumfang variiert je nach Arbeitsanfall und Aufgaben. Nach Abschluss einzelner Arbeitsvorgänge besitzen die Daten Archivwert oder können gelöscht werden.	Die Übernahme der Daten in das GI-System sowie die Abbildung des Workflows mit GIS-Mitteln ist zu prüfen.
Laufend aktualisiert:	Daten werden kontinuierliche fortgeführt (Beispiel: Bestandspläne eines Versorgungsunternehmens).	Die Übernahme der Datensammlung in das GI-System ist konzeptionell festzulegen und organisatorisch (terminlich etc.) zu planen.
Nur Teilmenge:	Der Aufbau dieser Datenart wurde begonnen; die Datenart wurde jedoch nicht vollständig erfasst und evtl. auch nicht aktuell gehalten.	Die Eignung der der Daten ist detailliert hinsichtlich der Aktualität der Daten zu prüfen. Nach Datenübernahme kann die Erfassung der ausstehenden Informationen im GIS fortgesetzt werden.
Keine Angabe:	Es wurden keine Angaben gemacht und es war nicht möglich, Annahmen über die Verfügbarkeit zu treffen.	Die Übernahme ist zu prüfen.

Tabelle 15:Datenarten lassen sich verschiedenen Kategorien zuordnen. Das Ergebnis bestimmt das weitere Systemkonzept und die spätere Planung der Datenerfassung und -übernahme.

6.5 Analysephase

Durch eine Schwachstellenanalyse werden die Ergebnisse der Erhebung in Bezug auf die Arbeitsabläufe untersucht (LOCKEMANN et al. 1983). Es wird geprüft, inwieweit die Abläufe zur Erfüllung der mit der Systemeinführung verbundenen Ziele beitragen oder sie behindern. Die hinter den subjektiv empfundenen und in den einzelnen Gesprächen geäußerten Missständen stehenden objektiven Sachverhalte sind zu ergründen. Es ist unter Anderem zu prüfen, ob

- Informationen doppelt erfasst oder gepflegt werden,
- einzelne Abteilungen zu benötigten Informationen keinen oder nur unzureichenden Zugang haben (lange Wege, Wartezeiten),
- zeitliche Engpässe bei der Informationsbereitstellung vorliegen (z. B. im Schadensfall),
- die Kommunikationsmittel optimiert werden können,
- Widersprüche oder Lücken bei Arbeitsanweisungen oder Vorschriften vorliegen,
- unzureichende technische und personelle Ausstattungen die Zielerreichung verhindern.

Schwachstellen können durch nicht vorhandene, unvollständige oder unklare Arbeitsanweisungen bzw. ihre mangelnde Durchsetzung begründet sein, verstärkt durch unklare Kompetenzen und Zuständigkeiten. Die Systemeinführung darf aber keineswegs als „Heilmittel“ für derartige Probleme angesehen werden; im Gegenteil können diese den Erfolg des GI-Systems selbst gefährden.

Bestehende Aufgaben sind auf ihre Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit hin kritisch zu prüfen. Der Abbau und die Vermeidung nicht unbedingt erforderlicher Aufgaben ist in Erwägung zu ziehen. Es ist zu analysieren, inwieweit Abläufe und Entscheidungsprozesse beschleunigt werden können.

Bei der Bewertung vorhandener Abläufe und der Konzeption neuer Prozesse darf jedoch nicht zu vorschnell vorgegangen werden; oftmals liegen für überflüssig oder umständlich erscheinende Vorgänge dennoch vernünftige Gründe vor, die sich erst bei genauer Analyse erschließen. ARONOFF (1993, S. 255) warnt deshalb: „*A failure to understand the reasons for what appear to be irrational elements in an existing system can lead to the failure of the new one.*“

6.5.2.4 Funktionale Anforderungen

Anforderungen ergeben sich u. a. in folgenden Bereichen:

- Art und Umfang der zu führenden Daten,
- Form der grafischen Präsentation,
- Anbindung weiterer IT-Verfahren wie Jahresverbrauchsabrechnung oder Einwohnerwesen,
- Art und Umfang der Informationsbereitstellung bei einzelnen Fachabteilungen,

- Form der Datenspeicherung,
- Fachdatenauswertung wie Jahresberichte und Schadensstatistiken,
- grafische Auswertungen wie Netzwerkverfolgungen oder Verschneidungsoperationen,
- Datenschutz- und Datensicherheit,
- Normen und Gesetze.

Die Anforderungen werden in Klassen (wie topologische Anforderungen, Datenhaltungsanforderungen, ...) zusammengefasst und Anwendungsgebieten zugeordnet (Digitale Stadtgrundkarte, Grünflächenkataster, ...), um sie strukturiert in weiteren Projektab schnitten und -dokumenten wieder aufgreifen zu können. Dabei können sie ihrer Priorität nach in drei Klassen eingeteilt werden:

- unabdingbar (Minimalforderung),
- wünschenswert,
- komfortbetreffend,

um gezielt gewinnbringende GIS-Anwendungen priorisieren zu können.

6.5.3 Nutzeranalyse

Teil des Untersuchungsergebnisses muss es sein, die potenziellen Nutzer des Systems zu beschreiben. Hierbei ist es wichtig, nicht nur die Anwender anzuführen, deren Beziehung zum einzuführenden System direkt ins Auge fällt (beispielsweise die Mitarbeiter in der Planauskunft), sondern auch Nutzer, die sich der verfügbaren Information zur Erfüllung ihrer Aufgaben bedienen werden.

Eine Klassifizierung in Nutzergruppen kann nach EASON (1988, S. 92) folgendermaßen vorgenommen werden:

1. *Primäre Nutzer*: Hierbei handelt es sich um Mitarbeiter, die vollzeitlich am System arbeiten werden und deshalb einen eigenen desktop- oder browserbasierten Arbeitsplatz zur Datenerfassung, -fortführung, -abfrage oder -analyse benötigen werden.
2. *Sekundäre Nutzer*: Bei dieser Gruppe überwiegt die gelegentliche Nutzung des Systems bzw. der erzeugten Informationsprodukte. Berechtigungen zur Datenfortführung werden nicht benötigt. Die effektive Informationsbereitstellung kann über webbasierte Auskunftsplätze erfolgen.
3. *Tertiäre Nutzer*: Zu dieser Nutzerkategorie zählen die nur indirekt von der GIS-Einführung betroffenen Personen, wie externe Informationsnutzer, Kunden und Bürger.

Der Aufbau einer Nutzerliste nach den genannten Kriterien ist hilfreich, alle potenziellen Nutzer zu erfassen. Die Berücksichtigung sekundärer und tertiärer Nutzer kann die spätere Nutzenanalyse wesentlich beeinflussen!

6.5 Analysephase

Datenart	Liegen-schaftsamt	Tiefbauamt	Bauver-waltungsamt	extern
ALB	◇++	+	++	Δ
Grundbuch	+			Δ
Messungsverzeichnis	●++			
Liegenschaftskartei	●++		+	
Bauumlauf		++	●++	++
Baumkataster		●++		
Kanalkataster		●++		+

Abbildung 49: Beispiel für gemeinsame Datennutzung zwischen Stadtverwaltung und externen Stellen (● = Datenerstellung und -pflege, Δ= Schaffung von Basisinformationen, ◇= Ergänzung und Weiterentwicklung von Daten, + = Nutzung, ++ = intensive Nutzung).

6.5.4 Integration der Ergebnisse

Zum Abschluss der Erhebungsphase wird eine Integration und Konsolidierung der Ergebnisse für die Ist-Erhebung und Anforderungsanalyse durchgeführt.

Diese Konsolidierung erfolgt zunächst innerhalb der einzelnen Fachabteilungen. In einem weiteren Schritt werden die so konsolidierten Ergebnisse für das gesamte zu untersuchende Umfeld nochmals durch den Systemanalytiker zusammengefasst.

Bei der Identitätskonsolidierung erfolgt eine Zusammenfassung identischer Datenarten. Dazu ist zu untersuchen, ob unterschiedliche Bezeichnungen für dieselbe Datenart, Beziehungen oder Tätigkeit genutzt werden (*Synonyme*). Ist dies der Fall, ist eine einheitliche Bezeichnung zu wählen und auch fortan zu nutzen. So kann es sich beispielsweise innerhalb der Anforderungserhebung herausstellen, dass manche Abteilungen den Begriff „Rohr“, andere den Begriff „Leitung“, wieder andere den Begriff „Strang“ gebrauchen. Es ist zu untersuchen, ob damit identische Objekte des Versorgungsnetzes bezeichnet werden.

Auch der umgekehrte Fall tritt auf: Mit ein und derselben Bezeichnung werden unterschiedliche Objekte der Realwelt bezeichnet (*Homonyme*). Aus der Sicht der

Leitwerte eines Versorgungsunternehmens ist eine „Leitung“ die Rohrverbindung von Schieber A zum Schieber B. Für den Bautrupp ist die „Leitung“ hingegen das einzeln verlegte Rohrteil. Werden bei der Ergebnisintegration solche Homonyme erkennbar, sind diese zu kennzeichnen. In enger Absprache mit den Fachabteilungen können präzise, eindeutigere Begriffe eingeführt werden.

Nach der Aufbereitung der Informationen muss eventuell Rücksprache mit den beteiligten Stellen genommen werden. Es erfolgt eine Berücksichtigung vorgebrachter Anregungen.

Eine Gesamtschau der Geo- und Fachdaten, der Beziehungen und Arbeitsabläufe hilft, den Überblick zu bewahren und die Ergebnisse anderen zugänglich zu machen. Auch hierbei kann eine tabellarische Darstellung hilfreich sein, wie es Abbildung 49 zeigt.

Auftrag: In einem Satz zusammengefasst lautet das Ziel der Systemeinführung: ...

Vision: Unsere Vision ist,
dass unsere Kunden Folgendes erfahren: ...
dass unser Unternehmen Folgendes erreicht: ...
dass unsere Mitarbeiter Folgendes erfahren: bereicherte Tätigkeitsprofile, stärkere Beziehungen der Abteilungen untereinander ...

Rollen:

Die Mitarbeiter und Systemnutzer werden folgende Rolle ausführen: ...
Die Rolle der Abteilungsleiter, des Stadtrates ist: ...
Die Rolle der GIS-Projektleitung ist: ...
Die Rolle der IT-Abteilung ist: ...

Ziele und Werte: Wir werden ...

offen kommunizieren,
unsere Werte und Zielvorstellungen weitertragen,
die Eigenschaften und Stärken unserer Partner schätzen,
von anderen lernen, nämlich ...,
unsere Erfolge wahrnehmen und schätzen,...

Strategien: Wir werden

Aufmerksamkeit und Weiterbildung auf breiter Ebene durch ... fördern,
aktiv Partizipation durch ... fördern,
eine Systemplattform mit folgenden Eigenschaften einrichten ...,
Training-on-the-Job fördern ...,
erfolgsversprechende, erste Projekte realisieren durch ...,
die Verheißen der Veränderungen schätzen.

Textbox 9: Anregung für konkrete Zielformulierung.

*When you don't know where you want to go
any route will take you there.
engl. Sprichwort*

6.6 Zieldefinition

Die erarbeiteten Ergebnisse erlauben es, innerhalb des durch die Kernaufgaben und strategischen Ziele des Unternehmens gesteckten Rahmens Projektziele konkreter zu identifizieren, als es bei der Voruntersuchung der Fall war. Einen Leitfaden für konkrete Zielformulierung zeigt Textbox 9. Laut KOTTER (2011, S. 63) sollt sie vorstellbar, erstrebenswert, machbar, fokussiert und kommunizierbar sein, dabei aber flexibel Raum für Eigeninitiativen und sich ändernde Rahmenbedingungen bieten.

Durch die Zieldefinition werden die Weichen für die weitere Arbeit gestellt. Gleichzeitig ermöglicht sie eine Prüfung der eigenen Motivation. Der Einstieg in eine neue Technologie sollte nicht erfolgen, „nur weil alle es machen“! Zu leicht bleiben das Ziel und damit der Weg unklar. Der Projekterfolg wird später nicht verifizierbar. Für die Beteiligten bleibt das latente Gefühl der Erfolglosigkeit.

Die Zielformulierung beschreibt nicht den Lösungsweg – hier soll Offenheit für Lösungsalternativen bleiben.

6.7 Ergebnisdarstellung

Die konsolidierten Ergebnisse werden in Form eines Ergebnisberichts zusammengestellt. Dieser ist die Grundlage für die nachfolgenden Modellierungsschritte und umfasst folgende Inhalte:

- Einleitung:
 - aktualisierte Gründe für die Projektdurchführung,
 - Verantwortlichkeiten und Zuständigkeit,
 - aktualisierte Zielbeschreibung,
 - einbezogene organisatorische Einheiten,
 - durchgeführte Gespräche,
- Ergebnisse der Einzelerhebungen,
- Analyseergebnisse
 - Geodaten und alphanumerische Informationsarten,
 - Organisation und Personal,
 - Informationsflüsse und Arbeitsabläufe,
 - funktionale Anforderungen ...,
- aktualisierte Darstellung und Bewertung von Risiken,

- aktualisierte Kostenplanung,
- aktualisierter Zeitplan.

Gleichzeitig erfolgt die Präsentation der Ergebnisse vor der Unternehmungsleitung oder dem Steuerungsausschuss. Die Ergebnisse können darüber hinaus allen Beteiligten kommuniziert werden. Diese Präsentation hat zielgerichtet zu erfolgen, ohne die Teilnehmer mit Details zu überfordern. Dabei wird auf den weiteren organisatorischen Verlauf der Systemeinführung hingewiesen. Über das weitere Vorgehen ist ein Beschluss zu fassen.

6.8 Kommunikation und Qualifizierung

Kotter (2011) weist darauf hin, dass „*ohne eine intensive und glaubwürdige Kommunikation Herz und Verstand der Mitarbeiter nicht für die Sache gewonnen werden*“. Eine wesentliche unterstützende Maßnahme im Rahmen dieser Projektphase ist somit die Bereitstellung grundlegender Information über Geoinformationssysteme, beispielsweise durch Rundbriefe, Informationsveranstaltungen oder Bereitstellung multimedialer Präsentationsmedien. Dabei sind – auf die Zielgruppe abgestimmt – wesentliche Eigenschaften, Funktionen und Vorteile des künftigen Systemeinsatzes zu vermitteln.

Neben gezielten Fortbildungsangeboten steht auch im Internet eine Fülle von Quellen bereit. Informationen bieten u. a. die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (<http://www.adv-online.de/>) sowie deutschsprachige Verzeichnisse wie <http://www.geobranchen.de/>, <http://www.business-geomatics.com/>, <http://www.gis-news.de/> oder <http://www.geolist.de/>. Eine wichtige Adresse für (englischsprachige) Standards sind (für Experten) die Seiten des Open Geospatial Consortiums (<http://www.opengeospatial.org/>).

7 Kapitel: Konzeptuelle Modellierung

Die Realisierung von GIS-Anwendungen erfordert, dass ihre wesentlichen Eigenschaften formalisiert beschrieben werden, um sie später mit den Möglichkeiten des GI-Systems implementieren und in einer Datenmanipulationssprache nutzen zu können. Hier liegt einer der Projektabschnitte vor uns, die in besonderem Maße Brainware erfordern. Die Formalisierung geschieht in mehreren Schritten: dem konzeptuellen Entwurf, dem logischen Entwurf und dem Implementierungsentwurf. Aus Anwendersicht steht die konzeptuelle Modellierung im Vordergrund:

1. *Wir beschreiben die Elemente der im System abzubildenden Wirklichkeit. Die Beschreibung umfasst die Entitäten selbst, ihre Eigenschaften und ihre Beziehung zueinander. Dabei kann es hilfreich sein, sich des Konzepts der Objektklassen zu bedienen.*
2. *Wir definieren Arbeitsabläufe, Vorgänge und Prozesse für diese Objektklassen.*
3. *Wir formulieren grafische Darstellungsregeln für die Objektklassen.*

Im logischen Entwurf und Implementierungsentwurf erfolgt die Übertragung und Optimierung hinsichtlich der Möglichkeiten des künftigen GI-Systems.

7.1 Grundlagen

7.1.1 Modellierungsansätze und Datenmodelle

Die Bemühung, ein Modellierungskonzept zu finden, das der menschlichen Art der Wahrnehmung möglichst nahe kommt und eine sichere Überführung des Modells in das Informationssystem gewährleistet, haben in der Vergangenheit zu einer großen Vielfalt von Entwurfsmethoden geführt (vgl. BOOC 1994, S. 198). Nachfolgend wird ein Verfahren vorgeschlagen, das spezifisch die Bedürfnisse der raumbezogenen Informationstechnologie berücksichtigt. Mit der Anlehnung an gängige Modellierungsverfahren – dem objektorientierten Entwurf und dem Entitäten-Beziehungsmodell – werden folgende Ziele verfolgt:

- Es wird die Voraussetzung geschaffen, einheitliche Modellierungskonzepte innerhalb der Organisation zu verwenden und die Verständigung zwischen den Fachleuten verschiedener Disziplinen zu fördern.
- Der Zugang zu Fachliteratur und weiteren Quellen zum Thema Datenmodellierung wird erleichtert.

Relevanz: Wir beschränken uns auf die Elemente, Eigenschaften und Beziehungen, die für den abzubildenden Teil der Realwelt fachlich relevant sind. Durch die Beschränkung wird das Modell klarer und eindeutiger, als es beim Original in seiner Komplexität der Fall ist.

Ähnlichkeit: In wesentlichen Hauptmerkmalen muss die Ähnlichkeit zwischen dem Modell und seinem Original gegeben sein.

Klarheit: Das Modell muss einige Merkmale herausheben und Entscheidungen bezüglich „wesentlich“ und „unwesentlich“ treffen.

Einfachheit: Wir modellieren, was sich mit Worten, Formeln oder Algorithmen beschreiben lässt. Es wird jedoch auf Aspekte verzichtet, für die kein Datenmaterial mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand beschafft und aktuell gehalten werden kann.

Textbox 10: Allgemeine Anforderungen an das konzeptuelle Modell.

- Für die Zusammenarbeit mit Mitarbeitern, die bereits Erfahrung in der Datenmodellierung haben, wird ein gemeinsames Verständnis geschaffen.
- Datenmodelle können im Hinblick auf ihre Qualität und auf ihre Eignung beurteilt werden. Dies ist unter anderem für die Bewertung von allgemein gehaltenen, kommerziell vertriebenen Datenmodellen nötig; ihre Zielsetzung ist es, grundlegende Anforderungen abzudecken. Ein Beurteilungskriterium muss neben der Prüfung eines Datenmodells auch der Preis sein, der dafür zu entrichten ist.

Die Erarbeitung eines Geobasisdatenmodells kann weder im stillen Kämmerlein noch auf der grünen Wiese erfolgen. Vielmehr sind die vorhandenen Normen und Modelle zu würdigen, die bereits erfolgten Datenerhebungen zu berücksichtigen, die Erfahrung Dritter einzubeziehen, das Geodatenumfeld auszuloten und der heutige und künftige Nutzerkreis in seinem gesamten Umfang zu erfassen.

E-GEO.CH 2012

7.1.2 Nutzung vorhandener Modelle

In manchen Fällen wird man sich bei der Modellierung an bereits vorhandenen Modellen orientieren können bzw. diese eigenen Anforderungen anpassen. Quellen solcher Datenmodelle sind u. a. Modellierungskonzepte der öffentlichen Verwaltung (wie ALKIS), Datenmodelle anderer Unternehmen, Fachbehörden und Fachverbände (z. B. BMVBS 2012, DWA 2012⁶⁵, Arbeitshilfen Abwasser des Bundesministeriums für Umwelt,

⁶⁵ <http://www.arbeitshilfen-abwasser.de/>

7.1 Grundlagen

Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit⁶⁶ oder, falls noch verfügbar, das DVGW-Basismodell eines Netzinformationssystems⁶⁷) sowie Datenmodelle in Fachanwendungen der Systemanbieter. Im Zusammenhang mit Normungsansätzen sind auch im Internet Beschreibungen von Daten- und Metadatenmodellen verfügbar. Hilfreich sind auch die Inhalte der Norm DIN 2425 Planwerke für die Versorgungswirtschaft, die Wasserversorgung und für Fernleitungen.

In der Schweiz gibt das Koordinationsorgan für Geoinformation des Bundes (2012) Empfehlungen zur Geodatenmodellierung über die Definition „minimaler Geodatenmodelle“. Vorhandene minimale Geodatenmodelle werden in einer Datenmodell-Ablage (Repository) publiziert und sind unter <http://models.geo.admin.ch> öffentlich verfügbar.

In ARCTUR & ZEILER (2004) werden auf der Grundlage von Esri-Architekturen Datenmodelle aus Bereichen wie Gewässer und Hydrographie, administrative Einheiten, Adressdaten, Kataster und Landmanagement vorgestellt. Auf der Esri-Homepage direkt wird der Kontakt zu Anwendervereinigungen vorgeschlagen, die für verschiedene Anwendungsbereiche⁶⁸ Datenmodelle entwickeln. „A Unified Building Model for 3D Urban GIS“ stellen EL-MEKAWY et al. (2012) vor.

7.1.3 Fachliche und personelle Qualifikation

Voraussetzung der Datenmodellierung ist eine umfassende Kenntnis der Anforderungen, wie sie in Ist-Untersuchung und Anforderungsanalyse dokumentiert wurden. Erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen können also dadurch erreicht werden, dass in den Modellierungsschritt nicht nur Mitarbeiter einbezogen werden, die über Erfahrung in der Datenmodellierung verfügen, sondern speziell auch solche, die vertiefte Kenntnisse in dem zu modellierenden fachlichen Umfeld besitzen (vgl. Kap. 5.3.3). Das Hauptaugenmerk muss auf der sachlichen und logischen Ebene des zu entwickelnden Informationssystems liegen. Wesentlich ist die Kenntnis der gesamten Aufgabenstellung und der Bedeutung der Daten, ohne sich in dieser Projektphase bereits für die spätere konkrete Realisierung der Aufgaben im Einzelnen zu interessieren.

Umfang und Grad der Differenzierung eines Datenmodells sind in hohem Maße eine Anfrage an die Qualität dessen, der das Modell aufbaut. Einerseits muss die Vereinfachung soweit gehen, dass das Modell klar, überschaubar und verständlich wird, und dass man damit arbeiten kann (vgl. Textbox 10). Andererseits kann eine zu große Vereinfachung dazu führen, dass das Modell zu allgemein, zu abstrakt und wirklichkeitsfern wird, sodass es seine Ähnlichkeit zur Wirklichkeit und somit auch seinen Sinn verliert. Nach WIRTH

⁶⁶ https://www.fib-bund.de/Inhalt/Arbeitshilfen/Abwasser/2015-12-01_arbeitshilfen_abwasser.pdf [2018-04-10]

⁶⁷ <http://www.dvgw.de/wasser/netze-und-speicherung/technische-geoinformationssysteme/gawanis/datenmodell/> [2010-04-05]

⁶⁸ <http://support.esri.com/en/knowledgebase/techarticles/detail/40585>

(1979:136) kommt es in erster Linie auf das „Fingerspitzengefühl“, den „Instinkt“, den „sicheren Griff“ und die Erfahrung des Modellierenden an, da exakte Methoden und verbindliche Regeln nicht vorhanden sind. Nötig ist jedoch die Fähigkeit der Abstraktion.

Eine Abstraktion gibt die wesentlichen Charakteristika eines Objekts an, die es von allen anderen Arten von Objekten unterscheiden, wobei klar definierte konzeptuelle Grenzen gesetzt werden, und zwar unter Bezugnahme auf die Perspektive des Betrachters.
G. BOOCHE (1994, S. 61)

7.2 Der konzeptuelle Entwurf

7.2.1 Einordnung

Bei der Datenmodellierung zur Speicherung in Datenbank-Managementsystemen kommt es zu verschiedenen Sichten auf die Daten und ihre Struktur, je nachdem, in welcher Rolle der Betrachter (Anwender/Designer/Entwickler) steckt. Es werden dabei verschiedene Ebenen mit unterschiedlichen Sichten unterschieden (Abbildung 50):

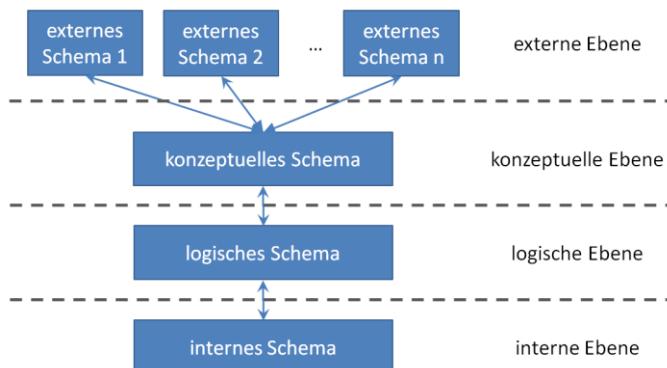


Abbildung 50: Vier-Ebenen-Schema-Architektur.

- **Externe Sicht/Anwendungssicht – Sichtweise der Anwender bzw. von Anwendungsprogrammen:** In der Phase der Anforderungserhebung haben wir uns eine Vorstellung über die zu modellierende Welt aus Benutzersicht verschafft: Jeder Benutzer hat seine Sicht der Wirklichkeit. Entsprechend soll er auch nur den Teil der Daten sehen, der für ihn bzw. seine Anwendung von Bedeutung ist.⁶⁹ Die Sichtweisen werden dokumentiert („externe Schemata“).

⁶⁹ Die Umsetzung solcher Sichten (Views) erfolgt im Zuge der physischen Datenbankmodellierung.

7.2 Der konzeptuelle Entwurf

- *Konzeptuelle Sicht – Sichtweise des Systemanalytikers:* Die konzeptuelle Sicht beschreibt die Gesamtschau derjenigen Daten, die in der Datenbank verwaltet werden (sollen), und zwar völlig unabhängig von Gesichtspunkten der Datenverarbeitung. Diese wird im konzeptuellen Schema festgelegt, das die externen Schemata zusammenführt. Namenskonflikte (Synonyme und Homonyme), Strukturkonflikte, Bedingungskonflikte und Wertebereichskonflikte werden aufgelöst. Die Dokumentation des Modells erfolgt heutzutage bevorzugt mittels der Unified Modeling Language (UML) oder mittels XML Schemadeklarationen.
- *Logische Sicht – Sichtweise des Datenmodellierers:* Ein konzeptuelles Datenbankschema wird auf ein logisches Datenbankschema abgebildet. Dabei wird das Modell um weitere Angaben erweitert (z. B. Feldformate, identifizierende Suchbegriffe etc.) und mit den Regeln des zu verwendenden Datenbankmodells, z. B. dem relationalen Datenmodell, beschrieben. Dabei werden die Regeln der Normalisierung angewandt.⁷⁰
- *Interne Sicht – Sichtweise des Datenbankadministrators:* Das logische Schema wird unter Nutzung der Datendefinitionssprache des verwendeten Datenbank-Managementsystems in das interne Schema (häufig auch physisches Schema genannt) überführt. Es enthält alle Informationen über den Aufbau der Daten, über Speicherungsorganisation, Indizes, Sichten usw.

7.2.2 Inhalt

In der Phase der Anforderungserhebung haben wir uns eine Vorstellung über die zu modellierende Welt aus fachlicher Sicht verschafft; im konzeptuellen Entwurf (lat. concipere: wahrnehmen, aufnehmen) wird der Inhalt konkretisiert und formalisiert:

- *Inhalt:* Als Ergebnis des konzeptuellen Entwurfs werden im konzeptuellen Schema die für die Anwendung relevanten Objektklassen und deren vielfältige Beziehungen untereinander beschrieben. Dieses Schema ist Voraussetzung für die Realisierung des Informationssystems. Dabei ist die Art der Darstellung durch die fachliche Sicht geprägt.
- *Darstellungsform:* Für den konzeptuellen Entwurf und die Dokumentation seines Ergebnisses im konzeptuellen Schema gibt es eine Reihe von Methoden und Techniken. Mit den semantischen Datenmodellen wird eine rein inhaltliche Beschreibung der Objekte und ihrer Zusammenhänge wiedergegeben.

⁷⁰ Details zum Thema Normalisierung finden sich in Wikipedia und bei KEMPER & EICKER (2011, S. 185ff)

Zu den semantischen Datenmodellen zählt das Objekt-Beziehungsmodell (Entity-Relationship-Modell), das sich durch einfache Modellierungskonzepte und eine gute grafische Darstellungsmöglichkeit auszeichnet, sowie das UML-Klassendiagramm.

- **Systemunabhängigkeit:** Der konzeptuelle Entwurf wird – sofern noch keine Systementscheidung getroffen wurde – unabhängig von dem Ziel-Datenbanksystem, auf dem das GIS-Datenhaltungssystem implementiert werden soll, durchgeführt. Somit bleibt er unberührt von den unter Umständen eingeschränkten Möglichkeiten des Datenmodells, das später die Grundlage des Informationssystems bildet. Die Unabhängigkeit bezieht sich auf das Datenmodell des auszuwählenden Systems mit seinen verfügbaren Datentypen, Speicherungs- und Zugriffsmöglichkeiten. Das konzeptuelle Schema werden wir erst durch weitere Entwurfsschritte (siehe oben sowie detailliert in Kap. 7.7) in eine systemabhängige Form überführen.

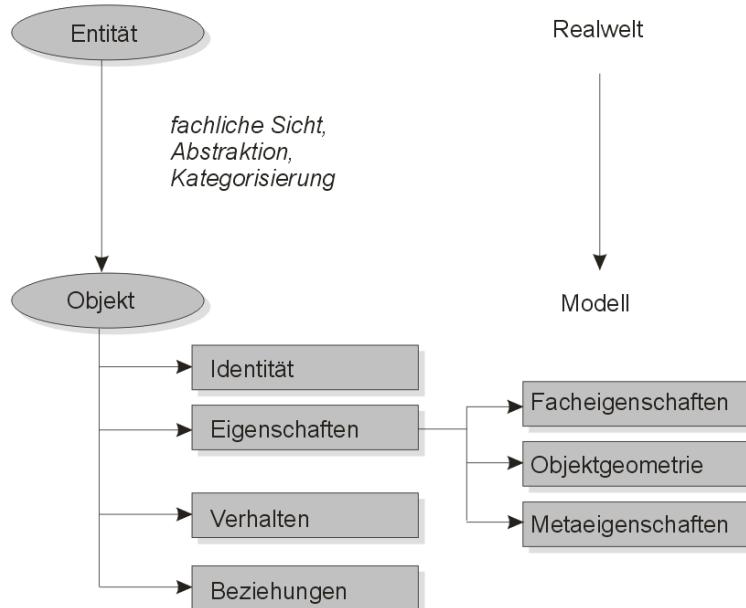


Abbildung 51: Objekte besitzen eine Identität, Eigenschaften, Verhalten und Beziehungen.

Wir werden uns deshalb bei der Modellierung mit folgenden Aufgaben befassen:

1. Wir beschreiben die Elemente der im System abzubildenden Wirklichkeit. Die Beschreibung umfasst die Objekte, ihre Eigenschaften und ihre Beziehung zueinander. Wir verwenden dabei Objektklassen als Grundlage unserer Modellierung.
2. Wir definieren Arbeitsabläufe, Vorgänge und Prozesse für diese Objektklassen.

7.2 Der konzeptuelle Entwurf

3. Wir formulieren grafische Darstellungsregeln für die Objektklassen.
4. Durch ein Qualitätsmodell legen wir Qualitätsmerkmale fest. Diese Metadaten werden durch ein Metadatenmodell beschrieben.

*GIS ... must be as near as possible of the real world,
must be described in the most natural way,
in terms of set, element, property, relationship,
not as files, tables, etc.
F. BOUILLE (1994)*

7.2.2.1 Entitäten, Objekte und Objektklassen

Das Objekt-Beziehungs-Modell geht davon aus, dass die reale Welt aus Objekten besteht, die eindeutig identifizierbar sind und in Beziehung zueinander stehen. Diese werden Entitäten (Entities) genannt (lat. ens: das Seiende). Dabei kann es sich um materielle, klar abgrenzbare Dinge wie Gebäude, Bäume und Gewässer handeln. Entitäten können jedoch auch weniger konkret sein, wie einmalige oder wiederkehrende Ereignisse oder unscharf abgrenzbare Bereiche wie bestimmte Windgeschwindigkeiten repräsentieren, oder abstrakter Natur sein, wie es bei Käuferverhalten oder Migrationsbewegungen der Fall ist.

Für Objekte gilt, wie in Abbildung 51 dargestellt, dass sie eine Identität, Eigenschaften und ein Verhalten besitzen (Booch 1994, S. 110):

- *Identität*: Jedes Objekt ist eindeutig von anderen unterscheidbar und kann über bestimmte Eigenschaften – Schlüsselattribute – angesprochen werden (siehe Abschnitt 7.2.2.4).
- *Eigenschaften*: Bei Eigenschaften können wir im Umfeld der raumbezogenen Informationsverarbeitung zwischen allgemeinen Sachattributen und geometrischen sowie topologischen Eigenschaften unterscheiden. Bei den allgemeinen Eigenschaften sind neben fachlich begründeten Informationen noch Zusätze in Bezug auf die Qualität der Objekteigenschaften und ihre Herkunft von Bedeutung; hierbei sprechen wir vom Aufbau eines Qualitätsmodells bzw. von der Modellierung von Metainformation.
- *Verhalten*: Verhalten ist die Art und Weise, wie ein Objekt auf Benutzeraktionen oder Änderungen der mit ihm in Beziehung stehenden Objekte reagiert.

Bei der Modellierung geht es zunächst darum, die Entitäten zu erkennen, die im System abgebildet werden sollen. Objekte, deren Eigenschaften und Verhalten ähnlich oder vergleichbar sind, werden dann im Zuge der Datenmodellierung zu einer Objektklasse zusammengefasst, der ein eindeutiger Name zugeordnet wird. In anderen

Modellierungsansätzen gebräuchliche, verwandte Begriffe sind Entitätsmenge und Entitäten-Set. Ein einzelnes Objekt wird auch als Instanz einer Klasse bezeichnet.

Die Klassifizierung ist, wie BOOCHE (1994, S. 212) bemerkt, „*ein iterativer Prozess, der dadurch schwierig wird, dass man eine bestimmte Menge von Objekten auf viele verschiedene, korrekte Weisen klassifizieren kann.*“ Entsprechend kann die gemeinsame Festlegung der Objektklassen und ihrer Eigenschaften ein Prozess sein, der Geduld und gegenseitiges Verstehen erfordert. Wie legen wir nun die Klassen fest?

- Klassen können aufgrund der Fachkenntnisse festgelegt werden; sie lassen sich anhand von Substantiven in der Ist-Untersuchung, von abgrenzbaren Planinhalten und von Kernthemen der alphanumerischen Datensammlungen ableiten. Aussagen über Objektklassen werden auch im Rahmen der Präzisierung (Kap. 6.5.1) getroffen.
- Eine Klasse sollte konkret und anschaulich sein. Eine Zusammenfassung mit anderen Klassen kann erfolgen, in dem die Klassen auf Ähnlichkeiten bzw. Unterschiede hin überprüft werden.
- Bei der Klassenfestlegung spielt neben der fachlichen Sicht auch die *Maßstabsabhängigkeit* eine Rolle. In kleinmaßstäbigen Präsentationen werden Objekte bei Bedarf zu einer übergeordneten Einheit zusammengefasst; Objekte anderer Klassen treten nicht mehr in Erscheinung.
- Für die Bezeichnung einer Objektklasse wird man einen kurzen, prägnanten *Namen* wählen. Dabei ist auf Eindeutigkeit und Verständlichkeit sowie eine systematische Namensdefinition zu achten. Als Strukturierungskonzept und zur Sicherung der Eindeutigkeit wird man den Namen einem *Namensraum* zuordnen.
- Neben dem Namen ist jede Objektklasse durch eine Definition explizit festzulegen (vgl. Abbildung 52). Durch sie wird das gemeinsame Verständnis der Projektmitarbeiter gesichert und die Bedeutung der Objektklasse dokumentiert.
- Das Ergebnis der Klassenfestlegung ist anhand der Ist-Untersuchung und Anforderungsanalyse zu verifizieren.

Die Definition der Objektklasse sollte in formalisierter, maschinenlesbarer Weise erfolgen, was sich schon wegen der Änderungsfreundlichkeit empfiehlt. Hierzu wird, wie durch DIN ISO 19103 festgelegt, UML empfohlen. Damit wird die Voraussetzung geschaffen, das konzeptuelle Schema automatisiert in andere Beschreibungsformen zu überführen, wie es zum Beispiel beim AFIS-ALKIS-ATKIS-Referenzmodell (AAA-Modell) zur Beschreibung des Anwendungsschemas und der Objektartenkataloge geschieht (AdV 2009). Der Zweck der Nutzung dieser Form der Dokumentation „*liegt in der vollständigen und unzweifelhaft interpretierbaren, formalen Beschreibung von Inhalt und Struktur von Datenbeständen*“ (AdV 2009).

*Nun steht noch aus zu erkennen,
wie es sich mit Wesen im Falle der Eigenschaften verhält.
T. v. AQUIN: De ente et essentia (1254)⁷¹*

7.2.2.2 Eigenschaften

Instanzen einer Objektklasse besitzen fachliche Eigenschaften qualitativer oder quantitativer Art, die auch Werte, Fachattribute oder Sachdaten genannt werden. Jede Eigenschaft wird durch einen Namen, eine Definition, ihren Datentyp und den Wertebereich beschrieben.

Name der Objektklasse:

Turm

Definition:

Hoch aufragendes, auf einer verhältnismäßig kleinen Grundfläche stehendes Bauwerk, das oft Teil eines größeren Bauwerks ist.

Attribute:

HHO Objekthöhe (tatsächlicher Wert in m)
{Realzahl: > 0.0}

FKT Funktion
{Aufzählung: Wasserturm | Kirchturm | Glockenturm | Aussichtsturm | Kontrollturm
| Kühlurm | Leuchtturm | Wachturm | ...}

ZUS Zustand
{Referenztabelle: Bauzustand}

Abbildung 52: Beispiel für die Definition einer Objektklasse in Anlehnung an den ATKIS-Objektartenkatalog.

Ein Wertebereich (Domaine) kann über Schranken (minimal und maximal zulässige Werte), über Aufzählungen oder durch Verweise auf Referenztabellen definiert werden. Beispielsweise sind für das in Abbildung 52 definierte Attribut „ZUS“ über die in Abbildung 53 beschriebene Referenztabelle die Werte „in Betrieb“, „außer Betrieb“ usw. zugelassen. Für das Attribut HHO ist eine untere Schranke (> 0.0) angegeben.

Soweit keine fachlichen Gründe dagegen sprechen, wird man im Allgemeinen vereinfachend davon ausgehen, dass ein Attribut höchstens einen Wert besitzen kann

⁷¹ <http://www.zeno.org/Philosophie/M/Thomas+von+Aquin/-Das+Seiende+und+das+Wesen/Kapitel+6>

(Atomizität). In manchen Fällen wird es sinnvoll sein, für bestimmte Attribute einen sogenannten *Nullwert* zuzulassen, der dann als Attributwert verwendet wird, falls der konkrete Wert noch nicht bekannt ist bzw. nicht eingetragen wird. Somit wird erkennbar, dass für diese Eigenschaft keine Angabe existiert.

Name der Referenztabelle:
Bauzustand
Definition:
Zulässige Werte für den Zustand von Bauwerken.
Attribute:
Wert {Aufzählung: in Betrieb außer Betrieb, stillgelegt erhalten verfallen, zerstört}

Abbildung 53: Beispiel für die Definition einer Referenztabelle.

Neben dem Nullwert können im Rahmen der konzeptuellen Modellierung noch Standardwerte vorgegeben werden. Sie sind als Anhaltspunkt für die Implementierung gedacht, um später die Erfassung der Attributwerte für den Sachbearbeiter zu erleichtern. Beim Festlegen der Fachattribute sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Aussagen über Objekteigenschaften lassen sich aus der Präzisierung (Kap. 6.5.1) gewinnen.
- Jedes Attribut einer Objektklasse hat direkten und fachlich sinnvollen Bezug zum Thema dieser Objektklasse.
- In den meisten Fällen ist es vorteilhaft, das Ergebnis einer zu berechnenden Größe nicht als Attribut zu speichern. Abgeleitete oder berechnete Attribute (Länge, Fläche) werden also vermieden.
- Es kann leicht geschehen, dass wichtige Informationen aus der Ist-Erhebung nicht in diesen Entwurfsschritt mit übernommen werden. Der Attributumfang ist deshalb auf Vollständigkeit hin zu überprüfen. Dies kann anhand vorliegender Sammlungen an Formularen, Ergebnisberichten und Auswertungen geschehen. Es wird verifiziert, ob alle Informationen in den Objektdefinitionen enthalten sind bzw. aus ihnen abgeleitet werden können.

*Nicht alle Objekte sind zur kartographischen Erfassung und Darstellung geeignet;
vielmehr kommen nur solche in Betracht,
die einen mehr oder weniger exakten Raumbezug aufweisen.
Nur für diese Objekte ist nämlich die Frage nach dem „Wo?“ sinnvoll
und durch die Darstellung lösbar.*
HAKE et al. (2001)

7.2.2.3 Geometrische Eigenschaften

Objekte mit Raumbezug verfügen als Erweiterung gegenüber Objektdefinitionen in herkömmlichen Informationssystemen über geometrische Eigenschaften, die die Lage und Ausdehnung des Objekts beschreiben. Diese Eigenschaftstypen werden wir im Detail in Kap. 7.3 behandeln.

7.2.2.4 Identität

Bestimmte Eigenschaften legen die Identität eines Objekts fest. Für eine eindeutige Identifizierung kann es ausreichen, nur für gewisse Attribute den jeweiligen Wert anzugeben. Diese Attribute heißen *Schlüsselattribute* und ihre Zusammenfassung ein *Schlüssel* für die betreffende Entität. Für diese Attribute darf kein Nullwert zugelassen werden.

Es ist dabei auch denkbar, dass sich für eine Klasse mehr als ein Schlüssel angeben lässt. Diese identifizierenden Schlüssel werden als *Schlüsselkandidaten* bezeichnet. In einem solchen Fall wird stets einer der Schlüsselkandidaten als *Primärschlüssel* (engl. *primary key*) ausgewählt und in die Beschreibung der Klasse aufgenommen. Von ihm wird Minimalität in dem Sinne verlangt, dass – vereinfacht gesprochen – möglichst wenige Attribute für ihn benötigt werden. Ein Primärschlüssel ist also stets eine minimale, identifizierende Attributkombination. Seine Vereinbarung gilt für alle Objekte (Instanzen) einer Objektklasse.

Ein Primärschlüssel innerhalb eines Netzinformationssystems kann die Nummer einer Station sein. Bei ALKIS stellt z. B. das Flurstückskennzeichen einen Identifikator dar, der, wie Abbildung 54 zeigt, aus einer Schlüsselkombination gebildet wird.

Da solche Kombinationen von Fachattributen, die einen Schlüssel bilden, oft sehr viele Attribute enthalten müssten, werden schlüsselbildende Attribute häufig zusätzlich zu den aus fachlicher Sicht notwendigen Attributen festgelegt. Der künstlich geschaffene Schlüssel ist kürzer und somit leichter zu handhaben.

Anschaulich wird dies am Beispiel einer natürlichen Person. Diese ist im Allgemeinen durch ihren Namen, Vornamen, Geburtsdatum und Geburtsort gekennzeichnet. Ein weiteres identifizierendes Kennzeichen ist aber auch die Nummer des Personalausweises. Für eine Datenbank wird man einen dieser Schlüsselkandidaten als Primärschlüssel festlegen.

Schlüsselteil	Anzahl Stellen
Land	2
Gemarkungsnummer	4
Flurnummer	3
Flurstücksnummer Zähler	5
Flurstücksnummer Nenner	4
Flurstücksfolge	2

Abbildung 54: Aufbau des Flurstückskennzeichens gemäß ALKIS-Objektartenkatalog Rheinland-Pfalz⁷².

Für künstliche Schlüssel ist zu fordern (ZEHNDER 1998):

- *Eindeutigkeit*: Jede Entität hat einen Schlüsselwert, der bei keiner weiteren Entität vorkommt. Der Schlüssel ist unveränderlich.
- *Laufende Zuteilbarkeit*: Eine neuauftretende Entität erhält ihren identifizierenden Schlüssel sofort.
- *Kürze/Schreibweise*: Ein identifizierender Schlüssel soll (relativ) kurz sein und leicht geschrieben werden können. Bei längeren Schlüsseln erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Eingabefehlern, und es besteht die Tendenz, auf die Eingabe des Schlüssels ganz zu verzichten.
- *Redundanzfreiheit*: Jeder Teil des Schlüssels ist für die eindeutige Identifikation eines Objekts notwendig.

Häufig besteht, wie in Abbildung 54 erkennbar, die Tendenz, Teile des Schlüssels für qualitative Aussagen verwenden zu wollen, statt dafür Fachattribute zu nutzen. Aus einem Schlüssel zur Identifizierung einer Leitung kann beispielsweise die Nennweite weggelassen werden, und die Leitung kann über die übrigen Bestandteile des Schlüssels dennoch identifiziert werden. Das Attribut „Nennweite“ wird als normales Attribut innerhalb der Datenbank weitergeführt und steht für Auswertungen zur Verfügung.

Künstliche Primärschlüssel sind ebenfalls im Zuge der Datenmodellierung festzulegen; in manchen Fällen werden sie auch direkt durch das IT-System vergeben, gepflegt und verwaltet (systemgenerierte Schlüssel). In diesem Fall ist dieser Schlüssel für den Anwender im Allgemeinen nicht interpretierbar. Er dient dem System dazu, über alle Objekte einen eindeutigen Schlüssel zur Kennzeichnung im System zu haben. Dieser Schlüssel wird für alle Objekte und Objektklassen ein einheitliches Format aufweisen, wie dies beispielsweise bei der Objektnummer der ALK der Fall ist.

⁷² http://www.lvermgeo.rlp.de/fileadmin/Medien_VermKV/medien_lvermgeo/aaa/ALKIS-OK_RP_2012_03.pdf

7.2 Der konzeptuelle Entwurf

Bei Systemen mit getrennter Haltung von Grafik- und Sachdaten muss die Verknüpfung zwischen beiden durch einen systemgenerierten Schlüssel geschehen, der für jeden Objekttyp auf der Grafikseite wie auf Seiten der alphanumerischen Sachdaten in gleicher Weise als eindeutiger Schlüssel geführt wird. Er dient dem schnellen Zugriff aus den Sachdatentabellen auf die zugehörige Grafik und umgekehrt.

Aus dem Wunsch nach Anschaulichkeit heraus wird häufig ein sprechender Schlüssel gewählt, oftmals mit der Folge, dass nach einiger Zeit die Unzulänglichkeit des gewählten Schlüsselaufbaus deutlich wird. Es ist darauf zu achten, dass ein sprechender Schlüssel den zuvor genannten Forderungen nicht widerspricht und auch für eine größere Anzahl von Objekten ausreicht.

Häufig wird noch der Begriff *Fremdschlüssel* (engl. *foreign key*) verwendet. Darunter ist ein Attribut zu verstehen, das in einer anderen Objektklasse als Schlüssel (zumeist Primärschlüssel) auftaucht.

7.2.2.5 Sichten

Vielfach werden identische Objekte der Realwelt von verschiedenen Mitarbeitern oder Abteilungen anders wahrgenommen, beispielsweise da andere Fachattribute für die Aufgabenerfüllung relevant sind. Diese unterschiedliche Sichtweise kann im konzeptuellen Modell durch die Definition von Sichten (*Views*) berücksichtigt werden, die jeweils nur eine Untermenge der Eigenschaften einer Objektklasse oder eine Kombination der Eigenschaften verschiedener Objektklassen beinhalten.

7.2.2.6 Beziehungen

Die Objekte der Realwelt stehen in vielfältigen Abhängigkeiten und Beziehungen untereinander. In der Ist-Untersuchung gefundene Beziehungen wurden im Rahmen der Präzisierung formuliert und dokumentiert. Nun werden ebenfalls sie ebenfalls im konzeptuellen Modell abgebildet.

Wie Abbildung 55 anhand einiger Beispiele zeigt, sind an einer Beziehung (*relationship, association*) Klassen mit ihren Objekten beteiligt. Eine Menge von Beziehungen kann ebenfalls als Klasse modelliert werden (*assoziative Klasse*) und auch eigene Eigenschaften besitzen, die erst durch das Herstellen der Beziehungen relevant werden (vgl. Attributdefinition in Abbildung 53). Wie Objektklassen werden sie ebenfalls durch Namen und Definition beschrieben.

Eine Beziehung kann auch zwischen mehr als zwei Objektklassen bestehen. Besteht eine Beziehung zwischen k Klassen ($k \geq 2$), so heißt die Beziehung k -stellig. Eine Objektklasse kann im Sinne einer Rekursion ebenfalls mit sich selbst in Beziehung stehen, ein Ansatz, der beispielsweise in der Sprache GML verwendet wird. Zwei- und dreistellige Beziehungen nennt man auch binär bzw. ternär.

Objektklasse 1	Beziehung	Objektklasse 2
Flurstück	besitzt	Exklave
Grenzpunkt	ist verbunden mit	Grenzpunkt
Leitung	besteht aus	Leitungsabschnitt
Leitungsabschnitt	versorgt	Hausanschluss
Leitungsabschnitt	ist beschädigt durch	Schaden
Straße	mit verlegter	Leitung

Abbildung 55: Beispiele der Beziehungen zwischen Objektklassen.

Die zeitinvarianten Aspekte einer Beziehung zwischen Objektklassen werden in formalisierter Weise festgehalten; dies kann beispielsweise in der in Abbildung 56 dargestellten Form erfolgen.

Beziehungsname:
Leitungsverbindung
Kardinalität:
1:1
Objektklassen:
Leitungsabschnitt, Leitungsabschnitt
Attribute:
Verbindungsart: {Aufzählung: geschraubt geschweißt ...}

Abbildung 56: Beispiel für die Definition einer Beziehung zwischen den Elementen einer Objektklasse.

7.2.2.7 Räumliche Beziehungen

Spezifisch für raumbezogene Informationssysteme sind räumliche Beziehungen zwischen Objekten, wie zum Beispiel:

- ist verbunden mit,
- liegt innerhalb von,
- ist Teil von,
- schneidet
- grenzt an.

Die Festlegung räumlicher Beziehungen, meist topologischer Art, ist insbesondere für die Formulierung funktionaler Abläufe und somit für die konkrete Anwendungsimplementierung relevant.

7.2 Der konzeptuelle Entwurf

Diese räumlichen aus Objektgeometrien oder, falls topologische Informationen geführt werden, aus diesen abgeleitet werden. Aufgrund beschränkter Präzision geometrisch-mathematischer Berechnungen und zur Performancesteigerung bei Analysen können diese Beziehungen auch explizit als Objekteigenschaften in der Datenhaltungskomponente verwaltet werden.

7.2.2.8 Komplexität einer Beziehung

Der Fall von zweistelligen Beziehungen ist in praktischen Anwendungen der häufigste Fall. Hier, aber auch in mehrstelligen Beziehungen, hat es sich eingebürgert, einer Beziehungsdeklaration eine Komplexität (Kardinalität) zuzuordnen. Diese stellt eine Angabe darüber dar, mit wie vielen Objekten der zweiten Klasse eine bestimmte Instanz der ersten Klasse in Beziehung stehen kann, darf oder sogar muss. Auf diese Information kann bei der logischen oder physischen Modellierung sowie bei der Implementierung zurückgegriffen werden, um Konsistenzregeln im Datenhaltungssystem oder in den GIS-Fachschalen abzubilden. Es treten folgende Formen auf:

- 1:1-Beziehung: Jedes Objekt der ersten Klasse steht mit (höchstens) einem Objekt der zweiten Klasse in Beziehung und umgekehrt.
- 1:m-Beziehung: Eine Instanz der ersten Objektklasse steht mit $m \geq 0$, d. h. keinem, einem oder mehreren Objekten der zweiten Klasse in Beziehung. Jedes Element aus der zweiten Klasse ist jedoch mit höchstens einem Objekt aus der ersten assoziiert.
- m:n-Beziehung: Bezuglich der Beziehung zwischen Objekten der jeweiligen Mengen bestehen keinerlei Restriktionen der oben beschriebenen Art.

1:1- oder 1:m-Beziehungen zwischen zwei Klassen sind auch geeignet, hierarchische Abhängigkeiten ausdrücken. Stehen zwei Klassen in einer 1:1-Beziehung, so sollte man sie, sofern fachlich sinnvoll, zu einer Klasse zusammenfassen und somit das Datenmodell vereinfachen.

7.2.2.9 „Is-a“-Beziehungen

Klassen können auch über eine Is-a-relationship in Beziehung stehen. Diese zweistellige Beziehung bringt zum Ausdruck, dass es sich bei der untergeordneten Klasse um eine Spezialisierung der anderen handelt. Die Aufteilung in zwei verschiedene Klassen ermöglicht es, spezifische Eigenschaften zu modellieren, die nicht unbedingt für jedes Element der ursprünglichen Klasse relevant sind. Die untergeordnete Klasse wird von der übergeordneten abgeleitet und erbt deren Eigenschaften.

Die „Is-a“-Beziehungen werden über Vererbung als Teil der Klassenmodellierung modelliert und nicht innerhalb der Beziehungsdefinitionen, wie es der Name erwarten ließe. Die Definition der Is-a-Beziehung kann auch als weiteres Attribut der Objektklasse angesehen werden.

Bei AFIS-ALKIS-ATKIS-Schema werden Sachattribute sowie geometrische und topologische Eigenschaften häufig durch Vererbung an Objektklassen weitergegeben.

7.2.2.10 Festlegung von Beziehungen

Bei der Bestimmung der Beziehungen sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Beziehungen lassen sich häufig aus Verben in der Ist-Untersuchung ableiten (vgl. Präzisierung, Kap. 6.5.1). Dazu gehören räumliche Beziehungen („liegt innerhalb“), gerichtete Vorgänge („fließt zu“) und besitzanzeigende Verben („besteht aus“).
- Aus Attributdaten ableitbare Beziehungen sind zu vermeiden („ist größer als“). Dies gilt ebenfalls für Beziehungen, die sich wiederum aus anderen Beziehungen ableiten lassen.
- Ternäre Beziehungen (zwischen drei Objektklassen) können darauf hinweisen, dass eine der beteiligten Objektklassen eigentlich eine Eigenschaft einer der beiden anderen Objektklassen darstellt. Höherstellige Beziehungen kommen in der Regel nicht vor.
- Auch hier gilt, dass das Ergebnis auf Vollständigkeit hin zu überprüfen ist.

7.2.3 Form des konzeptuellen Schemas

Das konzeptuelle Modell soll geeignet sein, die Realwelt abzubilden. Dies bedeutet, dass die Notation für die Beschreibung der realen Welt angemessen sein soll. Andererseits sollte das konzeptuelle Schema aber auch dazu dienen, die Grundlage für die nachfolgenden Modelle (logisches Datenmodell und Implementierungsmodell) zu schaffen. Dies stellt an die Modellierung z.T. gegenläufige Ansprüche. Die Diskussion um die Entwurfsmethodik und die Form der Ergebnisdokumentation – des konzeptuellen Schemas – ist nicht abgeschlossen. So ist es nicht verwunderlich, dass in verschiedenen Projekten unterschiedliche Beschreibungsarten gewählt werden. Dazu werden nachfolgend das UML-Klassendiagramm und die XML-Schemadeklarationen vorgestellt.

Auch die Form des Objekt-Beziehungs-Diagramms (Entity-Relationship-Diagramm) – ein grafisches, sehr anschauliches Darstellungsmittel – wird noch in unterschiedlichen Formen verwendet. Generell können folgende Empfehlungen gegeben werden:

- Die Projektmitarbeiter sollen sich in der Form des konzeptuellen Schemas wiederfinden.
- Die Darstellung hat systematisch nach einheitlichen Regeln zu erfolgen.
- Die Schemaerstellung hat IT-unterstützt zu erfolgen, um maschinenlesbare Inhalte zu erhalten.

7.2.3.1 UML-basierte Modellierung

In der Auseinandersetzung mit Standards, beispielsweise des ISO TC/211, der ISO 19100-Reihe oder des Open Geospatial Consortiums, und in der Projektarbeit ist es unumgänglich, Diagramme der Unified Modeling Language (UML, SEIDL et al. 2011) zu verstehen, zu beurteilen oder selbst zu erstellen. Ihre Anwendung wird ebenfalls in der ISO-Spezifikation 19103 Conceptual Schema Language festgelegt.

Kern ist in einem UML-Klassendiagramm die Darstellung einzelner Klassen, die als Rechteck visualisiert werden, das in bis zu drei Fächern unterteilt ist (Abbildung 57). Im oberen Bereich steht der Klassenname und evtl. ein zugehöriger Prototypname. Im mittleren Bereich werden die Eigenschaften der Klasse aufgeführt. Sie können durch die Angabe eines Datentyps näher definiert sein. Im dritten, unteren Abschnitt können Methoden definiert werden – Aktionen, die mit Objekten dieser Klasse möglich sind.



Abbildung 57: UML-basierte Modellierung einer Klasse Leitungsabschnitt.

Klassen können in Beziehung stehen (Assoziation, durch eine Linienverbindung dargestellt, vgl. Abbildung 58). An den Linienenden können die Häufigkeit (Kardinalität) der in der Beziehung beteiligten Objekte spezifiziert werden (1: genau 1, 0..1: 0 oder 1, 0..*: 0 bis beliebig viele). Die Art der Beziehung kann durch einen Text erläutert werden, ebenso die Rolle der jeweils beteiligten Klassen in dieser Beziehung.

Bei Assoziationen wird zwischen *Aggregation* und *Komposition* unterschieden. Von Aggregation spricht man, wenn zwischen den Objekten der beteiligten Klassen eine „Ganzes-Teil-Hierarchie“ besteht (leere Raute). Bei der Komposition ist das Teil existenzabhängig vom Ganzen und wird durch eine gefüllte Raute repräsentiert.

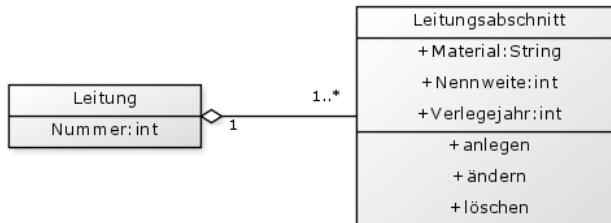


Abbildung 58: UML-Klassendiagramm mit zwei Klassen, die durch eine Assoziation verbunden sind. In diesem Fall besteht eine Leitung aus einem oder mehreren Leitungsabschnitten. Ein Leitungsabschnitt gehört genau zu einer Leitung.

Hilfreich ist das Konzept der *Vererbung*. Gemeinsame Eigenschaften und Methoden werden dabei in einer Oberklasse definiert. Diese stehen in den davon abgeleiteten Klassen ebenfalls zur Verfügung, ohne erneut definiert zu werden. Die Signatur ist ein Dreieck, das auf die Elternklasse zeigt. Diese Zusammenfassung kann in Form einer abstrakten Klasse geschehen, von der keine Objekte existieren können.

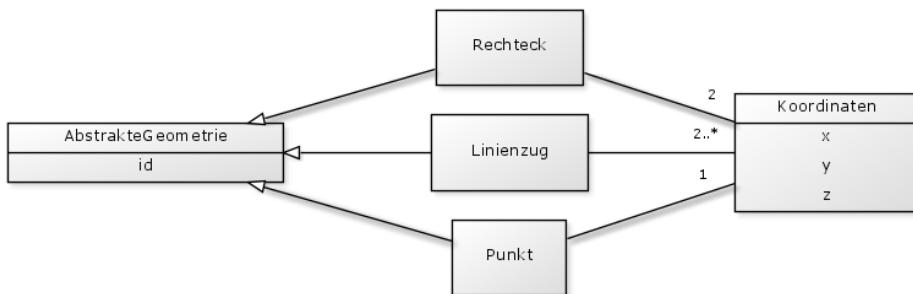


Abbildung 59: Vererbung (Erweiterung) in einem UML-Klassendiagramm.

Die abstrakte Klasse „*AbstrakteGeometrie*“ vererbt Abbildung 59 die Eigenschaft *id* an die Kindklassen „*Punkt*“, „*Linienzug*“ und „*Rechteck*“. Diese stehen wiederum mit der Klasse „*Koordinaten*“ in Beziehung, die die eigentlichen Koordinaten enthält. Ein Punktobjekt steht genau mit einem Objekt der Klasse „*Koordinaten*“ in Beziehung, während bei einem achsenparallelen Rechteckobjekt genau zwei, bei einem Linienzugobjekt mindestens zwei Koordinatenobjekte benötigt werden.

Zusätzlich können assoziative Klassen eingeführt werden, wenn Assoziationen selbst Attribute und/oder Verbindungen zu anderen Klassen besitzen.

Abstraktion, Vererbung und Beziehungen sind in Abbildung 60 in einem Klassendiagramm zusammengeführt, in dem die Klasse „*Leitungsabschnitt*“ als Linienzug modelliert wird. Die Klassen *Leitungsabschnitt* und „*Schieber*“ sind in Form einer Komposition miteinander verbunden.

7.2 Der konzeptuelle Entwurf

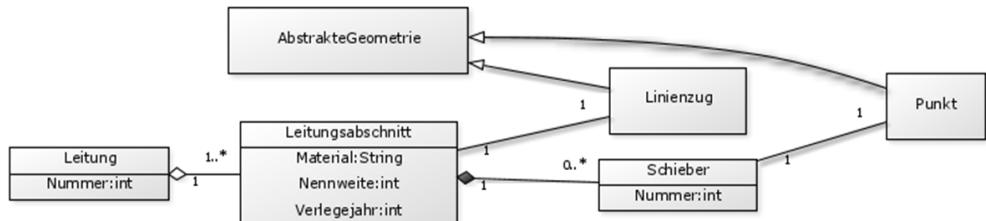


Abbildung 60: Modellierung von Fachattributen und geometrischen Eigenschaften.

7.2.3.2 Schemadefinition mit XML Schema

Bei XML (eXtensible Markup Language) handelt es sich um eine sogenannte Auszeichnungssprache (BRAY et al. 2006⁷³): Syntaktische Regeln werden verwendet, um Daten ihrer Bedeutung nach zu gliedern. Grundlegend bei XML ist das Element. Es besteht, wie Abbildung 61 zeigt, aus dem Start-Tag mit dem bedeutungsgebenden Elementnamen (hier: country), dem eigentlichen Elementinhalt und dem End-Tag, das aus dem Elementnamen mit vorangestelltem Schrägstrich gebildet wird. Ein Start-Tag kann Attribut-Werte-Paare erhalten, die durch ein Leerzeichen voneinander getrennt werden. Zwischen dem Attributnamen und dem zugehörigen Wert steht ein Gleichheitszeichen, und der Attributwert muss in einfachen oder doppelten Anführungszeichen stehen.

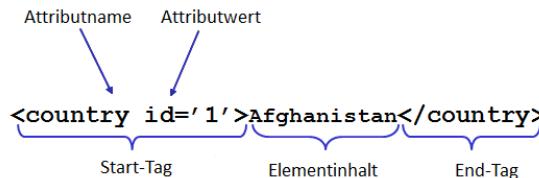


Abbildung 61: Ein XML-Element „country“.

Der Elementinhalt kann leer sein, wie in Abbildung 61 gezeigt Text oder weitere, möglicherweise geschachtelte XML-Elemente enthalten.

Wie Abbildung 62 zeigt, beginnt eine XML-Instanz (beispielsweise eine XML-Datei) in der Regel mit der XML-Deklaration, um u. a. XML-Version und Zeichencodierung festzulegen, und wird in der Regel eine Vielzahl hierarchisch strukturierter XML-Elemente umfassen, die korrekt geformt („wohlgeformt“, engl. well-formed) sein müssen. Es gibt immer ein oberstes Element, das alle anderen Elemente umfasst, das sogenannte *Wurzelement*. Elemente, die innerhalb eines Elementes notiert werden, sind *Kindelemente* ihres Elternelements

⁷³ Verweise auf deutsche Übersetzungen finden sich unter <http://www.w3.org/XML/Core/Translations>.

Wurzelement

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<geo:countryList
  xmlns:geo="http://www.gis-management.de/schemas/country"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation=
    "http://www.gis-management.de/schemas/country countryList.xsd" >
  <geo:country id="1">Afganistan</geo:country>
  <geo:country id="2">Albania</geo:country>
  <geo:country id="3">Algeria</geo:country>
  <!-- more countries -->
</geo:countryList>

```

XML-Deklaration

Namensraumdeklarationen

Kindelemente

Kommentar

Abbildung 62: Eine XML-Instanz mit Wurzelement, Namensraumdeklarationen und eingebetteten Kindelementen.

Besteht auch grundsätzlich die Freiheit, Elementnamen frei zu wählen, wird man sich doch in der Regel entsprechend des Einsatzzwecks bestimmte Namen (zugehörig zu einem Namensraum) und einen bestimmten hierarchischen Aufbau der Elemente in Form einer Grammatik festlegen. Neben der vor allem für HTML verwendeten Dokumenttypdeklaration (document type declaration, DTD) geschieht die Festlegung einer Grammatik häufig durch *XML-Schemadefinition* (XSD, <http://www.w3.org/XML/Schema>).

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:geo="http://www.gis-management.de/schemas/country"
  targetNamespace="http://www.gis-management.de/schemas/country">
  <xs:element name="countryList">
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="country" maxOccurs="unbounded">
          <xs:complexType>
            <xs:simpleContent>
              <xs:extension base="xs:string">
                <xs:attribute name="id" type="xs:integer">
                  </xs:attribute>
                </xs:extension>
              </xs:simpleContent>
            </xs:complexType>
          </xs:element>
        </xs:sequence>
      </xs:complexType>
    </xs:element>
  </xs:schema>

```

Abbildung 63: Beispiel für ein XML Schema. Definiert werden die Elemente `countrylist` und `country` für einen im Wurzelement spezifizierten Zielnamensraum. Das Element `country` enthält als Inhalt eine Zeichenfolge (string) und hat das Attribut `id` von Datentyp `integer`.

7.3 Geometrisch-grafische Eigenschaften

Abbildung 63 zeigt, wie dabei in der Sprache XML für einen gewünschten Namensraum (targetNamespace) Elemente mit ihren Attributen und Datentypen definiert werden.

XSD stellt eine außerordentliche Anzahl vordefinierter Datentypen zur Verfügung, die über Facetten eingeschränkt werden können. Über Vererbung und Ersetzungsgruppen lassen sich komplexe Datentypen definieren, wie dies beispielsweise bei Sprachen wie GML, CityGML (KOLBE & BACHARACH 2006, LÖWNER et al. 2012) oder der NAS (siehe Abschnitt 4.6.5) der Fall ist.

Moderne Entwicklungswerzeuge unterstützen die grafisch-interaktive Entwicklung von XML-Schemadeklarationen (Abbildung 64).



Abbildung 64: Die obige Schemadeklaration in grafischer Darstellung. Die Zusammenhänge werden leicht ersichtlich, Details für ein Element können bei Bedarf einfach „aufgeblättert“ werden.

*Wir wollen versuchen, die Natur
in einigen Punkten jenes unbestimmten Raumes,
wo sie bloß zwischen Erschaffen und Vernichten
schon seit Jahrtausenden schwebt, zu fassen und zu betrachten.*
GEORG FOSTER (1754 - 1794)⁷⁴

7.3 Geometrisch-grafische Eigenschaften

Die Festlegung der grafischen Darstellung hat in der Kartographie lange Tradition, beispielsweise durch die Herausgabe von Zeichenvorschriften (Signaturenkatalogen und Musterblättern)⁷⁵. Auch beim Einsatz digitaler Verfahren bleibt es unabdingbar, nachdem im ersten Schritt die Objektklassen, ihre Attribute und ihre Beziehungen zueinander festgelegt wurden, derartige Vorgaben für die Darstellung durch kartographische Darstellungen (Signaturen) zu treffen. Hierzu ist es nötig, Grundzüge der kartographischen Gestaltung zu kennen und zu berücksichtigen, beispielsweise in Bezug auf grafische Mindestgrößen, auf die Wirkung von Farben in ihrem Zusammenspiel, auf die Größe,

⁷⁴ <http://www.zeno.org/Literatur/M/Forster,+Georg/-Essays+und+Reden/Ein+Blick+in+das+Ganze+der+Natur>

⁷⁵ siehe beispielsweise Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), ALKIS-Signaturenkatalog NRW, (SK-NRW), Teil C I: Präsentation http://www.bezreg-koeln.nrw.de/extra/33alkis/dokumente/ALKIS_NRW-/Pflichtenheft/Anlage06/Liegenschaftskarten/Anlage6_Teil_CI_Praesentation_V3-1_ohne.pdf

Ausrichtung und grafische Gestaltung von Zeichen (HAKE et al. 2001, KRAAK et al. 2010). Ähnliches gilt für die Gestaltung des Kartenrahmens bei der Zeichnungsausgabe.

Scheut man den Aufwand, eigene Darstellungsregeln zu entwickeln, ist es möglich, vorhandene Zeichenvorschriften als verbindlich zu übernehmen. Bei manchen GIS-Fachschalen, z. B. im Bereich der Bauleitplanung, besteht sogar die Verpflichtung, eine vorgegebene Darstellung einzuhalten.⁷⁶

Werden fertige GIS-Anwendungen beschafft, gilt es, die dort implementierten Darstellungsweisen zu prüfen und, soweit nötig, den eigenen Erfordernissen anzupassen. Auch wenn Daten über Schnittstellen abgegeben oder übernommen werden sollen, kann unter Umständen die genaue Definition und Kenntnis der grafischen Gestaltung von Wichtigkeit sein.

Unterbleiben Festlegungen der geometrisch-grafischen Eigenschaften, können sehr willkürliche und uneinheitliche Darstellungen die Folge sein.

Ein wichtiger Aspekt der GI-Technologie ist die *Trennung des Objekts von seiner kartographischen Präsentation* am Bildschirm oder auf dem fertigen Plan.

Im Zusammenhang mit ATKIS spricht man häufig vom Digitalen Landschaftsmodell (DLM), das die Topographie beschreibt, und vom Digitalen Kartographischen Modell (DKM), auf dessen Grundlage die Präsentation der Daten erfolgt. Das DKM leitet topographische Karten verschiedener Maßstäbe aus dem Digitalen Landschaftsmodell ab, ist signaturenbasiert und maßstabsabhängig generalisiert. Die Signaturen des DKM werden vom ATKIS-Signaturenkatalog (ATKIS-SK, siehe <http://www.adv-online.de/>) festgelegt.

Wie erfolgt nun die Modellierung und Beschreibung grafischer Eigenschaften? Hilfreich ist es, sich an Beispielen zu orientieren, wie sie zuvor für die traditionelle Kartographie genannt wurden. Für digitale Systeme liegen für die großen Vorhaben der amtlichen Vermessungsverwaltung – ALKIS und ATKIS – als Orientierung geeignete Modellierungsdokumente vor. Die nachfolgende Beschreibung des Vorgehens orientiert sich am Signaturenkatalog für das DKM 25/1, der als Teil der ATKIS-Gesamtdokumentation (AdV 1989) erschienen ist.

7.3.1 Objekttyp und Geometrien

Wie in Kap. 2.2 beschrieben lassen sich Objekte auf wenige geometrische Grundstrukturen – Punkt, Linie, Fläche und Körper – zurückführen. Für die hier beschriebene grafische Modellierung erfolgt eine Beschränkung auf die Kartenobjekttypen Punkt, Linie, Fläche.

⁷⁶ siehe Anlage zur Planzeichenverordnung 1990 – PlanzV 90, vgl. <http://www.dr-frank-schroeter.de/planzv.htm#Anlage>

7.3 Geometrisch-grafische Eigenschaften

Jeder Objektklasse wird bei der Modellierung ihre Kartenobjektgeometrie sowie optional eine oder mehrere Darstellungsgeometrien zugeordnet.

Im ALKIS-Umfeld werden davon abweichende Begriffe – raumbezogene Elementarobjekt mit ihren semantischen und geometrischen Informationen sowie Präsentationsobjekte – verwendet (AdV 2009).

Die Kartenobjektgeometrie beschreibt die primäre geometrische Lage und Form eines Objekts und leitet sich direkt aus den Positionseigenschaften (Koordinaten) des Objekts ab. Die Darstellungsgeometrie setzt sich hingegen aus Signaturteilen – punktförmiger, linienförmiger, flächenförmiger und textueller Art – zusammen, die nicht unmittelbar aus der Lagegeometrie des Objekts ableitbar sind. Elemente der Darstellungsgeometrie besitzen oft ergänzende oder ausschmückende Funktion. Während der ATKIS-Signaturenkatalog die Darstellung von Schriftzusätzen und Eigennamen als besondere Signaturteile behandelt, werden diese hier als Möglichkeiten der Darstellungsgeometrie gesehen.

Bei Zuordnung nur einer Darstellungsgeometrie erfolgt die grafische Darstellung immer gleich. Es gibt jedoch auch viele Fälle, in denen sich die Grafik mit dem Maßstab oder in Abhängigkeit von einer gewünschten Abbildungsvorschrift ändern soll, wie dies beispielweise bei der Visualisierung eines Versorgungsnetzes im Bestands- und Übersichtsplan der Fall ist oder bei den verschiedenen kartographischen Präsentationen für digitale topographische Karten unterschiedlicher Maßstäbe.

In diesen Fällen kann eine mehrfache Zuordnung von Darstellungsgeometrien mit den nachfolgend noch beschriebenen Details erfolgen. Die verschiedenen Darstellungsarten können unter Berücksichtigung der Notwendigkeit von Generalisierung und Verdrängung festgelegt werden.

7.3.2 Kartenobjektgeometrie

Die Kartenobjektgeometrie definiert das einzelne Objekt hinsichtlich seiner Lage und Ausdehnung:

- Ein *punktförmiges Objekt* besteht aus einem einzelnen Punkt (*point*).
- Ein *linienhaftes Objekt* besteht aus einem oder aus mehreren Linienteilen, die untereinander oder durch Verbindungslinien verbunden sind. Linienteile wiederum können sich aus einem oder mehreren Elementen des Typs Linienzug, Kreisbogen und Splinebogen zusammensetzen.

Verbindungslinien dienen dazu, zugehörige Linienteile zu verbinden und brauchen nicht notwendigerweise eine Entsprechung in der Realität besitzen. Bei der Präsentation eines Objekts unterbleibt ihre Darstellung.

- Ein *flächenförmiges Objekt* kann aus einer oder mehreren nichtüberlappenden Einzelflächen bestehen, die jeweils durch einen Umring definiert und untereinander durch Verbindungslien verknüpft sind.

Ein Umring kann sich aus einem oder mehreren Elementen des Typs Linienzug, Kreisbogen und Splinebogen zusammensetzen. Anfang und Ende fallen zusammen, Enklaven sind möglich.

Für flächenförmige Objekte gilt, dass sie für bestimmte Maßstabsbereiche oder Darstellungsformen durch eine punktförmige oder auch linienförmige Darstellungsgeometrie ersetzt werden können. Die Präsentation der Kartenobjektgeometrie unterbleibt in diesem Fall.



Signaturenkatalog Stadtgrundkarte			Stand: 14.12.2012		
Objektklasse			See		
Kartenobjekttyp			F		
Signaturteile	Objekt-type	Bezeichnung	Muster-blatt Nr.	Priorität	Sichtbarkeit
Kartenobjekt-geometrie	Fläche	Flächenrand Flächenfüllung	2071	7	< 1:10000
Darstellungs-geometrie	Attribut-text	Name	2071	9	< 1:1000

Musterblatt Nr. 2071							
	<table border="1"> <tr> <td>Flächenrand</td><td>Farbe: 0,0,0 Breite: 0,25 mm</td></tr> <tr> <td>Flächenfüllung</td><td>Farbe: 0,124,195 Vollfüllung</td></tr> <tr> <td>Attribut-text</td><td>Attribut: Eigename Farbe: 0,0,0 Höhe: 2,5 mm Ausrichtung: horizontal Schrift: Helvetica</td></tr> </table>	Flächenrand	Farbe: 0,0,0 Breite: 0,25 mm	Flächenfüllung	Farbe: 0,124,195 Vollfüllung	Attribut-text	Attribut: Eigename Farbe: 0,0,0 Höhe: 2,5 mm Ausrichtung: horizontal Schrift: Helvetica
Flächenrand	Farbe: 0,0,0 Breite: 0,25 mm						
Flächenfüllung	Farbe: 0,124,195 Vollfüllung						
Attribut-text	Attribut: Eigename Farbe: 0,0,0 Höhe: 2,5 mm Ausrichtung: horizontal Schrift: Helvetica						

Abbildung 65: Beispiel für die Modellierung geometrisch-grafischer Eigenschaften.

7.3.3 Darstellungsgeometrie

In Abhängigkeit des Typs, der durch eine Objektklasse repräsentiert wird (punktförmig, linienförmig oder flächenförmig) und unter Beachtung fachlicher Anforderungen ergeben sich typische Kombinationen hinsichtlich der Signaturteile und Darstellungsprimitiven:

- *Punktförmige Objekte*: Als Signaturteile finden sich in der Regel Symbole, Texte, Attributtexte (siehe Seite 168) und Vorgaben zur Überdeckung.

7.3 Geometrisch-grafische Eigenschaften

- *Linienförmige Objekte*: Ein linienförmiges Objekt kann eine große Vielfalt von Signaturteilen besitzen. Die Darstellung kann sich durch die Art der Liniengestaltung oder durch ergänzende Informationen in Form von Texten, Attributtexten und Symbolen unterscheiden. Hat eine Linie eine räumliche Ausdehnung in der Breite, so ist die Gestaltung entsprechend festzulegen. Ein Linienteil kann verschieden ausgestaltet sein, als „normale“ Linie (Volllinie), als Linie, die sich aus einzelnen Symbolen zusammensetzt (Symbollinie) oder als Linie mit linienbegleitender Schraffur.
- *Flächenförmige Objekte*: Die Ausgestaltung kann sich auf die Flächenfüllungen, auf die Art der Umringgestaltung oder auf ergänzende Information in Form von Texten, Attributtexten und Symbolen beziehen. Die Fläche kann mit Vollfarbe gefüllt, schraffiert oder mit Symbolen gefüllt sein.

Der Umring (Flächenrand) kann verschieden ausgestaltet sein, als „normale“ Linie (Volllinie), als Linie, die sich aus einzelnen Symbolen zusammensetzt (Symbollinie) oder als Linie mit einer linienbegleitenden Schraffur. In anderen Fällen wird seine Darstellung unterbleiben.

Die Angabe einer Farbe kann über einen Farbnamen und/oder die Euro-Skala-Farbanteilen (ISO-Skala cyan, magenta, yellow, black, vgl. DIN ISO 2846-1) erfolgen.

7.3.4 Darstellungsprimitive

Als Darstellungsprimitive sollen einzelne Signaturteile mit ihren spezifischen Möglichkeiten und Eigenschaften verstanden werden. Zusätzlich zu Lage- und Darstellungsparametern können weitere Angaben spezifiziert werden:

- *Darstellungsriorität*: Die Darstellungsriorität gibt an, in welcher Reihenfolge Objekte mit gegenseitiger räumlicher Überlagerung bei der grafischen Präsentation als obenliegend (dominant) anzusehen sind und demzufolge Signaturteile geringerer Priorität überdecken.

Die Priorität kann für jedes Signaturteil durch eine Ziffer beschrieben werden. Der Wert 60 kann die höchste Priorität mit Verdeckung darunterliegender Signaturteile mit geringerer Priorität entsprechen⁷⁷.

Neben der klassenbezogenen Prioritätsvergabe ist es möglich, im Zuge der Modellierung auch allgemeine Vorgaben zu formulieren, beispielsweise dass Texte immer eine hohe Priorität besitzen sollen und gegenüber anderen Signaturteilen freizustellen sind.

⁷⁷ Vgl. Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok) sowie ATKIS-Signaturenkatalog 1:25 000, Teil 8.2.2.5: Darstellungsrioritäten, Version 6.0.1, Stand: 15.05.2012 (<http://www.adv-online.de/>)

- **Sichtbarkeit:** Es wird definiert, in welchen Maßstabsbereichen oder bei welchen Ausgabeformen die Darstellungsprimitive sichtbar ist.
- **Symbol:** Ein Symbol ist durch seine Gestalt, seine Farbe, einen Drehwinkel und einen Bezugspunkt für die Drehung, horizontale Ausrichtung (linksbündig, rechtsbündig, zentriert), vertikale Ausrichtung (auf Standlinie, unter Standlinie, auf Standlinie zentriert) und Symbolgröße in seinen Eigenschaften festgelegt.
- **Text:** Neben den Platzierungsangaben sind Schriftart, Größe, Farbe, Neigung, Seitenverhältnis, Effekt und Textinhalt festzulegen (Abbildung 67). Bei der Platzierung lassen sich zwei Fälle – punktförmig und linienförmig platzierte Texte – unterscheiden:
 - Bei punktförmig platzierten Texten ist die Lage des Textes durch einen Punkt definiert. Der Text wird dort in Abhängigkeit von den Angaben für die horizontale und vertikale Ausrichtung und unter einem bestimmten Drehwinkel platziert.
 - Bei linienförmig platzierten Texten wird der Text längs einer durch zwei oder mehrere Punkte definierten Linie ausgegeben. Dabei bezeichnet der erste Punkt den Anfangspunkt. Der letzte Punkt soll genähert dem Endpunkt des Textes entsprechen und legt die abschließende Standlinie für die Zeichen fest. Die Definition umfasst auch Vorgaben für die vertikale Ausrichtung. In manchen Systemen ist auch eine Platzierung längs eines gekrümmten Linienverlaufs möglich.
- **Attributtext:** Im Gegensatz zu der Darstellungsprimitiven Text wird beim Attributtext die Präsentation aus dem Attributwert gebildet. Das Attribut kann beispielsweise ein Datum, einen Text oder eine Zahl enthalten und wird entsprechend den getroffenen Vorgaben visualisiert. Die Ausgestaltungsmöglichkeiten entsprechen denen des Textes.
- **Volllinie:** Als Volllinie wird eine Linie bezeichnet, der eine bestimmte Farbe, Linienart (durchgezogen, gestrichelt, ...) und Linienbreite zugeordnet ist.
- **Vollfüllung:** Eine Fläche mit der Flächenausgestaltung Vollfüllung wird als einheitlich gefüllte Fläche ausgegeben. Die Farbe wird beispielsweise durch die Angabe von Rot-, Grün- und Blauanteilen spezifiziert.

7.3 Geometrisch-grafische Eigenschaften

Kraftwerk	Signaturnummer: 21000
Bild:	
Darstellungsriorität:	52
Bezugspunkt:	0 0
Flächenposition:	Arc -135 -135; -135 135; 135 135; 135 -135; style arc
Flächenfarbe:	Schwarz – 0 – 0 – 0 – 100
Reihenfolge der Zeichnung:	1
Symbol_Fläche Bild:	
Flächenposition:	Arc -120 -120; -120 120; 120 120; 120 -120; style arc
Flächenfarbe:	Weiß – 0 – 0 – 0 – 0
Reihenfolge der Zeichnung:	2
Symbol_Fläche Bild:	
Linienfarbe:	Schwarz – 0 – 0 – 0 – 100
Strichstärke:	20
Linienabschluss:	Rund
Linienscheitel:	Spitz
Linienposition:	5 103; -28 14; 31 33; -8 -57
Reihenfolge der Zeichnung:	3
Symbol_Linie Bild:	
Flächenposition:	Polygon -41 -18; 39 -54; -30 -107
Flächenfarbe:	Schwarz – 0 – 0 – 0 – 100
Reihenfolge der Zeichnung:	4
Symbol_Fläche Bild:	

Abbildung 66: Beispiel für Signaturdefinition Kraftwerk⁷⁸. Linienabschluss: Form der Linie an den Endpunkten (abgeschnitten, abgerundet, mit Pfeilspitze), Strichstärke: Einheit 1/100 mm, Linienscheitel: Form der Linie an Scheitelpunkten (spitz, abgerundet), Einheit des Koordinatensystems: 1/100 mm.

⁷⁸ © AdV 2013, ATKIS-Signaturen-Katalog, <http://www.adv-online.de/>

Namen von Stadtgemeinden Einwohnerzahl < 5 000	Signaturnummer: 80400
Bild:	
WULFEN	
Darstellungsriorität:	60
Schriftart:	Univers schmal
Schriftstil:	Halbfett
Schriftgrad:	13,4 pt
Schriftfarbe:	Schwarz – 0 – 0 – 0 – 100
Effekt:	Großbuchstaben

Abbildung 67: Beispiel für Signaturdefinition Namen von Stadtgemeinden, Einwohnerzahl < 5000⁷⁹

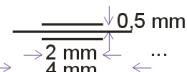
Objektklasse Schieber		
Eigenschaft	Symbol	Attributtext
graphische Darstellung		S1347 Helvetica
Position	Mitte / Mitte	rechts, Abstand 3,5 mm
Ausrichtung	senkrecht zur Leitung	senkrecht zur Leitung
Farbe	blau	blau
Freistellung	ja	ja
Sichtbarkeit	in allen Maßstäben	bis 1:2500

Abbildung 68: Beispiel für die Festlegung grafischer Eigenschaften einzelner Darstellungselemente eines Wasserschiebers.

- **Symbollinie:** Eine Symbollinie ist eine Linie, die durch wiederholtes Zeichnen eines Symbols oder einer Symbolkombination entlang einer (fiktiven) Linie entsteht. Zu spezifizieren sind Farbe, Symbol, Symboldrehung, Abstand, horizontale und vertikale Ausrichtung, Symbolgröße.

⁷⁹ © AdV 2013, ATKIS-Signaturen-Katalog, <http://www.adv-online.de/>, Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), Kapitel 8, ATKIS-Katalogwerke, Abschnitt 8.2.2, ATKIS-Signaturenkatalog 1:25000, Teil 8.2.2.3: Signaturen, Version 6.0.1, Stand: 15.05.2012 (<http://www.adv-online.de/>)

7.4 Funktionen und Verhalten

- **Symbolfüllung:** Eine Fläche mit Flächenausgestaltung Symbolfüllung wird mit Symbolen gefüllt. Komplexe, flächenfüllende Signaturen werden aus mehreren Angaben für die Symbolfüllung zusammengesetzt. Über eine Verteilungsart wird spezifiziert, ob die Symbole in einem regelmäßigen Raster oder zufällig verteilt platziert werden sollen. Die Symbolplatzierung erfolgt unter Freihaltung eines definierten Rands längs des Umrings. Weiterhin sind Farbe, Symbolnummer, Symboldrehung, Abstände und Symbolgröße zu spezifizieren.
- **Schraffurlinie:** Eine Schraffurlinie besteht aus einem schraffierten Band längs eines Umrings oder eines Linienteils.
- **Flächenschraffur:** Für eine Flächenschraffur sind Farbe, Schraffurabstand, Linienart, Linienbreite und Schraffurwinkel festzulegen.

Die genannten Darstellungsprimitiven mit ihren differenzierten Möglichkeiten der Gestaltung sind nicht in allen GI-Systemen in gleicher Form gegeben; so gibt es Systeme, die keine Freistellung unterstützen, andere kennen keine Symbolfüllung oder linienförmig plazierte Texte. Anforderungen bezüglich der grafischen Präsentation sind zu sammeln, zu bewerten und in Pflichtenheft und Systemtest mit einzubeziehen.

7.3.5 Ergebnisdokumentation

Das Ergebnis der grafischen Modellierung erfolgt wegen der Fülle zu spezifizierender Angaben in Form von zwei Dokumenten. Der Signaturenkatalog enthält in tabellarischer Form, ergänzt um grafische Darstellungen, Angaben zur Objektklasse, zu Objekttyp, Kartenobjekt- und Darstellungsgeometrie. In Anlehnung an den ATKIS-Signaturenkatalog zeigen dazu Abbildung 65 und Abbildung 67 Beispiele. Ein Beispiel aus dem Bereich der Leitungsdocumentation findet sich in Abbildung 68.

7.4 Funktionen und Verhalten

Der Aufbau des Funktionsmodells – die Dokumentation geforderter funktionaler Abläufe – erfolgt in zwei Schritten im Sinne einer Abbildung von Arbeitsschritten (Workflow-Orientierung). Im ersten erfolgt die konzeptuelle Modellierung durch Aufzählen der erforderlichen Funktionalitäten – und damit des Verhaltens der Objekte – aus Sicht des Anwenders. Die Beschreibung umfasst

1. die Bedingungen, die bei Beginn des Funktionsablaufs vorliegen müssen,
2. die Teilfunktionen mit den jeweils zu berücksichtigenden Randbedingungen, Wertebereichen und topologischen Abhängigkeiten,
3. die Bedingungen und Zustände, die am Ende des Funktionsablaufs gelten müssen.

Die Spezifikation der Funktionen und Abläufe kann auf unterschiedliche Weise erfolgen, beispielsweise mittels Beschreibung in natürlicher Sprache, Pseudocode, mathematischer

Gleichungen, durch Tabellen von Eingangs- und Ausgangswerten oder durch Nutzung entsprechender UML-Diagramme (siehe Beispiel in Abbildung 69).

Im zweiten Schritt, der logischen Modellierung, werden die konzeptuellen Beschreibungen in eine abstraktere Form überführt. Es werden die im Datenmodell festgelegten Objektklassen- und Attributnamen verwendet. Spezifiziert werden

- die Art der Auslösung des Funktionsablaufs (z. B. Auswahl eines Menüpunktes),
- die Belegung von Funktions-, Maus- und Lupentasten,
- die Größe des Fangbereichs,
- die zulässigen grafischen Primitiven („Flurstücksgrenzen sind als Geraden oder Kreisbögen zu erfassen“),
- die Visualisierung von erzeugten Hilfsobjekten und endgültigen Objekten,
- die Meldungen bei Fehlbedienung,
- die Kriterien für die Verträglichkeit von Objektklassen („Bei der Erfassung einer Flurstücksgrenze darf nur an weitere Flurstücksgrenzen oder Grenzpunkte angeschlossen werden“),
- die topologischen Konsistenzregeln („Ein Flurstück darf kein anderes überlappen“),
- die zu erfassenden oder aus anderen Objekten zu übernehmenden Attributwerte.

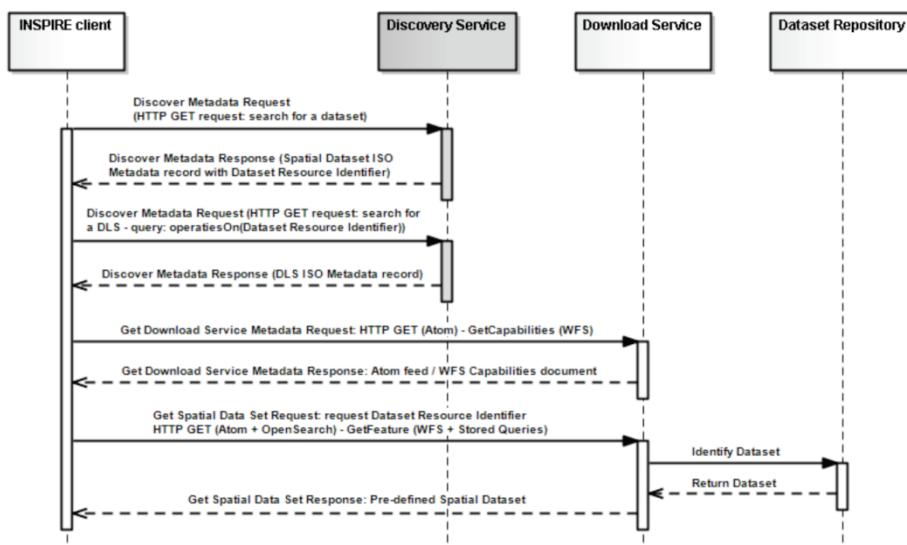


Abbildung 69: Beispiel eines UML-Sequenzdiagramms. Es zeigt den typischen Ablauf von Operationen bei der Nutzung eines Downloaddienstes durch einen INSPIRE-konformen Client (http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/Technical_Guidance_Download_Services_3.0.pdf)

Mindestens äußert sich [Achtsamkeit] in einem gewissen Heraustreten aus dem Erleben, einem parallelen Bewusstseinsstrom, der "meta" ist – also über oder neben dem Hauptstrom schwebt – und das Geschehen wahrnimmt, statt darin eingetaucht und verloren zu sein.
DANIEL GOLEMAN: *Emotionale Intelligenz* (1997)

7.5 Metamodellierung

Neben den Daten selbst wird in der Modellierungsphase festgelegt, welche beschreibende und quantitative Metadaten geführt werden sollen. Da durch sie die Daten in ihren Eigenschaften – Qualitäten – beschrieben werden, spricht man auch von einem Qualitätsmodell. Bei der Metainformation sind neben Informationen über Inhalt und Herkunft der Daten auch Aussagen zu

- Positionsgenauigkeit,
- Attributgenauigkeit (bzw. thematische Genauigkeit),
- Aktualität, Aktualisierungszyklus
- Konsistenz und
- Vollständigkeit

wesentlich. Vorgaben dazu sind in verschiedenen Standards enthalten (beispielsweise ISO 19115:2003 Geographic information – Metadata, ISO 19115 – 2: Geographic information - Metadata – Part 2: Extensions for imagery and gridded data, ISO 19139: Geographic information -- Metadata -- XML schema implementation).

Wesentlich ist die Norm ISO 19115. Sie enthält mehr als 400 Metadatenelemente, die als verpflichtend (mandatory), bedingt (conditional) oder wahlweise (optional) definiert sind.⁸⁰

Vorgaben dieser Normen werden im Qualitätsmodell der Fachgruppe Geodatenmarkt e. V. des Deutschen Dachverbandes für Geoinformation (DDGI) zusammengefasst, die als öffentlich verfügbare Spezifikation PAS 1071 des DIN (Deutsches Institut für Normung e. V.) unter dem Titel „Qualitätsmodell für die Beschreibung von Geodaten“ erhältlich ist. Das Dokument hat das Ziel, eine vereinfachte und einheitliche Beschreibung der Qualität von Geodatenprodukten zu bieten.⁸¹

⁸⁰ Die Komplexität des ISO-Modells wird am Beitrag von THAMM & SCHWARZBACH (2005) deutlich. Sie berichten von einer Datenbankimplementierung gemäß ISO 19115 mit ca. 250 Tabellen.

⁸¹ Beispiele zum DDGI-Qualitätsmodell finden sich für verschiedene Anwendungsgebiete unter http://www.ddgi.de/component/docman/cat_view/55-pas-1071/57-beispielsammlung.

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV) hat zusätzlich zu den in ISO 19115 festgelegten Metadatenelementen einige Erweiterungselemente festgelegt (AdV-Profil)⁸². Für die Schweiz steht mit dem Metadatenmodell GM03 (SN 612050) ein Profil der internationalen Metadatennorm ISO 19115 zur Verfügung.

Für Österreich beschreibt ON A 2270 laut MITTELBÖCK et al. (2011) „*jene Teilmenge an Metadatenelementen, die nach einer Bedarfserhebung und einem Abgleich mit den Anforderungen hervorgehend aus den INSPIRE Implementing Rules for Metadata und deren Technical Guidelines (Version Februar 2009) für die Dokumentation von Georessourcen im Rahmen der INSPIRE Direktive 2007 extrahiert wurden*“.

Zusätzlich zu den ISO-Normen werden über die INSPIRE-Richtlinie weitere Pflichtangaben für Metadatensätze definiert, die auf die genannten ISO-Normen abgebildet werden können.

Die Werte für die einzelnen Metainformationen werden in dieser Phase erst Schätzwerte sein oder Anforderungen an die Daten widerspiegeln. Konkrete Genauigkeitsaussagen werden eventuell erst im Laufe der Datenerfassung getroffen werden können. Nach Aufbau der Datenbasis stehen die Metadaten zur Verfügung, um den Anwendern einen gezielten Zugriff auf einzelne Datenarten zu ermöglichen (Metadatenkataloge und Katalogdienste, siehe NEBERT et al. 2007a). Im Zusammenhang mit sehr großen, vielfältig genutzten Datenbeständen wird auch von einem Datenwarenhaus (data warehouse) gesprochen.

Im Hinblick auf die Einrichtung und Laufendhaltung des GI-Systems ist zu berücksichtigen, dass die Metadaten zu aktualisieren sind, sobald die Struktur der Geodaten, die sie beschreiben, verändert wird. Weitere Hinweise liefert zum Beispiel die Koordinierungsstelle GDI-NI (2012).

Zusätzlich können als weitere Informationsebene Meta-Metadatenelemente eingeführt werden. Dabei handelt es sich um eine Gruppe von Metadatenelementen, mit denen Metadaten eines Datensatzes oder von Datensätzen beschrieben werden (wie Metadatensatzidentifikator, Metadatensprache, Metadatenzeichensatz, Hierarchieebene, Aktualität und zugrunde liegender Standard).

7.6 Unternehmensweite Datenmodellierung

Muss die Datenmodellierung eine bestehende Informationsumgebung berücksichtigen, ist ein Abstimmungs- und Konsolidierungsprozess für das neu entwickelte Modell und die bereits vorhandene Informationsstruktur durchzuführen.

⁸² Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), Metadatenkatalog, Version 6.0.1, Stand: 24.06.2009, <http://www.adv-online.de>

7.6 Unternehmensweite Datenmodellierung

Basierend auf den Vorstellungen redundanzfreier Speicherung wird hierbei häufig die Forderung erhoben, die Informationsverarbeitung auf der Grundlage eines unternehmensweit gültigen, konsistenten Datenmodells zu verwirklichen. Als Vorteile eines unternehmensweiten Datenmodells nennt BRENNER (1994:137):

- unternehmensweite Ordnung der Daten im Hinblick auf die verwendeten Schlüssel, Bezeichner und ihre Semantik, da diese einheitlich beschrieben werden,
- redundanzfreie Datenhaltung und somit ein höheres Maß an Datenkonsistenz,
- verringrigerter Aufwand in Einzelprojekten, da Daten und ihre Beschreibung mehrfach verwendet werden.

Unternehmensweite Datenmodelle können jedoch, wie die Praxis zeigt, häufig nicht direkt und in überschaubarer Zeit in Applikationen und Datenbanken umgesetzt werden:

- Die Datenmodelle werden sehr umfangreich und verlieren an Überschaubarkeit. Eine Anpassung an sich verändernde Bedingungen innerhalb der Organisation wird nur schwer möglich. Schon nach kurzer Zeit entsprechen sie nicht mehr der Realität.
- Die Modellierung wird so zeitaufwendig, dass Projekte nicht zum Abschluss kommen und abgebrochen werden.

Von der Fachabteilung eines Unternehmens wurde die Einführung eines GI-Systems durch einen fachlich orientierten, detaillierten Vorgehensvorschlag angeregt. Die Organisationsabteilung nahm daraufhin die Sache in die Hand. Spezielle Hardware wurde geleast und ein zusätzlicher Mitarbeiter für die Datenerfassung eingestellt. Man begann, das vorgelegte konzeptuelle Modell im Laufe von ein bis zwei Jahren mit der unternehmensweiten DV-Struktur abzustimmen. In der Zwischenzeit verließ der neue Mitarbeiter das Unternehmen und die geleasten Systeme wurden zurückgegeben. Die Fachabteilung beschaffte ein PC-basiertes CAD-System, mit dem die Hauptaufgaben abgedeckt werden konnten. Das unternehmensweite Modell ist noch nicht abgeschlossen.

Der Forderung nach Handhabbarkeit und Überschaubarkeit trägt das schweizerische Konzept der minimalen Geodatenmodelle (MGDM) Rechnung. Für sie wird durch das Koordinationsorgan für Geoinformation des Bundes (2012) das Ziel formuliert, „*Geodatenmodelle zu definieren, die sich [...] auf das inhaltlich Wesentliche und Notwendige beschränken*“.

Die Komplexität der Datenmodellierung in unterschiedlichen Fachbereichen erfordert häufig die Arbeit mit Projektuntergruppen. Neben dem Koordinationsaufwand besteht ein weiteres Problem darin, die Ergebnisse aufgrund der unterschiedlichen Terminologie zu einem einheitlichen Modell zusammenzufassen.

Aus den genannten Punkten folgt, wie bereits in Kap. 5.5.4 auf Seite 107 dargelegt, dass im Rahmen des Projekts eine sehr genaue Abgrenzung der einzubeziehenden Bereiche (Integrationsbereiche) vorgenommen werden muss. Als Teilansatz im Sinne einer

unternehmensweiten Datenmodellierung kann es sinnvoll sein, „Kern-Entitäten“ zu identifizieren, die von unterschiedlichen Systemen genutzt werden können.

7.7 Weiterführende Entwurfsschritte

7.7.1 Logischer Datenbankentwurf

Beim logischen Datenbankentwurf wird das konzeptuelle Schema auf das Datenmodell, das dem jeweiligen GI-System beziehungsweise dem Datenbankmanagementsystem (DBMS) zugrunde liegt, abgebildet. Der Entwurfsschritt ist also *systemabhängig*. Er wird im Allgemeinen durch den Systemlieferanten, durch ein Dienstleistungsunternehmen oder durch eigene Mitarbeiter nach dem Systementscheid ausgeführt.

Ist das Zielsystem ein relationales Datenbankmanagementsystem, erfolgt der logische Entwurf auf der Grundlage des relationalen Datenmodells. Dabei sind die Objekte und Beziehungen des konzeptuellen Modells auf die Relationen des relationalen Modells abzubilden (vgl. Abbildung 70). Es gelten folgende Transformationsregeln:

- Jede *Klasse* wird mit einem eindeutigen Primärschlüssel auf einer Relation abgebildet, wobei der Attributumfang identisch bleibt. Die Attributtypen sind auf die verfügbaren Datentypen des Datenhaltungssystems abzubilden.
- Eine *Beziehung* zwischen Klassen wird durch eine eigene Relation modelliert. Diese muss die Primärschlüssel aller beteiligten Relationen als Fremdschlüssel enthalten. Jede n:m-Beziehung muss als eigenständige Tabelle definiert werden. Jede 1:1, 1:n, n:1-Beziehung/Beziehungsmenge kann ohne eigenständige Tabelle durch die Tabellen der zugeordneten Objektklassen ausgedrückt werden.
- Wurde eine *assoziative Klasse* modelliert, sind ihre Eigenschaften zusätzlich zu berücksichtigen.
- Wurden „Is-a“-Beziehungen modelliert (*Vererbung*), sind diese mit den Möglichkeiten des Datenbankmanagementsystems umzusetzen.

Die Transformationen dieser Entwurfsphase sind nach einheitlichen Kriterien vorzunehmen, zu prüfen und zu dokumentieren.

7.7.2 Vom Klassendiagramm die Klassen in einer objektorientierte Programmiersprache ableiten

Für die Überführung von Klassen und ihren Beziehungen zueinander in eine Programmiersprache (z. B. im Zusammenhang mit der GIS-Anwendungsentwicklung) können Sie folgende Regeln anwenden:

7.7 Weiterführende Entwurfsschritte

- Jede Klasse wird als Klasse abgebildet.
- 1:n-Beziehungen sind durch entsprechende Datenstrukturen abzubilden (z. B. Containerklassen wie ArrayList).
- Jede n:m-Beziehung *muss* als eigenständige Klasse/Datenstruktur definiert werden. In diese Klasse gehen die Primärschlüssel der in der Beziehung beteiligten Tabellen ein.

```
CREATE TABLE "Leitung" (
    "Leitungsnummer" integer NOT NULL,
    CONSTRAINT "PK_Leitungsnummer"
    PRIMARY KEY ("Leitungsnummer" )
)

CREATE TABLE "Leitungsabschnitt" (
    "Leitungsnummer" integer NOT NULL,
    "Material" character varying(5),
    "Nennweite" smallint,
    "Verlegejahr" smallint,
    geometrie geography,
    CONSTRAINT "FK_Leitungsnummer"
        FOREIGN KEY ("Leitungsnummer")
        REFERENCES "Leitung" ("Leitungsnummer")
)
```

Tabelle „Leitung“ mit Festlegung des Primärschlüssels.

Tabelle „Leitungsabschnitt“ Über das Feld „Leitungsnummer“, das als Fremdschlüssel deklariert ist, wird die Beziehung zu „Leitung“ hergestellt.

Abbildung 70: Beispiel für ein einfaches Implementierungsschema. Die in der Datendefinitionssprache festgelegten Anweisungen können direkt zum Einrichten der Datenbank verwendet werden.

7.7.3 Implementierungsentwurf

Für performante Datenzugriffe wird das im vorausgegangenen Schritt erstellte logische Schema unter allgemeinen oder aus der Anforderungsanalyse resultierenden spezifischen Kriterien optimiert und auf das ausgewählte Datenhaltungssystem abgebildet. Spezifische Optimierungskriterien können sich z. B. daraus ableiten, dass bestimmte Anfragen und Auswertungen häufig wiederkehren werden und deshalb eine hohe Transaktionslast zu erwarten ist. In anderen Fällen sind Datenschutzaspekte zu berücksichtigen; diese können durch das Festlegen von Zugriffsrechten in den Entwurf Eingang finden.

Eine Maßnahme zur Unterstützung häufig genutzter Zugriffe kann das Festlegen von Indexattributen sein, die in den jeweiligen Relationenschemata entsprechend gekennzeichnet werden. In Abbildung 70 sind beispielhaft als Teil eines Implementierungsschemas Objektklassen für ein Kanalinformationssystem mit ihren Indizes definiert.

Zur Realisierung der im konzeptuellen Entwurf festgelegten Sichten werden, sofern ihnen keine Relationen direkt entsprechen, sondern sie sich aus Teilen einer oder mehrerer Relationen zusammensetzen, durch Views spezifiziert (View-Schemata).

Weitere Festlegungen können Indextypen, Füllfaktoren und Defragmentierungsparameter betreffen.

Die Gesamtheit der so definierten Schemata und die festgelegten Zugriffsrechte bilden das Datenbankschema und sind Grundlage für die Implementierung der Datenbank.

Auch hier gilt, dass der Entwurf nach einheitlichen, festgelegten und dokumentierten Kriterien vorzunehmen und anschließend zu prüfen ist.

7.7.4 Filterdefinitionen für Webservices

Neben der Nutzung einer Datendefinitionssprache können Sichten zusätzlich auch durch Filter spezifiziert werden. Dies geschieht z. B. auf der Grundlage des Filter Encoding Standards (VRETANOS 2010b, auch als ISO-Norm 19143 publiziert). Die Norm definiert eine Reihe von Prädikaten, um Objekte aus einem Datenbestand zu selektieren (logische Prädikate, Vergleichsprädikate, lagebezogene Prädikate, zeitbezogene Prädikate, siehe VRETANOS 2010b, S. 1), die zu komplexen Ausdrücken zusammengestellt werden können. Diese Abfragebedingungen korrespondieren zu SQL-Where-Klauseln. Die Abfrage in Abbildung 71 ließe sich beispielsweise in die SQL-Where-Klausel LkrSchl = '09184' umsetzen.

```
<fes:Filter xmlns:fes="http://www.opengis.net/fes/2.0">
<fes:PropertyIsEqualTo>
<!-- Amtlicher Schlüssel -->
<fes:ValueReference>LkrSchl</fes:ValueReference>
<!-- Landkreis München -->
<fes:Literal>09184</fes:Literal>
</fes:PropertyIsEqualTo>
</fes:Filter>
```

Abbildung 71: Selektionsbeispiel auf der Basis des Filter Encoding Standards.

Selektiert werden alle Objekte, bei denen das Attribut LkrSchl den Wert „09184“ besitzt (nach WEICHAND 2013).

7.7.5 Präsentationsmodellierung mittels Stilsprachen

Wie bereits in Abschnitt 7.3 ausgeführt erfolgt die Festlegung von Vorgaben für die Visualisierung der Geodaten unabhängig vom Sachdatenmodell. Für die formale, IT-gerechte Notation von Abbildungsregeln können die bereits auf Seite 71 genannten Stilsprachen genutzt werden, die vornehmlich XML-basiert sind:

- Das *Styled Layer Descriptor-Profile* (LUPP 2007) flankiert die Web Map Service-Spezifikation um die anwendergesteuerte Präsentation der Geodaten in einem WMS-Kartenbild.

7.7 Weiterführende Entwurfsschritte

- Der *Symbology Encoding Standard* (SES, siehe MÜLLER 2006) definiert eine XML-Sprache für Zeichenvorschriften für den Web Map Service, den Web Feature Service und den Web Coverage Server. Durch ein Regelwerk werden maßstabsabhängig kartographische Darstellungen (sogenannte Symbolizer) für Punkte, Linien, Flächen, Texte und Rasterdaten definiert (Abbildung 72).⁸³

```
<LineSymbolizer>
<Geometry>
<ogc:PropertyName>
    Centreline
</ogc:PropertyName>
</Geometry>
<Stroke>
<SvgParameter name="stroke">
    #0000ff
</SvgParameter>
<SvgParameter name="stroke-width">
    2
</SvgParameter>
</Stroke>
</LineSymbolizer>
```

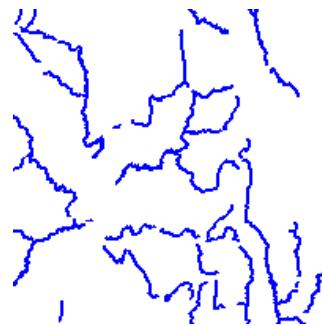


Abbildung 72: Durch einen LineSymbolizer wird die Darstellung durchgezogener Linien der Breite 2 und der Farbe #0000ff (blau⁸⁴) definiert.

⁸³ Manche Werkzeuge, wie beispielsweise der Renderer Mapnik (<http://mapnik.org/>), nutzen jedoch eine abgewandelte Sprachsyntax.

⁸⁴ Hier nur in grau dargestellt.

8 Kapitel: Fachliche Konzeptentwicklung

Die Konzeption des künftigen Zustands erfolgt in fachlicher und informationstechnischer Hinsicht. In diesem Kapitel werden wir schwerpunktmäßig fachliche Festlegungen betrachten. IT-Aspekte sind Gegenstand von Kapitel 9. Zu den fachlichen Festlegungen zählen die Definition der benötigten Informationsprodukte sowie die organisatorische Planung der technischen und fachlichen Zuständigkeit. Durch diese organisatorischen Regelungen ergeben sich Änderungen in der Organisationsstruktur, die von geänderten Stelleninhalten und Zuständigkeiten bis zu Neueinstellungen reichen können. Durch die Planung der Qualifizierungsmaßnahmen sind die Voraussetzungen für den effektiven künftigen GIS-Einsatz zu schaffen.

8.1 Informationsprodukte

Als Ergebnis der vorangegangenen Projektphasen werden innerhalb der tangierten Organisationseinheiten Informationsanforderungen deutlich, denen das System durch Bereitstellung verschiedener Informationsprodukte Rechnung tragen muss:

- *Neue Produkte:* Durch die GIS-Einführung werden auch neue Informationsprodukte geschaffen. In diese Kategorie fallen eine große Vielfalt an Auswerte- und Ausgabemöglichkeiten, Dienstleistungen und Informationen, die zeitgerecht bereitgestellt werden können, z. B. in Form von thematischen Kartierungen oder automatisierten Analysen.
- *Dienste:* Geodaten und darauf basierende Auswertungen werden als webbasierte Dienste angeboten.
- *Traditionelle Produkte:* Diese GIS-Produkte entsprechen in ihrer Erscheinung weitgehend bisherigen Informationsarten und werden diese ablösen.

Durch die Zusammenstellung und Beschreibung dieser Produkte wird die spätere Nutzenuntersuchung sowie die Ausschreibung vorbereitet. Nach Systemeinführung können den einzelnen Informationsprodukten im Zuge einer Kostenrechnung Ausgaben und Einnahmen zugeordnet werden. Die Beschreibung ist so zu halten, dass produktspezifische Eigenschaften, Einsatzmöglichkeiten und Zielsetzungen deutlich werden. Dies kann beispielsweise in tabellarischer Form geschehen, wie Abbildung 73 zeigt, wobei jedes Produkt durch eine Reihe von Angaben charakterisiert wird:

- *Bezeichnung:* Das Produkt wird durch eine identifizierende Bezeichnung benannt.
- *Maßstabsangabe:* Angegeben wird der üblicherweise verwendete Maßstab für die Kartenausgabe. Selbstverständlich sind aufgrund der digitalen Datenführung auch andere Maßstäbe möglich.

Lfd. Nr.: 1.2	Bestandsplan Stadtentwässerung	1:250 / 1:500
Kennzeichen:	beliebiger Maßstab, blattschnittfrei	
Ziel:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ aktueller, grafischer Nachweis, ▪ Auskunft für Ämter, Firmen, Bürger, ▪ wesentliches Hilfsmittel für Planung von Erschließungsmaßnahmen, ▪ wesentliches Hilfsmittel für Kanalbetrieb (Instandhaltung). 	
Gesetzliche Grundlage:	WHG §§ 1, 2, 18, ATV-Vorschriften (z. B. A145), DIN 2425 Teil 4, Arbeitshilfe Abwasser	
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schächte (Regelschächte und Sonderschächte) mit zugehörigen Fachdaten, ▪ Haltungen, Anschlusskanäle und Sonderbauwerke mit zugehörigen Fachdaten, ▪ Bemaßungen, ▪ Einzugsgebiete mit wesentlichen Kenndaten 	
Geführt durch:	Tiefbauamt	
Genutzt von:	Tiefbauamt, Liegenschaftsamt, Stadtplanungsamt, Wasserwerk, verschiedene Ausschüsse, EVU, extern.	
Datengrundlage:	Digitale Stadtgrundkarte	
Ersetzt Datensammlung:	Kanalkataster, Abwasserpläne	
GIS-Funktionen:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ konstruktive Erfassung, Fortführung, Ausgabe, ▪ Datenbereitstellung für Netzberechnung; Netzverfolgung, ▪ statistische Auswertungen, ▪ Kopplung mit hydraulischem Berechnungsprogramm. 	

Abbildung 73: Beschreibung des Informationsprodukts „Bestandsplan Stadtentwässerung“.

- **Kennzeichen:** Hierbei werden stichwortartig wesentliche Kennzeichen dieser digital geführten Datenart aufgeführt.
- **Ziel:** Genannt werden hierbei Aufgaben, die mit der Führung dieser Datenart unterstützt bzw. gelöst werden sollen.
- **Gesetzliche Grundlagen:** Genannt werden für Aufgabenerfüllung, Führung der Daten sowie grafische Gestaltung relevante Gesetze, Verordnungen und technische Regeln. Bei der Systemrealisierung sind die dort getroffenen Vorgaben (z. B. zu führende Fachdaten, Zeichenschlüssel) einzuhalten. Die Verweise auf gesetzliche Vorgaben unterstützen das Verständnis für die Bedeutung und den Nutzen dieses Produkts.
- **Inhalt:** Die im Informationsprodukt geführten Objektklassen werden näher bezeichnet. Diese sind Grundlage für ein späteres Systemfeindesign.
- **Beispiel:** Nach Möglichkeit wird zum besseren Verständnis ein Beispiel für die Datenart gegeben.

8.2 Zuständigkeiten

- *Geführt durch:* Angegeben wird die Stelle, die für die Führung der Daten zuständig sein wird.
- *Genutzt von:* Hier werden die Stellen eingetragen, für die sich bereits eine maßgebliche Nutzung dieser Datenart abzeichnet.
- *Datengrundlage:* Datengrundlage kann eine Hintergrundinformation wie die digitale Flurkarte oder eine andere Datenart sein (z. B. ein Bestandsplan als Grundlage für einen Übersichtsplan).
- *Ersetzt Datensammlung:* Hier werden – soweit vorhanden – der oder die bisher geführten Datenarten genannt, die durch die künftig geführte Datenart abgelöst werden.
- *GIS-Funktionen:* Benötigte Funktionen für die Führung und Auswertung dieser Datenart werden genannt. Sie sind Anhaltspunkt für die von der GIS-Anwendung zu leistende Funktionalität und sind bei der Erstellung des Pflichtenhefts zu berücksichtigen.

8.2 Zuständigkeiten

Im nächsten Schritt gilt es, Zuständigkeiten für die einzelnen Informationsprodukte festzulegen. Grundsätzliches Ziel ist es, dass die einzelnen Abteilungen entsprechend bisheriger organisatorischer Vorgaben für die Führung ihrer Daten verantwortlich sind und bleiben. Allerdings sind dabei mehrfach geführte Daten zusammenzufassen und in die Zuständigkeit *einer* Stelle zu übergeben. Dabei kann zwischen fachlicher Verantwortung und praktischem Vollzug der Datenführung unterschieden werden.

Kriterien für die Zuweisung der *Fachverantwortung* sind:

- Die zuständige Stelle ist verantwortlich für diesen Teil der im System abzubildenden Realwelt.
- Sie hat die festgelegte Verantwortlichkeit für die Erfassung und Führung der Daten.
- Sie hat als erste Kenntnis über Änderungen (d. h. darüber, ob eine Fortführung der Daten notwendig wird).
- Sie kennt die Aktualität der geführten Information, beispielsweise darüber, ob Baumaßnahmen aktuell durchgeführt wurden.
- Sie hat den größten operationellen Bedarf an diesen Daten.

Die fachliche Verantwortlichkeit betrifft folgende Bereiche:

- Prüfung der Daten auf Konsistenz, Vollständigkeit und Korrektheit,
- Festlegung von Datenschutzanforderungen bezüglich der Weitergabe der Daten,
- Dokumentation der vorgenommenen Arbeiten und des Projektstandes.
- Neben der Frage der fachlichen Verantwortlichkeit ist die Frage nach dem *praktischen Vollzug* der Datenführung zu klären. Es besteht für die Daten ja durchaus eine unterschiedliche Häufigkeit der Datennutzung und -fortführung. Aus wirtschaftlichen

und organisatorischen Erwägungen heraus kann es angezeigt sein, die Datenerfassung und -pflege mit niedriger Änderungshäufigkeit auf eine oder mehrere Stellen zu bündeln.

GIS-Produkt	Datenführung	Datennutzer	Form der Weitergabe	Umfang der Weitergabe
ALB	extern	ALB-Nutzer	Webbrowser, zugriffsgeschützt	Datenschutzaspekte
Digitale Stadtgrundkarte	Vermessungsamt	alle	Webbrowser (WMS), Papierpläne	vollständig
...				

Abbildung 74: Beispiel für Zuständigkeiten und Datennutzung verschiedener GIS-Produkte.

Diese Organisationseinheiten besitzen die fachliche Kompetenz, die Daten zu erheben und für die Fortführung zu sorgen und genießen das Vertrauen anderer Datennutzer im Hinblick auf die Datenerhebung und Fortführung. Durch sie kann die Datenerhebung wirtschaftlich durchgeführt werden:

- geringere Investitionskosten für Softwarelizenzen und Hardware,
- geringere Ausbildungskosten,
- höhere Auslastung und Wirtschaftlichkeit der Softwarelizenzen,
- bessere Nutzung der GIS-Kompetenz.

Als mögliche Nachteile sind zu nennen:

- zusätzlicher Personalbedarf für die ausführende Stelle,
- Ausbildungsbedarf für mehrere, möglicherweise sehr unterschiedliche Anwendungsbereiche,
- mögliche Identifikationsprobleme,
- Änderung der etablierten Aufbau- und Ablauforganisation,
- Abrechnungsmodalitäten zwischen den unterschiedlichen Abteilungen oder Unternehmen sind festzulegen.

Die Führung der Daten setzt also eine enge Zusammenarbeit mit der verantwortlichen Stelle voraus. Entsprechende Voraussetzungen für die Prüfung der Daten durch die verantwortliche Stelle sind zu schaffen.

Übernahme und Laufendhaltung geographischer Basisdaten wie der Automatisierten Liegenschaftskarte stellen eine wesentliche, bereichsübergreifende Aufgabe dar, die deshalb zentral wahrgenommen und ausgeführt wird. Diese Informationen müssen jedoch allen beteiligten Stellen zur Verfügung stehen.

8.3 Organisatorische Einbettung

Von besonderer Bedeutung für die zukünftige Systementwicklung ist es, die Verantwortlichkeit für das Gesamtsystem sinnvoll innerhalb des Unternehmens zu verankern. Hier sind verschiedene Möglichkeiten in Betracht zu ziehen (SOMERS 1994):

1. *Leitungsebene*: Die direkte Zuordnung einer Projektgruppe zur Unternehmensleitung sichert eine hohe Autorität bei Verhandlungen und Entscheidungen. Die Unterstützung der Entscheidungsträger für weitere Systementwicklungen wird durch den direkten Kontakt gefördert. Andererseits können sich jedoch die Anwender in ihren Bedürfnissen und Anliegen zu wenig repräsentiert fühlen.
2. *Dienstleistungsebene*: Die für Organisation und Informationstechnologie zuständige Abteilung übernimmt neben den bisherigen Aufgaben zusätzlich die Verantwortlichkeit für das GI-System. Die Betreuung wird durch ausgebildete Mitarbeiter durchgeführt, allerdings besteht die Gefahr der Entfremdung gegenüber den Bedürfnissen der Anwender.
3. *Operationelle Ebene*: Die Systembetreuung wird bei den Anwendern direkt angesiedelt, beispielsweise beim Vermessungsamt innerhalb einer Stadtverwaltung. Oftmals ist es der Ort, von dem aus die Systemeinführung initiiert wurde, sodass die Nähe zu den Anwendern erhalten bleibt. Nachteilig kann sich ein Mangel an Autorität bei umfangreichen Integrationsbereichen auswirken. Daneben besteht die Gefahr ungenügender Weiterfinanzierung.
4. *Outsourcing*: Das operationelle Betreiben der IT-Infrastruktur wird an ein Dienstleistungsunternehmen übertragen (Ingenieurbüros, öffentlichen Rechenzentren, IT-Dienstleistungsunternehmen). Solche Angebote nutzen häufig Cloud-Technologie und existieren für eine große Bandbreite von IT-Anwendungen. Für das eigene Unternehmen werden Kosteneinsparung in Bezug auf Fachpersonal und IT-Infrastruktur erwartet.

Das Hessische Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) nutzt beispielsweise virtualisierte Servern der Hessischen Zentrale für Datenverarbeitung (HZD).⁸⁵ Die niederländische Katasterverwaltung hat u. a. Datencenterdienste an einen Dienstleister vergeben.⁸⁶

Im Rahmen der Konzeptentwicklung sind also entsprechende Empfehlungen für die künftige Systemverantwortung festzulegen.

Laut OSTRAU et al. (2013) liegen bei Kommunen die Zuständigkeit und Verantwortung häufig in einer Kombination aus Dienstleistungs- und operationeller Ebene, nämlich in „technischen Organisationsbereichen wie z. B. IT, Vermessung, Kataster und Geoinformation, Umwelt oder Planung. Eigene Stabsstellen sind in der Regel nicht eingerichtet worden.“

⁸⁵ <http://gispoint.de/news-einzelansicht/969-kostensenkung-und-qualitaetssteigerung.html>

⁸⁶ <http://www.capgemini.com/news/capgemini-signs-an-extensive-infrastructure-outsourcing-agreement-with-kadaster>

8.4 Personalplanung

Aufgrund der organisatorischen Einbettung und unter Berücksichtigung des geplanten Vollzugs der Datenführung ist eine Personalplanung vorzunehmen, die den besonderen Gegebenheiten des Unternehmens und der Position und Bedeutung des GI-Systems innerhalb der Gesamtorganisation gerecht wird. Hierbei sind zwei Phasen zu unterscheiden:

1. *Systemeinführung und Datenersterfassung/-übernahme*: Die bei der Systemeinführung und insbesondere im Rahmen der Datenersterfassung anfallenden Arbeiten erfordern grundsätzlich zunächst einen höheren Arbeitseinsatz und somit auch einen *erhöhten Personaleinsatz*, der sich häufig durch organisatorische Maßnahmen und Technikeinsatz allein nicht abfangen lässt.

Wesentliche Ursachen liegen in der für einen gewissen Zeitraum unumgänglichen Doppelarbeit, beispielsweise durch konventionelle Bearbeitung existierender Planunterlagen, durch Parallelnutzung abzulösender Softwarelösungen oder von Projektierungsmaßnahmen bei gleichzeitigem Aufbau und beginnender Fortführung der digitalen Daten. Weiterer Aufwand ergibt sich unmittelbar durch die mit der Systemeinführung verbundenen Aufgaben.

Erst im Laufe der Zeit kann der Nutzen der GIS-Einführung zum Tragen kommen, sodass der Umfang der Arbeiten wieder abnehmen wird.

2. *Systemnutzung*: Hier ist es wichtig zu erkennen, dass Systemnutzer nicht unbedingt „GIS-Personal“ darstellen müssen. Bei komplexen Installationen mit großer Anzahl von GIS-Arbeitsstationen ist mit hohen Anforderungen an die System- und Anwenderbetreuung zu rechnen. In anderen Situationen wird das GI-System nach der Einführungsphase als gleichrangiges Werkzeug neben anderen am PC-Arbeitsplatz genutzt, sodass nur mit dem für Desktop-Applikationen üblichen Betreuungsaufwand zu rechnen ist und spezielle GIS-bezogene Personalstellen entfallen.

8.4.1 Tätigkeitsprofile

Im GIS-Bereich – insbesondere bei größeren Installationen – finden wir eine Reihe typischer Tätigkeitsprofile, die bestimmte Qualifikationen erfordern:

- *Mitarbeiter an den GIS-Arbeitsplätzen*: Es werden intensive fachliche Kenntnisse in der Führung der Geodaten vorausgesetzt. Erforderlich ist das sichere Beherrschung der Benutzeroberfläche. Dies setzt ein grundsätzliches Verständnis für die Anwendungssoftware voraus. Diese Kenntnisse werden bei entsprechender Eignung und Bereitschaft durch vorausgehende und begleitende Schulungsmaßnahmen des Systemanbieters oder durch interne Schulungen vermittelt.
- *Mitarbeiter für die fachliche Betreuung*: Über die genannten Anforderungen hinaus werden vertiefte Kenntnisse des Informationssystems benötigt. Die Mitarbeiter sollen in der Lage sein, anderen Anwendern Unterstützung zu geben. Kennzeichnend ist die fachliche Kompetenz: Die Mitarbeiter entscheiden z. B. über die Übernahme neu

8.4 Personalplanung

erfasster oder fortgeführter Datenbestände in den Bestand und benötigen die nötigen Zugriffsrechte. Ein entsprechendes Verantwortungsbewusstsein muss vorausgesetzt werden.

- *Mitarbeiter für das Projektmanagement:* Mitarbeiter mit den zuvor beschriebenen Qualifikationen können darüber hinaus zur weiteren Projektplanung und -steuerung nach der Systemeinführung eingesetzt werden, beispielsweise bei der Planung und Überwachung der Datenerfassungsarbeiten und bei der weiteren Systementwicklung. Voraussetzung ist die Fähigkeit zu systematischem Arbeiten bei Aufnahme und Analyse des Istzustandes sowie die Ableitung von Sollkonzepten für die Realisierung der unternehmensspezifischen Anwendungen. Dies setzt die Fähigkeit zur Abstraktion und Kenntnisse der Anwendungssoftware einschließlich der dort verfügbaren Datenmodelle und Verarbeitungsmöglichkeiten voraus.
- *Mitarbeiter für IT-Aufgaben:* Der Einsatz eines Mitarbeiters für spezifische Aufgaben der Informations- und Kommunikationstechnologie setzt ein grundsätzliches Verständnis für die Eigenschaften eines GIS voraus. Kenntnisse der GIS-Anwendungen, des Betriebssystems und des Datenbanksystems werden ebenfalls benötigt. Zu leisten sind Aufgaben wie Betriebssystemadministration, allgemeine Dienstleistungsaufgaben (Operating), Netzwerkbetreuung oder Datenbankverwaltung.

Diese Kenntnisse können bei entsprechender Eignung und Bereitschaft auch ohne allgemeine Informatik- oder IT-Ausbildung durch vorausgehende und begleitende Schulungsmaßnahmen des Systemanbieters vermittelt werden.

- *Mitarbeiter für Anwendungsentwicklung:* Die unternehmensinterne Anwendungsentwicklung setzt in der Softwareentwicklung erfahrene und in der systemspezifischen Anwendungsentwicklung geschulte Mitarbeiter voraus. Entwicklungsumgebung und -werkzeuge sind (auch wenn heutzutage in der Regel weitverbreitete Programmiersprachen zum Einsatz kommen) dem Themengebiet entsprechend komplex, sodass von einer Mindesteinarbeitungszeit von einem halben Jahr auszugehen ist. Da diese Fähigkeiten nicht ständig benötigt werden, ist es üblich, die Anwendungsentwicklung an externe Dienstleister zu vergeben.

8.4.2 Deckung des Personalbedarfs

Für die Besetzung der durch die Systemeinführung notwendig werdenden Stellen ist zunächst auf vorhandenes Personal zurückzugreifen, für das im nachfolgenden Teilschritt Schulungsmaßnahmen zu planen sind. Zur Deckung eines erhöhten Personalbedarfs bestehen die Möglichkeiten, den eigenen Personalstand zu erhöhen oder externe Mitarbeiter einzusetzen.

Liegt der Schwerpunkt auf dem (erhöhten) *Einsatz eigenen Personals*, ist auch für den Zeitraum der Systemnutzung die Auswahl des *Projektleiters für den Systembetrieb* („GIS-Manager“, „GIS-Koordinator“) von entscheidender Bedeutung. Er muss IT-Kenntnisse besitzen und über anwendungsspezifische Fachkenntnisse verfügen. Unabdingbar sind

Kreativität, Belastbarkeit und die Fähigkeit, Personal zu führen. Trotz vielen Forderungen nach deutschsprachiger Dokumentation und Benutzeroberfläche sind Englischkenntnisse zumeist unumgänglich. Er muss mit genügend Kompetenz ausgestattet sein, um organisatorische Maßnahmen durchsetzen zu können.

Bei der Auswahl der Mitarbeiter können folgende Gesichtspunkte von Bedeutung sein:

- logisches Denken, Funktionsverständnis,
- Aufgeschlossenheit gegenüber neuen Technologien,
- bisheriger Ausbildungs- und Erfahrungsstand,
- Altersstruktur in den Organisationseinheiten.

Zusätzliche Anforderungen ergeben sich an die körperliche Leistungsfähigkeit (insbesondere der Augen durch grundsätzliche Fehlbelastungen⁸⁷).

Im Hinblick auf den Einsatz von *Fremdpersonal* ergeben sich zwei Möglichkeiten: die Vergabe der Arbeiten außer Haus sowie der Einsatz von externen Mitarbeitern im Haus. Bei Vergabe außer Haus ist die Arbeitsbelastung durch Arbeitsvorbereitung, Ergebniskontrolle und -abnahme nicht zu unterschätzen. Beim Einsatz externer Kräfte im eigenen Unternehmen können Spannungen zwischen externem und eigenem Personal aufgrund unterschiedlicher Lohngruppen, Arbeitszeiten und Arbeitsweisen entstehen.

*Vor allem in komplexen Fachgebieten [...] helfen
Publikationen und Tagungen, die betreffende Fachinformationsgemeinschaft
umfassend einzubeziehen.
E-GEO.CH 2012, S. 16*

8.5 Schulungsplanung

Während laut TOMLINSON (2007, S. 169 f.) vor 1990 die Kompetenz und das Wissen der Mitarbeiter die Anforderungen der GIS-Technologie noch übertrafen, hat sich nach seiner Beobachtung aufgrund des rasanten technologischen Fortschritts seither eine große Wissenslücke entwickelt. Diesem Umstand ist durch eine umfassende und frühzeitige Schulungsplanung entsprechend Rechnung zu tragen.

8.5.1 Management

In den vorangegangenen Kapiteln wurde bereits die Wichtigkeit der Unterstützung durch Entscheidungsträger und Meinungsführer betont. Wie kann nun dort das notwendige Verständnis für die Bedeutung raumbezogener Information, für die damit verbundene Kosten-Nutzen-Relation und die spezifischen Eigenheiten der raumbezogenen

⁸⁷ <http://www.ergo-online.de/>

8.5 Schulungsplanung

Informationsverarbeitung geweckt werden? CUMMERWIE (1993) weist auf ein Maßnahmenbündel zur Unterstützung der Systemeinführung hin:

- Managementseminare für Verwaltungsleitung und leitende Mitarbeiter,
- Durchführung von Workshops zu raumbezogener Informationsverarbeitung,
- Bekanntgabe von Strategiepapieren für Verwaltung und Entscheidungsträger (z. B. Stadtrat),
- Präsentation von Pilotprojekten.

Die Schulungsmaßnahmen sind in den Projektplan aufzunehmen (Abbildung 75).

Bereich	IT-Erfahrung	Schulungsbedarf
Stadtverwaltung, Abt. 3.1, Stadtplanung	Allgemeine IT-Erfahrung (z. B. Office-Programme), CAD	GIS-Grundlagen Applikationsnutzung
Hauptamt	Allgemeine IT- und DBMS-Erfahrung	Systembetreuung, Datenbankadministration
...		

Abbildung 75: Beispiel für Schulungsplanung.

8.5.2 Mitarbeiter

Die Mitarbeiter im operationellen Bereich können die Verantwortung für einen erfolgreichen Einsatz des Systems nur wahrnehmen, wenn sie die erforderlichen Kenntnisse besitzen. Ihre Ausbildung kann in Projektform durchgeführt werden:

1. Untersuchung des IT- und GIS-Ausbildungsstands der betroffenen Mitarbeiter;
2. Ableitung des Schulungsbedarfs;
3. Bildung von Zielgruppen;
4. Planung der Schulungsmaßnahmen unter Berücksichtigung interner und externer Ausbildungsmöglichkeiten:
 - Zielgruppe,
 - Ausbildungsinhalte,
 - zu erreichende Ziele,
 - Form und Zeitpunkt der Durchführung;
5. Durchführung;
6. Kontrolle der zweckmäßigen Gestaltung von Schulungsinhalten über Evaluierungsbögen.

Die Schulung kann durch eigenes Personal, den Systemanbieter oder durch Dritte (Consultingfirmen, Ingenieurbüros) erfolgen, die über entsprechende Erfahrung mit dem künftigen System verfügen.

Die Mitarbeiterschulung erfolgt im Rahmen der GIS-Einführung zielgruppengerecht auf verschiedenen Ebenen (siehe Abbildung 75). Die verschiedenen Schulungen umfassen unter anderem:

- *GI-Grundlagen*: Kursinhalte sind wesentliche Grundlagen der GI-Technologie (Vektor- und Rasterdatenverarbeitung, Datenmodellierung, Verarbeitungs- und Analyseverfahren, Qualitätsmanagement). Die Mitarbeiter werden in die Lage gesetzt, Sollkonzepte für die GIS-Anwendungen ihrer Organisation zu formulieren. So können klare Vorgaben für eine außer Haus durchgeführte Entwicklung oder für die Inhouse-Realisierung gegeben werden.
- *Anwendungsnutzung*: Die Anwenderschulungen werden stellenbezogen auf die jeweiligen Aufgaben abgestimmt durchgeführt und dienen der Schulung des Endanwenders, d. h. der Mitarbeiter, die den praktischen, produktiven Vollzug an den GIS-Arbeitsplätzen wahrnehmen.
- *Anwendungsentwicklung und -betreuung*: Schulungen für Anwendungsentwicklung schaffen die Grundlage der Erstellung eigener GIS-Anwendungen oder die Modifikation von Anwendungen, die vom Systemanbieter geliefert werden. Nach den Schulungen ist hinreichend Einarbeitungszeit einzuplanen.
- *Systembetreuung*: Inhalte dieser Schulung sind Grundlagen des Betriebssystems, Überblick über Hard- und Software, Vernetzung usw.
- *Datenbankadministration*: Diese Schulung vermittelt neben Grundlagen wie Aufbau des Datenhaltungssystems, Datendefinitions- und -manipulationssprachen und Gestaltung von Auswertungen auch vertiefte Kenntnisse für die GIS-spezifische Datenbankbetreuung sowie Datenbankoptimierung.

8.6 Rückwirkungsuntersuchung

Im Zuge der Entwicklung des Sollkonzepts werden zumeist mehrere Lösungsalternativen entwickelt, die in Bezug auf ihre Auswirkungen zu untersuchen sind. Wesentliche Aufgabe der Rückwirkungsuntersuchungen ist es, die Einflüsse der Systemkonzeption auf den organisatorischen Aufbau des Unternehmens und auf die Arbeitsabläufe zu klären.

Die Untersuchung der Aufbauorganisation betrifft nicht nur die Struktur des Unternehmens – hier ergeben sich Änderungen durch die Neuzuordnung von Aufgabenbereichen und Schaffung neuer Stellen –, sondern auch sehr stark die Situation des einzelnen Mitarbeiters, dessen Tätigkeitsprofile sich ändern werden.

EASON (1988) schlägt vor, den Mitarbeiter in seiner Situation durch eine anonymisierte Befragung erst mal zu erfassen, um mitarbeitergerecht optimiert organisatorische Änderungen durchführen zu können. Die Mitarbeiter haben dabei die Möglichkeit, Grad und Art ihrer Betroffenheit anhand verschiedener Aspekte (Arbeitsablauf, Handlungsspielraum, Verantwortung, Arbeitszufriedenheit, ...) einzuschätzen.

8.7 Integration von Geobasisdaten

Die Änderung der Mitarbeitereinordnung hat selbst wieder Auswirkungen auf das Gesamtunternehmen. Die Stellenbeschreibungen sind anzupassen, sodass sich wiederum Auswirkungen auf die Personalkosten ergeben.

In diesem vernetzten Umfeld sind verschiedene Lösungen zu diskutieren und zu bewerten. Ein Aussonder nicht durchführbarer Lösungsansätze kann dabei aus personellen, technischen, organisatorischen und finanziellen Gründen notwendig werden. Verbleibende Lösungsansätze werden detailliert ausgearbeitet und dokumentiert. Eine Bewertung der Lösungsansätze kann in ähnlicher Weise, wie in Kap. 10 beschrieben, mittels einer Kosten-Nutzen-Untersuchung durchgeführt werden. Weitere Möglichkeiten sind die Nutzwert-Analyse oder die Nutzung situationsspezifisch entwickelter Kriterienkataloge. Ziel muss die Auswahl des günstigsten Lösungsweges sein.

Do not underestimate the need for reference data, and be realistic about the costs and delay of the different solutions, ranging from carrying the data conversion at one's cost to getting to agreements with the data producers.

J. R. DA COSTA (1995)

8.7 Integration von Geobasisdaten

8.7.1 Nutzung von Basisdaten

Die Basisdaten der Vermessungsverwaltungen – Liegenschaftskataster, Geotopographie, Landschafts- und Geländemodelle sowie Luftbildprodukte und Festpunktverzeichnisse – sind in vielen GI-Anwendungen der wesentliche Bezug zur Georeferenzierung einer Vielzahl von Fachdaten.

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) definiert Geobasisdaten (AdV-Plenumstagung vom 28. und 29. September 2005 in Magdeburg) als „*Daten des amtlichen Vermessungswesens, welche die Landschaft, die Liegenschaften und den einheitlichen geodätischen Raumbezug anwendungsneutral nachweisen und beschreiben. Sie sind Grundlage für Fachanwendungen mit Raumbezug.*“⁸⁸ Im Wesentlichen sind die die Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS), der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) und des Automatisierten Liegenschaftsbuchs (ALB) nun integriert im Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS[®]) geführt sowie des Amtlichen Festpunktinformationssystems (AFIS).

Für das schweizerische Steuerungsorgans e-geo.ch (E-GEO.CH 2012) sind Geobasisdaten „*Geodaten, die auf einem Recht setzenden Erlass des Bundes, eines Kantons oder einer*

⁸⁸ Zitiert nach http://www.schleswig-holstein.de/GDISH/DE/Komponenten/Geobasisdaten/geobasisdaten_node.html [2013-02-10]

Gemeinde beruhen: z. B. die Amtliche Vermessung, der Bauzonenplan oder das Hochmoor-Inventar.“ Eine Zusammenstellung der Geobasisdaten des Bundesrechts findet sich im Anhang der Verordnung über Geoinformation (GeoIV) vom 21. Mai 2008⁸⁹.

Für Österreich wird von den Ländern gemeinsam mit weiteren österreichischen Behörden sowie Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft eine kostenlose, frei verfügbare Internet-Grundkarte erarbeitet (<http://www.basemap.at/>). Über GEOLAND.AT, dem Geodatenportal der österreichischen Länder, wird bereits ein kostenloser und zentraler Zugang auf wichtige Geodatenbestände angeboten.

Es sind folgende Punkte zu untersuchen:

- Verfügbarkeit der Basisdaten,
- Kosten der Informationsbereitstellung,
- Möglichkeiten der Datennutzung, der Datenerstübernahme und der Übernahme von Fortführungsdaten,
- unterstützte Datenformate.

Die Datenverfügbarkeit und die Kosten der Datennutzung sind im Einzelfall noch als Projektrisiko einzustufen.

Für die Datennutzung bzw. -übernahme sind organisatorische Festlegungen zu treffen. Liegen Basisdaten nicht oder nicht vollständig vor, kann ein *Kooperationsvertrag* mit dem Datenlieferanten geschlossen werden. Eine Musterlizenzvereinbarung „Geobasis- und Geofachdaten“ liegt vor (AdV 2012).

8.7.2 Organisatorische Festlegungen

Organisatorisch sind verschiedene Möglichkeiten für Datenaustausch und Datennutzung möglich und für das eigene Unternehmen festzulegen (HARBECK et al. 1995):

- *Gemeinsames Datenhaltungssystem:* Die Mitbenutzung des Datenhaltungssystems bietet sich bei einer starken Ausrichtung auf Geobasisdaten als Datengrundlage an.
- *Aufbau und Aktualisierung von Sekundärdatenbeständen:* Das Konzept der Sekundärdatenbestände beruht auf der Trennung von Datenhaltungsteil und Verarbeitungsteil. Als Verarbeitungsteil können eigene Datenhaltungssysteme im Unternehmen fungieren, mit denen Kopien der Geobasisdaten gespeichert und aktuell gehalten werden. Als Datenaustauschformat muss eine objektorientierte Schnittstelle, wie die Normbasierte Austauschschnittstelle (NAS), genutzt werden, andernfalls wird ein flächenhafter Austausch mit den dabei auftretenden Unsicherheiten an den Gebietsrändern nötig.
- *Bedarfsorientierte Datenübernahme:* Der Anwender verzichtet auf eine dauernde Verfügbarkeit des gesamten Datenbestandes. Bei Bedarf (beispielsweise

⁸⁹ <http://www.admin.ch/ch/d/sr/5/510.620.de.pdf>

8.8 Stufenkonzept für das Ausrollen des Systems

projektbezogen) fordert er einen Auszug der Datenbank an. Dabei kommen insbesondere Webservices zur Datenbereitstellung zum Einsatz.

Geht es um den Austausch zwischen Versorgungsunternehmen, wird man sich auf wesentliche Informationen, wie z. B. die Lage der Leitungen, Armaturen und Bauwerke, beschränken.

8.7.3 Partnerschaftliche Kooperation

Der Abschluss von Kooperationsverträgen geschieht mit dem Ziel der beschleunigten Datenbereitstellung und der Kostenverteilung. WILMERSTADT (1989) nennt folgende Formen der Kooperation:

- *Kooperationsvertrag*: Gegenstand des Vertrags ist in der Regel die gemeinsame Nutzung oder Weiterentwicklung eines Systems, das zur Erfassung, Pflege und Auswertung bestimmter raumbezogener Daten eines festgelegten Gebiets genutzt wird. Im Rahmen der Leistungsbeschreibung ist festzulegen, welche Leistungen (Software, Personal, Ausbildung, Infrastruktur, ...) von den Vertragspartnern zu erbringen sind. Gegebenenfalls wird ein finanzieller Ausgleich vereinbart.
- *Nutzungsvertrag*: Durch den Nutzungsvertrag wird dem nutzenden Vertragspartner ein Zugriff auf die digitalen Datenbestände zugesichert. Umfang und Art des Nutzungsentgeltes (pauschal, mengenabhängig, ...) sowie technische Modalitäten sind festzulegen.

Für beide Vertragsarten gilt, dass Aspekte und Bestimmungen des Datenschutzes, der Datensicherheit und des Urheberrechts sowie rechtliche Rahmenbedingungen (wie das Gesetz über den Zugang zu digitalen Geodaten) zu berücksichtigen sind. Es sind sowohl Public-Public- als auch Public-Private-Partnerschaften möglich (BRÜGGMANN 2009).

8.8 Stufenkonzept für das Ausrollen des Systems

Für das Ausrollen (engl. *roll out*) der GIS-Arbeitsplätze kann ein Stufenkonzept vorgesehen werden. Für dieses Vorgehen können verschiedene Gründe vorliegen:

- *Datenverfügbarkeit*: In manchen Fällen ist noch von einer sukzessiven Bereitstellung und Übernahme der Geobasisdaten auszugehen, sodass die Erfassung darauf aufbauender Datenbestände, wie z. B. von Ver- und Entsorgungsnetzen, stufenweise und mit einem gewissen zeitlichen Nachlauf erfolgen kann.
- *Wirtschaftliche Gründe*: Es wird eine Kostenverteilung über mehrere Jahre angestrebt.
- *Organisatorische Gründe*: Die Einführung verschiedener Verfahrenslösungen in einzelnen Abteilungen erfolgt in Stufen, um das Maß gleichzeitig ablaufender, organisatorischer Änderungsprozesse zu beschränken.

- *Strategische Gründe:* Begonnen wird mit einer ersten, nutzenversprechenden Applikation (Pilotanwendung). Dazu werden die Anwendungen nach HUXHOLD & LEVINSOHN (1995) anhand verschiedener Kriterien bewertet (vgl. Abbildung 76):
 - Voraussetzung für weitere Anwendungsgebiete (GIS-Produkte bzw. Applikationen),
 - Datenverfügbarkeit,
 - Unterstützung wesentlicher Erfolgsfaktoren des Unternehmens,
 - erwarteter Nutzen bzw. Return on Investment,
 - Aufwand,
 - technische Risiken.

Anwendungs- bereich	Basis weiterer Informations- produkte	Datenver- fügbarkeit	Unter- stützung Erfolgs- faktoren	erwarteter Nutzen	Aufwand	techn. Risiko
ALK	ja	ja	ja	hoch	gering	nein
Stadtübersichts- karte					gering	nein
Straßenkataster	Erfassung	gering	ja	hoch	hoch	
Abwasserkataster	nein	ja	nein	mittel	mittel	nein
Bauleitplanung	ja	ja	ja			mittel

Abbildung 76: Anwendung von Kriterien für die Priorisierung von GIS-Applikationen.

Mit der Realisierung, Einführung und Nutzung der Pilotanwendung werden Erfahrungen gewonnen, die in weiteren Stufen genutzt werden können. In einem Stufenkonzept werden die Stufen in ihrer zeitlichen Abfolge und hinsichtlich ihrer informations-technischen und organisatorischen Inhalte beschrieben (Abbildung 77).

8.9 Überleitungsplanung

Während des Zeitraums der Datenersterfassung und -übernahme muss von der bisherigen Form der Datenpflege und -nutzung auf die künftige Führung und Nutzung der Daten übergeleitet werden. Dieser Prozess bringt eine höhere Arbeitsbelastung mit sich und stellt Anforderungen an die organisatorischen Abläufe.

Im Rahmen der Überleitungsplanung geschieht die Festlegung von Vorgehensweise und Abläufen:

1. Schätzung der Dauer der Übergangszeit,
2. eventuelle gebietsmäßige Priorisierung,

8.10 Fachliche IT-Anforderungen

3. Planung der Fortführungsabläufe während dieses Zeitraums,
4. Planung der Informationsbereitstellung,
5. Zuordnung von Mitarbeitern zur bisherigen und künftigen Datenpflege.

Es muss immer bekannt sein, für welche Gebiete welche Daten Gültigkeit besitzen – und wo diese zu finden sind!

Stufe	Jahr	Tätigkeit	Installation von
I	x	Übernahme ALK, ALB Aufbereitung Stadtgrundkarte Schaffung digitales Rasterarchives auf Basis bereits gescannter Pläne Vollständige Erfassung Wärme Vollständige Übernahme und Nacherfassung Abwasser Beginn Erfassung Wasser, Gas, Strom	2 Arbeitsplätze Abt. Dokumentation 1 Arbeitsplatz Stadtplanung Plotter Rathaus, Stadtwerke DB-Server Rathaus, Stadtwerke Schaffung LAN-Infrastruktur LAN-LAN-Kopplung Kopplung mit kaufm. DV Inst. Intranet-Mapping-Server
II	x+1	Aktualisierung ALK, ALB Sukzessiver Ersatz gescannter Pläne durch erfasste Leitungen (Sparten Wasser, Gas, Strom)	1 Arbeitsplatz Stadtplanung Weitere Bereitstellung von Auskunftssystemen
III	x+2	Aktualisierung ALK, ALB Sukzessiver Ersatz gescannter Pläne durch erfasste Leitungen/Kabel Restarbeiten, Datenpflege	

Abbildung 77: Beispiel für Projektstufenplan (x = Jahr der Systemeinführung).

Sofern ein System mit hybriden Eigenschaften zur Verfügung steht, kann die Übergangszeit für grafische Informationen dadurch reduziert werden, dass die analogen Pläne gescannt und in ein digitales Rasterdatenarchiv überführt werden. Änderungen werden vektorbasiert durchgeführt; vektoriell erfolgt auch sukzessive der Aufbau der Datenbank, idealerweise durch Datenübernahme oder Digitalisierung am Bildschirm (Kap. 13.2.4, Seite 285). Gescannte Daten und vektorielle Information können gemeinsam ausgegeben oder an Auskunftsarbeitsplätzen digital bereitgestellt werden.

8.10 Fachliche IT-Anforderungen

Aus primär fachlicher Sicht ergeben sich Anforderungen, die im nachfolgenden Schritt, der Planung der informationstechnischen Infrastruktur, zu berücksichtigen sind:

- *Erfüllung der funktionalen Anforderungen:* Die Informationsinfrastruktur muss die Führung der Informationsprodukte ermöglichen. Führende Stellen benötigen

(zumindest) eine entsprechende Softwarelizenz, die verantwortlichen Stellen sollten zumindest über eine Auskunftsmöglichkeit für Grafik und Sachdaten verfügen.

- *Ausgabe:* Peripheriegeräte müssen die Zeichnungsausgabe sowie von alphanumerischen Auswerteergebnissen mit dem Ziel der schnellen Verfügbarkeit am Arbeitsplatz des Anwenders ermöglichen.
- *Leistungsfähigkeit:* Anforderungen an die DV-Ressourcen ergeben sich aus spezifischen Anforderungen der raumbezogenen Informationstechnologie:
 - hohe Anforderungen an die Rechnerleistung,
 - hohe Datenmengen,
 - Entstehung und Nutzung der Daten an unterschiedlichen Stellen,
 - hohe zeitliche Verfügbarkeit.

Auf sehr gute Antwortzeiten ist insbesondere dort Wert zu legen, wo Informationen im direkten Kontakt mit dem Bürger bzw. Kunden benötigt werden.

- *Nutzungsfreundlichkeit:* Aus dem gewohnten Arbeitsumfeld heraus gilt es, optimale, nutzungsfreundliche und transparente Zugriffsmöglichkeiten auf die verschiedenen DV-Ressourcen (Daten, Geräte) zu schaffen. Bildschirmgröße und -auflösung müssen ergonomischen Anforderungen genügen. Bei Bedarf sind Zwei-Bildschirm-Lösungen zu fordern.
- *Verteilung:* Aus den zu erwartenden Informationsströmen und Informationsanforderungen lassen sich Schwerpunkte der fachlichen Zusammenarbeit ableiten. Aufgrund der geographischen Lage der beteiligten Stellen kann sich jedoch auch eine etwas andere Struktur ergeben, z. T. mit Einzellokationen, die die fachliche, organisatorische und rechtliche Eigenständigkeit einzelner Organisationseinheiten widerspiegelt. Diesen Verteilungsmustern muss die künftige, strukturierte Kommunikationsinfrastruktur entsprechen.

9 Kapitel: Informationstechnische Konzeptentwicklung

Im informationstechnischen Konzept greifen wir die fachlichen Anforderungen auf, um sie mit den Möglichkeiten der Informationstechnologie umzusetzen. Die GIS-Arbeitsplätze werden hinsichtlich ihrer Art, ihres Standorts sowie ihrer Hardware- und Softwarekomponenten beschrieben.

Für die benötigten GIS-Applikationen ist die Entscheidung zwischen einer Eigenentwicklung und der Übernahme fertiger Lösungen zu treffen.

Neben der grundsätzlichen Konzeption der Kommunikationsstruktur gilt es auch, Fragen der Systemschnittstellen, Sicherheit und Datensicherung zu bedenken.

9.1 Grundlagen und Systemkomponenten

Das informationstechnische Konzept muss die fachlichen Anforderungen aufgreifen und sie mit den Möglichkeiten der aktuellen Informationstechnologie umsetzen. Dabei sind die vorhandene IT- und Kommunikationsinfrastruktur, der derzeitige und künftige Personaleinsatz für Datenerfassung, -pflege und -auswertung, die örtlichen Gegebenheiten sowie strategische Ziele der weiteren informationstechnischen Entwicklung des Unternehmens zu berücksichtigen (KELLER 2012).

Als Grundlage für einen IT-technischen Lösungsvorschlag werden nachfolgend Möglichkeiten des Client-Server-Konzepts vorgestellt. Diese Prinzipien sind auf die konkrete Situation anzuwenden, um eine zunächst herstellerneutrale Konzeption der Systemkonfiguration vorzunehmen.

9.1.1 Standards

Standardisierung erhöht Flexibilität, Funktionalität und Produktivität eines Informationssystems. Standards ermöglichen die Kommunikation zwischen verschiedenen Informationssystemen, die Verknüpfung von Softwarekomponenten, die Abfrage von Datenbanken, den Austausch von Geodaten und weiterer Sachinformation sowie Kompatibilität bis hin auf Hardwareebene. Bei der Systemkonzeption und der Forderung nach Einhaltung von Standards sind deshalb immer auch folgende Fragen zu bedenken:

- Sind Ziele der Informationsverarbeitung für das Unternehmen definiert? Mit welchen Standards sind diese Ziele verknüpft?
- Welche Erfolgsfaktoren der Organisation unterstützt ein Standard?

- Welches Standardisierungsgremium prägt den Standard?
- Verschiedentlich wird in Angeboten mit der Unterstützung von Standards – beispielsweise aus anderen EU-Ländern! – geworben, die gar nicht relevant sind. Wie ist der Gültigkeitsbereich eines Standards?
- Mit welchen Kosten und mit welchem Nutzen ist ein Standard verbunden?

9.1.2 Nutzung vorhandener Komponenten

In Bezug auf die Nutzung vorhandener Hardware sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Nutzung vorhandener Rechner für Datenhaltungsdienste kann in Einzelfällen möglich sein. Der Einsatz als GIS-Datenbankserver stellt in manchen Systemarchitekturen sehr hohe Leistungsanforderungen an den Rechner. Um befriedigende Antwortzeiten bei den bereits laufenden DV-Verfahren zu sichern, ist der Einsatz eines dedizierten Server-Rechners zu empfehlen.
- Bereichsrechner, die für bestimmte Aufgaben (z. B. kaufmännische Datenverarbeitung) vorgesehen sind, sollten ihrer Bestimmung entsprechend genutzt werden. Eine Kopplung zum GI-System kann jedoch erfolgen.
- Als Web-GIS-Server sollte ein dedizierter Server eingeplant werden.
- Der Rollout für GIS-Arbeitsplätze kann auf vorhandenen Rechnern – entsprechende Leistungsfähigkeit vorausgesetzt – erfolgen. Durch Virtualisierung der GIS-Lösung kann bei steigenden Leistungsanforderungen das System skaliert werden.

There are a handful of [...] terms and configuration strategies – there is no simple recipe for getting it right.
ESRI (2013)⁹⁰

9.1.3 GIS-Arbeitsstationen

Die informationstechnische Infrastruktur wird sich aus verschiedenen Komponenten zusammensetzen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um den Datenbankserver, grafisch-interaktive Arbeitsplätze, die primär der Datenerfassung und -pflege dienen, stationäre und mobile Auskunftsarbeitsplätze sowie Ausgabegeräte.

Für die verschiedenen Typen ergeben sich spezifische Anforderungen hinsichtlich der Software- und Hardwarekomponenten sowie der Umgebungsbedingungen, wie sie in den nachfolgenden Abschnitten zusammengefasst sind. Marktverfügbare Systemlösungen stellen jedoch zum Teil sehr unterschiedliche Anforderungen an die Hardware. Genaue Spezifikationen auf der Grundlage der Mengengerüste und Nutzerangaben sind deshalb Sache des Anbieters und können nur unzureichend durch die Projektmitarbeiter erbracht werden.

⁹⁰ http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Server_Software_Performance

9.1.3.1 Datenbankserver

Der Datenbankserver übernimmt Dienste der zentralen Verwaltung, Bereitstellung und Auswertung von Daten. Gegebenenfalls stellt er Informationen für die Präsentation im Intranet/Internet bereit. Bei kleineren GIS-Installationen und begrenzten finanziellen Ressourcen sollte man nicht scheuen, den Datenbankserver gleichzeitig als grafisch-interaktiven Arbeitsplatz zu nutzen.

Durch ein angeschlossenes Bandlaufwerk (Streamer) kann zentral die Datensicherung der Gesamtinstallation durchgeführt werden (siehe Abschnitt 9.4). Ebenso muss es möglich sein, auf anderen Systemen erstellte Datenträger zu lesen. Zunehmend gewinnen auch Netzwerk- und Online-Datensicherungen in der Cloud an Bedeutung.

Für einen zentralen Datenbankserver ergeben sich spezifische Raumforderungen:

- ausreichender Feuerschutz,
- Schutz gegen unberechtigten Zugang,
- ausreichende, eventuell unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV),
- ausreichende Grundfläche und Klimatisierung,
- geeignete Lage zu vorhandener Vernetzungsinfrastruktur,
- evtl. „doppelter Boden“ für die nötige Verkabelung.

9.1.3.2 Grafisch-interaktiver Arbeitsplatz

An einem grafisch-interaktiven Arbeitsplatz (GIAP) werden Geodaten erfasst, verändert und ausgegeben. Für diese Arbeitsplätze gilt, dass neben eigenständig arbeitenden Systemen auch Systeme angeboten werden, die die GIS-Nutzung mittels Virtualisierung über einen leistungsfähigen zentralen Rechner ermöglichen, der die entsprechend hohen Systemressourcen bereitstellt. Generell sollte – sofern dies wirtschaftlich vertretbar ist – bei ganztägiger Nutzung aus Gründen der Verfügbarkeit und Lastverteilung eigenständigen Arbeitsplatzrechnern der Vorzug gegeben werden.

Für den Einsatz einer Virtualisierung sprechen Kosten- und Administrationsgründe. Vorteile für die Vorgangsbearbeitung ergeben sich aus der Verfügbarkeit von Büro- und GI-Anwendungen an einem Arbeitsplatz.

Für Räume mit grafisch-interaktiven Arbeitsplätzen ergeben sich folgende Raum-anforderungen:

- Kabelleisten mit mehreren Netzanschlussmöglichkeiten,
- ausreichende Stellfläche (evtl. für Digitalisierte) und Ablageflächen für Pläne und Handskizzen,
- blendfreie Beleuchtung,

- ausreichende Belüftung bzw. Klimatisierung.

Im Rahmen der Systemkonzeption kann es hilfreich sein, verschiedene Arten von Arbeitsplätzen zu beschreiben, die sich hinsichtlich ihrer Software- und Hardwareanforderungen unterscheiden:

- *Konstruktionsarbeitsplatz (K-GIAP):* Die Datenerfassung erfolgt mittels Konstruktionsverfahren, die eine hohe Effizienz aufweisen sollten. Grafische Informationen werden erfasst, verändert und ausgegeben. Ein Digitalisiertisch wird nicht benötigt.
- *Digitalisierarbeitsplatz (D-GIAP):* Falls nicht mittels Digitalisierung am Bildschirm gearbeitet wird, steht hier zusätzlich ein großformatiger Digitalisiertisch (Digitizer) zur Verfügung.
- *Planungsarbeitsplatz (P-GIAP):* Mittels entsprechender Funktionen werden für Planungszwecke (Projektierungen) Geodaten erfasst, verändert und ausgegeben. Insbesondere werden auch noch beschreibende Fachdaten erfasst, die als Grundlage für eine Ausschreibung oder Vergabe dienen können. Er benötigt – je nach Aufgabenstellung – zusätzliche Funktionalität, wie die Unterstützung von Planungsvarianten.
- *Entwicklungsarbeitsplatz:* Ein solcher Arbeitsplatz wird für Entwicklungsaufgaben innerhalb des Unternehmens benötigt. Kennzeichnend ist die Verfügbarkeit der notwendigen Entwicklungslizenzen für Datenhaltungs- und GI-System. Für kurze Turn-around-Zeiten bei Entwicklung und Test sollte der Prozessor entsprechend leistungsfähig sein.

*Ich gehe langfristig von etwa 500 Nutzern
mit etwa 60.000 Zugriffen/Jahr aus. ...
Allein im Stadtmessungsamt wird an zunächst 40 PC
die Visualisierung genutzt werden.
W. BAUER (1997, S. 233)*

9.1.3.3 Auskunftsarbeitsplatz

Die Auskunftserteilung – d. h. die Bereitstellung von Geodaten zur internen oder externen Nutzung, gegebenenfalls erweitert um Analysefunktionen – kann als wesentliches Ziel des Informationssystems angesehen werden. Der Bedeutung der Informationsbereitstellung durch moderne Webtechnologie entsprechend bieten viele Anbietern Auskunftsmöglichkeiten auf der Grundlage der OGC-Webservices an. Diese können im Intranet wie auch im Internet genutzt werden. Es werden die Funktionalitäten gemäß der OGC-Dienstspezifikationen angeboten, eventuell noch erweitert um Verfahren für die Bereichsauswahl oder einfache Analysefunktionen. Für sie spricht ein geringer Preis, ihre Standardisierung, ihre Plattformunabhängigkeit und der geringe Installations- und Betreuungsaufwand. Wir können folgende Varianten unterscheiden:

9.1 Grundlagen und Systemkomponenten

- *Browserbasierte Lösung*: Mapping-Clients ermöglichen die Anzeige der Geodaten in üblichen Webbrowsern.
- *Web-GIS-Auskunftsliczenzen inklusive Fachschalen*: Die Web-Applikationen werden erweitert, um nutzergerecht eine Anwendungsoberfläche anzubieten.
- *Desktop-GIS- oder -Mapping-Lösungen*: Neben der Nutzung als selbstständige GIS-Lösung können Open Source-GIS-Produkte oder auch kostengünstige Desktop-Mapping-Systeme – auch möglicherweise von anderen Herstellern – in das Konzept integriert werden. Die Übernahme von Daten im jeweiligen Schnittstellenformat ist hierbei genau zu prüfen. Open Source-GI-Systeme unterstützen direkten Zugriff auf Geodatenbanken über Middleware oder über OGC-Webservices.

Im Hinblick auf die Auskunftsnutzung ist auf folgende Punkte zu achten:

- *Einführungszeitpunkt*: Der Nutzen eines GIS ist eng mit der Nutzung der Information für Auskunftsziele verknüpft. Die Einführung der Auskunftsplätze darf jedoch nicht zu früh beginnen, um die Anwender nicht zu frustrieren („Da ist ja noch nichts drin!“), andererseits muss vorhandene Information früh genug der Allgemeinheit bereitgestellt werden. Der Einsatz der Auskunftsplätze wird also mit leichter Verzögerung erfolgen.
- *Datenaufbereitung für Auskunftsnutzung*: Werden die raumbezogenen Informationen von sehr vielen Anwendern genutzt, kann es notwendig sein, Tiles für die Präsentation einzusetzen (also eine „Kopie“ für Auskunftsziele einzurichten), um die für einen Auskunftsbetrieb nötige Schnelligkeit zu erreichen. Durch die Auskunftserteilung darf der Einsatz des Datenhaltungssystems für die grafisch-interaktive Bearbeitung nicht eingeschränkt sein.

Beim Tiling werden die Daten vorab in nicht zu großen Kacheln zur Präsentation aufbereitet und auf dem Server bereitgestellt („gecached“). Indexstrukturen ermöglichen die schnelle Auslieferung angeforderter Daten.

9.1.3.4 Alphanumerisch geprägte Arbeitsplätze

In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, alphanumerische Attribute unabhängig von der Grafik zu erfassen:

- *Effizienzgründe*: Eine effiziente, mit Plausibilitätsprüfungen abgesicherte Anwendungsoberfläche soll genutzt werden.
- *Personelle Gründe*: Ein Teil des Personals soll für die leichter erlernbare, alphanumerische Datenerfassung eingesetzt werden.
- *Kostengründe*: Alphanumerische Arbeitsplatzrechner sind kostengünstiger zu beschaffen als grafisch-interaktive Arbeitsplätze mit Hochleistungsgrafikkarte.

Soweit dies von der Architektur des einzuführenden GI-Systems erwartet wird, können in diesen Fällen rein alphanumerische Arbeitsplätze – eventuell ergänzt um Software zur

Zeichenerkennung (optical character recognition, OCR) eingescannter Textvorlagen – in das Konzept einbezogen werden. Das System muss dann in der Lage sein, effizient und konsistent die Einheit von Sach- und Grafikdaten herbeizuführen.

9.1.3.5 Mobile Einheit

Mit der fortschreitenden Miniaturisierung und steigender Leistungsfähigkeit der Hardware gewinnt die mobile Informationserfassung und Informationsbereitstellung auch im GIS-Bereich zunehmend an Bedeutung (Mobile GIS, BLANKENBACH 2007). Für die Datenerfassung im Feld ist die Kopplung mit GPS-Empfängern möglich, oder die GPS-Empfänger sind bereits im mobilen System (Tablet PCs, Smartphones, Rugged devices) integriert. DOUGLAS (2008, S. 29) nennt folgende, wesentlichen Einsatzgebiete:

- Datenabfrage,
- Datenerfassung,
- Zustandserfassung,
- Störungsmeldung und -analyse,
- Einsatzplanung der Mitarbeiter.

Die reibungslose Integration der Datenabgabe an die mobilen Einheiten bzw. der Informationsrückübernahme in die Arbeitsprozesse stellt organisatorische und technische Voraussetzungen, die konzeptionell bedacht werden müssen.

9.1.3.6 Gestaltung der Arbeitsplätze

Das künftige System soll in all seinen Komponenten den Anwendern ein ergonomisches Arbeiten ermöglichen. Die Sicherheitsregeln für Bildschirmarbeitsplätze, wie sie von Berufsgenossenschaften oder anderen Institutionen vorgegeben werden (vgl. <http://www.ergo-online.de/>), sind im Einvernehmen mit der Personalvertretung zu erfüllen (z. B. Ausmaße und Gestaltung von Arbeitstischen und Bürostühlen, Größe und Position des Monitors, Aufstellung und Ausrichtung der Arbeitsplätze).

Bei den grafisch-interaktiven Arbeitsplätzen sollte – insbesondere bei Nutzung durch mehrere Personen – einer Ausführung mit höhenverstellbaren Bildschirmarbeitstischen der Vorzug gegeben werden.

9.1.3.7 Lizenzgestaltung

Die Anzahl der Arbeitsstationen allein legt nicht den Umfang der benötigten Softwarelizenzen fest, vielmehr muss dies durch eine Schätzung der Anzahl der gleichzeitig aktiven Nutzer erfolgen. In der Regel ist es kostengünstiger, keine an einen Rechner gebundenen Lizenzen (nodelocked licences), sondern im Netz frei verfügbare Lizenzen

9.1 Grundlagen und Systemkomponenten

(concurrent licences, floating licences) zu erwerben, die über einen Lizenzserver kontrolliert werden. Hierbei ist zu untersuchen, welche Lizenzen dauerhaft belegt sind.

Je nach organisatorischer Struktur kommen auch Unternehmenslizenzen infrage. Bei organisationsübergreifender GIS-Einführung besteht durch gemeinsame Ausschreibung und Beschaffung ein Einsparpotenzial.

9.1.4 Ausgabekomponenten

Zu den im IT-Konzept zu treffenden Festlegungen gehört auch die Auswahl der Ausgabegeräte (Großformatdrucker/Plotter). Während früher noch Stiftplotter zum Einsatz kamen, sind nunmehr Geräte auf der Basis von Tintenstrahltechnologie (Tintenstrahlplotter) sowie mit Laser- oder LED-Technik üblich. Großformatige Ausgabegeräte sind in Anschaffung und Unterhalt aufwendig und sorgfältig auszuwählen.

9.1.4.1 Zentrale oder dezentrale Zeichnungsausgabe

Neben der Möglichkeit der externen Zeichnungsausgabe bei sehr geringem Zeichnungsaufkommen kann man sich je nach Anzahl und Lage der Arbeitsplätze sowie nach dem erwarteten Zeichnungsaufkommen für eine zentrale oder dezentrale Lösung entscheiden. Bei der dezentralen Lösung werden mehrere Ausgabegeräte jeweils in Nähe der Anwender aufgestellt. Die Ausgabegeräte werden so weniger ausgelastet sein. Statt mehrerer dezentraler Geräte kann in der Regel ein hochwertigeres Ausgabegerät beschafft und an einem geeigneten Ort aufgestellt werden. Die Wahl der Ausgabetechnik orientiert sich dann an den Durchschnittsanforderungen der Anwender.

Die Verteilung der ausgegebenen Zeichnungen ist organisatorisch zu lösen. Unterstützt werden kann sie beispielsweise durch eine Randbeschriftung der Zeichnung mit Abteilungs- und Nutzernamen.

9.1.4.2 Kriterien zur Geräteauswahl

Für eine Kaufentscheidung können folgende Kriterien herangezogen werden:

- *Format:* Das erwünschte, maximale Zeichnungsformat ist Entscheidungskriterium Nummer eins; dabei sind gegenwärtige und künftige Anforderungen zu berücksichtigen. Wichtig ist die tatsächlich bedruckbare Fläche, da Ränder für den Medientransport benötigt werden.
- *Software-/Schnittstellenkompatibilität:* Plotterschnittstellen, kompatible Betriebssysteme und Plottersprachen (PostScript Level 1 bzw. 2, HP-GL/2, TIFF, JPEG, CCGL, ...) bestimmen, ob und wie ein Ausgabegerät hard- und softwaremäßig gesteuert werden kann. Oftmals stellt eine Zusatzsoftware, z. B. zur PostScript-Erzeugung, eine kostengünstigere Möglichkeit dar als eine Firmwarelösung. Die klare Zusicherung,

dass die angebotene Software Treiber für die Zeichnungsausgabe zur Verfügung stellt, sollte vertraglich festgehalten werden.

- **Zeichnungsqualität:** Die erforderliche Zeichnungsqualität (Auflösung, Anzahl der Druckfarben, Wiederholungsgenauigkeit, ...) ist ein weiteres Entscheidungskriterium.
- **Leistungsfähigkeit:** Der Durchsatz der Zeichnungsausgabe wird von Faktoren wie Aufwärmzeit, Geschwindigkeit, Speicherkapazität, ... bestimmt. Die Form der Schnittstelle (seriell, parallel, über Netzwerk, ...) und der Speicherausbau sind wesentliche Randbedingungen für eine effiziente Zeichnungsausgabe sowie für die Platzierung des Gerätes. Der mit einer Plottertechnologie zu erzielende Durchsatz an Zeichnungen ist zu berücksichtigen.
- **Anschaffungspreis:** Das Preis-Leistungsverhältnis gilt im Allgemeinen als ausgewogen. Preisunterschiede zwischen Anbietern für das gleiche Modell weisen häufig auf Unterschiede bei Service und Ausstattung hin (z. B. Hauptspeicherausbau).
- **Benötigter Leistungsumfang:** Der benötigte Leistungsumfang ist festzulegen (unterstützte Medien, automatische Schneide- und Aufrollvorrichtung, Rollenverarbeitung, Falteinheit, ...).
- **Zuverlässigkeit, Anwenderfreundlichkeit:** Hierbei können Erfahrungen anderer Anwender hilfreich sein. Die Anwenderfreundlichkeit betrifft die Steuerung des Plotters sowie das Laden von Verbrauchsmaterial.
- **Service und technische Unterstützung:** Die Genauigkeitsanforderungen und die eingesetzten Technologien setzen unter Umständen häufigen Service voraus. Die erforderliche Reaktionszeit ist festzulegen.
- **Umgebungsbedingungen:** Für manche Systeme bzw. die dafür benötigten Medien sind besondere Umgebungsbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) zu beachten.
- **Betriebskosten:** Zu den Betriebskosten zählen die Kosten für Papier-, Verbrauchsmaterialien und möglicherweise auch Wartungskosten

9.2 Systemkonfiguration

Die Systemkonfiguration erfolgt in der Regel herstellerneutral. Sie muss mit dem Ziel durchgeführt werden,

- dass Investitionen bedarfsgerecht erfolgen und langfristig geschützt sind,
- dass das System an wachsende Anforderungen angepasst werden kann,
- dass neue Technologien zur Kostensenkung eingesetzt werden können.

Die Konfiguration richtet sich nach der Struktur der Organisationseinheit, den räumlichen Gegebenheiten und natürlich nach den zur Verfügung stehenden Mitteln.

Hinweise zur System- und Netzwerkkonfiguration und ein ausführliches Beispiel für die GIS-Einführung in Rom finden sich bei TOMLINSON (2007, S. 109 f.).

9.2.1 Einzelplatzlösung

Bei kleineren GIS-Installationen oder begrenzten finanziellen Ressourcen kann der Einstieg in die raumbezogene Informationsverarbeitung als Minimallösung mit einem Arbeitsplatzrechner erfolgen, der gleichzeitig als Datenbankserver und als GIS-Arbeitsplatz dient (Abbildung 78). Er kann durchaus noch als Webserver in geringem Umfang WMS-Karten ausliefern. Zu bedenken ist allerdings die eingeschränkte Systemverfügbarkeit bei Ausfall des Rechners. Bei Bedarf kann mit Ausbau der IT-Infrastruktur eine Erweiterung um weitere Arbeits- oder Auskunftsplätze erfolgen.



Abbildung 78: GIS-Einzelplatzlösung. An weiteren Arbeitsplätzen zur Auskunftsnutzung können sich Mitarbeiter Karteninhalte anzeigen lassen oder auch Sachdaten fortführen.

9.2.2 Mehrplatzlösung mit zentraler Datenhaltung

Bei zentraler Datenhaltung erfolgt die Speicherung und Verwaltung der GIS-Daten redundanzfrei durch einen zentralen Server. Die Einzellokationen müssen über die Netzinfrastruktur auf die Daten zu Fortführungs- und Auskunftszecken zugreifen können.

In Abbildung 79 ist dies für das Beispiel einer Kommunalverwaltung mit ämterübergreifender Systemnutzung dargestellt. D-GIAPS und K-GIAPS stehen für Erfassung und Pflege der Daten zur Verfügung. Für die zentrale Ausgabe stehen zwei Alternativen zur Verfügung. Durch eine hohe Anzahl von Auskunftsplätzen wird eine intensive Informationsnutzung begünstigt. Zur administrativen IT sowie zu den Stadtwerken besteht ein Netzwerkübergang.

Die zentrale Datenbank stellt den Idealfall für die Datenintegration dar. Sämtliche Applikationen und Arbeitsplätze greifen auf diese zentrale Datenbank zu. Ihnen stehen damit einheitliche, aktuelle Daten zur Verfügung. Verwaltung, Betrieb (Operating) und Datensicherung erfolgen zentral. Bei Wartungsarbeiten oder Störungen ist jedoch nur ein Zugriff auf Sekundärdatenbestände möglich.

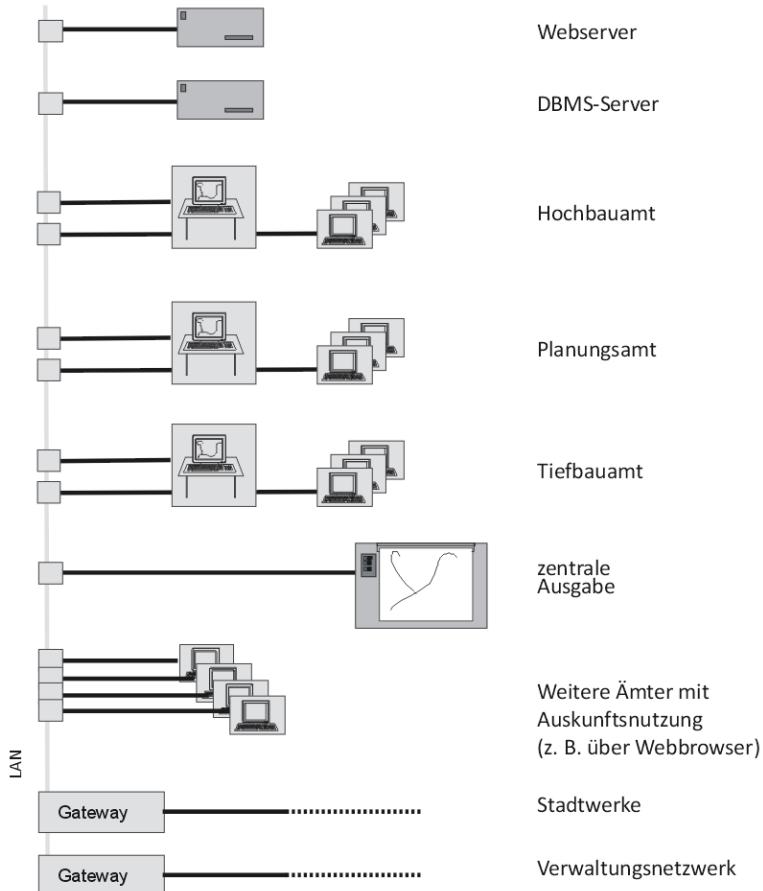


Abbildung 79: GIS-Mehrplatzlösung mit grafisch-interaktiven Arbeitsplätzen, Auskunftssystemen und zentralen Komponenten (Webserver, DBMS-Server).

9.2.3 Organisationsübergreifende Lösung

Bei einer organisationsübergreifenden Lösung steht für jede operationell eigenständige, datenführende Organisation ein Datenbank-Server zur Speicherung der GIS-Daten zur Verfügung. An jedem dieser Knoten werden die für die jeweilige Organisation relevanten Daten originär geführt. Die Bereitstellung nicht originär geführter Daten kann auf zweierlei Weise erfolgen:

- *Offline-Bereitstellung*: Die lokal geführten Daten werden über ein geeignetes Medium in regelmäßigen Zeitabständen den Partnern übermittelt und dort verfügbar gemacht.

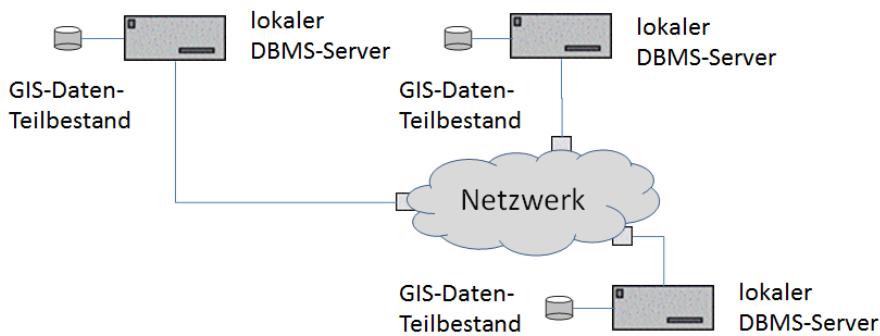
9.2 Systemkonfiguration

Periodizität, Medium und Format der Datenübertragung sind organisatorisch zu klären. Folgende Vorteile sind zu nennen:

- kurze Zugriffs- und Antwortzeiten,
- größere Datensicherheit durch physisch verteilte Haltung der Datenbestände,
- Erhöhung der Verfügbarkeit im Fehlerfall,
- Übereinstimmung zwischen IT- und Organisationsstruktur,
- klare Verantwortlichkeit für Richtigkeit und Sicherheit der Daten.

Die direkt nutzbaren Daten weisen jedoch eine verringerte Aktualität auf.

- *Online-Kopplung:* Wird ein Zugriff auf Daten benötigt, die nicht lokal vorgehalten werden, erfolgt über eine Netzwerkverbindung ein Zugriff auf das ferne Datenhaltungssystem



- Abbildung 80). Die benötigten Daten werden online über das Netzwerk bereitgestellt. Alternativ werden Daten über Replikationsmechanismen an den übrigen Stellen aktuell gehalten. Kennzeichnend für diese Lösung ist die hohe Aktualität der Daten. Als Nachteile sind auftretende Übertragungszeiten und der fehlende Zugriff bei Netzstörungen oder Ausfall anderer Systeme zu nennen. In manchen Fällen bestehen auch organisatorisch-rechtliche Bedenken gegen einen direkten Zugriff von außen, die im Sicherheitskonzept bedacht werden müssen.

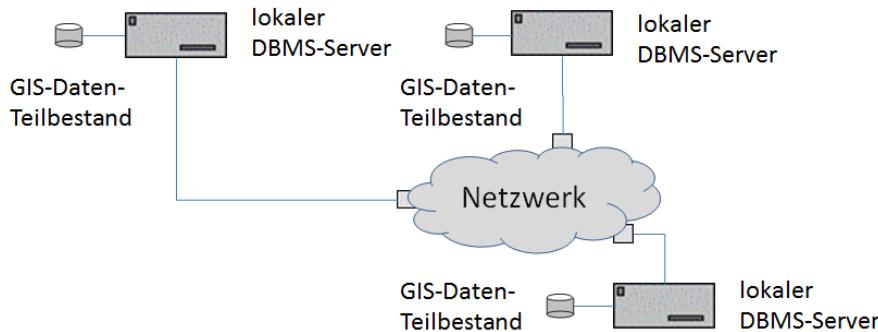


Abbildung 80: Verteilte, vernetzte Datenhaltung.

9.2.4 Betriebssystemumgebung

GI-Systeme haben in großem Maße von der rasanten Entwicklung im Bereich der Informationstechnologie (Rechnerleistung, Speichervolumen, Grafikkarten...) profitiert: Leistungsstarke Arbeitsplatzrechner werden von unterschiedlichen Anbietern für den Einsatz am Arbeitsplatz des einzelnen Mitarbeiters oder als Datenbankserver angeboten. GI-Systeme, die bisher auf Workstations verfügbar waren, werden auf PCs unter grafischen Benutzeroberflächen angeboten und erfahren eine funktionale Erweiterung für ihren Einsatz in Internet/Intranet. Betrachtet man die Betriebssysteme, so lässt sich feststellen:

Windows ist in verschiedenen Varianten und Versionen in Unternehmen vielfach Standard. Für reine Server-Dienste wird Linux-Systemen eine größere Zuverlässigkeit bescheinigt. GI-Datenhaltungssysteme und Server-Applikationen werden sowohl für Linux als auch Windows angeboten. Die Windows-Plattform ist auch im Hinblick auf die Integration mit Standard-Anwendungen (Büro-Anwendungen) interessant.

Linux wird insbesondere von Anbietern quelloffener Systeme als strategische Plattform angesehen; andere GIS-Anbieter konzentrieren sich voll auf Windows.

Während Computer für Standardaufgaben in der Regel als Personalcomputer (PC) bezeichnet und als solche beschafft werden, wird für besonders leistungsstarke Computer auch der Begriff „Workstation“ oder „Server“ verwendet. Sie sind durch entsprechende Prozessoren, Grafikkarten und schnelle Speichereinheiten gekennzeichnet.

Anforderungen:	gering	mittel	hoch
Bereich:	Abteilung	Unternehmen	Unternehmen / organisations-übergreifend
Funktionalität:	Datenerfassung und -pflege,	Erfassungsfunktionalität, komplexe Erfassungs-, einfache Analysen,	Analyse- und

9.2 Systemkonfiguration

	Zeichnungsausgabe	hochwertige Ausgabe	Ausgabefunktionen, dezentrale Auskunft
Kommunikation:	geringer Grad der Vernetzung	Vernetzung	Vernetzung, hohe Interoperabilität mit anderen Anwendungen
Datenhaltung:	geringer Datenumfang, häufig dateiorientiert, PC-Datenbanksystem	Standard-Datenhaltungssystem	Standard-Datenhaltungssystem auf Datenbankserver
Anzahl Arbeitsplätze:	gering	mittel	hoch
Plattform:	PC (Windows)	PC (Windows), Workstation	PC (Windows), Workstation (Windows, Linux)

Tabelle 16: GIS-Einsatzgebiete und Systemplattformen.

Wie ist nun die Frage nach einer geeigneten Plattform für das einzuführende GI-System zu beurteilen? Wesentliche Faktoren für eine Entscheidung sind

- vorhandene Systemumgebung,
- Projektart,
- funktionale Anforderungen,
- aktuelle technologische Entwicklungen und die
- Verfügbarkeit von GIS-Produkten.

Diese und weitere Gesichtspunkte sind in Tabelle 16 zusammengefasst. Als wichtige Erfolgskriterien sind die personellen Möglichkeiten in den beteiligten Organisationseinheiten sowie die bestehende DV-Landschaft zu beachten. Bei der Entscheidung für ein Betriebssystem ist zu bedenken, dass sich für die Betreuung jeder Betriebssystemvariante die personellen Anforderungen erhöhen.

9.2.5 Systemschnittstellen und Verfahrensintegration

In der Regel können nicht alle Aufgaben durch das GI-System abgedeckt werden. Weitere Programme oder Softwaresysteme sind hinsichtlich ihrer Aufgaben zu definieren. Ihre Anbindung kann konzeptionell in unterschiedlicher Weise erfolgen:

- **Systemschnittstellen:** Bei den anzukoppelnden Programmen oder Softwaresystemen handelt es sich beispielsweise um geodätische Berechnungsprogramme zur Prüfung und Aufbereitung von Einmessungsergebnissen, um Software zur Raster-Vektor-Konvertierung, um Netzberechnungsprogramme, kaufmännische oder administrative Datenverarbeitung oder um spezielle Modellierungssoftware, z. B. für die Simulation von Überflutungs-, Transport- oder Ausbreitungsvorgängen.

Sind diese Komponenten bereits vorhanden, werden aufgrund der Produktdokumentationen exakte Vorgaben für die benötigten Schnittstellen formuliert. Im andern Fall kann die GIS-Beschaffung mit dem Erwerb dieser Programme gekoppelt werden; Vorgaben hierzu sind dann in Ausschreibung und Pflichtenheft festzulegen. Es entstehen Abhängigkeiten beim Update einzelner Systemkomponenten.

- *Verfahrensintegration*: Die Anbindung und Datenübergabe über Schnittstellen ist mit dem Aufbau – zumindest temporär – von sekundären Datenbeständen verbunden, für die wiederum Fragen der Laufendhaltung und Konsistenz zu klären sind. Ein Ansatz zur Vermeidung dieser Probleme kann darin bestehen, dass verschiedene IT-Verfahren auf einen gemeinsamen Datenbestand zurückgreifen. Der Nutzung von Standard-Datenhaltungssystemen und Standards, wie sie in Abschnitt 4.2 für die Client-Server-Architektur genannt wurden, kommt hierbei besondere Bedeutung zu.

9.2.6 Kommunikationskonzept

In vorausgegangenen Arbeitsschritten wurden die bereitzustellenden Informationsprodukte, Mengengerüste sowie Art, Anzahl und örtliche Lage der verschiedenen GIS-Arbeitsstationen bestimmt (vgl. Abbildung 81). Nun werden Vorgaben für die künftige Kommunikationsinfrastruktur entwickelt, die später in die Ausschreibung einfließen:

- *Netzwerkstandard*: Die Festlegung zu nutzender Standards kann sich an strategischen IT-Zielen orientieren oder muss die bereits vorhandene Vernetzungsinfrastruktur aufgreifen.

Abteilung:	Stadtgärtnerie
Raumnummer:	C327
Typ:	GIS-Volllizenz
Lage:	siehe Skizze 7
Anschlussbezeichnung:	D327/1
IP-Adresse:	192.57.237.03
Aufgabe:	Erfassung und Pflege Grünflächenkataster, thematische Auswertungen
Anwendungen:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stadtgrundkarte (lesend) ▪ Grünflächenkataster (fortführend)
Mitarbeiter:	Frau Herzfeldt, Herr Köhl
Nutzernamen:	stg1, stg2
Sicherung:	zentral durch ZO

Abbildung 81: Beispielhafte Festlegungen für einen GIS-Arbeitsplatz.

9.2 Systemkonfiguration

- *Netztopologie und -struktur:* Dazu zählt die Aufteilung in lokale und Weitverkehrsnetzwerke sowie die Bildung von Netzsegmenten mit dem Ziel der Lasttrennung zwischen funktional unabhängigen GIS-Nutzern. Operationell zusammengehörende Einheiten werden sternförmig an zentrale Hubs angebunden. Diese sind durch einen leistungsfähigen, eventuell redundant ausgelegten Backbone verbunden.
- *Medien:* Festgelegt werden grundsätzliche Vorgaben für Primär-, Sekundär- und Tertiärverkabelung (Glasfaser, Shielded Twisted Pair, ...).
- *Orte und Verlaufswege:* Sofern nicht bereits verfügbar werden die zu vernetzenden Räume einschließlich der Position von Anschlussdosen für Arbeitsplätze und Peripherie dokumentiert. Räumliche Festlegungen für den Verlauf von Primär-, Sekundär- und Tertiärverkabelung sowie für die Lage von Verteilern usw. sind ebenfalls zu treffen.

Es ist gegebenenfalls zu prüfen, ob die nötigen technischen Voraussetzungen (Verlegung von Kabelleerrohren usw.) im Zuge von anfallenden Baumaßnahmen berücksichtigt werden und schrittweise geschaffen werden können. So können die Kosten für Baumaßnahmen im Rahmen der Systemeinführung gering gehalten werden.

Aufgrund der Komplexität der heutigen Kommunikationstechnologie – unter anderem in Zusammenhang mit der Integration von Sprach- und Datenkommunikation in das Verkabelungskonzept – können exakte Vorgaben nur durch Netzwerkspezialisten, z. B. einer zentralen DV-Abteilung, erfolgen. Stehen derartige Mitarbeiter nicht zur Verfügung, erfolgt die Anforderungsbeschreibung aus Anwendersicht. Die konkrete Netzwerkplanung und Realisierung hat dann im Vorfeld der GIS-Beschaffung durch eine auf derartige Dienstleistungen spezialisierte Firma zu erfolgen oder wird im Rahmen der GIS-Ausschreibung durch den Anbieter, eventuell in Zusammenarbeit mit einer Spezialfirma als Unterauftragsnehmer, durchgeführt.

*Vielfach existiert die Vorstellung,
man könnte bezüglich der Kosten- und Zeitaufwendungen sparen,
wenn man eine möglichst „billige“ und „fertige“ Lösung anschafft.
Entgegen dieser Meinung gibt es jedoch
weder eine billige, noch eine fertige Lösung.
F. KITTENDORF (1994)*

9.2.7 Eigenentwicklung oder schlüsselfertige Lösung

Die Wahl zwischen einer der Realisierungsformen

- Eigenentwicklung,
- schlüsselfertige Standardlösung (engl. *commercial off-the-shelf*, COTS),
- Standardlösung mit Anpassungen

kann bei komplexen Systemen als strategische Grundsatzentscheidung mit Folgen für Personaleinsatz, Kostenplanung und Bindungen an den Systemlieferanten angesehen werden. Wie sind die Alternativen zu bewerten?

- *Eigenentwicklung:* Die Entwicklung neuer GIS-Applikationen kann unternehmensintern oder durch Dienstleister erfolgen; beide Möglichkeiten können sich auch ergänzen. Lizenzrechte sind zu klären. Aktuelle Quellcodeversionen sollten beim Auftrag gebenden Unternehmen verbleiben. Die Applikationsentwicklung kann gezielt auf die anwenderspezifischen Bedürfnisse hin erfolgen und das Zusammenwirken mit der bestehenden informationstechnischen Infrastruktur berücksichtigen. Es entstehen Kosten für leistungsfähige Entwicklungswerzeuge und -lizenzen sowie für die Qualifizierung und Einarbeitung der Mitarbeiter. Später kann eine rasche Anpassung an dynamische Änderungen innerhalb des Unternehmens erfolgen.

Es ist die lange Vorlaufzeit bei der Entwicklung eigener Applikationen zu berücksichtigen.

Campbell (1993) berichtet über eine Untersuchung, die zwölf GIS-Installationen im Bereich der öffentlichen Verwaltung beinhaltet. Zwei Jahre nach Systemeinführung war es nur bei drei Stellen soweit, dass zumindest eine Applikation zum praktischen Einsatz kam. Weitere sieben Stellen waren noch dabei, ihr System zu entwickeln oder hatten eine einsatzfähige GIS-Anwendung beschafft, ohne dass diese sich bereits im Einsatz befand. Diese Ergebnisse belegen den beträchtlichen Zeitbedarf für Anwendungsentwicklung und -anpassung.

Sofern Entwicklung und Softwarepflege durch die eigene IT-Abteilung erfolgen, sind auch deren Kosten bei der Entscheidung für eine Neuentwicklung zu berücksichtigen!

- *Schlüsselfertige Standardlösung:* Für die Übernahme von Standardanwendungen bzw. Anwendungslösungen anderer Unternehmen oder Anwendergemeinschaften sprechen folgende Punkte:
 - *Zeitvorteile:* Die Entwicklung ist bereits abgeschlossen. Das System – bereits im praktischen Einsatz erprobt – kann in gewissen Fällen mit geringem Anpassungsaufwand übernommen und nach der Anwenderschulung produktiv eingesetzt werden.
 - *Kostenvorteile:* Kosten für Anwendungsentwicklung und -pflege werden von mehreren Partnern getragen. Der Leistungs- und Kostenumfang ist transparent. Das Risiko der Fehleinschätzung des Entwicklungsaufwands entfällt. Zusätzliche Personalstellen für die Eigenentwicklung sowie Investitionen für Entwicklungsarbeitsplätze und die damit verbundene Infrastruktur werden vermieden. Spezialwissen und Erfahrungen anderer können genutzt werden. Kostenvorteile ergeben sich in weiteren Bereichen, wie z. B. der Datenerfassung, da eine größere Anzahl von Dienstleistern verfügbar sein wird.
 - *Qualitätsvorteile:* Dem System kann ein qualifiziertes, praxiserprobtes Daten- und Funktionsmodell zugrunde liegen.

9.2 Systemkonfiguration

- **Zukunftssicherheit:** Anwendergemeinschaft und Systemanbieter verbindet ein gemeinsames Interesse an Pflege und Weiterentwicklung.

Es sind jedoch noch weitere Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- **Integrationsprobleme:** Diese können sich bei der Einpassung in Geschäftsabläufe sowie bei Anpassung an interne und externe Rahmenbedingungen ergeben.
- **Schnittstellen:** Anpassungsprobleme an bestehende IT-Infrastrukturen und in Bezug auf bestehende Applikationen (auch bei Weiterentwicklungen!) sind nicht auszuschließen.
- **Overhead:** Das System kann durch nicht benötigte Objektklassen und Funktionalitäten unnötig belastet sein.
- **Abhängigkeit:** Es ergeben sich Abhängigkeiten vom Anbieter oder von Anwendervereinigungen.
- **Standardlösung mit Anpassungen:** Hier sind neben dem unbestreitbaren Vorteil der Nutzung einer standardisierten Anwendung bei gleichzeitiger Anpassung an die unternehmensspezifischen Anforderungen folgende Aspekte zu berücksichtigen:
 - **Anpassung:** Aufwand entsteht durch erstmalige und laufende Anpassung einer Closed-Source- oder Open-Source-Software an die spezifischen Erfordernisse. Vorhandene Modelle der Benutzerführung und Gestaltung der Bedienoberfläche können ebenfalls eine Adaption nötig machen. Anpassungsaufwand kann auch dann entstehen, wenn Systemkomponenten ausgetauscht werden.
 - **Kosten:** Die durch eine unternehmensspezifische Anpassung entstehenden Kosten dürfen nicht zu gering eingeschätzt werden. Sie können – auch ohne sonderlichen Aufwand – die ursprünglichen Kosten der Standardanwendung deutlich überschreiten!
 - **Entwicklungsduer:** Bei Anpassungen wie bei Eigenentwicklungen spezifisch entwickelter oder angepasster Anwendungspakete sind Entwicklungsduer und Umfang der Softwarepflege zu berücksichtigen.
 - **Softwarepflege:** Anwendungspakete mit anwenderspezifischen Anpassungen können im Rahmen der Softwarepflege des GIS-Basisystems nur mit hohem Aufwand gepflegt werden.

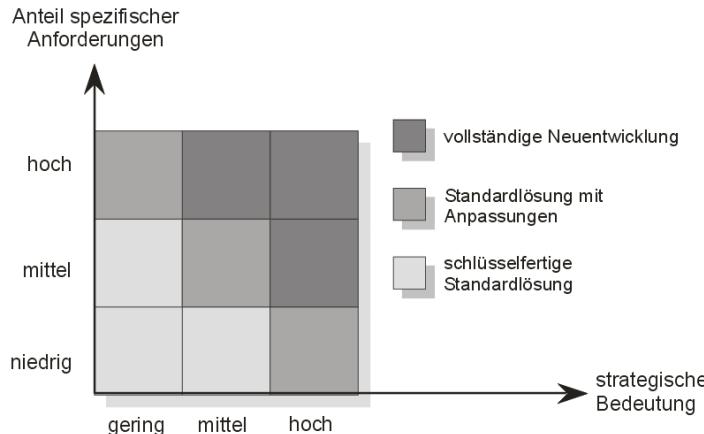


Abbildung 82: Entscheidungsmatrix für Eigenentwicklung oder schlüsselfertige Lösung.

Wie ist nun die Entscheidung zwischen den beiden Alternativen zu treffen? LEHNER (1993) empfiehlt, von den Merkmalen „Unternehmensspezifität“ und „strategische Bedeutung“ auszugehen. Unter Einsatz einer Portfolio-Technik wird dann die Entscheidung für eine schlüsselfertige Lösung oder eine Eigenentwicklung getroffen (Abbildung 82). Auch bei diesem Ansatz sind jedoch abgestufte Zwischenlösungen vorgesehen. Bei hoher Individualität der Anwendungslösung wird man sich jedoch für eine unternehmensspezifische Lösung entscheiden müssen.

Angesichts einer sich konstant und mit hohem Tempo weiterentwickelnden Bedrohung der IT-Sicherheit hängt die Handlungsfähigkeit [...] wesentlich davon ab, dass die Sicherheit [...] gewährleistet ist.
IT-RAHMENKONZEPT DES BUNDES (2013)⁹¹

9.3 Sicherheitskonzept

Das Konzept zur Hardware- und Softwaresicherheit wird im Hinblick auf das spätere Sicherheitsmanagement des installierten Systems entworfen⁹². Es dient der Verhinderung von Fehlern und der Reduzierung der Auswirkungen von

⁹¹ http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Bundesbeauftragte-fuer-Informationstechnik/konzept_it_steuering_bund_download.pdf?__blob=publicationFile [2013-09-13]

⁹² Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (<https://www.bsi.bund.de/>) liefert in seinen IT-Grundsatz-Katalogen wertvolle Hinweise (https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/-ITGrundsatz/ITGrundsatzKataloge/Inhalt/_content/kataloge.html [2013-11-04]. Sehr detaillierte Informationen finden sich bei REISS & REISS (2010, S. 199 f.).

9.3 Sicherheitskonzept

- fahrlässigen Handlungen, wie einer versehentlichen Löschung,
- kriminellen Handlungen (Sabotage durch Programm- und Datenmanipulationen, Spionage, Software- oder Datendiebstahl),
- Software- und Hardwarefehlern (beispielsweise Festplattenfehler),
- Umgebungseinflüssen (Brand, Luftverschmutzung, Überspannung, Wasser).

Störungen kann durch organisatorische, bauliche und technische Maßnahmen vorgebeugt werden. Dazu zählen:

- **Benutzerorganisation:** Für die Benutzer der GIS-Installation werden unterschiedliche Zugriffsrechte vergeben und informationstechnisch implementiert (vgl. Abbildung 83). Dies geschieht durch
 - Festlegung von Nutzerklassen,
 - Festlegung der zur Verfügung gestellten Daten,
 - Festlegung der jeweils zugelassenen Funktionen (Auswertung, Erfassung, Prüfung, Fortführung).
 - **Zutrittskontrolle:** Eine Zutrittskontrolle kann im einfachen Fall durch ein Türschloss erfolgen – die Zutrittsberechtigung wird über den Türschlüssel oder ein RFID-Tag nachgewiesen. In Abhängigkeit von der Sensibilität der GI-Daten lassen sich die Zutrittskontrollen noch erheblich verfeinern.
 - **Einbruchschutz:** Türen können einbruchsicher ausgestattet und Fenster können zusätzlich vergittert werden.

Nutzerklasse Fortführungsnutzer		
Informationsprodukt	Wer?	Worauf? R = lesend (read), W = schreibend (write)
Digitale Stadtgrundkarte	Vermessungsamt	R: ALK-Daten R: Grundkarte W: Grundkarte
Dienstbarkeiten	Liegenschaften Dokumentation	R: Grundkarte R: Versorgungssparten W: Dienstbarkeiten
Altlastverdachtskataster	Liegenschaften Bauordnung	R: Grundkarte R: Liegenschaften W: Altlastverdachtsflächen
Bauleitplanung	Stadtplanung	R: Grundkarte R: Stadtübersichtskarte W: Flächennutzungsplan W: Bebauungsplan
Störmeldungskataster	alle Versorgungssparten	R: Grundkarte R: jeweilige Sparteninformation

		W: Störungskataster
Wasserversorgung	Wasser	R: Grundkarte W: Wasserinformationen R/W: Netzberechnungsprogramme

Abbildung 83: Einzelnen Nutzerklassen, in diesem Falle den Fortführungsnutzern, werden applikationsabhängig Daten und Berechtigungen zugeteilt.

- *Brandschutz*: Brandschutzeinrichtungen reichen vom Rauch- und Feuermelder bis zur automatischen Feuerlöscheinrichtung.
- *Zugriffsschutz*: Mechanismen des Betriebssystems und des DBMS können genutzt werden, um unerlaubte Zugriffe zu unterbinden. In Dialogmasken können Felder mit einem Eingabeschutz versehen werden, oder es kann die Ausgabe bestimmter Informationen für bestimmte Benutzergruppen unterdrückt werden.
- *Kontrolle von Netzwerkverbindungen*: Als Schutz vor Einbruchversuchen in LANs, die über einen (dauernden) Anschluss an öffentliche Netze verfügen (z. B. Internet, aber auch ISDN), dienen Firewall-Einrichtungen, die jedoch nicht unerheblichen finanziellen und administrativen Aufwand bedingen.
- *Urheberrechtlicher Schutz*: Raumbezogene Daten stellen einen nicht unbeträchtlichen Wert dar. Urheberrechtliche Schutzregelungen sind zu treffen und in den Metadaten sowie nach Möglichkeit bei der Datenabgabe in den Daten selbst zu dokumentieren.

Der Nachweis einer Rechtsverletzung kann dennoch schwer zu führen sein. Es besteht jedoch die Möglichkeit, den Daten selbst bestimmte, kennzeichnende Eigenschaften, wie zum Beispiel kontrollierte geometrische oder attributive Besonderheiten oder Wasserzeichen in Rasterdaten, mitzugeben, die sie von anderen unterscheidbar machen.⁹³

- *Verschlüsselung*: Bei der Datenübertragung und Datenspeicherung können zusätzliche Verschlüsselungsmechanismen eingesetzt werden. Dies kann insbesondere dann wichtig sein, wenn der Dokumentencharakter von GI-Daten gewährleistet werden muss, wie z. B. bei der digitalen Führung von Bauleitplänen oder bei einer digital übermittelten Bestandsplanauskunft.
- *IT-technische Maßnahmen*: Zu ihnen zählen die redundante Vorhaltung von Massenspeicher (RAID-Technologie⁹⁴), die Nutzung performanter, redundanter und

⁹³ „Plagiatsfalle“, vergleiche http://de.wikipedia.org/wiki/Trap_Street [2013-01-28] sowie http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Copyright_Easter_Eggs [2013-01-28].

⁹⁴ RAID-Systeme (redundant array of independent disks) verbinden einzelne Magnetplatten zu einem Speicher-Subsystem, das wie eine virtuellen Platte erscheint. Durch mehrfache Speicherung der Daten und das Führen von Prüfsummen können Fehler erkannt und ausgeglichen werden.

9.4 Datensicherungskonzept

ausfallsicherer NAS-Lösungen⁹⁵ oder eines Storage-Area-Network (SAN), die cloudbasierte Speicherung und die Einrichtung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung.

9.4 Datensicherungskonzept

Beitrag des Datensicherungskonzeptes zur Sicherheit des Systems ist die Festlegung eines Verfahrens, das GI-Daten und -Software bei Ausfall oder Zerstörung auf einem möglichst aktuellen Stand wiederherstellt (restauriert). Seine Entwicklung setzt die Kenntnis verschiedener Parameter voraus:

- *Anzahl und Verteilung der zu sichernden Systeme:* Die Anzahl der zu sichernden Systeme und ihre Verteilung ergeben sich aus dem aufzustellenden IT-Konzept.
- *Datenvolumen:* Das jeweils zu sichernde Datenvolumen kann im GIS-Bereich sehr umfangreich werden; mit modernen Sicherungseinrichtungen sind jedoch auch Sicherungen mit einem Umfang von mehreren Terabyte ohne Wechsel des Datenträgers möglich. Gegebenenfalls ist die Möglichkeit der Aufteilung in Teilsicherungen anhand der Änderungshäufigkeiten zu prüfen.
- *Muster von Änderungsraten:* Als typisches Muster von Änderungsraten ergeben sich im GIS-Bereich:
 - kontinuierlich und an Arbeitstagen täglich auftretende Änderungen an den Daten,
 - in Abständen von Monaten auftretende Änderungen für das Betriebssystem, betriebssystemnahe Software, Datenhaltungssystem und Komponenten des GIS-Basisystems,
 - kontinuierlich und täglich (an Arbeitstagen) auftretende Änderungen an Programmcode, sofern Anwendungsentwicklung betrieben wird.⁹⁶
- *Sensibilität bei Datenverlust:* Die Sensibilität der Organisation im Hinblick auf Datenverluste bzw. auf die Nichtverfügbarkeit der digitalen Daten bis zur Wiederherstellung ist zu untersuchen. Während die mangelnde Verfügbarkeit kommerzieller Daten – man denke nur an die Kontoinformationen einer Bank – bereits nach wenigen Minuten den Lebensnerv eines Unternehmens treffen kann, ist dies in den meisten Fällen bei raumbezogenen Informationen weniger der Fall. Ein Sekundärbestand für Auskunftsziecke oder sogar ein herkömmlicher Planschrank als zusätzliches Back-up-Medium können helfen, derartige Zwischenfälle zu überbrücken.

Auf der Grundlage dieser Randbedingungen erfolgt die Festlegung einer entsprechend konzipierten Durchführungsstrategie.

⁹⁵ Network Attached Storage.

⁹⁶ Die Sicherung von Programmcode kann gezielt über Versionskontrollsysteme abgedeckt werden.

9.4.1 Sicherungsverfahren

In Bezug auf Sicherungsverfahren lassen sich verschiedene Ansätze unterscheiden:

- Das Generationsprinzip ist die übliche Maßnahme zur Datensicherung. Bei der Änderung eines Datenbestandes wird der ursprüngliche Bestand solange als Kopie aufbewahrt, bis auch der geänderte Datenbestand wieder gesichert wurde. Dabei geht man jedoch über eine Generation an Sicherungskopien hinaus und hält mehrere Generationen vor (Tages-, Wochen-, Monats-, Jahressicherung).
- Ebenfalls kann zwischen Vollsicherungen und inkrementellen Datensicherungsverfahren unterschieden werden. Bei der Vollsicherung werden die Daten vollständig gesichert. Bei inkrementellen Sicherungsverfahren werden nur die Änderungen gegenüber einem Ausgangszustand bzw. zu der zurückliegenden Vollsicherung gespeichert.

9.4.2 Zentrale Sicherung

Generell gilt, dass mit den heute verfügbaren Kommunikationseinrichtungen eine einheitliche und zentral gesteuerte, automatisierte Datensicherung technisch möglich ist. Sie bietet sich in Organisationen mit zentraler DV-Stelle und zentraler Datenhaltung an. Das Konzept entlastet die Fachabteilung von Sicherungsarbeiten. Durch die Infrastruktur im Rechenzentrum (Datenträgerarchive) kann eine sichere Aufbewahrung der Back-up-Medien gewährleistet werden.

Um die Netzbelastung bei zentraler Sicherung sowie Performanceeinbußen und Lärmbelästigung an den Arbeitsplätzen möglichst gering zu halten, werden die Sicherungen während der Nachtstunden automatisiert durchgeführt.

9.4.3 Häufigkeit

Sicherungen werden mit unterschiedlichen Zeitintervallen eingeplant:

- *Bedarfsorientierte Sicherungen:* Bei jeder Neuinstallation von Betriebssystem und GIS-Basisystem bzw. nach größeren Modifikationen von Softwarekomponenten wird eine Vollsicherung durchgeführt.
- *Tägliche Sicherungen:* Tägliche Sicherungen können in Verantwortung der Bearbeiter durchgeführt werden; oftmals wird es als akzeptabel angesehen, den Verlust der während eines Arbeitstags erfassten Daten in Kauf zu nehmen. Da die hier anfallenden Datenvolumina gering sind, kann eine Vollsicherung der neuerfassten Daten durchgeführt werden, sofern das Datenhaltungssystem diese Möglichkeit vorsieht.

9.4 Datensicherungskonzept

Bei Entwicklungsarbeitsplätzen sollte in täglichem Turnus eine Sicherung durchgeführt werden. Die hier anfallenden Datenvolumina sind so gering, dass eine Vollsicherung durchgeführt werden kann.

- *Wöchentliche Sicherungen:* Wöchentlich ist eine komplette, bootfähige Sicherung der Einzelsysteme vorzunehmen.

Die Protokolldateien der Sicherungsprozeduren sollten inspiziert werden, um den korrekten Ablauf der Sicherungsprozedur zu prüfen.

9.4.4 Aufbewahrung

Die Art der Aufbewahrung der Sicherungsmedien zum Schutz gegen Umwelteinflüsse (Hitze, Feuchtigkeit, elektromagnetische Felder) ist festzulegen. Bewährt haben sich die Lagerung der Sicherungsbänder in feuerfesten Tresoren und zusätzlich die Lagerung von Vollsicherungen außerhalb des Unternehmens. Eine Aufbewahrung in der Schreibtischschublade ist nicht ausreichend!

Die Form der Zuordnung zwischen den Datenträgern und den darauf gespeicherten Daten muss durch entsprechende Dokumentation gesichert sein.

9.4.5 Datenwiederherstellung

Das Wissen um eine gute Datensicherungsstrategie und die Durchführung der Sicherung ist nur ein Aspekt. Ebenso notwendig ist ein Konzept für die Wiederherstellung eines konsistenten Datenbestandes (recovery). Ist die Sicherungsstrategie eingeführt und wurden die ersten Datensicherungen durchgeführt, wird es wichtig zu prüfen, ob die Daten auch korrekt restauriert werden können.

Es sind verschiedene Fehlermöglichkeiten denkbar, die dies verhindern können: Das Restaurierungsprogramm kann fehlerhaft oder beschädigt sein, oder es können fehlerhafte Daten auf das Medium übertragen worden sein, etwa durch Probleme in den Adapters, in Treibern oder im Laufwerk selbst.

Auch nach erfolgreichem Absolvieren dieses ersten Tests sind stichprobenartig weitere Prüfungen einzuplanen.

10 Kosten-Nutzen-Betrachtung

Die Betrachtung von Kosten und Nutzen ist bei der Einführung eines GI-Systems von herausragender Bedeutung. Im folgenden Abschnitt werden allgemeine Nutzenaspekte bei der Einführung von Geoinformationssystemen vorgestellt. Dabei erfolgt eine Klassifizierung nach verschiedenen Nutzenkategorien, auf deren Basis eine monetäre Bewertung der Nutzenpotentiale erfolgt. Die Ergebnisse werden den zu erwartenden Kosten gegenübergestellt, um so eine Entscheidungsgrundlage zu schaffen.

10.1 Grundlagen

Aufgrund des hohen Investitionsbedarfs der GIS-Einführung werden Kriterien zur Beurteilung einer Systemeinstiegs benötigt. Daher ist die Betrachtung von Kosten und Nutzen im Rahmen des Phasenmodells von besonderer Bedeutung. Die klassische Investitionsrechnung ist allerdings für GI-Projekte aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften (wie lange Laufzeiten, lange Lebensdauer der Daten) nur bedingt geeignet. Häufig wird deshalb die Vorgehensweise gewählt, neben monetär bewerteten Nutzenaspekten durch weitere, nicht quantifizierte Nutzenerwägungen die Systembeschaffung zu begründen.

Es kann jedoch auch ein anderes Vorgehensmodell gewählt werden, wie von SMITH & TOMLINSON (1992) und BEHR (1994) beschrieben. Dabei muss sich die Nutzenermittlung auf eine umfangreiche Befragung der einzelnen Organisationseinheiten stützen. Auch bei monetär nur schwer bewertbaren Nutzenaspekten wird somit eine quantifizierende Aussage erhalten. Als Ergebnis der Nutzenerhebung liegen konkrete, auf den Aussagen der Fachabteilungen basierende Zahlen vor. Der so monetär bewertete Nutzen wird den mit der GIS-Einführung verbundenen Kosten in einer Kosten-Nutzen-Analyse gegenübergestellt.

Die nachfolgend aufgeführten Nutzenaspekte können als Checkliste dazu verwendet werden, um Nutzenpotenziale zu erkennen. Darauf aufbauend werden das Vorgehen bei der Nutzenerhebung beschrieben und Ergebnisse einer Kosten-Nutzen-Analyse dokumentiert.

10.2 Nutzenkategorien

Die Einführung eines GI-Systems lässt verschiedene Nutzenaspekte erwarten. Eine differenzierte Nutzenbetrachtung ergibt sich durch eine Einteilung in verschiedene Nutzenkategorien (BEHR 1994), die nachfolgend vorgestellt und durch Beispiele ergänzt werden.

*Ein Vergleich des Zeitbedarfs zwischen analoger Fortführung
des Kartenwerks und digitaler Fortschreibung
ergibt Faktoren zwischen 3:1 und 10:1.
M. SCHMITT (1997)*

*Automatic data cleaning took 23 weeks
instead of an estimated five-year manual process.
THE LONDON BOROUGH OF ENFIELD (2010)⁹⁷*

10.2.1 Nutzen durch erhöhte Produktivität

Ein quantifizierbarer Nutzen ergibt sich durch Einsparung in den Bereichen, in denen aktuell Kosten entstehen. Dies gilt insbesondere für die mögliche Reduzierung des Arbeitsaufwands durch Erhöhung der Produktivität (ANTENUCCI et al. 1991):

- *Reduzierung des Arbeitsvolumens:* Durch die informationstechnische Unterstützung und durch die Zusammenarbeit mit anderen Organisationen laufen z. B. statistische Auswertungen automatisiert ab. Die Fortführung analoger Geobasisdaten entfällt.
- Eine *Beschleunigung von Arbeitsabläufen* ergibt sich durch die gemeinsame Führung von Grafik- und Sachdaten sowie durch die Möglichkeit, Detailzeichnungen und Skizzen in die Grafik zu integrieren. Das bisher häufig nötige „Zusammensuchen“ von Daten bei unterschiedlichen Stellen kann so reduziert werden. Beschleunigte Arbeitsabläufe können sich in folgenden Fällen ergeben:
 - Die Erstellung von Lageplänen für Ausschusssitzungen oder Grundstücksverhandlungen wird erleichtert.
 - Eine Prüfung auf Grundstückseröffnung kann künftig zentral erfolgen.
 - Längsschnitte werden aus dem Datenbestand automatisch abgeleitet und müssen nicht gesondert erstellt werden.
- Im Rahmen der Einführung der raumbezogenen Informationstechnologie können Arbeitsabläufe überdacht und *Veränderungen in der Ablauforganisation* vorgenommen und unterstützt werden (z. B. Art und Anzahl der Arbeitsplätze, Arbeitszeitregelung, Zuständigkeiten, Informationsweiterleitung).
- Bei Einsatz leistungsfähiger Applikationen tritt eine *Reduzierung des Aufwands für Planerstellung und -pflege* ein. Der Personalaufwand für die Fortführung der grafischen Dokumentation verringert sich, auch wenn der Gesamtpersonaleinsatz durch die Einführung zusätzlicher Informationen und Auswertemöglichkeiten konstant bleibt oder sich erhöht (KNEPPER 1990). Die grafische Bestandsdokumentation wird beschleunigt aktualisiert.

⁹⁷ <http://location.defra.gov.uk/wp-content/uploads/2010/01/Example-Case-Studies-Part-Two.pdf>
[2013-07-01]

10.2 Nutzenkategorien

- *Zusammenfassung von Informationssammlungen:* Durch Zusammenfassung (Aggregierung) von verschiedenen, zentral und dezentral geführten Datenbeständen im Rahmen der Datenmodellierung sowie entsprechende Organisation des Veränderungsdienstes kann der Personalaufwand insgesamt verringert werden.

Beispielsweise wird eine Fortführung der Stadtgrundkarte aufgrund von Veränderungsnachweisen an mehreren Stellen einer Stadtverwaltung durch eine Übernahme von Fortführungsdaten des Vermessungamtes abgelöst.

Die in verschiedenen Ämtern (Gartenbauamt, Stadtplanungsamt) über Bäume geführten Informationen werden zu einem Baumkataster zusammengefasst.

- *Datenfluss:* Der Aufwand für die Informationsbeschaffung kann durch einen digitalen Datenfluss von der Aufnahme im Feld bis zur Bestandsplanerstellung mittels Einsatz selbstregistrierender Tachymeter reduziert werden. Lage und Höhe können gleichzeitig erfasst werden.
- *Wegfall der regelmäßigen Planwerkserneuerung:* Manuell geführte Pläne unterliegen aufgrund Benutzung und Alter einem Verschleiß, der ein Neuzeichnen der Planunterlagen nötig macht. Bei Einsatz der grafischen Datenverarbeitung besteht die Möglichkeit, Pläne bei Bedarf automatisiert neu zeichnen zu lassen.
- *Digitale Bereitstellung von Information:* Die digitale Bereitstellung von Informationen kann gegenüber herkömmlichen Papierplänen eine signifikante Kosteneinsparung bedeuten.

Ich gehe langfristig von etwa 500 Nutzern ... aus.

Dies entspricht einem geldwerten Vorteil von über 2 Mio. DM/Jahr.

Die Nutzung durch private Kunden dürfte ebenfalls zu deutlichen Mehreinnahmen führen.

W. BAUER (1997, S. 233)

10.2.2 Operationeller Nutzen

Der operationelle Nutzen eines GIS liegt in einer wirkungsvollen Unterstützung der Arbeitsprozesse. Er entspricht einer Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Organisation durch höheren Personaleinsatz, beispielsweise durch

- Erhöhung der Qualität (Vollständigkeit, Lage- und Attributgenauigkeit),
- Verbesserung der Aktualität,
- Verknüpfung von Informationen,
- rechtzeitige Bereitstellung von Informationen, beispielsweise im Notfall (crisis mapping),
- Benutzerfreundlichkeit,
- Erstellung von thematischen Karten,
- flexible Ausschnitts- und Maßstabswahl,
- Sicherung der Informationen aus Planwerk und Fachdaten,

- Informationen über geplante Um- oder Neubauten,
- Netzberechnungen, Vermögensberechnung, weitere Analysen und Statistiken,
- beschleunigte Auskunftserteilung.

Durch systeminterne Prüfungen bei Datenersterfassung und -fortführung, wie Zulässigkeit netzlogischer Verbindungen oder Wertebereiche von Attributen, wird eine Erhöhung der Qualität erreicht. Anforderungen an *Qualität und Aktualität* der Information sind von den Zielvorstellungen des Unternehmens abhängig. Ähnliches gilt für die *rechtzeitige Bereitstellung* von Information. Eine zentrale, digitale Führung der Daten macht es möglich, kurzfristig benötigte Informationen, Auswertungen und Statistiken für Planungsvorhaben, Ausschusssitzungen oder Jahresberichte bereitzustellen.

Eine erhöhte *Nutzungsfreundlichkeit* ergibt sich u. a. aus folgenden Gründen:

- Ein direkter, gezielter Zugriff auf die Daten kann in den verschiedenen Abteilungen sowohl für Auskunfts- als auch für Fortführungszwecke erfolgen.
- Daten lassen sich durch ihre Präsentation mittels Web-Technologie mit weiteren Informationen verknüpfen (Hyperlinks).
- Die Daten werden in dem für den jeweiligen Vorgang erforderlichen Umfang zur Verfügung gestellt.
- Die grafische Darstellung erfolgt einheitlich und orientiert sich an technischen Regeln und Normen. Eine Anpassung an die Fortschreibung von Planzeichen kann erfolgen.
- Lesbarkeit und Verständlichkeit der Dokumentation werden erhöht, die Wahrscheinlichkeit von Fehlinterpretationen und Fehlentscheidungen vermindert sich.
- Die Daten sind beliebig kombinierbar. Die Darstellung erfolgt so, wie sie optimal der Aufgabenstellung entspricht.

Durch die technische Entwicklung im PC-Bereich und durch die Verfügbarkeit praxisgerechter Software gehört die Unterstützung der Rohrnetz- und Leitungsnetzplanung durch systematische Netzberechnung heute bereits in vielen Unternehmen zum Tagesgeschäft. Die Vorteile der Netzberechnung und ihre wirtschaftliche Bedeutung kommen allerdings erst bei der Anbindung an die GIS-basierte Datenführung zum Tragen.

Durch rasche und qualitativ verbesserte *Auskunftsmöglichkeiten* (z. B. über vorhandene Erschließung und Netzanschlüsse) ergibt sich ein besserer Service gegenüber dem Kunden bzw. Bürger. Die Ablauforganisation kann verbessert werden, Zulassungs- und Genehmigungsverfahren, wie z. B. Zulassung von Elektroheizungen, Genehmigung von Bauanträgen, werden schneller abgewickelt. Ad-hoc-Abfragen unterstützen die strategische Ebene der Verwaltung bei der Entscheidungsfindung (LOTHER 1991).

Die Nutzung raumbezogener Informationsverarbeitung bietet die Möglichkeit, durch beliebige *Kombination von Objektklassen*, zugehörigen Attribute und weiteren

10.2 Nutzenkategorien

Datenquellen aus dem Gesamtdatenbestand *Sonderpläne* für einzelne Anwendungsbereiche abzuleiten.

Durch die blattschnittlose Speicherung ist eine flexible Ausschnittswahl möglich. Zusätzliche Kopier- und Klebebearbeiten entfallen, die Nachbarschaftstreue zwischen benachbarten Kartenblättern ist sichergestellt.

*Geographic information is critical to promote economic development,
improve our stewardship of natural resources,
and protect the environment.*
THE WHITE HOUSE, EXECUTIVE ORDER 12906 (1994)⁹⁸

10.2.3 Strategischer Nutzen

Neben dem operationellen Nutzen, der einer Quantifizierung und monetären Bewertung relativ leicht zugänglich ist, müssen Wirtschaftlichkeitserwägungen auch strategische Aspekte berücksichtigen. Dabei ist der strategische Nutzen nicht allgemein definierbar, sondern muss spezifisch aus den Unternehmenszielen abgeleitet werden. Zum strategischen Nutzen zählen:

- Realisierung technologisch bedingter Änderungen (z. B. Einführung einer Client-Server-Architektur oder einer webbasierten Auskunft),
- Vereinigung und Vereinheitlichung von Datenbeständen und IT-Anwendungen,
- Optimierung von Geschäftsprozessen (Neuplanung, Schadensdokumentation und -behebung, Investitionsmittelplanung, Instandhaltungsstrategie) und finanzwirtschaftlicher Vorgänge (Bauabrechnung, Personalkostenaufwand),
- Schaffung qualifizierter Arbeitsplätze (Verringerung der Fluktuation),
- Stärkung der Wettbewerbsposition (Absatzmarkt, Außendarstellung),
- Festigung der Kundenbindung (durch Qualität, Lieferbereitschaft, Beratung),
- Erfüllung politischer Auflagen und Zielsetzungen (Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen, von Standards und technischen Regeln, Erfüllung weiterer Vorgaben, z. B. im Bereich des Umweltschutzes),
- Verbesserung der Reaktionsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen (Verbraucher, Mitbewerber, Umwelt usw.),
- Schaffung einer effektiven, bürgernahen Verwaltung: Die im GIS geführten Informationen können Grundlage für nachvollziehbare Investitionsentscheidungen, beispielsweise in den Bereichen Straße und Verkehr, sein. Durch die GIS-Einführung werden oftmals erst rechtlich relevante Arbeitsgrundlagen geschaffen.

Die Gesetzgebung schreibt Kommunen die Einführung der gesplitteten Abwassergebühren vor. Das Maß der Versiegelung kann effektiv und wirtschaftlich am GIS-Arbeitsplatz auf der

⁹⁸ <http://govinfo.library.unt.edu/npr/library/direct/orders/20fa.html> [2014-01-30]

Grundlage der Liegenschaftsdaten in Kombination mit einer aktuellen photogrammetrischen Befliegung bestimmt werden.

- Entscheidungsträger profitieren durch qualifizierte aktuelle Basisinformationen, die in den Planungsprozess eingebracht mehr Entscheidungssicherheit geben.

Das zentrale Ziel der Strategie Europa 2020 besteht darin, die europäischen Volkswirtschaften wieder auf den Weg zu einem starken und nachhaltigen Wachstum zu bringen. [...] Beispiele sind Geoinformationen, Statistiken, Wetterdaten, Daten von öffentlich finanzierten Forschungsprojekten und digitalisierte Bücher aus Bibliotheken.
MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT (2011)⁹⁹

*Das Liegenschaftsinformationssystem ...
garantiert einen reibungslosen Grundstücksmarkt
mit einem Umsatzvolumen von ca. 2 Milliarden DM/Jahr!
W. PILZ (2000)*

10.2.4 Externer Nutzen

In die Analyse sollen alle Arten von Nutzen eingehen, egal, ob sie der Organisation selbst oder weiteren, tertiären Informationsnutzern zugute kommen. Externer Nutzen ergibt sich

- in einer Kommune für die Ämter, die nicht unmittelbar durch die GIS-Einführung betroffen sind; so kann das Schulamt beispielsweise aktuelle Planunterlagen für Schulwegempfehlung erhalten;¹⁰⁰
- für Bürger, die Nutzen aus einer intensivierten, neuen oder beschleunigt erbrachten Dienstleistung ziehen, wie z. B. durch beschleunigte Baugenehmigungsverfahren, durch verbesserten Umweltschutz, durch Förderung der Wohnqualität oder durch Sicherung störungsfreier Energieversorgung;
- durch größere Transparenz und Bürgernähe sowie Ermöglichung einer wirksamen Öffentlichkeitsbeteiligung bei umweltbezogenen Entscheidungen und dadurch einer positiven Einflussnahme auf den Umweltschutz (FORNEFELD et al. 2010),
- für private Organisationen, wie Baufirmen, Ingenieurbüros, Planer, Architekten, durch bessere Planungsunterlagen, durch Vermeidung von Schäden bei Aufgrabungen, durch beschleunigte Verfügbarkeit von Planunterlagen oder durch sicherere Grundlagen für unternehmerische Entscheidungen,
- für weitere Stellen und staatliche Organisationen (andere Kommunen, Kreisverwaltungen, Ministerien, ...) durch Informationsbereitstellung, durch verbesserte

⁹⁹ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0882:FIN:DE:HTML>

¹⁰⁰ Im Rahmen der Open-Data-Initiative in Großbritannien wird berichtet: „East Riding Council [...] saved £160,000 annually by improving school bus services for just two secondary schools in addition to giving the children a better service.“ (<http://location.defra.gov.uk/wp-content/uploads/2010/01/Example-Case-Studies-Part-Two.pdf>) [2013-06-14]

10.2 Nutzenkategorien

Grundlagen für politische Entscheidungen und beschleunigten Datenfluss zwischen staatlichen Einrichtungen.

Quantifizierbarer Nutzen:

- Eine Fortführung der eigenen Flurkarte als Basisinformation entfällt.
- Die Fortschreibung und Pflege der Kanaldata geschieht nur einmal in der Kanaldatabank.
- Lagepläne, Längsschnitte und sonstige Pläne in beliebigen Maßstäben können mit stets aktuellen Daten erzeugt werden.
- Bei unterschiedlichen Aufgabenstellungen, wie z. B. Generalentwässerungsplanungen oder Entwurfsarbeiten, müssen die Daten nicht immer neu erhoben werden.
- Qualifizierte Rohrnetzberechnung durch ein „geeichtes“ Rechenmodell und Variantenrechnung, somit unnötig großer Rohrdurchmesser und somit Verringerung der Kosten für Erdaushub,
- Aufzeigen rückstaugefährdeter Gebiete.

Operationeller Nutzen:

- Auswerteprogramme können bestimmte Fragestellungen, z. B. über das Kanalvermögen, über hydraulische Ergebnisse, über Bau- und Betriebszustände in relativ kurzer Zeit beantworten.
- Optimierung der betrieblichen Einsätze für die Unterhaltung des Kanalnetzes.
- Durchführung von Netzberechnungen für die hydraulische Sanierung und Optimierung des Kanalnetzes.
- Durch Datenintegration wird eine qualifizierte Schadensbewertung deutlich. Diese muss neben dem Zustand des Kanalnetzes auch noch Parameter wie Art und Menge des Abwassers, Untergrundverhältnisse und Lage des Kanals berücksichtigen.

Strategischer Nutzen:

- Die Ableitung von Prioritäten erlaubt eine längerfristige Kostenplanung.
- Durch eine aktuelle Vermögensbewertung des Kanalnetzes wird die Voraussetzung für eine bedarfsgerechte Erhebung der Abwassergebühren geschaffen.
- Aufstellung des Anlagenachweises.

Externer Nutzen:

- Gesicherte Datengrundlage für Ausschreibung, Vergabe und Kostenkontrolle von Bauvorhaben.
- Besserer Schutz des Grundwassers und somit der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung.

Textbox 11: Im Bereich der Stadtentwässerung werden durch GI-Technologie durch eine große Nutzenaspekte realisiert (PECHER 1991, BAER & VAN VORST 1991).

Ein Problem der monetären Bewertung externer Nutzenaspekte liegt darin begründet, dass für die Nutzung vieler Dienstleistungen und Informationen keine oder zumindest keine deckenden Kosten zu zahlen sind. Auch fehlt ein wirtschaftswissenschaftlich begründeter Kostenrahmen für das Gut „Information“ nahezu völlig (MARTINY et al. 1989, S. 13). Somit sind diese Kosten bzw. der Nutzen erst im Rahmen der Erhebung zu schätzen.

Wesentlich für den externen Nutzen ist jedoch, *dass dieser vorhanden ist, unabhängig davon, ob die Information tatsächlich bezahlt wird oder nicht.*

10.3 Quantifizierung der Nutzenaspekte

Messen, was messbar ist, und messbar machen, was nicht messbar ist.
Vermutlich GALILEO GALILEI (1564 – 1642)

10.3.1 Vorgehen bei der Nutzen-Erhebung

Wesentliche Schritte bei der Durchführung und Auswertung einer Nutzenerhebung zeigt Abbildung 84. Voraussetzung der Nutzenerhebung und der darauf aufbauenden Kosten-Nutzen-Analyse ist die Durchführung der Projektphasen Ist-Untersuchung und Anforderungsanalyse. Als Teil der Ergebnisse werden Informationsanforderungen deutlich, für die in der fachlichen Konzeptentwicklung Informationsprodukte definiert wurden (Kap. 8.1). Durch die Zusammenstellung und Beschreibung dieser Produkte wird die Nutzenerhebung vorbereitet.

Im Rahmen einer Projektsitzung werden den Beteiligten die Nutzenkategorien und das Vorgehen erläutert. Diese Präsentation hat die Zustimmung und Unterstützung der Beteiligten bei der Nutzenerhebung sowie bei den weiteren Projektschnitten zum Ziel. Sie werden befähigt,

- die Bedeutung der Informationsprodukte für ihre Aufgaben zu erkennen und zu bewerten,
- den Nutzen entsprechend den vorgestellten Nutzenkategorien zu identifizieren, zu quantifizieren und zu verifizieren,
- die Erhebung weitgehend eigenständig durchzuführen.

Für die Erfassung der Nutzenaspekte werden Angaben benötigt, die für die einzelne Organisationseinheit spezifisch sind; eine Nennung des Nutzens für andere, ebenfalls einbezogene Stellen würde das Gesamtbild verfälschen.

Für die einzelnen Nutzenkategorien erfolgt eine Schätzung im Hinblick auf die Erfüllung derzeitiger und künftig zu erwartender Aufgaben. Die Angabe des Nutzens erfolgt direkt in monetären Einheiten oder – falls sich eine Arbeitersparnis leichter ausdrücken lässt – in Stunden pro Zeiteinheit. Wesentlich ist, dass für alle Nutzenkategorien eine quantifizierende Schätzung geschieht.

Durch die Fachabteilungen ist anzugeben, wodurch der jeweilige Nutzen entsteht. Zu berücksichtigen sind auch zyklisch auftretende Nutzenaspekte (z. B. Vorbereitung von Ausschusssitzungen, Erstellung von Jahresstatistiken). Bei Bedarf können die Angaben durch zusätzliche Anmerkungen ergänzt werden, z. B. bezüglich zusätzlicher, einmaliger

10.3 Quantifizierung der Nutzenaspekte

Nutzenaspekte. Hierbei wird deutlich, welche Arbeitsabläufe und -prozesse Unterstützung erfahren sollen.

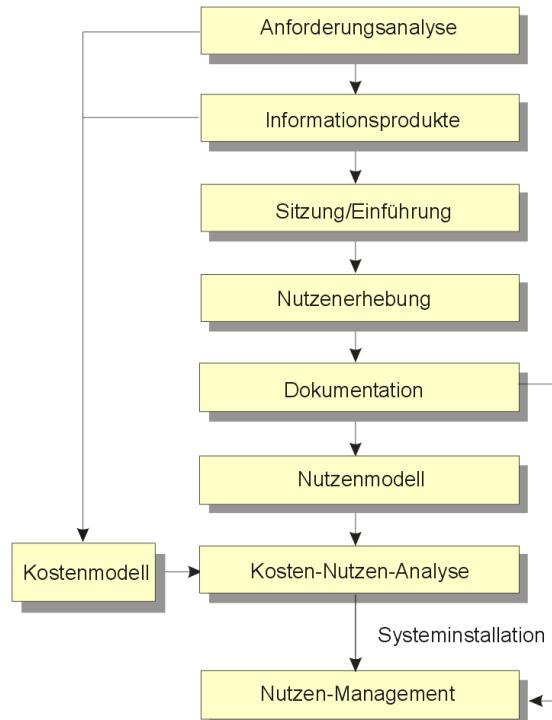


Abbildung 84: Phasen der Nutzenanalyse. Die Ergebnisse sind Grundlage des späteren Nutzenmanagements.

Die Bewertung der einzelnen Informationsarten wird eigenständig durch die zu beteiligenden Organisationseinheiten durchgeführt. Im Einzelfall kann die Unterstützung durch einen Berater nötig sein, da während dieser Einführungsphase die Möglichkeiten und Grenzen der raumbezogenen Informationsverarbeitung noch nicht jedem Beteiligten hinreichend bekannt sind und die Nutzenbewertung somit erschwert ist.

Bei der Auswertung der Angaben muss nach Möglichkeit eine *Verifizierung* erfolgen, da der für bestimmte Tätigkeiten benötigte Zeitaufwand bzw. die Häufigkeit der Tätigkeit oft sehr subjektiv eingeschätzt werden. Die Ergebnisse der Nutzenerhebung sind eher pessimistisch einzuschätzen, wenn

- die Möglichkeiten der Technologie nicht hinreichend bekannt sind, um alle potenziellen Nutzenaspekte zu erkennen,
- strategischer und externer Nutzen nicht vollständig monetär erfasst werden,

- bei einzelnen Abteilungen der durch andere Stellen bislang erbrachte Support zu gering eingestuft wird,
- der bisherige, schlechte Fortführungsstand mancher Geodaten nicht entsprechend Berücksichtigung findet.

Gegebenenfalls muss hier eine Rücksprache mit den jeweiligen Abteilungen erfolgen, um eine Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden.

Informationsprodukt	erwarteter Nutzen				
	produktiv	operationell	strategisch	extern	gesamt
Flurkarte	33.300	4.800	0	0	38.100
Stadtgrundkarte	17.100	3.720	840	420	22.080
Stadtübersichtskarte	15.360	2.400	0	0	17.760
Städtische Liegenschaften	10.500	3.360	0	0	13.860
Denkmalkataster	1.435	595	0	120	2.150
Bebauungsplan	27.260	8.460	1.140	5.000	41.860
Bestandsplan					
Entwässerung	15.960	7.980	600	12	24.552
Baumkataster	2.910	540	0	0	3.450
Biotopkataster	4.200	0	0	0	4.200
Altstandorte	5.880	840	0	2.500	9.220
Indirekteinleiterkataster	2.520	0	0	0	2.520
Summe	136.425	32.695	2.580	8.052	179.752

Abbildung 85: Beispielhafte Zusammenstellung einiger Ergebnisse einer Nutzenerhebung (Angaben in €/Jahr).

Die Ergebnisse der Erhebung werden in einem Nutzen-Dokument zusammengefasst. Dies ist Grundlage für die Aufstellung des Nutzenmodells und des späteren Nutzenmanagements.

10.3.2 Eine Nutzenerhebung in Zahlen

Die Angaben werden so ausgewertet, dass sie in aggregierter Form den Kosten der GIS-Einführung gegenübergestellt werden können. Die Angaben sind Grundlage einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

Abbildung 85 zeigt für einige Informationsprodukte beispielhaft die Ergebnisse einer Nutzenerhebung, die in einer Kommune mit angegliedertem Eigenbetrieb durchgeführt wurde. Angegeben ist der durch erhöhte Produktivität erreichbare, operationelle, strategische und externe Nutzen in €/Jahr für jedes einzelne GIS-Produkt. Hier wurden möglichst alle Nutzenaspekte monetär bewertet und erfasst. Dies zeigt, dass durchaus die

10.4 Nutzwertanalyse

Möglichkeit besteht, auch monetär nur schwer bewertbare Nutzenaspekte mit Zahlen zu belegen.

Der erwartete Nutzen ist in Abbildung 86 grafisch dargestellt. Der Darstellung liegt folgendes Nutzenmodell zugrunde: Der zu erwartende Nutzen wird für das dritte Jahr (Abschluss von Systeminstallation und Datenersterfassung) zu 100 % gesetzt. Für die Jahre zuvor ist ein verminderter Nutzen zu erwarten. Für die Folgejahre wird von einer jährlichen Nutzensteigerung von 2 % ausgegangen, die sich durch weitere, derzeit noch nicht erkennbare und somit nicht erfasste Nutzenaspekte ergeben (zusätzliche Auswertemöglichkeiten, weitere Kombinationen von Daten zur Generierung neuer GIS-Produkte).

Bei dem hier gezeigten Ergebnis überwiegt der quantifizierbare Nutzen. In anderen Fällen kann sich jedoch durchaus eine andere Gewichtung der Nutzenaspekte ergeben, z. B. ein Schwergewicht auf dem extern zu erzielenden Nutzen.

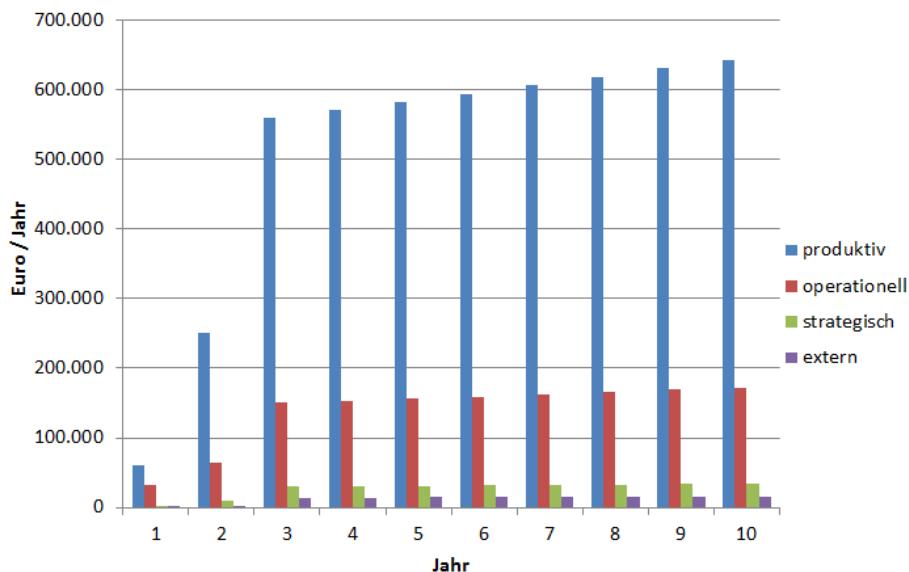


Abbildung 86: Darstellung der Nutzenentwicklung für einen Zeitraum von 10 Jahren (Beispiel).

10.4 Nutzwertanalyse

Nicht oder nur ungenau quantifizierte Nutzenaspekte können in einer Nutzwertanalyse untersucht werden. Hierbei werden Qualitätsverbesserungen dadurch berücksichtigt, dass die einzelnen Leistungen hinsichtlich ihres Beitrags zur Erreichung der Ziele, wie sie im Rahmen einer Ist-Untersuchung erhoben werden, bewertet und darüber hinaus gegeneinander gewichtet werden (KNEPPER 1990).

Eine Nutzwertanalyse erscheint besonders in den Fällen sinnvoll, in denen die reine Wirtschaftlichkeitsrechnung ein negatives Ergebnis ausweist, gleichzeitig jedoch deutlich nicht quantifizierbare Nutzenaspekte erkennbar sind.

Jahr	x	x+1	x+2	x+3
Lizenzkosten	117.555			
Softwarewartung		21.160	21.160	21.160
Hardwarekosten	43.000			
Hardwarewartung		2.150	2.150	2.150
Ausbildung	15.000	5.000	5.000	5.000
Systembetreuung	– wird durch vorhandene Mitarbeiter abgedeckt –			
ALK-Erstübernahme	4.450			
ALK-Aktualisierung		405	405	405
ALB-Erstübernahme	2.300			
ALB-Aktualisierung		1.184	1.184	1.184
Datenersterfassung	3.304	3.304		
Summe	185.609	33.203	29.899	29.899

Abbildung 87: Beispiel für Kostenzusammenstellung (Angaben in €/Jahr, x = Jahr der Systeminstallation).

10.5 Kostenaspekte

Es ist wesentlich, die verschiedenen Kostenstellen für Investition, laufenden Betrieb und Reinvestition zu kennen, um eine realistische Schätzung der Gesamtkosten zu erhalten. Kosten treten in Abhängigkeit von Art des Projekts in folgenden Bereichen auf (vgl. Abbildung 87):

- *Projektmanagement:* Zu den Kosten im Bereich des Projektmanagements zählen die Kosten für interne und externe Projektmitarbeiter, für anfallende Beratungs-, Koordinierungs-, Kontroll- und Leitungsaufgaben. Mit einzurechnen sind ebenfalls Kosten für die Durchführung der Qualitätskontrolle installierter GIS-Anwendungen.
- *Hardwarekomponenten:* Dazu zählen GIS-Arbeitsplätze einschließlich der nötigen Peripheriegeräte, Server-Rechner, Ausgabegeräte einschließlich Installation.
- *Softwarekomponenten:* Es fallen Kosten für Betriebssystem, GIS-Basisystem, Datenhaltungssystem, Anwendungspakete, notwenige Modifikationen und Datenkonvertierungsprogramme an.
- *Kommunikationskomponenten:* Hier sind Kosten für Übertragungsmedien, Installation und Netzwerksoftware zu erwarten.
- *Hardware und ihre Wartung:* Die Hardwarewartung beinhaltet die Sicherstellung der Hardwarefunktionalität durch turnusmäßige Überholung der Anlage bzw. kurzfristige

10.6 Kosten-Nutzen-Analyse

Reparatur sowie Ersatz gestörter Bauteile. Die Kosten eines solchen Wartungsvertrags betragen je nach Leistungsumfang 5 % bis 20 % der Anschaffungskosten pro Jahr. Dabei kann die zugesagte Reaktionszeit zwischen Anwenderanfrage und Herstellerunterstützung deutliche Kostenunterschiede verursachen.

- *Softwarepflege*: Diese umfasst, je nach vertraglicher Regelung, die Bereitstellung von Korrekturen (bug fixes) oder Weiterentwicklungen der gelieferten Software sowie die Aktualisierung der Dokumentation. Die Kosten eines solchen Wartungsvertrages umfassen etwa 18 – 20% der Lizenzkosten pro Jahr. Zumeist ist telefonische Unterstützung (Hotline) inbegriffen.
- *Systembetrieb*: Neben Pflege- und Wartungskosten entstehen Kosten für Systembetreuung, Anwenderunterstützung, Installation neuer Versionen, Energie und Verbrauchsmaterialien wie Plotterpapier.
- *Ersterfassung*: Je nach Art der Datenersterfassung können folgende Kostenkomponenten auftreten:
 - Ausschreibung,
 - Prüfung und Strukturierung der Erfassungsunterlagen,
 - Durchführungsplanung,
 - Gerätebeschaffung,
 - Übernahme digitaler Daten,
 - Arbeitsvorbereitung (wie Zusammenstellung von Unterlagen, Vorkartierung, ...) und Datenerfassung (Vor-Ort-Erhebung und Einmessung einschließlich der benötigten Sachmittel und Unterlagen),
 - Qualitätskontrolle der erfassten Daten und Abnahme.
- *Fortführung*: Hier ist mit ähnlichen Kostenkomponenten wie bei der Ersterfassung zu rechnen. Laut AdV (2010) werden für die Bereitstellung aktualisierter Geobasisdaten pro Jahr 18 % der für die erstmalige Bereitstellung der Geobasisdaten geltenden Gebühren erhoben.
- *Ausbildung*: Schulungsbedarf wird sich kontinuierlich entsprechend den für die einzelnen Zielgruppen geplanten Ausbildungsvorhaben ergeben.

Einheitliche Empfehlungen zur Gebührenerhebung für standardisierte Ausgaben von Geobasisdaten aus den Produktbereichen AFIS®, ALKIS® und ATKIS® legte die AdV vor (AdV 2000b). Ausgerichtet am Bedarf der Geodateninfrastruktur in Europa (INSPIRE) und Deutschland (GDI-DE) bieten sie eine Grundlage für Kostenschätzung für die Datenbereitstellung und über Web-Services.

10.6 Kosten-Nutzen-Analyse

Unter Wirtschaftlichkeitsberechnung wird nachfolgend die Gegenüberstellung von Aufwand und Nutzen des DV-Vorhabens angesehen. Ziel ist es, eine Empfehlung für die grundsätzliche Entscheidung auszusprechen (DVGW 1990:10).

Bei den Methoden zur Durchführung der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden statische und dynamische Verfahren unterschieden (GRUPP 1988). Mit statischen Verfahren wird die Wirtschaftlichkeit eines Systems für den geplanten Lebenszeitraum einer Investition (Kostenvergleichsrechnung) berechnet. Bei den dynamischen Verfahren der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die gesamten Ausgaben und Einnahmen für den vorgesehenen Lebenszeitraum eines Systems finanzmathematisch aufbereitet und auf einen Bezugszeitpunkt – normalerweise den Zeitpunkt der Systemeinführung – unter Berücksichtigung von Auf- bzw. Abzinsung umgerechnet (LAWA 1993).

Bei dem im nachfolgenden Beispiel angewandten statischen Verfahren wird die Wirtschaftlichkeit des Systems für eine Durchschnittsperiode von 10 Jahren bestimmt. Kürzere Perioden erscheinen bei der GIS-Einführung wenig sinnvoll, da in den ersten Jahren erfahrungsgemäß ein sehr hoher Kapitaleinsatz für die Datenersterfassung benötigt wird und der Nutzen erst nach einer gewissen Anlaufzeit zum Tragen kommt. Dabei ist jedoch ebenfalls zu berücksichtigen, dass die Lebensdauer einer Hardwaregeneration nur ca. 3 bis 5 Jahre beträgt und entsprechend Neubeschaffungen innerhalb der Periode zu tätigen sind.

Der zeitlichen Festlegung der Betrachtungsperiode kommt ebenfalls große Bedeutung zu. Beginnt sie zum Zeitpunkt des Systementscheids, der Systeminstallation oder erst zu Beginn der Erfassungsarbeiten? Derartige Festlegungen können das Ergebnis einer Nutzenbetrachtung stark beeinflussen, sodass zwischen allen Beteiligten Einvernehmen in Bezug auf diesen Zeitpunkt erzielt werden sollte!

In die Kostenvergleichsrechnung werden die vorab bestimmten Kosten und die monetären Ergebnisse der Nutzenanalyse einbezogen.

Die Ergebnisse der Nutzenanalyse können zuvor zusätzlich einer Empfindlichkeitsuntersuchung (Sensitivitätsanalyse) unterzogen werden (BORN 1992, 1994), ähnlich wie in Kap. 11.4 für die Durchführung der Angebotsbewertung beschrieben. So kann z. B. festgestellt werden, wie die Resultate bei unterschiedlichen Annahmen für Kostenansätze oder den Betrachtungszeitraum reagieren.

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung vergleicht nur den Aufwand und Nutzen eines alten und eines neuen Systems (bzw. einer alten und neuen Vorgehensweise). Sie gibt jedoch noch keinen Aufschluss darüber, ob das Verfahren im Verhältnis zum benötigten Kapital sinnvoll eingesetzt ist. Diese Aufgaben werden herkömmlicherweise von einer Rentabilitäts- und Amortisationsrechnung übernommen werden (GRUPP 1988).

10.6 Kosten-Nutzen-Analyse

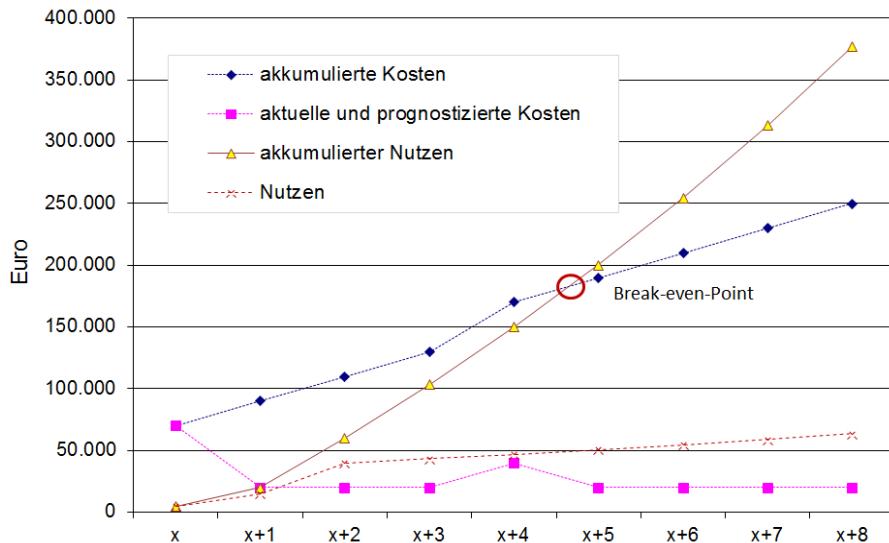


Abbildung 88: Kosten-Nutzen-Vergleich für eine Periode von 9 Jahren (x = Jahr der Systeminstallation).

Die jährliche Wiedergewinnung umfasst neben der Kosteneinsparung auch die Abschreibung der Investition.

Eine Amortisierung der Investitionen im GIS-Bereich ist allerdings erst nach einem längeren Zeitraum zu erwarten, als sie bei sonstigen DV-Projekten gefordert wird (laut GRUPP, 1988: 2 bis 3 Jahre). In Abbildung 88 beispielsweise wird der Break-even-Point nach ca. 6 Jahren erreicht.

11 Systemauswahl

In dieser Projektphase befassen wir uns mit dem, was häufig vordergründig als Schwerpunkt einer Systemeinführung betrachtet wird: der Auswahl der Software- und Hardwarekomponenten. Arbeitsschritte bestehen zunächst darin, Form und Inhalt der Ausschreibung festzulegen, die Ausschreibung durchzuführen, eine Vorauswahl zu treffen und die übrigen Angebote einer detaillierten Bewertung zu unterziehen.

Die Angebotsbewertung ist durch einen Systemtest zu unterstützen. Aufgaben sind zu entwickeln, um damit praktische Erfahrungen mit den angebotenen Systemen zu sammeln. Die gesammelten Ergebnisse fließen in einen Systementscheid mit Vergabevorschlag ein. Aufgrund einer Vergabentscheidung erfolgt die Vertragsgestaltung.

11.1 Übersicht

CORNELIUS et al. (1991) berichten, dass viele Systementscheidungen eher informell getroffen wurden, z. B. durch Kontakt mit Systemanbietern (86 %) oder mit anderen GIS-Nutzern (23 %). Formalere Methoden, wie z. B. Kosten-Nutzen-Analyse, fanden sich eher in den Versorgungsunternehmen. Generell wurde aber ein Trend hin zu einem mehr formalen Auswahlverfahren beobachtet, wie es für diese Projektphase nachfolgend beschrieben wird.

Die Beispiele aus Großbritannien zeigen, dass hinsichtlich Einflussfaktoren und Vorgehensweise bei der Systemauswahl verschiedene Möglichkeiten existieren. Dabei besteht einerseits die Gefahr, zu oberflächlich vorzugehen, gegebenenfalls mit der Folge einer grundsätzlichen Fehlentscheidung. Andererseits kann die Auswahl mit großem Aufwand betrieben werden, mit entsprechenden zeitlichen und auch finanziellen Nachteilen. Die Auswirkungen verschiedener Vorgehensweisen bei der Systemauswahl seien anhand zweier extremer Vorgehenskonzepte unter Kosten und Zeitaspekten näher betrachtet (vgl. KITTENDORF 1994):

1. *Vorschnelle Entscheidung:* Der Systementscheid erfolgt sehr früh, unter Umständen bei Beginn des GIS-Projekts. Das gesamte Projekt wird auf die Funktionalität des ausgewählten Systems ausgerichtet. Arbeitsabläufe müssen sich am System orientieren. Es entsteht eine starke Bindung an einen Systemanbieter, ohne die eigenen Anforderungen zu kennen. Es besteht die Gefahr des unstrukturierten Vorgehens. In den Phasen „Systemeinführung“ und „Systembetrieb“ müssen fehlende Informationen oder nicht geklärte Anforderungen nachgearbeitet werden.
2. *Zu aufwendige Auswahlverfahren:* Eine zu große Anzahl von Systemen wird in die Untersuchung einbezogen. Das Pflichtenheft orientiert sich zu sehr an technischen Details. Sowohl seine Erstellung als auch die Beantwortung vonseiten der

Systemanbieter werden überaus aufwendig und ziehen weiteren Aufwand bei der Angebotsbewertung nach sich. Dies kann in Ausnahmefällen soweit gehen, dass die Angebotserstellung nur gegen Kostenerstattung durchgeführt wird. Auch Systemtests können zu aufwendig werden, mit dem entsprechenden Einsatz an Zeit und Geld für Vorbereitung und Durchführung. Bei allem Bemühen, die richtige Systementscheidung zu treffen, bleibt auch hier ein unbestimmbares Restrisiko.

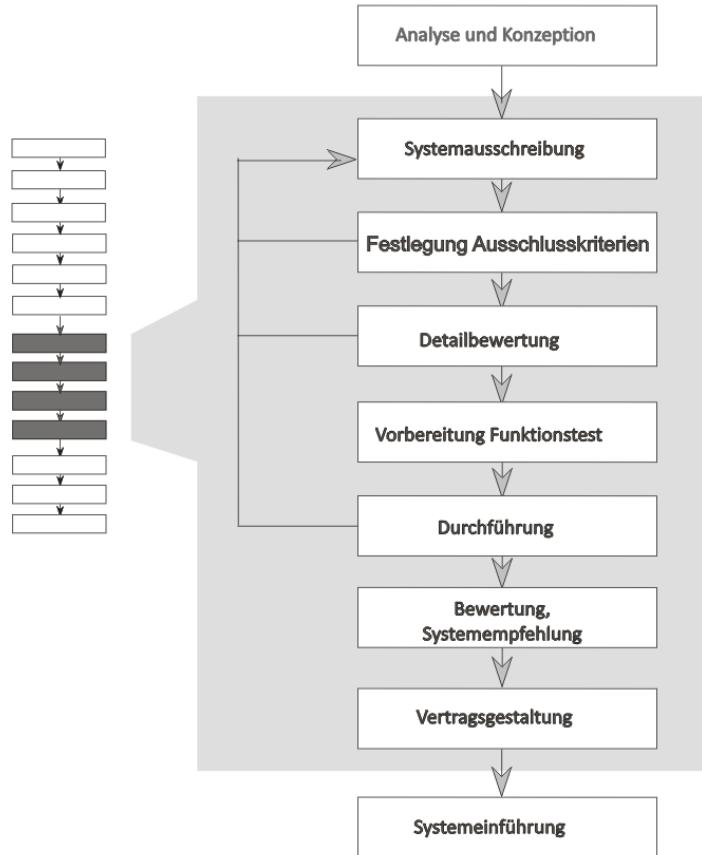


Abbildung 89: Projektschritte im Rahmen der Systemauswahl.

Eine objektive, nachvollziehbare Systemauswahl setzt Sorgfalt bei der Festlegung der einzelnen Projektschritte und der dabei heranzuziehenden Kriterien voraus. Die vielfältigen Aspekte der dabei involvierten Sachgebiete technischer, rechtlicher und kaufmännischer Art stellt auch bei Vermeidung zu aufwendiger Auswahlverfahren große Anforderungen an die mit der Systemauswahl betrauten Mitarbeiter sowie an die benötigte Zeit!

11.1 Übersicht

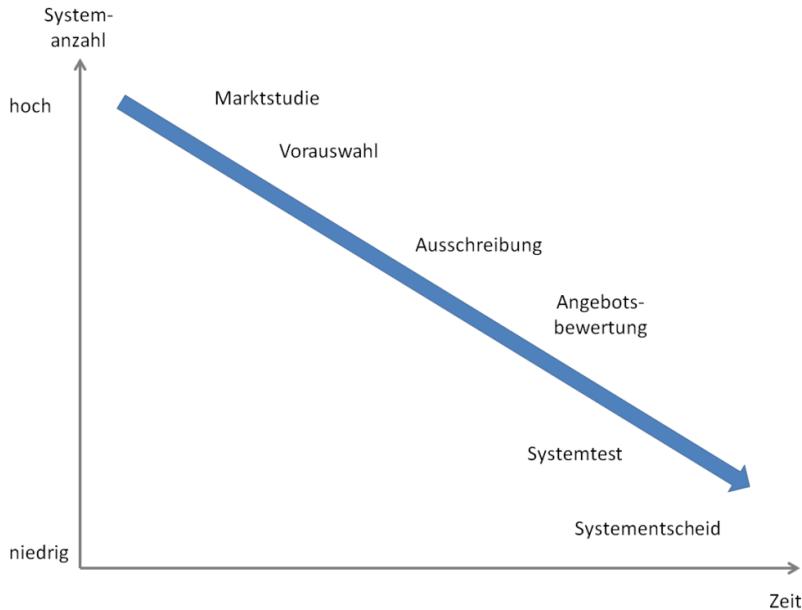


Abbildung 90: Die Systemauswahl muss von der Vielzahl der marktverfügbaren Systeme zu der Auswahl eines Systems führen.

Im Folgenden wird eine Vorgehensweise beschrieben, die sich aus den in Abbildung 89 gezeigten Schritten zusammensetzt. Grundlage dieser Schritte sind die in den vorangegangenen Projektschritten erarbeiteten Ergebnisse der Ist-Erhebung und -Analyse sowie der darauf aufbauenden Konzepte. Wie in Abbildung 89 angedeutet können sich auch bei diesen Projektabschnitten gegenseitige Abhängigkeiten und Möglichkeiten der Rückkopplung ergeben. Dies kann beispielsweise dadurch notwendig werden, dass eine Ausschreibung zu keinem verwertbaren Ergebnis führt. Auch sich ändernde Randbedingungen (beispielsweise eine Kürzung finanzieller Mittel) können eine Änderung der Ausschreibung erfordern. In jedem Fall muss sich die Ausschreibung an den Gegebenheiten der Realität orientieren.

In den nachfolgenden Abschnitten wird vielfach auf die „Unterlagen für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen für die Bundesverwaltung“ (UfAB V) Bezug genommen, die als Empfehlung der Bundesstelle für Informationstechnik (BIT) vorliegen (BMI 2018). Diese richten sich primär an öffentliche Einrichtungen; dennoch wird die Studie dieser mehr als 260 Seiten umfassenden Leitlinie auch für die Projektmitarbeiter in Unternehmen empfohlen.

Ziel des Auswahlverfahrens ist es, aus der Vielzahl marktverfügbarer Systeme zu einem Systemvorschlag als Basis einer Beschaffungsentscheidung zu gelangen (Abbildung 90).

11.2 Ausschreibung

Durch eine Ausschreibung werden GIS-Anbieter aufgefordert, Angebote für Software und zugehörige Dienstleistungen sowie gegebenenfalls Hardware gemäß den in der Ausschreibung genannten Spezifikationen einzureichen.

11.2.1 Begriffliche Festlegung

Im Rahmen dieses Projektabschnitts erfolgt nach außen hin die offizielle Mitteilung, dass ein GI-System mit bestimmten Eigenschaften und Komponenten beschafft werden soll. Die für diese Mitteilung verwendeten Begriffe sind leider nicht einheitlich; so wird teilweise von „Ausschreibungsunterlagen“ gesprochen, von „Verdingungsunterlagen“, „Leistungsbeschreibung“ oder nur von „Pflichtenheft“¹⁰¹.

In manchen Fällen wird auch zwischen Pflichtenheft und Feinpflichtenheft unterschieden (ZIMMER 1994). Das (Grund-)Pflichtenheft ist Bestandteil der Ausschreibung. Häufig werden jedoch genaue Ausführungsfestlegungen erst nach Angebotsabgabe und Systementscheid im Rahmen der Auftragsvergabe in Form eines Feinpflichtenhefts festgelegt. *Keinesfalls sollte man sich jedoch hinsichtlich der Kosten auf die Erstellung eines Feinpflichtenhefts nach Auftragserteilung vertrösten lassen!*

In den folgenden Abschnitten umfasst der Terminus „Ausschreibung“ die zur Ankündigung der geplanten Systembeschaffung notwendigen Schritte. Wesentlich ist der Ausschreibungstext, der ein allgemeines Dokument (Kap. 11.2.4) sowie ein eher technisch orientiertes Dokument – das Pflichtenheft (Kap. 11.3) – umfasst.

11.2.2 Formen

Allgemeine Grundsätze für die Ausschreibung und Vergabe von Leistungen finden sich in der Vergabe- und Vertragsordnung für Leistungen (VOL). Die dort getroffenen Vorgaben sind für die Ausschreibung und Vergabe im öffentlichen Dienst bindend, können jedoch auch einen Orientierungsrahmen für andere Organisationen darstellen¹⁰². Es lassen sich drei Formen der Ausschreibung und Vergabe unterscheiden:

- *Öffentliche Ausschreibung:* Die Ausschreibung richtet sich nach öffentlicher Aufforderung an eine unbeschränkte Anzahl von Unternehmen. Alle Unternehmen,

¹⁰¹ „Pflichtenheft“ ist laut Gabler Wirtschaftslexikon die „schriftliche Unterlage, die alle technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Einzelheiten einer Ausschreibung enthält.“ <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/57740/pflichtenheft-v8.html> [2013-10-18]

¹⁰² Vgl. dazu <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Wirtschaft/Wettbewerbspolitik/oeffentliche-auftraege,did=190876.html>. Varianten der Ausschreibung in der Privatwirtschaft sind bei Wikipedia aufgeführt (http://de.wikipedia.org/wiki/Ausschreibung#Varianten_der_Ausschreibung_in_der_Privatwirtschaft).

11.2 Ausschreibung

die die gewünschten Leistungen anbieten, können Angebote abgeben. Der öffentliche Auftraggeber gibt die Ausschreibungen über spezielle Ausschreibungsmedien bekannt. Öffentliche Ausschreibung muss stattfinden, soweit nicht die Natur des Geschäfts oder besondere Umstände eine Ausnahme rechtfertigen (siehe § 3 der VOB/A und VOL/A sowie § 101 GWB).

- **Beschränkte Ausschreibung:** Eine beschränkte Anzahl von Unternehmen wird zur Einreichung von Angeboten aufgefordert, wenn (laut VOL § 3) „die Leistung nach ihrer Eigenart nur von einem beschränkten Kreis von Unternehmen in geeigneter Weise ausgeführt werden kann, besonders wenn außergewöhnliche Fachkunde oder Leistungsfähigkeit oder Zuverlässigkeit erforderlich ist.“
- **Freihändige Vergabe:** Die Leistungen werden ohne ein förmliches Verfahren vergeben.

Der beschränkten Ausschreibung unter freihändiger Vergabe soll nach VOL § 3 eine öffentliche Aufforderung vorangehen, sich um die Teilnahme zu bewerben (Teilnahmewettbewerb). Die notwendigen Leistungen können nur von einem beschränkten Kreis von Unternehmen in geeigneter Weise ausgeführt werden.

Das Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) unterscheidet zwischen offenen Verfahren, nicht offenen Verfahren, Verhandlungsverfahren und den wettbewerblichen Dialog. Die beiden ersten entsprechen der öffentlichen bzw. beschränkten Ausschreibung nach VOL. In Verhandlungsverfahren wendet sich der Auftraggeber mit oder ohne vorherige öffentliche Aufforderung zur Teilnahme an ausgewählte Unternehmen, um mit einem oder mehreren über die Auftragsbedingungen zu verhandeln (GWB § 101). Der wettbewerbliche Dialog ist ein Verfahren zur Vergabe besonders komplexer Aufträge bestimmter öffentlicher Auftraggeber (GWB § 98) mit Aufforderung zur Teilnahme und anschließend Verhandlungen mit ausgewählten Unternehmen über alle Einzelheiten des Auftrags.

Für den öffentlichen Bereich müssen Aufträge, deren geschätzter Auftragswert bestimmte Grenzen überschreitet¹⁰³, sogar EU-weit ausgeschrieben werden. Dabei handelt es sich um eine Größenordnung, die bei Installation und Adaption von GI-Systemen, Anwendungsentwicklung oder auch GIS-Webservern erreicht werden können. Es geht in der Ausschreibung ja um alle dafür benötigten Softwarekomponenten wie Datenhaltungssystem, Konvertierungsprogramme, Fachanwendungen sowie die notwendigen Dienstleistungen.

¹⁰³ Die Schwellenwerte werden immer wieder durch die EU-Kommission angepasst. Eine Übersicht dazu findet sich unter http://ec.europa.eu/internal_market/publicprocurement/rules/current/-index_de.htm#guidelines sowie unter <http://www.service-bw.de/zfinder-bw-web/lifesituations.do;?lid=1323480&lid=0>. In 2013 lagen diese bei 412.000 € (Trinkwasser-, Energieversorgungs- und Verkehrsbereich) bzw. bei 206.000 € (für alle anderen Liefer- und Dienstleistungsaufträge).

Die Bekanntmachung des Teilnahmewettbewerbes erfolgt im *Supplement zum Amtsblatt der Europäischen Union* beziehungsweise im TED (Tenders Electronic Daily), der entsprechenden Onlineversion¹⁰⁴, und umfasst unter anderem

- Angaben zum Auftraggeber (Name, Adressen und Kontaktstelle(n)),
- Angaben zum Auftragsgegenstand (Beschreibung, Bezeichnung, Art des Auftrags, Gesamtmenge bzw. -umfang, ...),
- rechtliche, wirtschaftliche, finanzielle und technische Angaben (u. a. Angaben zur geforderten technischen Leistungsfähigkeit),
- Angaben zum Verfahren (zur Verfahrensart, zu Art und Menge der zu liefernden Waren, Schlusstermin für den Eingang der Angebote oder Teilnahmeanträge, Sprache, Bindefrist, Kriterien, die bei der Auftragserteilung angewandt werden).

Bei nicht EU-weiten Ausschreibungen kann die Ausschreibung durch Tageszeitungen, amtliche Veröffentlichungsblätter oder Fachzeitschriften bekannt gemacht werden. Dabei ist das Medium, in dem die Ausschreibung erfolgt, sorgfältig auszuwählen; so kann z. B. die Anzahl der GIS-Anbieter, die den Staatsanzeiger eines Bundeslandes lesen, vergleichsweise gering sein.

Angaben zur technischen Leistungsfähigkeit dienen der Beurteilung der vom Unternehmer zu erfüllenden wirtschaftlichen und technischen Mindestbedingungen (notwendige Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit, vgl. BESCHAFFUNGSAKT DES BUNDESMINISTERIUMS DES INNERN, 2010, S. 36). Beispielsweise sind dies aktuelle Referenzen in ähnlichen IT-Projekten, Angaben zur Gesamtzahl der Mitarbeiter, die für derartige Projekte zur Verfügung stehen, Angaben über besondere Leistungen im GI-Bereich, Erklärung über den Gesamtumsatz des Unternehmens sowie den Umsatz bezüglich der für das Projekt relevanten Leistungsart.

Nach Abschluss des Teilnahmewettbewerbs erfolgt anhand der mit dem Teilnahmeantrag vorgelegten Unterlagen eine Vorauswahl. Die aufgrund ihrer Fachkenntnis, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit ausgewählten Bewerber werden zur Angebotsabgabe im Rahmen der nunmehr beschränkt durchgeföhrten Ausschreibung aufgefordert.

Bei einer *beschränkten Ausschreibung* ohne vorherigen Teilnahmewettbewerb ist darauf zu achten, wesentliche Anbieter auf dem GIS-Markt, bei denen eine Erfüllung der Anforderungen zu erwarten ist, zur Abgabe eines Angebots aufzufordern.

Die Form der beschränkten Ausschreibung mit oder ohne vorherigen Teilnahmewettbewerb ist aus zwei Gründen im GIS-Bereich besonders zu empfehlen:

¹⁰⁴ <http://ted.europa.eu/TED/main/HomePage.do>

11.2 Ausschreibung

1. Die Leistung kann von ihrer Eigenart her nur von einem beschränkten Kreis von Anbietern in geeigneter Weise ausgeführt werden, da sie außergewöhnliche Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit erfordert.
2. Eine öffentliche Ausschreibung mit großer Teilnehmerzahl bedeutet für die ausschreibende Stelle und die Bewerber einen hohen Aufwand, der in keinem Verhältnis zu dem erreichbaren Nutzen stehen wird.

11.2.3 Anzahl der Bieter

Bei einer beschränkten Ausschreibung darf nicht außer Acht gelassen werden, dass eine zu geringe Anzahl von Teilnehmern die weitere Systemauswahl stark einschränken kann. Folgende Gründe können dazu führen:

1. Anbieter sehen sich außer Stande, zu diesem Zeitpunkt und innerhalb der geforderten Frist ein passendes System anzubieten.
2. Einzelne Angebote werden ausgeschieden, da sie nicht fristgerecht abgegeben wurden oder formalen Kriterien nicht genügen.
3. Nach einem Systemtest müssen einzelne Systeme wegen unzureichender Erfüllung der Anforderungen ausgeschieden werden.

Es sollten also mehrere – im Allgemeinen vier bis sechs – Unternehmen zur Angebotsabgabe aufgefordert werden. Ihre Auswahl erfolgt aufgrund einer *Vorauswahl*, etwa aufgrund einer Marktübersicht unter Anwendung *anbieter- bzw. produktbezogener Kriterien*:

- Einschätzung am Markt (Prestige, Zukunftssicherheit, Marktpräsenz),
- Bedeutung von GIS innerhalb des anbietenden Unternehmens,
- Anzahl der Systeminstallationen,
- regionale Verteilung der Installationen,
- Verfügbarkeit regionaler Anwendergruppen,
- Anzahl und regionale Verteilung von Vertriebspartnern,
- Systemgeschichte und zu erwartende Weiterentwicklung.

11.2.4 Inhaltliche Gliederung

Die Gliederung der Ausschreibung kann sich an den Vorgaben Unterlage für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen (UfAB V) (BMI 2018, siehe auch Textbox 12) orientieren, die sich insbesondere an den öffentlichen Dienst richten:

- *Einleitung:* Die Einleitung stellt die Organisation vor und beschreibt die allgemeinen Projektziele:

Teil	Gliederungspunkt
1. Anschreiben	
2. Bewerbungsbedingungen	
2.1	Festlegungen zum Ablauf des Vergabeverfahrens
2.2	Hinweise zur Angebotserstellung
2.3	Hinweise und Unterlagen zur Angebotsprüfung und -bewertung
2.4	Abschließende Liste aller verlangten Nachweise und Erklärungen
2.5	Anlagen zu den Bewerbungsbedingungen
2.5.1	Anlagen, die auszufüllen sind und Vertragsbestandteil werden
2.5.2	Anlagen, die auszufüllen sind und nicht Vertragsbestandteil werden
2.5.3	Sonstige Anlagen
3. Vertragsunterlagen	
3.1	Vertragsentwurf (z. B. vorausgefülltes EVB-IT Vertragsformular)
3.2	Anlagen zum Vertrag
3.2.1	Leistungsbeschreibung
3.2.2	Vertragsbedingungen (z. B. EVB-IT, BVB, VOL/B)
3.2.3	Sonstige Anlagen

Textbox 12: Übersicht zur Strukturierung der Vergabeunterlagen gemäß Unterlage für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen (UfAB V) (BMI 2010), vgl. auch Tabelle 17.

„Das Unternehmen ... plant gemeinsam mit ... die Einführung eines Geoinformationssystems (GIS). Wesentliche Aufgaben des Systems sind: ...“

- *Allgemeine Hinweise für die Anbieter:* Zu den allgemeinen Hinweisen zählen
 - Ansprechpartner,
 - Angebotsfrist:

„Das Angebot ist verschlossen in zwei Exemplaren rechtsverbindlich unterschrieben durch Post oder Boten bei ... bis zum ..., 12.00 Uhr einzuliefern und muss den folgenden Vermerk tragen: „Angebot zur Ausschreibung GIS!.“

Für die Bearbeitung und Abgabe der Angebote sind ausreichende Fristen vorzusehen. Ähnliches gilt für die Vorbereitung eines Systemtests.

- *Hinweise zur Bearbeitung des Angebots:* Um eine rationelle Auswertung der Angebote zu ermöglichen, ist bereits im Ausschreibungstext der Aufbau des Angebotes vorzugeben. (Im anderen Fall werden die Angebote in der Regel hinsichtlich Umfang, Inhalt und Gliederung sehr unterschiedlich ausfallen.) Daraus resultieren ein erheblicher Mehraufwand bei der Bearbeitung sowie eine erschwerte

11.2 Ausschreibung

Vergleichbarkeit der Angebote. Beispielsweise können folgende Gliederungsvorgaben für das Angebot vorgegeben werden:

- Anschreiben des Bieters (eventuell gemäß beigefügtem Angebotsvordruck oder Tabellenkalkulationsdatei),
- Anbieterdarstellung (Organisationsstruktur, Standorte, Unternehmenskennzahlen, Benutzerorganisation, Leistungen im GI-Umfeld, ...),
- Bearbeitung (Angebotserstellung gemäß Numerierung des Pflichtenhefts, sodass das Angebot strukturell dem Pflichtenheft entspricht).
- *Weitere Vorgaben:* Dazu zählen:
 - Vorgaben in Bezug auf Angebotsgemeinschaften und Ansprechpartner,
 - Hinweis auf Vertraulichkeit der Ausschreibung,
 - Hinweise auf Gesetze, Normen und technische Regeln,
 - vorgesehene Abnahmeprozedur,
 - Bereitstellungstermin nach Auftragserteilung, Installationsort,
 - Zahlungsbedingungen.
- *Anwendungsumgebung:* Organisatorische und örtliche Gegebenheiten, Benutzerzahlen, Art und Häufigkeit der durchzuführenden Aufgaben sowie vorhandene informationstechnische Infrastruktur und sonstige Rahmenbedingungen werden beschrieben.
- *Mengengerüst:* Die Angaben des Mengengerüsts sollen dem Anbieter Anhaltspunkte für die Auslegung des von ihm angebotenen Systems bieten. Auf seine dokumentierte, nachvollziehbare Festlegung von Systemparametern (Anzahl der Server, Prozessortyp, Taktrate, Größe von Cache, Haupt- und Massenspeicher, ...) ist besonders bei unternehmenskritischen GIS-Applikationen Wert zu legen.
- *Pflichtenheft:* Das Pflichtenheft ist wesentlicher Bestandteil der Systemausschreibung. Der Inhalt des Pflichtenhefts ergibt sich aus den vorangegangenen Projektphasen und umfasst sowohl Anforderungen an die Hardware als auch an die Software. Aufgrund der Bedeutung dieses Dokuments erfolgt eine detaillierte Behandlung in Kap. 11.3.
- *Vertragsbedingungen:* Als Vertragsgrundlage können in vielen Fällen Verträge auf der Grundlage der Ergänzenden Vertragsbedingungen für die Beschaffung von Informationstechnik (EVB-IT) sowie der Besonderen Vertragsbedingungen für die Beschaffung von DV-Anlagen und Geräten (BVB) in der jeweils gültigen Ausgabe herangezogen werden (Tabelle 17). Die Ergänzenden Vertragsbedingungen für die Beschaffung von Informationstechnik (EVB-IT) lösen die BVB teilweise ab. Auf der EVB-IT-Website¹⁰⁵ werden die Vertragsbedingungen sowie Musterverträge in verschiedenen Formaten zum Download angeboten. Somit stehen rasch direkt

¹⁰⁵ http://www.cio.bund.de/DE/IT-Beschaffung/EVB-IT-und-BVB/Aktuelle_EVB-IT/aktuelle_evb_it_node.html [2013-12-02].

anwendbare und ausfüllbare Vertragsdokumente zur Verfügung. Weitere neue Vertragsbedingungen sind zu erwarten.

Ergänzende Vertragsbedingungen für die Lieferung eines IT-Systems (EVB-IT Systemlieferung)

Ergänzende Vertragsbedingungen für die Erstellung eines Gesamtsystems (EVB-IT System-AGB)

Ergänzende Vertragsbedingungen für den Kauf von Hardware (EVB-IT Kauf)

Ergänzende Vertragsbedingungen für die Beschaffung von IT-Dienstleistungen (EVB-IT Dienstleistung)

Ergänzende Vertragsbedingungen für die zeitlich unbefristete Überlassung von Standardsoftware gegen Einmalvergütung (EVB-IT Überlassung Typ A)

Ergänzende Vertragsbedingungen für die zeitlich befristete Überlassung von Standardsoftware (EVB-IT Überlassung Typ B)

Ergänzende Vertragsbedingungen für die Instandhaltung von Hardware (EVB-IT Instandhaltung)

Ergänzende Vertragsbedingungen für die Pflege von Standardsoftware (EVB-IT Pflege S)

Besondere Vertragsbedingungen für die Miete von EDV-Anlagen und .Geräten (BVB-Miete)

Besondere Vertragsbedingungen für die Planung von DV-gestützten Verfahren (BVB-Planung)

Verdingungsordnung für Leistungen, Teil A (VOL/A)

VOL Teil B Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Leistungen (VOL/B)

Tabelle 17: Vertragsbedingungen nach EBV-IT, BVB und VOL^{106,107}

Die in der Ausschreibung formulierten Anforderungen und das Angebot werden im Allgemeinen ebenfalls in den Vertrag mit aufgenommen werden. Zusätzliche Vertragsbedingungen für die Ausführung von Leistungen (ZVB) können vereinbart werden.

- *Aufforderung zum Systemtest:* Grundsätzlich sollte die Systemauswahl einen Systemtest beinhalten (Kap. 11.5).

„Der Bieter hat bei Bedarf der ausschreibenden Stelle einen kostenfreien Systemtest der angebotenen Konfiguration zu ermöglichen. ... Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit wird dem Bieter eine Liste geforderter Funktionen drei Tage vor Systemtest zugeschickt.“

¹⁰⁶ <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Gesetz/verdingungsordnung-fuer-leistungen-vol-a-2009,-property=-pdf,-bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> [2013-01-28]

¹⁰⁷ <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Gesetz/allgemeine-vertragsbedingungen-fuer-die-ausfuehrung-von-leistungen,-property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> [2013-09-13]

11.3 Pflichtenheft

- **Kostenzusammenstellung:** Neben Beschaffungskosten und ggf. Leasingkosten sind explizit die Kosten für Wartung und Support zu fordern. Da vereinzelt Hersteller gezielt die Vergleichbarkeit vermeiden, empfiehlt es sich, klare Vorgaben für den geforderten Aufbau der Kostenzusammenstellung in das Dokument aufzunehmen.
- **Terminvorgaben:** Dazu zählen u. a. Gültigkeitsfrist des Angebots und Terminangaben zur Verfügbarkeit des Systems nach Auftragserteilung.

Es ist empfehlenswert, gegenüber dem Bieter die Wichtigkeit der Einhaltung der formalen Anforderungen zu betonen. Dieser sollte dies seinerseits vor Abgabe seines Angebots sorgfältig prüfen. Wird eine solche Anforderung nicht vollständig bearbeitet oder erfüllt, kann auch eine weniger bedeutsame Anforderung zu einem Ausschluss des Angebots führen.

11.3 Pflichtenheft

11.3.1 Bedeutung

Dem Pflichtenheft kommt vielfältige Bedeutung zu: Es ist Teil der Ausschreibungsunterlagen, dient als Vorlage für die Strukturierung der Angebote und bildet die Grundlage des Kriterienkatalogs für Systemtest und Angebotsbewertung. Nach der Systementscheidung wird es Grundlage für den Vertragsabschluss, Teil des Vertrags oder der Spezifikation für einen Werkvertrag sein. Ein wesentlicher Zweck besteht auch darin, Konflikte und Missverständnisse zwischen Auftraggeber und Anbieter zu vermeiden.

Das (Grund-)Pflichtenheft ist Bestandteil der Ausschreibung und kann – sofern keine Angebotsvarianten zugelassen werden – als klare Vorgabe für das abzugebende Angebot bzw. für die bei Auftragserteilung zu erbringende Leistung angesehen werden.

Nach dem Systementscheid ist bei den Ausführungsentscheidungen darauf zu achten, dass auf Seite des Auftraggebers von ursprünglichen Anforderungen und auf Seite des Auftragnehmers von ursprünglich genannten Kosten nicht abgewichen wird. Jede Abweichung wird als Änderung (*change request*) von beiden Vertragspartnern hinsichtlich der damit verbundenen Aufwände (aufwandsneutral oder aufwandsverhörend, in seltenen Fällen mindernd) bewertet und als Ergänzung in das Pflichtenheft aufgenommen. Das Pflichtenheft hat somit auch die Aufgabe, die Kosten überschaubar und begrenzt zu halten. Gegebenenfalls ist der Projektplan anzupassen.

11.3.2 Inhalt

Das Pflichtenheft stellt eine vollständige und detaillierte Beschreibung aller geforderten Funktionen und Leistungen des zu beschaffenden oder zu entwickelnden GI-Systems dar. Der Systementwurf und die geplante Technologie sind darin *aus Anwendersicht* zu dokumentieren.

Der Inhalt des Pflichtenhefts ergibt sich aus den vorangegangenen Projektschritten und Untersuchungen und umfasst u. a. Anforderungen an Software, Datenmodell, Datenhaltungssystem und Kommunikationseinrichtungen. Es werden die Leistungen beschrieben, die der Auftragnehmer zur mangelfreien Abnahme erbringen muss: neben der vollständigen Soft- und Hardware auch sämtliche Nebenleistungen wie Systeminstallation und Schulung.

1. Einleitung
2. IT-Konzept
3. Systemsoftware
4. Datenhaltungssystem
5. GIS-Anwendungssoftware
6. Schnittstellen zu bestehenden und geplanten Anwendungen
7. Entwicklungsumgebung
8. Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems
9. Ergonomie
10. Datenschutz und Datensicherheit
11. Schulung
12. Wartung
13. Softwarepflege

Abbildung 91: Beispiel für die Gliederung eines Pflichtenhefts.

Dabei kann zwischen Ausschlusskriterien (A-Kriterien) und Bewertungskriterien (B-Kriterien) unterschieden werden. Ausschlusskriterien sind für die ausschreibende Stelle unverzichtbare Minimalforderungen für die Vergabe der Leistung. Bei Nichterfüllung auch nur eines A-Kriteriums wird das Angebot von der weiteren Wertung ausgeschlossen, da es nicht mehr als wirtschaftlichstes Angebot in Betracht kommen kann (BMI 2018, S. 283). B-Kriterien werden so definiert, dass ein Anbieter eine differenzierte Angabe geben kann und somit eine differenzierte Bewertung möglich wird. Einige mögliche A-Kriterien sind nachfolgend aufgeführt:

- Auf der Grundlage des Pflichtenhefts können weitere Kriterien formuliert werden, deren Nichteinhaltung zur Aussoneration eines Angebots führen:
- Spezifisches Lizenzmodell (wie Open Source-Lösung)¹⁰⁸,
- Betriebssystem,
- objektrelationales Datenbanksystem für Geodaten,

¹⁰⁸ Im IT-Rahmenkonzept des Bundes wird beispielsweise die Nutzung von Open Source-Lösungen und offenen Standards empfohlen, siehe http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Bundesbeauftragte-fuer-Informationstechnik/konzept_it_steuierung_bund_download.pdf?__blob=publicationFile [2013-09-13].

11.3 Pflichtenheft

- Mindestanzahl einsatzfähiger Anwendungspakete,
- Integration und Kopplung mit anderen Verfahren,
- Unterstützung von Schnittstellen sowie von OGC- Standards und ISO-Normen,
- Übernahme von Geobasisdaten einschließlich Fortführung,
- Mehrbenutzerfähigkeit,
- Benutzerführung und Handbücher in deutscher Sprache.

Gibt es bei einem Kriterium sowohl eine Minimalanforderung (also ein Ausschlusskriterium) als auch über die Minimalanforderung hinausgehende zu bewertende Faktoren, so wird, wie in Abbildung 92, zunächst ein Ausschlusskriterium definiert. Die tatsächliche Leistung wird über ein B-Kriterium abgefragt und bewertet.

A5.1	Unterstützt das angebotene System die Spezifikation „OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation“?
B5.1	Welche Version des WMS-Standards wird unterstützt?
B5.2	Wird dabei die optionale GetFeatureInfo-Operation unterstützt?
B5.3	Wird dabei die OpenGIS Styled Layer Descriptor (SLD) Implementation Specification unterstützt?

Abbildung 92: Beispiel für die Kombination von A- und B-Kriterien.

UfAB V (BMI 2018, S. 95) empfiehlt, alle A-Kriterien jeweils vor B-Kriterien aufzuführen und sie in einer gesonderten Liste zusammenzufassen und vom Bieter unterschreiben zu lassen.

Im öffentlichen Bereich sind die Gewichte der Angebotsbewertung bereits als Teil des Pflichtenheftes dem Bieter mitzuteilen.

Abbildung 91 zeigt beispielhaft die Gliederung eines Pflichtenhefts. Bei der Erstellung sind folgende Punkte zu beachten:

- **Verständlichkeit:** Die Leistungsbeschreibung ist eindeutig und so detailliert zu halten, dass alle Anbieter die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen und die Angebote miteinander vergleichbar werden (vgl. Tabelle 18 auf Seite 261). Bei der Beschreibung der Leistung ist darauf zu achten, allgemein gebräuchliche Bezeichnungen anzuwenden und nicht Begriffe oder technische Merkmale, die mit bestimmten Systemanbietern in Beziehung gebracht werden können.

Eine ordnungsgemäße Leistungsbeschreibung und klare Definition des Leistungsumfangs ist nicht nur für die ausschreibende Stelle, sondern auch für den Anbieter wichtig!

- *Detaillierungsgrad:* Nach Möglichkeit sind die geforderten Anwendungen und Funktionalitäten so genau zu beschreiben, dass auch der Aufwand für Anpassungsarbeiten durch den Anbieter kalkulierbar wird. Gegebenenfalls muss die erforderliche genaue Spezifikation nach dem Entscheid für einen Anbieter mit ihm gemeinsam detailliert festgeschrieben werden, auch wenn dafür bereits Kosten anfallen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, einen Kostenrahmen (geschätzter Preis mit festgelegter Schwankungsbreite) zu fordern. Nur so kann der Auftraggeber, der zumeist aus einem Mangel an system- und anwendungsspezifischen Wissen heraus den Anpassungsaufwand nicht abschätzen kann, das diesbezügliche Risiko in den Griff bekommen.
- *Vermeidung technischer Details:* Die Technik der Informationsverarbeitung gewinnt zunehmend an Komplexität, und gerade bei der Einführung eines Informationssystems werden eine Vielzahl unterschiedlicher Themenbereiche berührt. Es ist deshalb zu vermeiden, bei der Erstellung des Ausschreibungstextes in eine DV-technische oder produktorientierte Aufzählung von Anforderungen zu verfallen; vielmehr sollte man bemüht sein, von einer *aufgabenbezogenen Betrachtung* auszugehen. *Es ist Sache des Anbieters, Komponenten so zusammenzustellen, dass eine wirksame Unterstützung der beschriebenen Aufgaben gewährleistet ist.*

11.4 Angebotsbewertung

Die Bewertung der eingereichten Angebote stellt einen Entscheidungsprozess dar, der im Anschluss an die Ausschreibung durchlaufen wird. Hierzu wird als unternehmensinternes Dokument ein Kriterienkatalog entwickelt, der auf dem Pflichtenheft basiert und die Grundlage für die Angebotsanalyse und -bewertung darstellt.

Diese Projektphase ist ein Verfahrensschritt, der viele Ansatzpunkte für unkontrollierte und subjektive Einflüsse bietet. Durch die Festlegung eines methodischen Vorgehens wird versucht, eine objektivierbare, nachvollziehbare Entscheidung zu erreichen.

Die Methodik allein ist jedoch noch nicht ausreichend. Eine objektive, nachvollziehbare Systemauswahl setzt Sorgfalt bei der Festlegung der heranzuziehenden Bewertungskriterien voraus. Ebenso ist der Wille zur Objektivität unabdingbare Voraussetzung – es gibt auch Systementscheidungen, die sich an subjektiven Empfindungen und nicht an festgelegten Kriterien orientieren.

Die Projektgruppe eines Unternehmens führt nach der Angebotsbewertung mit drei Anbietern Systemtests durch, die nur bei einem Hersteller zufriedenstellend verlaufen. Beim intern favorisierten Anbieter jedoch muss der Test aufgrund unzureichender Leistungen beinahe abgebrochen werden. In Abweichung vom Vorgehenskonzept wird ein Wiederholungstermin vereinbart, bei dem akzeptable Ergebnisse erzielt werden. Der dritte Anbieter erreicht über die Geschäftsleitung ebenfalls eine Wiederholung. Der favorisierte Anbieter erhält schließlich den Zuschlag; der ursprünglich leistungsbeste Anbieter geht leer aus.

11.4 Angebotsbewertung

Die vielfältigen Aspekte der dabei involvierten Sachgebiete (Anwendungskenntnis, Software, GIS-Anwendungen, Datenbankdesign, Hardware, Vernetzung) stellen wiederum große Anforderungen an die mit der Systemauswahl betrauten Mitarbeiter.

11.4.1 Anwendung von Ausschlusskriterien

In Abhängigkeit von der Anzahl der vorliegenden Angebote kann eine Vorauswahl auf der Grundlage bestimmter, nichtdiskriminierender Bewertungskriterien erfolgen¹⁰⁹. In Abstimmung zwischen den Mitarbeitern der Projektgruppe sind mehrere Stufen denkbar (vgl. § 25 VOL/A):

- *Anwendung formaler und inhaltlicher Kriterien*: Nach Angebotseröffnung werden die Angebote dahingehend untersucht, ob einzelne Angebote von einer detaillierten Bewertung ausgeschlossen werden müssen, da sie formalen oder inhaltlichen Kriterien nicht genügen. Hierzu sind entsprechende Kriterien festzulegen (z. B. Form und Inhalt des Angebots, Einhaltung der Angebotsfrist, Zusage eines Systemtests, ...).
- *Anwendung technischer und fachlicher Kriterien (A-Kriterien)*;
- *Anwendung wirtschaftlicher Kriterien*: Ein Angebot kann vorab ausgeschieden werden, wenn die genannten Kosten die der übrigen Angebote bzw. die eigenen Schätzungen weit unter- oder übersteigen.¹¹⁰

Nach Anwendung der gemeinsam definierten Ausschlusskriterien sollten nicht mehr als fünf Angebote in die engere Wahl gezogen werden.

*[Es] kann festgehalten werden,
dass die Sicherheit auf eine dauerhafte Geschäftsbeziehung
sowie die Referenzen [...] als wichtigste Kriterien genannt wurden.
B. BRANDT (2010, S. 263)*

11.4.2 Anwenderbefragung

Ergänzend zu den Schritten der Systemauswahl können Anwenderbefragungen in vergleichbaren Unternehmen wichtige Entscheidungshilfe bei der Vorauswahl und bei der Systementscheidung liefern. Bestandteil des Angebots sollte deshalb immer auch eine *Referenzliste* bereits vorhandener Systeminstallationen sein. Es reicht jedoch nicht aus, sich von einer großen Anzahl aufgeführter Referenzen beeindrucken zu lassen; Ziel muss es sein, über diese Liste Kontakt zu Anwendern zu suchen und sich die dortigen Systeminstallationen zeigen zu lassen. Um den Wert von Aussagen einschätzen zu können, ist es wichtig zu erfahren, wie lange sich das System bereits im produktiven Einsatz

¹⁰⁹ Beispielsweise keine Diskriminierung aufgrund der Staatsangehörigkeit.

¹¹⁰ § 25 VOL/A Nr. 2 Abs. 3 sagt dazu: „Auf Angebote, deren Preise in offenbarem Missverhältnis zur Leistung stehen, darf der Zuschlag nicht erteilt werden.“

befindet und wie groß der Umfang der bereits erfassten Daten ist. Es lohnt sich, folgende Punkte anzusprechen:

- Termintreue des Anbieters,
- Zuverlässigkeit der Hard- und Softwarekomponenten,
- Dauer der Einarbeitungsphase,
- Änderungshäufigkeit der Software,
- Qualität der Anwenderunterstützung (Support).

11.4.3 Detailbewertung

Befragungen und Vorführungen sind nützlich, um Informationen über Leistungsmerkmale des Systems und über die Erfahrungen bezüglich Kundenunterstützung durch den Anbieter zu erhalten. Anwenderaussagen allein sind jedoch keine Gewähr für eine verlässliche, auf die spezifischen Bedürfnisse zugeschnittene Aussage. Dazu wird eine objektive, auf Bewertungskriterien und Gewichten basierende Methode zur detaillierten Bewertung der Angebote eingesetzt. Es werden folgende Schritte durchgeführt:

1. Festlegung von Kriteriengruppen (GIS-Basisystem, Datenhaltung, Betriebssystem, Vernetzungskonzept, ...) und zugehörigen Gewichten.
2. Festlegung von Einzelkriterien und Gewichten für die angebotenen Leistungen. Die genaue Festlegung sollte durch die betroffenen Organisationseinheiten mitbestimmt und mitgetragen werden.
3. Auswertung der Angebote anhand der Kriterienliste durch die Projektmitarbeiter. Kritische, nicht eindeutig bewertbare Angebotspositionen werden gesammelt und in der Projektgruppe besprochen.
4. Gegebenenfalls Durchführung einer Sensitivitätsanalyse.
5. Erstellung einer Rangfolge und Präsentation der Ergebnisse als Empfehlung für die Durchführung des Systemtests.

*Prüfet alles,
und das Gute behaltet!
Die Bibel, 1 Th 5,21*

11.4.3.1 Das Bewertungsmodell

In Anlehnung an die Richtwertmethode der „Unterlagen für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen für die Bundesverwaltung“ (UfAB V), die als Empfehlung der Bundesstelle für Informationstechnik (BIT) vorliegen (BMI 2018), wird für die Detailbewertung das nachfolgend beschriebene Bewertungsmodell vorgeschlagen. Es legt fest, wie die angebotene Leistung der einzelnen Anbieter für die jeweils geforderte Systemeigenschaft oder Funktionalität zu bewerten ist. Die angebotene Leistung Q_{ang} wird

11.4 Angebotsbewertung

dazu in Beziehung gesetzt zu der erwarteten Leistung Q_{erw} und der gerade noch akzeptablen Leistung Q_{min} . Bei der Bewertung der Angebote gilt

- für absolut zu erfüllende Anforderungen (A-Kriterien):

$$Q_{min} \leq Q_{ang} \quad (1)$$

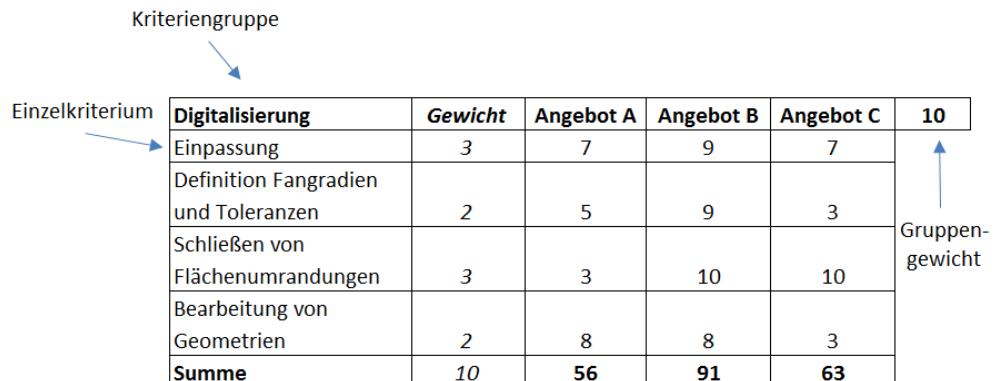
- für Anforderungen, die einen gewissen Spielraum zulassen (B-Kriterien):

$$Q_{min} \leq Q_{ang} \leq Q_{erw} \quad (2)$$

Der im Pflichtenheft formulierte Anforderungskatalog wird in drei hierarchisch geschachtelte Ebenen unterteilt:

- Kriterienhauptgruppen,
- Kriteriengruppen,
- Einzelkriterien.

Kriteriengruppe



	Digitalisierung	Gewicht	Angebot A	Angebot B	Angebot C	10
Einpassung	3	7	9	7		
Definition Fangradian und Toleranzen	2	5	9	3		
Schließen von Flächenumrandungen	3	3	10	10		
Bearbeitung von Geometrien	2	8	8	3		
Summe	10	56	91	63		

Abbildung 93: Beispiel mit Kriteriengruppe, Einzelkriterien und Gewichten.

Dabei kann eine Kriterienhauptgruppe eine oder mehrere Kriteriengruppen enthalten, die wiederum ein oder mehrere Einzelkriterien umfassen (vgl. Abbildung 93).

Von großer Bedeutung für eine erfolgreiche Beurteilung ist es, wesentliche Beurteilungskriterien zu finden und dabei auf die Beurteilung von Nebensächlichkeiten zu verzichten. Wichtig ist auch der ausgewogene Aufbau der Kriteriensammlung. Dies betrifft sowohl die Breite der unterschiedlichen Kriterienkategorien als auch ihre hierarchische Gliederung

und Differenzierung. So ist es beispielsweise zwecklos, bei einer Kriterienhauptgruppe bis in die tiefste Hierarchiestufe mit einer Vielzahl von Kriterien aufzugliedern und anderen Bereichen nur einige wenige Kriterienpunkte festzulegen (BMI 2018). Allerdings kann eine Kriteriengruppe mit vielen Unterkriterien ein höheres Gewicht erhalten.

Die Gliederung kann dabei mit der Struktur des Pflichtenheftes übereinstimmen, muss es aber nicht. Sie ist jedoch in der Regel unternehmensspezifisch und gibt die Schwerpunkte bei der Systemauswahl wieder.

Die Bewertung der Angebote erfolgt nun auf der Grundlage der gebildeten Kriterien. Ausschlusskriterien werden hierbei nicht gewichtet.

Für die Gewichtsvergabe empfiehlt UfAB V einen Top-down-Ansatz. Ausgehend von einer Maximalgewichtungszahl (z. B. insgesamt 1.000 Gewichtungspunkte) werden die Punkte zunächst auf die Kriterienhauptgruppen verteilt. Die jeweiligen Gewichte werden dann auf die zugehörigen Kriteriengruppen und von hier aus auf die Einzelkriterien verteilt. Die Summe der verteilten Gewichtungspunkte muss insgesamt die angenommene Maximalgewichtungszahl von 1.000 ergeben.

Die Gesamtleistungspunkte errechnen sich wie folgt:

1. Bewertung der angebotenen Leistung für jedes Einzelkriterien (B-Kriterium) mit Vergabe von jeweils 0 – 10 Punkten. UfAB V empfiehlt aus Gründen der Praktikabilität für die Bewertungspunkte drei Wertebereiche:
 - Wertebereich I mit 8 bis 10 Punkten: hoher Zielerfüllungsgrad,
 - Wertebereich II mit 4 bis 7 Punkten: durchschnittlicher Zielerfüllungsgrad,
 - Wertebereich III mit 0 bis 3 Punkten: keine Erfüllung oder geringer Zielerfüllungsgrad;
2. Errechnung der Leistungspunkte für jedes Einzelkriterien durch Multiplikation der ermittelten Bewertungspunkte mit den zugeordneten Gewichtungspunkten;
3. Addition der gemäß Punkt 2. errechneten Leistungspunkte.

11.4.3.2 Alternativen der Gewichtsfestlegung

Die Festlegung der Gewichte übt maßgebenden Einfluss auf das Ergebnis der Systembewertung aus. Ihre Bestimmung muss daher mit der nötigen Sorgfalt und Objektivität vorgenommen werden. Dabei wird man die Ergebnisse der Ist-Analyse und Sollkonzeption heranziehen, um die Einzelgewichte festzulegen. In der Regel ist hierfür Einvernehmen innerhalb der Projektgruppe anzustreben, ein Unterfangen, das bei einer möglicherweise sehr großen Anzahl von Kriterien entsprechend Aufwand erfordert. Neben der expliziten Festlegung jedes Einzelgewichts können auch alternative Möglichkeiten der Gewichtung herangezogen werden.

11.4 Angebotsbewertung

1. *Gleiche Gewichtung*: Dabei erhalten alle Kriterien auf einer Kriterienstufe ein identisches Gewicht.
2. *Gleichmäßig abgestufte Gewichtung*: Das erste Kriterium erhält das größte Gewicht. Dabei wird von der Idee ausgegangen, dass wichtigere Kriterien zuerst aufgeführt sind. Das Gewicht des nachfolgenden Kriteriums wird um einen konstanten Faktor k vermindert, sodass gilt:

Für $g_i = 1$ und $k = 0.9$ wäre dann $g_{i+1} = 0.9$ und $g_{i+2} = 0.81$.

3. *Gewichtung entsprechend der Reihenfolge*: Das erste Kriterium erhält als Gewicht die Anzahl n der Kriterien in dieser Gruppe. Das Gewicht des nachfolgenden Kriteriums wird um 1 vermindert, sodass das letzte Bewertungskriterium das Gewicht 1 erhält:

Gegenüber der expliziten Festlegung der Einzelgewichte gemäß UfAB V bieten die drei letztgenannten Ansätze den Vorteil der größeren Objektivität, lassen jedoch nur geringen Spielraum bei der Priorisierung der Kriterien zu.

Sind die Bewertungskriterien und die Gewichte festgelegt, erfolgt die Beurteilung der Angebote. Alle Angebote werden an den Bewertungskriterien gemessen und vergleichend gegenübergestellt.

*Zumindest bei komplexen Beschaffungsvorhaben
sollte die Bewertung durch
mindestens zwei Bewertungsteams erfolgen.
BMI (2010, S. 152)*

11.4.3.3 Durchführung

Grundsätzlich sind in Abhängigkeit von Art und Umfang der vorzubereitenden GIS-Installation verschiedene Möglichkeiten denkbar, welcher Personenkreis die Detailbewertung durchführt:

1. „*Große Runde*“: Die Detailbewertung erfolgt innerhalb der Projektgruppe. Es gilt, in allen Punkten Übereinstimmung zu erzielen. Diese Vorgehensweise führt zu einem von allen Beteiligten getragenen Ergebnis, ist jedoch zeit- und personalaufwendig.
2. „*Einzelgruppen mit Berater*“: Kleingruppen bewerten die Angebote oder die für sie relevanten Teile mit Unterstützung eines externen Beraters. Die Vorgehensweise ist ebenfalls zeit- und personalaufwendig.
3. „*Getrennte Bewertung, Abstimmung*“: Die Detailbewertung erfolgt in Kleingruppen (beispielsweise Gruppe „Stadtmessungsamt“, Gruppe „Tiefbauamt“), jeweils für die kompletten Angebote. Die Ergebnisse werden verglichen und diskutiert. Das abgestimmte Ergebnis wird von allen mitgetragen.

4. „*Getrennte Bewertung*“: Diese Vorgehensweise ist für gemeinsame Ausschreibungen stark unterschiedlicher Unternehmen geeignet. Die Detailbewertung erfolgt in Kleingruppen (z. B. Gruppe „Stadtverwaltung“, Gruppe „Versorgungsunternehmen“), jeweils für die komplette Ausschreibung. Es erfolgt keine unmittelbare Abstimmung. Als Ergebnis können verschiedene Systeme favorisiert werden.
5. „*Bewertung durch Berater, Ergebnispräsentation*“: Die Detailbewertung erfolgt nur durch den Berater. Die Ergebnisse werden dokumentiert und in einer Ergebnispräsentation der Projektgruppe vorgestellt. Diese Vorgehensweise stellt die geringsten personellen und zeitlichen Anforderungen. Es muss jedoch sichergestellt sein, dass der Berater neutral ist und das Ergebnis von allen Beteiligten mitgetragen und gegenüber den Entscheidungsträgern vertreten wird.

Wird die Bewertung von Einzelpersonen vorgenommen, kann die Tendenz bestehen, einen Anbieter, den man besser kennt, bewusst oder unbewusst zu bevorzugen. Als Abhilfe wird deshalb empfohlen, die Bewertung in einer oder – beispielsweise bei organisationsübergreifenden GIS-Vorhaben – in mehreren Gruppen vorzunehmen.

Ebenfalls besteht die Möglichkeit, weitere Mitarbeiter mit spezifischen Kompetenzen hinzuzufügen (z. B: Einkäufer, IT-Sicherheits- und Datenschutzbeauftragte).

Inhalt und Anwendung des Bewertungsmodells werden einheitlich festgelegt. Hierzu empfiehlt es sich, zunächst einige allgemeine Grundsätze innerhalb der Projektgruppe zu formulieren, beispielsweise:

- Nicht beantwortete Punkte gelten als nicht erfüllt.
- Es erfolgt keine mündliche Nachfrage bei den Bietern vor Abschluss der Bewertung.
- Unklar beantwortete Fragen (z. B. durch unklare Verweise auf beigelegte Marketingunterlagen, auf andere Teile des Angebotes etc.) führen zu einer Abwertung.
- Es wird nur das bewertet, was *aktuell* verfügbar ist.

Die Auswertung kann grundsätzlich für jeweils ein Angebot oder synoptisch erfolgen. Bei der Einzelauswertung wird anhand des Kriterienkataloges jedes Angebot für sich komplett durchgegangen, bevor das nächste Angebot bewertet wird. Vorteil ist die einfachere, praktische Handhabung, von Nachteil ist die mangelnde Gesamtsicht der Angebote.

Bei der synoptischen Auswertung wird Punkt für Punkt durchgegangen, und es werden alle zu bewertenden Angebote in Bezug auf das Kriterium bewertet. Für die Durchführung der Angebotsbewertung wird – ganz praktisch betrachtet – vor allem viel Platz benötigt, um jeweils alle Angebotspunkte übersehen zu können, die von einem Kriterium betroffen sind.

11.4 Angebotsbewertung

- **Vollständigkeit:** Wurden alle Kriterien der Ausschreibung erfüllt? Welche Besonderheiten weist das Angebot auf?
- **Richtigkeit:** Wurden alle Produkte wie gefordert angeboten oder weichen die angebotenen Produkte/Leistungen von den Anforderungen ab?
- **Technische Prüfung:** Wurden alle wichtigen Punkte des informationstechnischen Konzepts umgesetzt, oder ergeben sich neue Erkenntnisse? Welche Konsequenzen ergeben sich bei den angebotenen Produkten für das Design, die Installation und den Betrieb des Systems?
- **Garantien:** Welche über die gesetzliche Gewährleistung hinausgehenden Garantieleistungen werden vom Anbieter geboten? Welche erweiterten Dienste/Leistungen wurden angeboten (Hotline, kostenlose Updates)?
- **Dienstleistungsangebot:** Gibt es genug Know-how für dieses System bei weiteren Anbietern?
- **Versteckte Kosten:** Welche versteckten Kosten für Wartung, Konfiguration und Pflege des Systems ergeben sich aus dem angebotenen Konzept? Sind beim geplanten fachlichen oder informationstechnischen Konzept dadurch Änderungen zu erwarten? Lassen sich Folgekosten benennen und beziffern? Wie groß ist der Anteil einer Standardlösung, wieviel ist Anpassung?
- **Risikoabschätzung:** Welche Risiken/Unklarheiten bzw. Konsequenzen ergeben sich aus dem Angebot für das Gesamtkonzept? Welche Nachforderungen können durch den Auftragnehmer bis zum Projektende entstehen?
- **Subjektive Bewertung:** Wie ist das Angebot nach rein subjektiven Bewertungskriterien einzuordnen? Welche Produkte/Leistungen sprechen aus subjektiven Überlegungen für diesen Anbieter?
- **Preis-Leistungs-Verhältnis:** Welcher Anbieter hat die höchsten/niedrigsten Preise für Software, Installation, Hardware und Folgekosten angeboten? Durch welche technischen und sonstige Merkmale unterscheiden sich die Angebote?

Textbox 13: Ergänzende Kriterien zur Angebotsbewertung.

Es gilt, dass die Zuverlässigkeit des Ergebnisses erheblich höher ausfällt, wenn die Bewertung Kriterium für Kriterium über alle Angebote hinweg erfolgt, als wenn die Angebote hintereinander bewertet werden. Generell sollte also der synoptischen Auswertung der Vorzug gegeben werden.

Als Arbeitsmittel sind Tabellenkalkulationsprogramme sehr hilfreich. Das Bewertungsmodell wird dort implementiert und vorab getestet, sodass die Auswertung zügig erfolgen kann. Ergebnisprüfungen werden dadurch ebenfalls erleichtert.

11.4.3.4 Ergebnisprüfung

Das Bewertungsergebnis muss analysiert und auf seine Zuverlässigkeit geprüft werden. Dabei sind generell zwei Aspekte zu berücksichtigen:

1. Überprüfung auf Vollständigkeit, Richtigkeit und korrekte Anwendung des Verfahrens und der Auswertung (vgl. Kriterien in Textbox 13),
2. Sensitivitätsanalyse, um festzustellen, welche Auswirkung eine Änderung der Bewertung auf das Ergebnis hat.

Der zweite Aspekt – die Frage der Sicherheit des Ergebnisses – ist besonders dann relevant, wenn die Punktzahlen für einzelne Angebote nur unwesentlich voneinander abweichen. Man fragt sich, ob bei einer veränderten, aber durchaus noch vertretbaren Gewichtung oder bei einer Bewertung durch andere Personen nicht ein anderer Anbieter die „Nummer 1“ geworden wäre. Um diese Unsicherheit zu beseitigen, können neben der eigentlichen Auswertung zusätzlich weitere Auswertungen mit deutlich veränderter, aber gerade noch vertretbarer Gewichtung oder Bewertung durchgeführt werden. Die Struktur der Gliederung nach Kriterienhauptgruppen und Kriteriengruppen darf dabei nicht verändert werden. Danach lässt die Beurteilung der Veränderungen bzw. der Stabilität der Rangfolge eine sicherere Aussage hinsichtlich der Stabilität der Bewertungsergebnisse zu.

Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit sind die vergebenen Gewichte (intern) zu begründen bzw. zu dokumentieren.

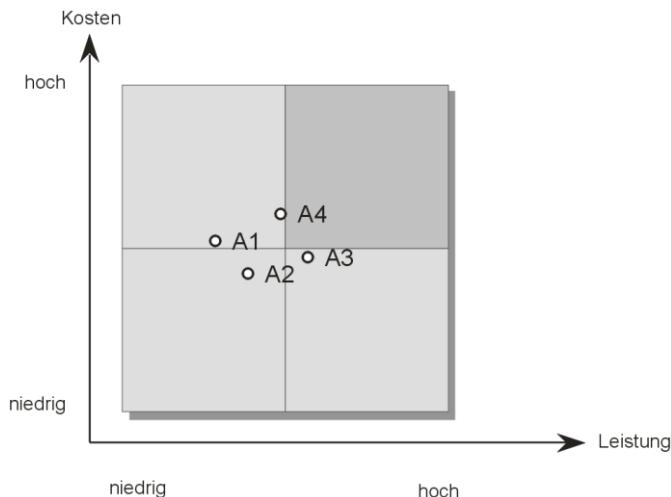


Abbildung 94: Matrixförmige Darstellung der Bewertungsergebnisse mit Berücksichtigung der Kosten (nach KBSt 1988).

11.4.3.5 Berücksichtigung der Kosten

Die Bewertung erfolgt zunächst ohne Berücksichtigung der Kosten; diese werden erst in einem weiteren Schritt herangezogen. Dazu ist es oft notwendig, die Angebote hinsichtlich der Kosten vergleichbar zu machen, beispielsweise wenn bei einzelnen Anbietern

11.4 Angebotsbewertung

zusätzliche oder deutlich leistungsfähigere Komponenten im angegebenen Gesamtpreis enthalten sind.

Eine Form der grafischen Darstellung des Ergebnisses zeigt Abbildung 94. Eingetragen sind vier Angebote in Bezug auf den bewerteten Leistungsumfang und die anfallenden Kosten. Sofern keine anderen Vorgaben relevant sind, ist das Gewicht der Kosten für die Entscheidungsfindung unternehmensspezifisch festzulegen. Die Erfahrung bei GIS-Projekten zeigt, dass die Kosten bei einer *erfolgreichen Systemeinführung* im Nachhinein eine untergeordnete Rolle spielen. Können die erwarteten Vorteile mit dem System jedoch nicht realisiert werden, werden die Kosten viel mehr in der Kritik stehen!

UfAB V (BMI 2018) sieht dazu zwei Varianten vor:

- Bei der *Einfachen Richtwertmethode* wird für die Angebote jeweils ein Quotient (Kennzahl „Z“) aus Leistung und Preis gebildet, der als Richtwert für die Bestimmung des wirtschaftlichsten Angebotes dient.
- Bei der *Erweiterten Richtwertmethode* wird ein prozentualer Schwankungsbereich definiert, der von der ermittelten Kennzahl Z des führenden Angebotes prozentual nach unten abweicht, ein Bereich, in dem mehrere, qualitativ ähnliche Angebote eine Gruppe bilden (BMI 2010). Für diese Angebote wird, laut UfAB V, ein zusätzliches und dann alleiniges Kriterium zur Entscheidung herangezogen. Dies sollte zunächst der niedrigste Preis oder die höchste Leistungspunktzahl der höchst gewichteten Kriteriengruppe sein. „*Als Ausnahme ist es auch möglich, die höchst gewichtete Kriterienhauptgruppe, in absoluten Ausnahmefällen auch im Verhältnis hoch gewichtete Kriteriengruppen oder Einzelkriterien, als Entscheidungskriterium heranzuziehen.*“ (BMI 2010)

Bei komplexen Beschaffungsvorgängen, wie GIS-Ausschreibungen mit vielen B-Kriterien, sollte die Erweiterte Richtwertmethode angewandt und mit den vorgesehenen Parametern (Schwankungsbereich, Entscheidungskriterium) in den Ausschreibungsunterlagen angekündigt werden. Anhaltswerte für die Festlegung des Schwankungsbereichs ergeben sich laut BMI 2010 „*hauptsächlich aus dem Detaillierungsgrad der Leistungsbeschreibung/des Kriterienkatalogs (Anzahl der Einzelkriterien), der Anzahl der Bewertungsstufen (Anzahl der möglichen Bewertungspunkte je Kriterium) sowie der Anzahl unabhängiger Bewertungsdurchgänge (Anzahl unabhängiger Bewertungsteams)*

. Dieser sollte jedoch 10 % nicht überschreiten.

Als weiteres Entscheidungskriterium bei der Erweiterten Richtwertmethode nennt UfAB V (BMI 2010, S. 148) eine konkrete Teststellung bzw. Präsentation, die nach zuvor aufgestellten, klaren Vorgaben zu bewerten ist.

Mit den nach der Vorauswahl verbliebenen drei Anbietern wurde ein ... Systemtest durchgeführt, der gegenüber der Angebotsauswertung deutliche Abweichungen in den Leistungsmerkmalen aufzeigte.

D. JANSEN (1989)

11.5 Systemtest

In der Angebotsbewertung werden die Aussagen der Systemanbieter hinsichtlich der im Pflichtenheft geforderten Systemeigenschaften und Funktionen bewertet. Es zeigt sich jedoch, dass dies häufig nicht ausreicht, um eine verlässliche Beurteilung der Systeme abgeben zu können. Dabei spielen verschiedene Aspekte eine Rolle:

1. Das Pflichtenheft selbst kann unklar, widersprüchlich und inkonsistent formuliert sein. Die Anbieter haben dadurch einerseits Unsicherheiten bei der Beantwortung des Fragenkatalogs, andererseits jedoch auch Freiräume, die zu Angeboten mit stark differierenden Kosten führen können.
2. Bei der Angebotsbewertung bleiben den Mitarbeitern Möglichkeiten der Interpretation.
3. Missverständnisse zwischen ausschreibender Stelle und Anbieter sind nicht ausgeschlossen. Dabei spielen unterschiedliche Begriffswelten auf beiden Seiten eine nicht zu unterschätzende Rolle.
4. Vielfach werden bei der Beantwortung des Pflichtenhefts nur – pauschalisierend – Aussagen darüber gemacht, *dass* eine bestimmte Funktionalität vorhanden ist, es wird aber nicht deutlich, *ob* und *wie* der Anwender im praktischen Betrieb diese Funktionalität erreichen kann.
5. Von Anbieterseite her besteht – auch unbewusst – die Tendenz, das eigene GIS im Hinblick auf die geforderten Systemeigenschaften in ein günstiges Licht zu stellen.

Einige Beispiele zur Erläuterung der Problematik zeigt Tabelle 18. Um zu einer besser fundierten Beurteilung der angebotenen Systeme zu kommen, werden in einem weiteren Schritt die in die engere Wahl gezogenen Systeme einem Systemtest unterzogen¹¹¹. Neben dem Begriff „Systemtest“ sind auch noch die Begriffe „Benchmark“ und „Benchmarktest“ gebräuchlich. Während im Systemtest Software- und Hardwarekomponenten in ihrem Zusammenspiel und hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit geprüft werden, dienen Benchmarktests primär dazu, die Leistung der angebotenen Hardware zu testen (Antwortzeiten, Durchsatz, ...). Dafür stehen auch normierte Testserien der Standard Performance Evaluation Corporation zur Verfügung¹¹².

¹¹¹ UfAB V verwendet den Begriff *Teststellung*. Dieser impliziert einen längeren Zeitraum der praktischen Nutzung des Systems.

¹¹² SPEC Benchmark Suites, <http://www.spec.org/benchmarks.html>.

11.5 Systemtest

Messbare Benchmarkergebnisse können jedoch nur einen Bewertungsfaktor darstellen. So sind die angebotenen fachspezifischen GIS-Anwendungen, der Funktionsumfang des Datenhaltungssystems (Integritätssicherung, Interoperabilität, ...), einfache Systembenutzung, Anwendungserstellung und Systemadministration weitaus wesentlicher für den Betrieb als ein messbarer Datendurchsatz und müssen in den gestellten Aufgaben enthalten sein.

Forderung	Aussage	Unterschied/Problem
Unterstützung des Schnittstellenformats?	„ja“	Die Daten werden ohne jede Struktur und Topologie übernommen.
Grafik und Sachdaten in einer relationalen Datenbank?	Es wird ausführlich dargelegt, dass die verwendete Datenbank relational ist.	Die Speicherung der Sachdaten erfolgt in einer Dateistruktur, die Ähnlichkeit mit relationalem DBMS aufweist.
Applikation zur Verwaltung eines Wasserver-sorgungsnetzes?	„ja“	Es ist ein Prototyp vorhanden.
System zur Verwaltung raumbezogener Daten	System für Facility Management	Unterschiedliches Begriffsverständnis

Tabelle 18: Unklar oder missverständlich formulierte Angaben können zu unsicheren Bewertungsergebnissen führen.

11.5.1 Einige Regeln

Auch wenn aus Anwendersicht die Notwendigkeit eines Systemtest einleuchtet, sind dennoch einige Regeln zu beachten:

- Beschränkung auf das Wesentliche:*** Die Aufgaben sind auf Schlüsselfunktionen und -eigenschaften zu beschränken. Es muss auch für den Anbieter erkennbar sein, welche Punkte wesentlich sind – sonst werden vielleicht vergleichsweise nebensächliche Anforderungen mit hohem Aufwand vorbereitet. Utopische Forderungen können ebenfalls die Sicht auf das Wesentliche verstellen und später das Gesamtbild verzerren.
- Angemessener Aufwand:*** Der dem Bieter zugemutete Aufwand für Vorbereitung und Durchführung der Aufgaben muss in einem wirtschaftlichen Verhältnis zum Umfang des möglichen Auftrags stehen.
- Konsistente Datengrundlage:*** Das Datenmaterial für die Bearbeitung der Aufgaben (Karten, Fachdaten, Dateien, ...) ist rechtzeitig, vollständig und geprüft dem Bieter einschließlich der notwendigen Erläuterungen zu übergeben. Ein nicht lesbarer Datenträger kann die Durchführung des Tests erschweren oder gar unmöglich machen!

4. *Rechtzeitige Vorbereitung:* Der Bieter sollte rechtzeitig die Vorbereitung beginnen und – bei unklarer Aufgabenstellung – die Möglichkeit eines klärenden Gesprächs mit dem Unternehmen nutzen. Leider wird diese Möglichkeit in praxi kaum in Anspruch genommen, sodass Unklarheiten, Missverständnisse und Schwierigkeiten erst beim Test selbst zutage treten.

Bereits im Vorfeld ist zu bedenken, dass unterschiedliche Nutzergruppen die zu prüfenden Produkte unterschiedlich wahrnehmen und bewerten werden. Gelegentliche Nutzer sind häufig von einer differenzierten Menüführung und einer ästhetischen Anwendungsoberfläche beeindruckt, während beispielsweise Mitarbeiter mit CAD-Kenntnissen einen hohen, optimierten Funktionsumfang und den schnellen Zugriff auf Funktionen mittels Tastenkombinationen schätzen.

11.5.2 Vorgaben für den Systemtest

Entsprechend den Vorgaben der Ausschreibung werden die Bieter aufgefordert, ihr System auf einer dem Angebot entsprechenden Systemkonfiguration bzw. einer leistungsmäßig vergleichbaren vorzustellen. Der Mindestumfang der dabei erwarteten Hardwarekomponenten (Arbeitsplatzrechner, evtl. Server, Ausgabegerät) wird mit dem Ziel festgelegt, die Leistungsfähigkeit und Ergonomie der Produkte vergleichbar zu machen. Ferner sollte es möglich sein, konkurrierende Zugriffe untersuchen zu können.

Als Inhalt des Systemtests werden durch die Projektgruppe Aufgaben formuliert. Diese repräsentieren Anforderungen, die im Rahmen der Ist-Untersuchung und bei Entwicklung der Sollkonzeption deutlich wurden. Dabei sollten die Aufgaben jedoch über das Abprüfen der reinen Funktionalität hinausgehen und folgende Aspekte der Systembewertung einbeziehen:

- Systemkonzept,
- Konsistenz des Systems,
- Nutzungsfreundlichkeit,
- Datensicherheit,
- Effizienz der Anwendungsanpassung und -entwicklung.

Sind mehrere Unternehmensbereiche involviert, sind nach Möglichkeit alle Anwendungslösungen in den Test mit einzubeziehen.

Die einzelnen Aufgaben werden systematisch nummeriert und hinsichtlich der Teilschritte, der zu verwendenden Daten und des zu erreichenden Ziels beschrieben und den Bieter mit einem gewissen zeitlichen Vorlauf (zumindest drei Arbeitstage vor dem jeweiligen Systemtest) zugesandt. Mit einer vergleichsweise kurzen Zeitspanne wird das Ziel verfolgt, den Basisleistungsumfang der Systeme sowie die Effizienz der Anpassung an spezifische Nutzeranforderungen und somit auch die Leistungsfähigkeit des Anbieters kennenzulernen.

11.5 Systemtest

Durch klare Vorgaben und Aufgaben ist das Abgleiten des Systemtests in eine Produktvorführung nach Gutdünken des Anbieters zu verhindern.

*Das Hauptproblem der Identifizierung von Systemunterschieden
ist in der Tatsache begründet, dass diese Unterschiede
im Endergebnis (Pläne und Karten) praktisch nicht erkennbar sind.
R. STAHL (2002)¹¹³*

11.5.3 Vorbereitende Datenerfassung

Die ausgewählten Bieter erhalten zur Vorbereitung des Systemtests Geodaten (und, falls relevant, analoges Planmaterial) aus den verschiedenen, für die digitale Führung relevanten Bereichen. Digitale Daten müssen zur Verfügung gestellt werden, um die Leistungsfähigkeit der Datenschnittstellen zu evaluieren. Hierbei ist vor allem die Übernahme der Geobasisdaten sowie von Fortführungsdatensätzen zu prüfen. Die Daten sind durch den Bieter gegebenenfalls vorab in das angebotene System zu übernehmen, um so eine Grundlage für die während des Systemtests durchzuführenden Aufgaben zu schaffen. Die Bedeutung dieser Datengrundlage ist dem Bieter deutlich mitzuteilen, da sonst unter Umständen verschiedene Aufgaben nicht oder nur unvollständig bearbeitet werden können und die Bewertung des Systems erschwert wird.

Um ein dem Endzustand der Datenerfassung entsprechendes Datenvolumen zu schaffen, sind die übernommenen Daten durch den Bieter mehrfach zu kopieren bzw. zu transformieren und in der Datenbank für die Durchführung von Performancemessungen bereitzustellen.

11.5.4 Durchführung

Der Systemtest dauert, je nach Umfang der abzudeckenden Anwendungsbereiche, ein bis drei Tage und ist in einzelne Teilaufgaben mit bestimmten Zeitvorgaben untergliedert. Auf die Einhaltung des Zeitplans ist zu achten – zu leicht läuft sonst die Zeit davon und Aufgaben müssen unbearbeitet bleiben. Nach einer einleitenden Besprechung sollte eine Vorstellung der Testumgebung durch den Anbieter erfolgen. So kann die Vergleichbarkeit mit der angebotenen Konfiguration erreicht werden. Ebenfalls sollten vorab erfasste Daten demonstriert werden (Geschwindigkeit, Topologie, ...).

Auf der Grundlage dieser Daten werden die gestellten Aufgaben bearbeitet. Dabei hat sich folgender Ablauf bewährt:

- Zu Beginn einer Testaufgabe werden Details von einem Mitarbeiter der Projektgruppe mitgeteilt. Etwaige Unklarheiten werden sofort geklärt.

¹¹³ <http://www.bonn.netsurf.de/~Roland.Stahl/tutorial/~giseinf/gisarchi/gisarchi.htm> [2002-09-25].

- Ein Mitarbeiter des Anbieters erläutert, wie die gestellte Aufgabe gelöst werden soll. Dabei ist auf Besonderheiten, Randbedingungen, Einschränkungen und weitere Lösungsansätze hinzuweisen. Bedarf eine Aufgabe einer größeren Vorlaufzeit, so ist dies mitzuteilen und der Zeitplan entsprechend anzupassen.
- Die eigentliche Durchführung der Aufgabe erfolgt in einem kontinuierlichen Arbeitsgang.

Die Durchführung des Tests soll in einem separaten Raum erfolgen, um Störungen und Beeinträchtigungen durch andere Arbeiten zu vermeiden. Dieser Raum soll für die teilnehmenden Personen ausreichend Platz bieten. Nach Möglichkeit sollte die Aufgabendurchführung über Beamer der Projektgruppe aufgezeigt werden.

Die Prüfung und Beurteilung eines Angebotes ist nur solchen Personen zu übertragen, welche die fachlichen Voraussetzungen hierfür erfüllen. Erforderlichenfalls sind unbefangene und von den Bietern unabhängige Sachverständige beizuziehen.
*ÖSTERREICHES BUNDESVERGABEGESETZ 2006, § 122. Fassung vom 19.02.2013*¹¹⁴

11.5.5 Beratereinsatz

Die Einbeziehung eines erfahrenen Beraters ist speziell in dieser Projektphase sehr ratsam. Aufgrund geringer systemrelevanter Kenntnisse und Erfahrungen können künftige Systemnutzer zu einer vordergründigen Betrachtungsweise neigen – beispielsweise bestimmt durch die Attraktivität der Anwendungsoberfläche oder einzelner Systemfunktionen. Aufgabe des Beraters ist es dann, verstärkt auf Aspekte wie die Systemarchitektur hinzuweisen.

11.5.6 Auswertung der Systemtests

Um zu einer messbaren Bewertung zu kommen, werden die einzelnen Aufgaben nach dem Grad ihrer Erfüllung bewertet. Die Skala reicht dabei beispielsweise von 0 (nicht erfüllt) bis 10 (volle Erfüllung der Anforderungen). Wie bei der Angebotsbewertung können auch hier Gewichte für einzelne Aufgaben oder Teilaufgaben vergeben werden. Die Bewertung des Systemtests geht in den Vergabevorschlag ein.

11.6 Systementscheid

Das im Systemtest leistungsstärkste der vorselektierten Angebote sollte laut UfAB V den Zuschlag erhalten. Der Systementscheid erfolgt also auf der Grundlage der in Abstimmung zwischen den Mitgliedern der Projektgruppe erhaltenen Ergebnisse der Systemvorauswahl, der Detailbewertung und des Systemtests.

¹¹⁴ <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20004547>

11.6 Systementscheid

Die Erfahrung in Angebotsbewertungen zeigt, dass eventuell von ursprünglichen Forderungen abgewichen werden muss. Hier gilt es, einen Kompromiss zu finden zwischen Ideallösung und dem, was der GIS-Markt an praktisch einsetzbaren Lösungen bietet.

Der *Entscheidungsvorschlag* (vgl. Abbildung 95) ist den Entscheidungsträgern vorzulegen. Bei Bedarf kann der Beschaffungsentscheid durch eine Vorführung des empfohlenen Systems vor den Entscheidungsträgern unterstützt werden. Nach erfolgtem Entscheid erfolgt der *Zuschlag*.

	Produkt A	Produkt B	Produkt C
Blattschnittfreiheit des Systemkonzeptes	gegeben	gegeben	nein
Vollständigkeit hinsichtlich der gewünschten Anwendungen	nahezu vollständig	ergänzungsbedürftig bzw. in Entwicklung	unvollständig
Handhabbarkeit des Systems	gut	verbesserungsbedürftig	sehr gut
Verfahrensintegration Netzberechnung	sehr gut	nicht gezeigt	nicht gezeigt
Datenübernahme ALK	ja	ja	ansatzweise realisiert
Installationsbasis (Referenzen)	hoch	gering	sehr gering
Ingenieurbüros und Beratungsunternehmen im Systemumfeld	zahlreich	wenig	nicht vorhanden
Unternehmensgröße / Sicherheit der Investition	hoch	gegeben	gering
Gesamtbewertung	geeignet	weniger geeignet	Defizite im Systemkonzept

Abbildung 95: Beispiel für eine zusammenfassende Bewertung als Entscheidungsvorlage an die Unternehmensleitung.

Im öffentlichen Bereich existiert eine Informations- und Wartepflicht mit entsprechenden Fristen. In den Unterlagen für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen für die Bundesverwaltung“ (UfAB, BMI 2010) heißt es dazu:

„Bei allen EU-weiten Vergabeverfahren [...] sind vor der Zuschlagserteilung alle nicht berücksichtigten Bieter nach § 101a Abs. 1 GWB unverzüglich über die Gründe der vorgesehenen Nichtberücksichtigung ihres Angebots in Textform zu informieren. In dieser Information ist auch der Bieter, auf dessen Angebot der Zuschlag erteilt werden soll, sowie der früheste Zeitpunkt des Vertragsschlusses anzugeben.“

11.7 Vertragsgestaltung

In einem Vertragswerk müssen nun die Abnahmebedingungen, die Systembetreuung und eventuell Vertragsstrafen vereinbart werden (DVGW 1990), soweit nicht hierfür bereits die Aussagen der Ausschreibung herangezogen werden. Vereinbarungen können ebenfalls zugesagte Antwortzeiten, Verfügbarkeitszusagen, zugesagte kostenlose Unterstützung bei der Systemanpassung (Anwendungsentwicklung) oder weitere Zusagen betreffen. In den Vertrag sollten auch alle sonstigen Punkte mit aufgenommen werden, die sich aus dem Systemtest im Hinblick auf das Angebot ergeben haben.

Ein Systemtest hatte bei der Übernahme der Geobasisdaten Probleme bei der Konvertierung von Umlauten ergeben. Bei der Vertragsgestaltung wurde dieser Punkt nicht berücksichtigt. Ein Jahr später war das Problem immer noch vorhanden; der Systemlieferant schiebt die Verantwortung dem Datenlieferanten zu.

Alle vertraglichen Festlegungen sind vom Auftraggeber schriftlich zu formulieren und gemeinsam mit dem Auftragnehmer zu verabschieden. Der Vertrag umfasst unter anderem:

- *Anwendungsbeschreibung:* Der Verwendungszweck und die vorgesehenen Anwendungsbereiche sind klar und detailliert aus Anwendersicht zu beschreiben.
- *Leistungsmerkmale:* Zugesagte Leistungsmerkmale können Grundsoftware, Datenhaltungssystem, Anwendungen und Konvertierungsprogramme betreffen. Es wird zugesagt, dass bereits bekannte Mängel behoben werden.
- *Dokumentationsumfang:* Umfang und Art der zu liefernden Dokumentation werden festgelegt.
- *Kostenbeschreibung:* Neben den Kosten des Basisystems sind auch Kosten für geplante Anpassungen und Erweiterungen des Basisystems und der Anwendungen (einschließlich Termine der Verfügbarkeit) aufzuführen. Entsprechendes gilt für Preis und Leistungsumfang der Wartungs- und Pflegeverträge. Etwaige Nebenkosten (Installation, Inbetriebnahme, ...) sind vollständig aufzulisten.
- *Abwicklungsfestlegungen:* Hierzu gehören unter anderem:
 - Verteiler, Lieferanschriften, Art, Verbindlichkeit und Verteilungsweise der Projektabwicklungsdokumentation (Besprechungsberichte, Arbeitspapiere etc.),
 - detaillierter Terminplan und Terminüberwachungsstrategie,
 - Bedingungen für den Eintritt und die Höhe von Vertragsstrafen,
 - Vorgehen bei der Inbetriebnahme des Systems,
 - Umfang und Dauer des Probetriebs,
 - Grundsatzaussagen zur Durchführung der Abnahme,
 - gegebenenfalls Hinterlegung des Quellcodes.

11.7 Vertragsgestaltung

- *Zahlungsbedingungen*: Umfang, Termin und Form der Ratenzahlungen sind zu spezifizieren (nach betriebsfertigem Abschluss von Hardware- und Software-installation, nach erfolgreichem Abschluss des Probetriebes, ...).
- *Organisatorische Festlegungen*: Die Aufgabenverteilung zwischen Kunde und Lieferant bei Systemeinführung ist festzulegen. Ansprechpartner (Projektleiter) auf beiden Seiten werden benannt.
- *Kopplung von Hard- und Softwarebeschaffung*: Eine Trennung von Hard- und Software bei Beschaffung und Vertragsabschluss ist zu vermeiden. Hat man es mit getrennten Lieferanten zu tun, ist eine Generalunternehmerschaft mit dem Softwareanbieter anzustreben, welche die Kopplung von Hardware- und Softwarelieferung vorsieht.
- *Gewährleistung*: Die Dauer der Gewährleistung, die Maximalanzahl von Nachbesserungsversuchen und die maximale Nachbesserungszeit werden vereinbart. Die Laufzeit der Gewährleistung für Funktionalitäten, die erst nach Ablauf der Gewährleistungsfrist genutzt werden, ist zu nennen.

Es ist darauf Wert zu legen, dass vonseiten des Anbieters ein – erfahrener! – Projektleiter für die gesamte Projektabwicklung bis zum Ende der Gewährleistungsfrist zur Verfügung steht. Für weitere vertragsrechtliche und abwicklungstechnische Details wird auf NAUROTH (1998), ZAHRNT (2002), BMI (2018) sowie auf die EBV-IT-Vorlagen verwiesen.

Bei all diesen Regelungen darf das positive, auf die Zukunft ausgerichtete *Miteinander von Auftraggeber und Auftragnehmer* nicht vernachlässigt werden:

- Beide Partner haben ein gemeinsames Ziel: die erfolgreiche Systemeinführung und -nutzung.
- Der Vertragsabschluss erfolgt in gegenseitigem Vertrauen und in gegenseitiger Achtung.
- Probleme betreffen beide Parteien und sind gemeinsam zu lösen.
- Auftraggeber und Auftragnehmer haben Aufgaben, deren Erfüllung Grundlage eines erfolgreichen Projektverlaufs sind.

12 Systemeinführung

Nach dem Entscheid für die Systemeinführung auf der Basis eines bestimmten Angebots beginnt die Phase der Systemeinführung. Nun gilt es, die geplanten und verabschiedeten Systemeigenschaften gemeinsam mit dem Lieferanten in die Wirklichkeit umzusetzen. In der Regel wird man dem geplanten System in Schritten nahekommen, sei es durch ein detailliertes Feinflichtenheft, durch Anwendungsprototypen oder durch eine Pilotapplikation, über die Erfahrungen gesammelt und erste Nutzeneffekte erzielt werden können.

Weitere Schritte innerhalb dieser Projektphase sind der Probebetrieb, die Systemabnahme und der sich anschließende Gewährleistungszeitraum.

12.1 Vorbereitung und Installation

Bereits vor Installation der Hard- und Software sind organisationsintern alle wichtigen Vorbereitungen für die Systeminstallation zu treffen. Dies geschieht durch

- Bereitstellung und Zuweisung entsprechender Räume,
- Einrichtung der Kommunikationsinfrastruktur und
- Sicherstellung der technischen Infrastruktur (Spannungsversorgung, Lüftung, Klimaanlage, ...).

Im Vorfeld werden die vorgesehenen Mitarbeiter bereits für den Betrieb und die Nutzung des Systems geschult. So kann rechtzeitiges Wissen im Hinblick auf die Abnahme des Systems aufgebaut werden.

Aufbau und Inbetriebnahme vor Ort umfassen

- die Installation aller erforderlichen Einrichtungen vor Ort, einschließlich der notwendigen Softwarekomponenten,
- die hard- und softwaremäßige Verknüpfung zu bestehenden IT-Einrichtungen,
- einen ersten Funktionsnachweis.

12.2 Realisierung

Fiel im Rahmen der IT-Konzeptentwicklung die Entscheidung für die Eigenentwicklung von GIS-Applikationen oder für die Übernahme von Standardlösungen mit Anpassungen, erfolgt häufig die Einführung der Anwendungspakete in mehreren Entwicklungsschritten, die vom Feindesign über die Entwicklung und Prüfung eines Prototyps zur fertigen Anwendung führen (Abbildung 96).

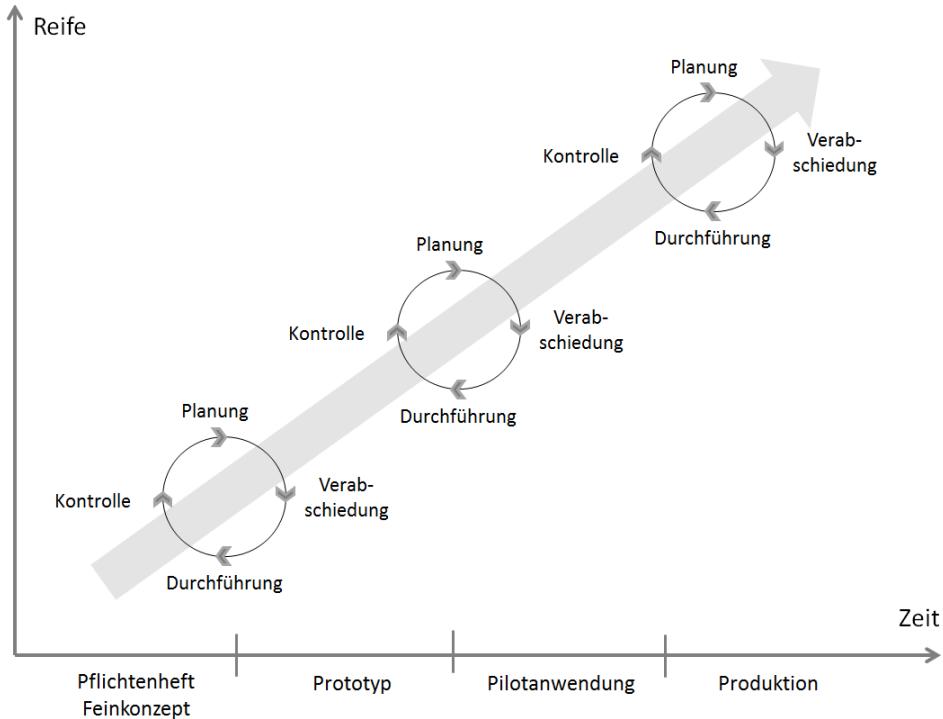


Abbildung 96: Inkrementelle Entwicklungsschritte und Systemeinführung vom Pflichtenheft bis zum produktiven, auf die unternehmensspezifischen Anforderungen hin zugeschnittenen System.

12.2.1 Feinkonzept

Sofern die Vorgaben des Daten- und Funktionsmodells als Grundlage der Programmierung nicht ausreichend sind, wird auf dieser Grundlage ein detaillierteres Anwendungsfeinkonzept entwickelt. Es erfolgt auf Grundlage der Systemeigenschaften des ausgewählten Systems. Der Anwender muss darauf achten, seine Anforderungen präzise zu formulieren und zu vertreten. Die Anwendersicht muss den Softwareentwurf prägen, nicht die Sicht des Systemlieferanten!

Die Einbeziehung eines weiteren kompetenten Partners (Dienstleisters) in die Anwendungsentwicklung sichert Alternativen zum Systemanbieter und wechselseitige Kontrolle. Auf die Bedeutung der Unabhängigkeit vom Systemlieferanten weist auch SANNEK (1993) hin: „Ein eigener EDV-Spezialist im Hause ist ein ... erforderliches Mittel, seine Unabhängigkeit gegenüber dem Systemlieferanten zu wahren, zumindest wenn man mehr vorhat, als ein schlüsselfertiges Grafiksystem zu betreiben.“¹¹⁵ Es ist jedoch im

¹¹⁵ Diese Aussage ist auch in Zusammenhang mit Outsourcing zu bedenken.

12.2 Realisierung

Einzelfall zu entscheiden, ob diese Investition in eigenes, qualifiziertes Personal gerechtfertigt werden kann, oder ob nicht eher der Weg des Outsourcings beschritten werden wird.

Starting with a simple application is quite often the way to enter the world of GIS applications, progressively moving towards complex applications; simple applications will show the potential behind GIS, allow people to get acquainted with the terminology and products, as well as to feel some of the difficulties that will raise in every complex application.

J. R. DA COSTA (1995)

12.2.2 Prototyping

Die alleinige schriftliche Spezifikation einer Softwarelösung ist als Grundlage für eine dem Problem angemessene Problemlösung nicht immer ausreichend – häufig wird erst nach Installation des Anwendungssystems die Diskrepanz zwischen Wunsch und Wirklichkeit deutlich. Durch Prototyping und inkrementelle Entwicklung versucht man auf der Basis eines funktional stetig wachsenden Systems, diese Nachteile zu umgehen. Dieses Vorgehen dient dazu,

- frühzeitig lauffähige Prototypen der benötigten Anwendungen zu entwickeln,
- die Tauglichkeit der Lösung für die vorgesehenen Aufgaben zu prüfen (Arbeitsabläufe, Gestaltung der Anwendungsoberfläche, ...),
- ein Hilfsmittel für die Kommunikation zwischen Entwicklern und Anwendern bereitzustellen,
- die Übereinstimmung zwischen Spezifikation und Realisierung zu sichern,
- Erfahrung in der Datenübernahme bzw. -konvertierung zu sammeln,
- Arbeitsabläufe kennenzulernen und zu optimieren,
- die Eignung der Erfassungsunterlagen zu prüfen,
- die Zusammenarbeit mit GIS-Dienstleistungsunternehmen kennenzulernen und zu bewerten.

Während bei der herkömmlichen Softwareentwicklung die Softwarelösung erst kurz vor oder mit Abschluss der Entwicklungsarbeiten beim Anwender zum Einsatz kommt, soll beim Prototyping bereits nach etwa 30 – 50% der Entwicklungszeit der Prototyp dem Nutzer zur Verfügung stehen, um Aufschlüsse über die Gestaltung der Anwendungsoberfläche, der Funktionalität und Leistungsfähigkeit zuzulassen.

Setzen sich die Beteiligten ernsthaft mit dem Prototyp auseinander, bringt dieses Vorgehen bereits sehr frühzeitig Lernprozesse in Gang, die der Systementwicklung und dem späteren Betrieb des Systems zugute kommen. Aufgrund der Problemspezifikation

wird ein Lösungsansatz entwickelt und realisiert (Abbildung 97). Bei der praktischen Nutzung des Prototyps ergeben sich Änderungen an der Spezifikation, die in weiteren Versionen des Prototypen Berücksichtigung finden. Für derartige Modifikationen gilt, dass sie aus wirtschaftlichen Gründen zu einem möglichst frühen Entwicklungsstadium vorgenommen werden sollten!

Diese Phase muss intensiv genutzt werden. Alle Auffälligkeiten sowie notwendige Änderungen sind zu *dokumentieren*.

Ist das Verhalten der Softwarelösung aufgabengerecht, geht die Anwendung in den Probebetrieb, später in den produktiven Einsatz und somit in die Softwarewartung über.

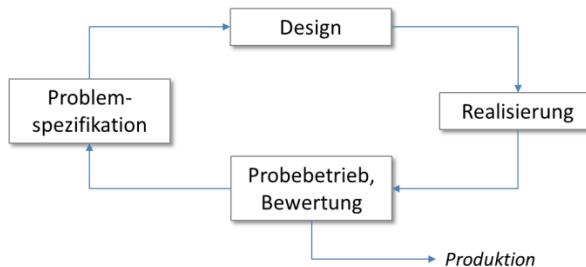


Abbildung 97: Konzept des Prototyping.

12.2.3 Pilotanwendung

Neben dem Prototyping kann es hilfreich sein, durch Installation einer ersten, nutzenversprechenden Applikation (Pilotanwendung) die Entwicklung und Nutzung der weiteren Anwendungen positiv zu beeinflussen. Die Auswahl des Anwendungsbereichs kann im Zuge der fachlichen Konzeptentwicklung erfolgen (Kap. 8). Mit der Realisierung, Einführung und Nutzung der Pilotanwendung werden im Rahmen der Projektkontrolle in verschiedener Hinsicht Erfahrungen gewonnen, die in weiteren Ausbaustufen genutzt werden können:

- tatsächlicher Aufwand für Anwendungsentwicklung oder -anpassung,
- Effizienz der Erfassungsfunktionen,
- Leistungsfähigkeit des Datenhaltungssystems,
- Prozessorleistung der Arbeitsstationen,
- Projektmanagement,
- Schulungsbedarf,
- Akzeptanz innerhalb des Unternehmens,
- Optimierung von Arbeitsabläufen,

12.3 Abnahme

- Formulierung vertraglicher Festlegungen.

12.3 Probetrieb

Der Probetrieb dient dem Nachweis der geforderten Qualitätsmerkmale für den Betrieb. Sein Beginn wird von Auftraggeber und Auftragnehmer schriftlich festgelegt. Zu Beginn des Probetriebs sorgt der Auftragnehmer für

- Bereitstellung des vollständigen Lieferumfangs (funktionsfähige Hard- und Software),
- rechtzeitige Bereitstellung der vollständigen vorläufigen Dokumentation.

Der Probetrieb erfolgt unter betriebsmäßigen Bedingungen und mit bestimmter Dauer. Er gilt als bestanden, wenn das System über den vereinbarten Zeitraum alle Funktionen mit den im Vertrag geforderten Leistungsmerkmalen erfüllt.

Bei wesentlichen Mängeln, die die Funktionsfähigkeit der Anlage infrage stellen, erhält der Auftragnehmer eine angemessene Frist zur Beseitigung der Mängel. Anschließend liegt es im Ermessen des Auftraggebers, ob er den Probetrieb neu beginnt.

12.4 Abnahme

Die Abnahme des Gesamtsystems erfolgt nach erfolgreich abgeschlossenem Probetrieb. Sie geschieht vonseiten des Auftraggebers durch die Projektgruppe oder durch einen Beauftragten, vonseiten des Auftragnehmers steht der vereinbarte Projektleiter zur Verfügung. Der Abnahmetermin wird von den Vertragspartnern in gemeinsamer Abstimmung festgelegt.

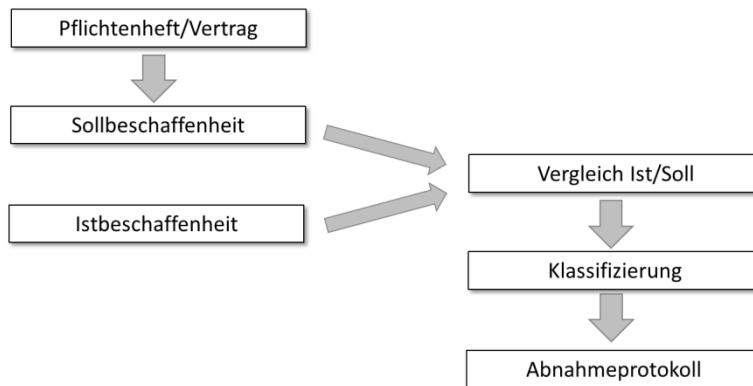


Abbildung 98: Bei der Abnahme wird die Sollbeschaffenheit mit der Istbeschaffenheit anhand festgelegter Kriterien verglichen.

Die Abnahme umfasst alle gelieferten Hard- und Softwarekomponenten. Dazu erfolgt durch die Projektgruppe eine Festlegung und Klassifizierung der Abnahmekriterien auf der

Basis des Pflichtenhefts bzw. Vertrags entsprechend den dort festgelegten Spezifikationen (Abbildung 98). Auch aus diesem Grund kommt der Vollständigkeit und Klarheit des Pflichtenheftes und der vertraglichen Vereinbarungen besondere Bedeutung zu. Das für die Durchführung entsprechender Aufgaben notwendige Datenmaterial muss verfügbar sein. Als Prüfkriterien kommen beispielsweise in Betracht:

- Sind sämtliche Komponenten installiert?
 - Ist die Kommunikationsinfrastruktur eingerichtet und funktional nutzbar?
 - Sind die vorgesehenen Nutzer und Nutzergruppen mit den erforderlichen Zugriffsrechten auf den Rechnern eingerichtet?
 - Werden die Präsentationsregeln am Bildschirm und bei der Zeichnungsausgabe eingehalten?
 - Erfolgt die Datenübernahme (Formatkonvertierung) einschließlich der Differenzdatenübernahme korrekt?
 - Ist die Zeichnungsausgabe von jedem Arbeitsplatz (sofern benötigt) aus möglich?
 - Ist der Zugriff auf das Datenhaltungssystem von jedem Arbeitsplatz aus möglich?
 - Sind konkurrierende Zugriffe berücksichtigt?
- *Fehlerklasse 1, erhebliche Fehler:* Die sinnvolle Nutzung des Gesamtsystems ist nicht möglich oder unzumutbar eingeschränkt bzw. behindert. Die Abnahme kann verweigert werden.
 - *Fehlerklasse 2, geringfügige Fehler:* Durch diese Fehler ist die zweckmäßige Nutzung nur geringfügig beeinträchtigt, sodass die Funktionsprüfung fortgeführt werden kann. Können diese Fehler nicht im Zuge der Funktionsprüfung – mit nachfolgendem Test – behoben werden, werden sie in Mängellisten eingetragen. Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbaren in gegenseitigem Einvernehmen Fristen zur Fehlerbeseitigung.
 - *Fehlerklasse 3, unerhebliche Fehler:* Die zweckmäßige Nutzung ist durch diese Fehler nicht oder nur unwesentlich eingeschränkt. Die Fehler werden innerhalb der Gewährleistungsfrist behoben.

Tabelle 19: Aufgetretene Fehler werden klassifiziert und in Mängellisten eingetragen.

Nach Durchführung der Systemabnahme auf der Grundlage des aufgestellten Kriterienkatalogs werden aufgetretene Mängel in einem Abnahmeprotokoll gesammelt und klassifiziert (siehe Tabelle 19). Die Mängelliste kann zu Nachbesserungen oder zu einer Kaufpreisminderung führen.

Bei späterer Installation zusätzlicher Systemkomponenten wird die oben beschriebene Abnahmeprozedur für die entsprechenden Teile gesondert wiederholt.

12.5 Gewährleistungszeitraum

Wird im Abnahmeprotokoll die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems bzw. die Erfüllung der zugesicherten Systemeigenschaften bestätigt, beginnt die Gewährleistungszeit. Werden einzelne Funktionsbereiche erst zu einem späteren Zeitpunkt erstmalig benutzt, ist ein späterer Beginn der Gewährleistung zu fordern. In dieser Zeit kann der Auftraggeber Nacherfüllung, Minderung und andere Ansprüche geltend machen¹¹⁶.

Als typisch für Probleme im Gewährleistungszeitraum gilt, dass überhaupt nicht oder erst zu spät die Frage nach rechtlichen Konsequenzen aus Fehlern des gelieferten Systems gestellt wird (NAUROTH 1998). Die Hoffnung, dass das System „auch so“ noch in Ordnung kommt, sowie das Bewusstsein der bereits investierten Kosten und Mühen hält viele Anwender von rechtlich notwendigen Schritten ab, mit der Konsequenz, nach Ablauf der Gewährleistungsfrist Rechtsansprüche zu verlieren. Folgende Schritte sind also innerhalb der Gewährleistungsfrist einzuhalten:

1. Prüfung des Systems,
2. Dokumentation von Fehlern,
3. Setzung von Fristen zur Fehlerbeseitigung (wenn Nachbesserung vereinbart wurde).

Applikation:	Bebauungsplan	Version:	2.3.1
Nummer:	97/2	Problembeschreibung:	Daten:
12. März 20xx	Fehlerhafte Symbolgröße bei Sportanlagen innerhalb der Erfassungsfunktion (Höhe = 0,3 cm, Soll = 0,7 cm)	oberfeld.prj	
Historie:			
15. März 20xx	Weiterleitung an Entwickler.		
22. März 20xx	Problem angenommen.		
24. März 20xx	Korrigierte Version per E-Mail erhalten und installiert. Test der Problemfunktion, in Ordnung.		
Abgeschlossen am:	25. März 20xx	durch:	Be

Abbildung 99: Problemdokumentation und -verfolgung als Teil eines Projekttagebuchs.

Beim Auftreten von Fehlern sind folgende Punkte zu dokumentieren:

- benutzte GIS-Anwendung,
- benutzte Funktion,

¹¹⁶ <https://dejure.org/gesetze/BGB/437.html>

- durchgeführte Aktionen und Eingaben,
- Erscheinungsbild und Auswirkung des Fehlers (z. B. mittels Screenshot)

und dem Systemlieferanten für die Fehlerbehebung mitzuteilen (Abbildung 99). Idealerweise werden die Meldungen in einem Ticketing-System (auch Issue-Tracking-System, ITS, genannt) gemeldet. Der Kunde kann seine Anliegen beschreiben und verschiedene Dringlichkeitsstufen angeben. Alle Schritte werden in einem Projekttagebuch dokumentiert.

12.6 Nachbesserung

Für die während der Abnahme erkannten Mängel erhält der Auftragnehmer eine angemessene Frist zur Nachbesserung, die jedoch die Dauer eines Monats nicht überschreiten sollte. Die Anzahl der Nachbesserungsversuche (maximal zwei) sollte bereits im Vertrag eingeschränkt worden sein. Nach Fehlschlägen des zuletzt zulässigen Versuchs kann der Auftraggeber Wandlung bzw. Minderung verlangen oder vom Vertrag zurücktreten.

Die Nachbesserung betrifft ebenfalls die Aktualisierung der Dokumentation.

*Wenn du Menschen dazu bringen willst, ein Schiff zu bauen,
so heiße sie nicht, Material zu holen und zu arbeiten,
sondern wecke in ihnen die Sehnsucht nach dem Meer.*

A. DE SAINT-EXUPÉRY

12.7 Personelle Aspekte

Eine in Großbritannien durchgeführte Untersuchung (CORNELIUS et al. 1991) ergab, dass in etwa einem Viertel der untersuchten GIS-Anwendern Widerstände vor der Einführung und wieder in etwa einem Drittel während der Einführungsphase festgestellt werden mussten. Widerstände wurden u. a. durch Desinteresse und die Weigerung deutlich, das System zu nutzen. Der Widerstand selbst wird durch unterschiedliche Faktoren ausgelöst, wie

- Angst vor Wissens- und Kompetenzverlust,
- Angst vor neuen, vielleicht unangenehmen Aufgaben,
- Angst vor neuen Technologien,
- Einstellung neuer, zusätzlicher (qualifizierterer?) Mitarbeiter, um die Aufgaben im Rahmen der GIS-Einführung erledigen zu können,
- tarifliche Unterschiede bei der Einstufung zwischen bisheriger und neuer Tätigkeit.

Tatsächlich sind ja durch die GIS-Einführung unterschiedliche Möglichkeiten organisatorischer Veränderung zu beobachten, wie z. B. die Schaffung neuer Abteilungen bzw.

12.7 Personelle Aspekte

Projektgruppen, oder die Transparenz der Tätigkeit in den verschiedenen Abteilungen wird erhöht.

Über Umfrageergebnisse in deutschen Kommunen berichten JUNIUS & WEGENER (1994). Danach wurde unter organisatorischen Problemen der Mangel an qualifizierten Mitarbeitern am häufigsten genannt, danach ungenügende Mitarbeitermotivation durch ihre Vorgesetzten. Nur bei einer verschwindend kleinen Zahl von Mitarbeitern war eine abwehrende Haltung gegen die neue Technik festzustellen.

Diese Ergebnisse belegen die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Qualifizierung und Einbeziehung der Mitarbeiter. Zur Erreichung der mit der GIS-Einführung angestrebten Ziele ist die Schulung der Mitarbeiter ein unabdingbarer Erfolgsfaktor und steht insbesondere während der Einführungsphase im Vordergrund. Darüber hinaus ist auch bei neuen Mitarbeitern auf entsprechende Schulungsmaßnahmen Wert zu legen.

13 Datenerfassung und -übernahme

In vorangegangenen Projektschritten wurden Anforderungen erfasst und Informationsprodukte definiert, die zu dezidierten Datenanforderungen führen. Es sind Wege festzulegen, wie die notwendigen Daten bereitgestellt werden können. Hierbei steht die Nutzung vorhandener, unternehmenseigener Daten im Vordergrund. Alternativen dazu bestehen darin, Fremddaten über Webdienste zu integrieren, kommerziell verfügbare, digitale Daten zu beschaffen, sowie in der Neuerhebung benötigter Informationen, beispielsweise durch Vermessung oder photogrammetrische Auswertung. Datenquellen und Erfassungsmethoden sind projektspezifisch festzulegen.

Investing in technology is like buying a car. Investing in data is like buying a house.

Will Cadell (2015), <https://www.linkedin.com/pulse/tech-great-invest-data-will-cadell>

13.1 Übersicht

Die Datenerfassungsstrategie wird mit dem Ziel entwickelt, die erforderlichen Informationsprodukte bereitzustellen. Dabei sind folgende Fragen hilfreich:

- a) Welche der im Unternehmen vorhandenen analogen und digitalen Datenquellen sind zu erfassen bzw. über Formatkonvertierung in das GI-System zu übernehmen?
- b) Welche Datenquellen werden auf dem Geodatenmarkt angeboten? Gibt es kostengünstige Alternativen zu bisher durch die Organisation selbst geführten Daten?
- c) Welche Daten sind gesondert zu erheben?
- d) Welche Daten können gemeinsam mit anderen erfasst und genutzt werden?
- e) Welche Genauigkeit wird tatsächlich benötigt?

Über unternehmenseigene Daten geben die Ergebnisdokumente von Ist-Untersuchung und Anforderungsanalyse Auskunft. Für sie sind Verfahren festzulegen, wie sie unter Gesichtspunkten der Qualität und Wirtschaftlichkeit in das GI-System überführt oder integriert werden können. Erfassungsmöglichkeiten für vorhandene analoge Daten werden in Kap. 13.2 beschrieben.

Alternativ ist zu untersuchen, ob geeignete Daten auf dem Geodatenmarkt angeboten werden. Datenangebote sind zu bewerten und eine Auswahl zu treffen. Bewertungskriterien und Übernahmeverfahren werden in Kap. 13.3 behandelt.

Liegen unternehmensintern und -extern keine geeigneten Daten vor, bleibt die Möglichkeit der Neuerfassung. Verschiedene Erfassungsmethoden werden in Abschnitt 13.4 behandelt.

Im Zuge der Planung der Datenerfassung und -übernahme erfolgt eine Zuordnung zwischen benötigten Daten und den jeweils angemessenen Verfahren zur Digitalisierung, Übernahme oder Neuerfassung (Abbildung 100). Aufgrund von Mengenangaben, die in vorangegangenen Projektphasen dokumentiert wurden, sowie Preisangaben für Datenerfassung oder marktverfügbare Geodaten ist eine Kostenschätzung möglich.

Automatisierte Liegenschaftskarte	Erstübernahme und Laufendhaltung über Differenzdaten im vierteljährlichen Zyklus.
Bestandsplan Stadtentwässerung	Auf der Basis des amtlichen Festpunktfeldes sind die Schächte mit ihren Schachthauptpunkten lage- und höhenmäßig durch Ingenieurbüros tachymetrisch einzumessen. Die Daten sind digital in das GIS zu übernehmen. Auf dieser Grundlage sind anhand der analogen Bestandspläne die Haltungen zu erfassen.
Biotoptypenkataster	Auf der Grundlage von Orthophotos des Untersuchungsgebiets werden die Biotope mit ihren Merkmalen mittels Digitalisierung am Bildschirm erfasst und somit das Biotoptkataster aufgebaut.

Abbildung 100: Beispielhafte Verfahrensfestlegung im Zuge der Entwicklung einer Datenübernahme und -erfassungsstrategie.

*Data is the new oil for the digital age.
NEELIE KROES (2012)¹¹⁷*

13.2 Erfassung vorhandener Daten

Vorrangig und zumeist auch wirtschaftlich sinnvoll geschieht der Aufbau der Datenbank auf der Grundlage vorhandener grafischer Unterlagen, wie Karten, Pläne und Zeichnungen, sowie auf der Basis der alphanumerisch geführten Daten, wie Karteien und Listen. Zu den dafür eingesetzten Erfassungsmethoden zählen

- die Erfassung alphanumerischer Daten,
- die Digitalisierung vorhandener Karten und Pläne,
- die Datenerfassung durch interaktive Konstruktion,
- das Scannen vorhandener Karten und Pläne mit der Möglichkeit der halbautomatischen oder automatischen Raster-Vektor-Konvertierung.

¹¹⁷ Vice-President of the European Commission responsible for the Digital Agenda, http://europa.eu/rapid/press-release_SPEECH-12-149_en.htm [2013-10-20].

13.2 Erfassung vorhandener Daten

Da die Datenerfassung nicht vor Ort anhand realer Objekte, sondern indirekt aufgrund bereits erfasster, analoger Information erfolgt, werden diese Verfahren als sekundäre Erfassungsmethoden bezeichnet. Kennzeichnend für sie ist, dass sie im Gegensatz zu den primären Verfahren (Kap. 13.4) zumeist funktionaler Bestandteil des GIS sind. Die Festlegung der Erfassungsmethoden – im Wesentlichen durch die Datenanforderungen bestimmt – impliziert somit ebenfalls funktionale Anforderungen für die Systemauswahl.

13.2.1 Erfassung alphanumerischer Daten

Die Erfassung alphanumerischer Fachdaten darf bei der Systemauswahl neben der Digitalisierung der grafischen Information nicht unterbewertet werden. Hier kann es ebenfalls wichtig sein, effiziente Erfassungsmöglichkeiten verfügbar zu machen, beispielsweise durch Eingabemasken mit feldbezogenen Prüfungen für Attributtyp und zulässige Wertemenge. Vielfach ist es wichtig, die Attributdaten als Teil der Eigenschaften eines Objektes zunächst unabhängig von räumlichen Bezügen und grafischer Präsentation eingeben zu können. Das System muss die spätere Ergänzung um diese Daten ermöglichen und durch Prüfungen absichern.

13.2.2 Manuelle Digitalisierung

Die manuelle Digitalisierung hat neben der On-Screen-Digitalisierung an Bedeutung verloren, stellt aber neben der konstruktiven Datenerfassung immer noch ein wichtiges Erfassungsverfahren dar. Die Vorlage wird dabei auf einem Digitalisiertisch eines grafisch-interaktiven Arbeitsplatzes angebracht. Über Passpunkte, für die bereits Sollkoordinaten vorliegen (z. B. die vier Blattecken), werden Transformationsparameter errechnet, die es ermöglichen, jeden digitalisierten Punkt in das Zielkoordinatensystem umzurechnen. Die Digitalisierung muss mit höchstmöglicher Genauigkeit erfolgen; entsprechende Genauigkeit des Digitalisiertisches ist dabei unabdingbare Voraussetzung.

Der Anwender muss in der Vorlage die zu erfassenden Objekte identifizieren und mit der Fadenkreuzlupe anfahren. Soweit möglich, werden Attributdaten ebenfalls aus der Vorlage erfasst.

Die Erfassung des Objekts mit all seinen Teilen und seine Zuordnung zu einer Objektklasse (Objektbildung) sowie die Erfassung der Topologie sollten bereits innerhalb dieses Arbeitsgangs erfolgen und durch die Erfassungsfunktionen unterstützt werden. Diese Systemeigenschaften sind jedoch nicht bei jedem GIS gegeben, sodass diese Arbeiten gegebenenfalls in gesonderten Arbeitsschritten erfolgen müssen.

Eine gute Ausbildung des Erfassungspersonals ist erforderlich. Eine sachgerechte Erfassung ist ja mehr als eine rein manuelle Tätigkeit, sondern umfasst auch die Interpretation und Strukturierung der Daten, setzt also Fachkompetenz, anwendungsbezogene Kenntnisse und ein Grundverständnis über Strukturierungsmöglichkeiten im GIS voraus.

Vor- und Nachteile dieses Verfahrens sowie Einsatzmöglichkeiten sind in Tabelle 20 zusammengestellt. Für die Digitalisierung sollte das System folgende Anforderungen erfüllen:

- *Einpassung*: Verschiedene Möglichkeiten der Einpassung der Digitalisierungsvorlage sollten vorhanden sein (Affintransformation, Helmerttransformation). Je nach Anwendungszweck müssen verschiedene Koordinatenreferenzsysteme und Kartenprojektionen unterstützt werden.

Eng damit verbunden sind Funktionen der Randanpassung zwischen benachbarten Karten (Homogenisierung).

Gegebenenfalls muss eine Transformation bereits erfasster Kartenbereiche möglich sein (z. B. über affine Transformation oder Helmerttransformation). Zur Prüfung der Einpassgenauigkeit dienen dann die numerische und grafische Ausgabe der Lagedifferenzen zwischen alten und transformierten Punkten.

Geeignet für:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ lagerrichtige Darstellung, ▪ komplexe Vorlagen mit hoher Liniendichte, ▪ unvollständige, beschädigte oder sehr empfindliche Vorlagen, ▪ geringe Anzahl von zu erfassenden Vorlagen.
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ technologisch etabliertes Verfahren, ▪ optimierter Ablauf in vielen GIS-Applikationen, ▪ hohe Genauigkeit bei exaktem Arbeiten, ▪ Verarbeitung auch großformatiger Vorlagen, die Überblick erfordern, ▪ direkter Aufbau und Prüfung topologischer Konsistenzbedingungen, ▪ geringer Umfang an Nacharbeiten aufgrund direkter Objektbildung und Zuweisung von Attributwerten.
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Genauigkeit abhängig von der Erfahrung des Mitarbeiters sowie von der Tagesform, ▪ Platzbedarf, Hardwarekosten, ▪ hoher zeitlicher und personeller Aufwand, ▪ gut geschultes Erfassungspersonal erforderlich.
Erforderliche Funktionalität:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einpassung der Digitalisierungsvorlage, ▪ Einbindefunktionen (Punkt auf Linie, ...), ▪ Fangkreis veränderbar, ▪ automatischer Flächenschluss, ▪ Möglichkeiten der Randanpassung, ▪ Berücksichtigung unterschiedlicher räumlicher Bezugssysteme.

Tabelle 20: Kennzeichen der Datenerfassung durch Digitalisierung.

13.2 Erfassung vorhandener Daten

- *Freie Vorgabe von Fangradien und Toleranzen:* Zum Ausgleich von Erfassungsungenauigkeiten – und somit zur Sicherung eines wirtschaftlichen Digitalisierungsvorgangs – müssen geeignete Funktionen verfügbar sein, um den Lagebezug zu bereits erfassten Elementen herstellen zu können (Einbindung von Linien auf Punkt, Einbindung von Linien auf Linien).

Flächenumrandungen sind zur rationellen Bearbeitung nach vorgegebenem Fangradius automatisch zu schließen.

Der Fangbereich muss interaktiv beliebig verändert werden können. Die Größe des Fangbereichs sollte am Fadenkreuz sichtbar sein.

- *Zwangsbedingungen:* Systemeigene Möglichkeiten, wie z. B. Sicherstellung von Parallelität, Geradlinigkeit oder eines rechten Winkels können eine wirtschaftliche Datenerfassung zusätzlich unterstützen und zu Daten besserer geometrischer Genauigkeit führen¹¹⁸.
- *Funktionstastenbelegung:* Die Funktionstasten der Fadenkreuzlupe werden mit bestimmten Funktionen belegt (z. B. Verwerfen des zuletzt digitalisierten Punktes).

Fehler können sich aus der Einpassung der Karte, aus dem Zustand der Vorlage, der Erfassung selbst sowie aus Geräteeinflüssen ergeben. Die Festlegung und Digitalisierung der Passpunkte hat deshalb mit größtmöglicher Genauigkeit zu erfolgen. Da der Erfassungsvorgang sehr hohe Konzentration und genaues Arbeiten erfordert, ist durch angemessene Arbeitszeit- und Pausenregelungen die Qualität der Erfassung zu sichern.

Eine Inhomogenität der Vorlage infolge von Feuchtigkeit oder unsachgemäßer Beanspruchung kann auch durch entsprechende Platzierung von Passpunkten nicht vollständig ausgeglichen werden, sodass die Wahl der Digitalisierzvorlage sorgfältig vorgenommen werden muss. Nach Möglichkeit ist maßhaltige Folie zu verwenden.

Auch wenn die Genauigkeit von Digitalisierten Bruchteile eines Millimeters beträgt, treten vereinzelt Fehler in der Messeinrichtung bzw. Elektronik auf, sodass in regelmäßigen Abständen eine Kalibrierung vorgenommen werden sollte. Die Genauigkeit kann auch innerhalb der Fläche variieren und durch Lage und Ausrichtung der Digitalisierlupe beeinflusst werden.

13.2.3 Konstruktive Datenerfassung

Ausgehend von Objekten, die dem GIS bereits koordinatenmäßig bekannt sind, können neue Objekte über Konstruktionsmethoden eingebracht werden (Abbildung 101). Im Falle der konstruktiven Erfassung einer Liegenschaftskarte wird man sich auf Festpunkte beziehen. Objekte eines Versorgungsnetzes werden oft relativ zur bestehenden Bebauung

¹¹⁸ Solche Möglichkeiten sind im Allgemeinen nicht anzuwenden, wenn sie später im Zuge einer Homogenisierung programmtechnisch berücksichtigt werden.

eingemessen. Handelt es sich daher um die Erfassung eines Leitungsnetzes, wird man nach Möglichkeit Geobasisdaten übernehmen und diese der konstruktiven Erfassung zugrunde legen. Die Größen konstruktiver Elemente (Strecken und Winkel) werden den in den Bestandsplänen, Rissen oder Einmessskizzen geführten Bemaßungen entnommen.

Geeignet für:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Liegenschaftskarte, Stadtgrundkarte, ▪ Leitungsdokumentation.
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ höchstmögliche Genauigkeit (allerdings in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Bezugselemente und der Messungen vor Ort), ▪ Erfassung beruht auf den Originalunterlagen, ▪ Datenfehler können eventuell erkannt und ausgeglichen werden, ▪ etabliertes Verfahren, ▪ hohes Maß an Funktionalität in manchen Systemen.
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hoher Erfassungsaufwand, ▪ entsprechende Sachkenntnis, Erfahrung und Interpretationsarbeit von Rissen und Einmessskizzen wird vorausgesetzt, ▪ lagemäßige Mehrdeutigkeiten (z. B. bei Rissen aus unterschiedlichen Messungen) sind zu klären, ▪ Einmessskizzen können sehr unterschiedlicher Qualität sein, ▪ Bezugselemente nötig.
Erforderliche Funktionalität:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ konstruktive Erfassungsfunktionen und Berechnungsverfahren.

Tabelle 21: Kennzeichen der konstruktiven Datenerfassung.

Notwendige Funktionen sind unter anderem

- das Fällen von Loten,
- das Verlängern bereits vorhandener Linien,
- das Errichten von Parallelen in einem bestimmten Abstand (z. B. für Kabel innerhalb einer Trasse) oder durch einen vorgegebenen Punkt,
- die Konstruktion von Kleinpunkten,
- die Bestimmung eines Kreisbogens aus drei Punkten,
- die Festlegung einer Tangente an einen Kreis,
- die Berechnung eines Splines aus Stützpunkten,
- die Schnittpunktbestimmung aus verschiedenen geometrischen Elementen (Geraden- und Bogenschnitt).

13.2 Erfassung vorhandener Daten

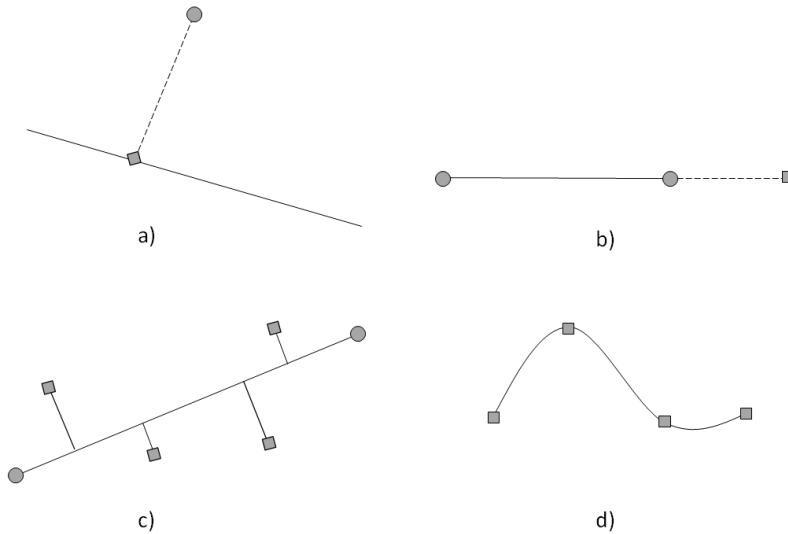


Abbildung 101: Beispiele für konstruktive Erfassungsfunktionen: a) Fällen eines Lots, b) Verlängern einer Linie, c) Konstruktion von Kleinpunkten aus Orthogonalmaßen, d) Spline aus 4 Punkten.

Wesentlich für die Nutzungsfreundlichkeit des Systems ist es, Konstruktionsparameter (Winkel, Koordinaten, Abstandsmaße) auf vielfältige und flexible Weise eingeben bzw. bestimmen zu können (z. B. aus vorhandenen Punkten, aus bereits vorhandenen grafischen Elementen, durch konstruierte Hilfspunkte, Eingabe über Tastatur oder Menü). Zur Dokumentation der Maßangaben sind Bemaßungsfunktionen notwendig.

Die konstruktive Datenerfassung (siehe Tabelle 21) ermöglicht bei genauer Einmessung höhere Genauigkeiten als die manuelle Digitalisierung. Mögliche Fehler entstehen jedoch durch eine Fehlinterpretation der Vorlagen sowie bei der Eingabe von Maßangaben über die Tastatur. Hierbei werden, wie bei allen Tastatureingaben, Tippfehler auftreten, sodass eine Prüfung des Ergebnisses nötig ist. Allerdings lassen redundante Einmessungswerte, wie in der Vermessung üblich, eine Konsistenzprüfung zu.

13.2.4 Digitalisierung am Bildschirm

Für die Digitalisierung am Bildschirm (On-Screen-Digitalisierung, Heads-up-Digitalisierung, siehe Tabelle 22) wird, sofern keine digitale Datenquelle vorliegt, die Vorlage zunächst gescannt, mittels Passpunkten georeferenziert und dem Anwender präsentiert. Gegebenenfalls wird die gescannte Vorlage mit benachbarten Kartenblättern zu einem für den Anwender durchgehend erscheinenden Kartenhintergrund zusammengefügt.

Geeignet für:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ einfache Zeichnungen mit geringer Informationsdichte, ▪ Vorlagen, die nur teilweise in Vektorformat überführt werden müssen.
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gleichzeitige Anzeige von Raster- und Vektorinformation, ▪ ergonomischeres Arbeiten als an einem Digitalisertisch, ▪ Kosten- und Platzersparnis gegenüber Digitalisertisch, ▪ vereinfachte visuelle Prüfung auf Vollständigkeit.
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeitaufwand, ▪ Schwierigkeiten bei der Erfassung von Kurven und unregelmäßigen Polygonen, ▪ Genauigkeit abhängig von der Erfahrung des Mitarbeiters sowie von der Tagesform, ▪ Einpassung der gescannten Vorlage bei manchen Systemen aufwendig.
Erforderliche Funktionalität:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hybride Anzeige von Raster- und Vektordaten, ▪ vgl. Tabelle 20

Tabelle 22: Kennzeichen der Datenerfassung durch Digitalisierung am Bildschirm.

Als Passpunkte werden Punkte des Karteninhalts oder Gitterkreuze des Koordinatensystems verwendet. Gitterkreuze haben gegenüber Festpunkten den Vorteil, dass ihre Koordinaten mit hoher Genauigkeit bekannt sind. Sie sind über das Kartenblatt verteilt und bei manuell erzeugten Plänen in der Regel mit hoher Genauigkeit kartiert.

Die Digitalisierung erfolgt nun wie auf einem Digitalisertablett. Am Grafikbildschirm wird die gescannte Karte angezeigt. Der Anwender muss einzelne Objekte identifizieren und mit dem Fadenkreuz anfahren. Bei Bedarf kann die gescannte Vorlage beliebig vergrößert werden, um dem Anwender bei der genauen Einstellung des zu erfassenden Punktes zu unterstützen. Objektbildung und Erfassung der Topologie können bereits innerhalb dieses Arbeitsgangs erfolgen; auch geometrische Zwangsbedingungen wie Geradlinigkeit und „rechter Winkel“ können berücksichtigt werden.

13.2.5 Halbautomatische Vektorisierung

Während beim zuvor beschriebenen Verfahren die Digitalisierung allein durch den Mitarbeiter erfolgt, der jeden Punkt und jeden Stützpunkt einer Linie exakt erfassen muss, geschieht hier die Vektorisierung automatisiert (Tabelle 23). Der Auswerter selektiert das zu erfassende Objekt, über Mustererkennungsverfahren wird ein Vektorzug längs eines Linienverlaufs abgeleitet. Wird ein Bedienereingriff notwendig, steht der Mitarbeiter zur

13.2 Erfassung vorhandener Daten

Klärung zur Verfügung. Notfalls (z. B. bei sehr schlechter Vorlagenqualität) kann auf eine manuelle Erfassung umgeschaltet werden.

Geeignet für:	<ul style="list-style-type: none">▪ Vorlagen in guter zeichnerischer Darstellung und Qualität,▪ Vorlagen, die nur teilweise in Vektorformat überführt werden müssen,▪ komplexe Zeichnungen, die manuelle Eingriffe benötigen,▪ Vorlagen, die eine gezielte Zuweisung der Daten zu Objektklassen u. Ä. nötig machen,▪ Vorlagen, die zusätzlich eine Attributierung nötig machen.
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none">▪ automatische Linienverfolgung rasch und mit hoher Genauigkeit,▪ zusätzliche Möglichkeit der manuellen Erfassung und Nachbearbeitung,▪ zusätzliche Erkennung von Symbolen und Texten möglich,▪ geometrische Genauigkeit konsistent und höher als bei Digitalisierung,▪ Zuweisung der vektorisierten Daten zu Objektklassen und die Zuweisung von Attributen während des Erfassungsvorgangs.
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none">▪ Genauigkeit abhängig von der Qualität der Vorlage,▪ Abhängigkeiten zwischen Ergebnisqualität und der Erfahrung des Mitarbeiters möglich,▪ Abtastung der Vorlage extern oder eigener Scanner.
Erforderliche Funktionalität:	<ul style="list-style-type: none">▪ hybrides GIS (Integration und Einpassung der gescannten Vorlage),▪ Verfahren der kartographischen Mustererkennung (Linienverfolgung, ...).

Tabelle 23: Kennzeichen der Datenerfassung durch halbautomatische Vektorisierung.

Bei der Georeferenzierung sind zwei Fälle zu unterscheiden. Im ersten Fall wird die gescannte Vorlage auf Passpunkte eingepasst. Der Anwender sieht die Vorlage und das Ergebnis der Raster-Vektor-Konvertierung im ausgewählten geodätischen Bezugssystem. Im zweiten Fall unterbleibt die Entzerrung der Rasterdaten. Nur die erzeugten Vektordaten werden (beispielsweise beim Exportieren der Daten) über Passpunkte in das gewünschte Bezugssystem transformiert. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die rechentechnisch aufwendige Transformation der Rasterdaten unterbleibt. Ebenfalls bleibt die Qualität der Rasterdaten durch Vermeidung von Resamplingeffekten bei der Transformation unbeeinträchtigt.

Die Möglichkeit der halbautomatischen Vektorisierung kann in ein GIS integriert sein; eventuell entfällt sogar im System die Unterstützung der manuellen Digitalisierung. In anderen Fällen kann ein gesondertes Softwareprodukt zum Einsatz kommen. Hierbei ist zu

prüfen, in welcher Form die Daten erfasst und an das GIS übergeben werden können (unstrukturiert, objektweise strukturiert, mit Topologie, einschließlich Attributdaten).

13.2.6 Automatische Rasterkonvertierung

Bei der Erfassung einfacher Kartenvorlagen ist eine weitgehende Automatisierung des Digitalisierungsvorgangs möglich (Tabelle 24). Ähnliches gilt für die automatisierte Erfassung komplexer Karten, wenn keine allzu hohen Anforderungen an die geometrische Qualität und an die Struktur der Daten gestellt werden. Wesentliche Verarbeitungsschritte sind die Abtastung der analogen Vorlage, eine eventuelle Vorverarbeitung, die Entzerrung und die eigentliche Raster-Vektor-Konvertierung.

Geeignet für:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorlagen in guter zeichnerischer Darstellung und Qualität, ▪ hohe Anzahl gleichartiger Zeichnungen, ▪ Vorlagen mit vorwiegend linienhafter Information, ▪ Vorlagen mit einheitlicher Signatur.
Vorteile:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hohe Effizienz, ▪ weitgehend operatorloser Betrieb.
Nachteile:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Genauigkeit des Ergebnisses hängt von der Qualität der gescannten Vorlage und den implementierten Algorithmen ab. ▪ Einschränkungen bei der Erkennung von Texten und Symbolen, ▪ Abtastung der Vorlage extern oder eigener Scanner.
Erforderliche Funktionalität:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ hybrides GIS oder Zusatzsystem, ▪ Verfahren der kartographischen Mustererkennung (Linienverfolgung, Texterkennung, ...)

Tabelle 24: Kennzeichen der Datenerfassung durch automatische Vektorisierung.

1. *Abtastung*: Der Erfolg der automatischen Konvertierung hängt wesentlich von der Qualität der Kartenvorlage ab; die Auswahl der Vorlagen muss mit Sorgfalt durchgeführt werden.

Die Qualität des Ergebnisses wird darüber hinaus von der Auflösung und Genauigkeit des Scanners beeinflusst.

Wesentliche Kennzeichen von Scannern sind verwendete Technik (Auflicht, Durchlicht), die geometrische Auflösung (1200 dpi)¹¹⁹, die Halbton- bzw. Farbunterstützung, die radiometrische

¹¹⁹ Die Auflösung wird als Punkte pro Längeneinheit (in der Regel dots per inch) angegeben, wobei nach dem Nyquist-Theorem einer gewünschten Genauigkeit eine mehr als doppelt so hohe Abtastrate entsprechen muss.

13.3 Übernahme digitaler Datenbestände

Auflösung (Anzahl Graustufen/Farbabstufungen bzw. Anzahl Bits pro Bildpunkt), die Abtastgeschwindigkeit, die unterstützten Dateiformate, die maximale Vorlagengröße und die Form der Einbindung ins Netzwerk mit Unterstützung des Auftragsmanagements.

Die Genauigkeit hat dabei zwei Komponenten. Für die Diskretisierung des Abtastsignals ist zu fordern, dass Graustufen bzw. Farbtöne korrekt erfasst werden müssen. Die räumliche Genauigkeit wird durch Faktoren wie Transportmechanismus, Form und Lage der Trommel bestimmt.

2. *Vorverarbeitung*: Bei der Vorverarbeitung werden Fehler der Vorlage bzw. des Scavorgangs beseitigt (Lücken, Rauschen, ...).
3. *Entzerrung*: Bei der Entzerrung werden Verzerrungen der analogen Vorlage und Fehler des Abtastsystems berücksichtigt. Ebenso ist die der Vorlage zugrunde liegende Kartenprojektion zu berücksichtigen.
4. *Konvertierung*: Die Konvertierung linienhafter Strukturen im Rasterbild zu Vektoren wird häufig unterstützt; dabei wird der Vektor automatisch der Mitte des gerasterten Linienzugs entlanggeführt. Für die Umsetzung von Symbolen und Texten sind jedoch komplexere Mustererkennungsverfahren nötig. Unterschiede in den Vorlagen erfordern den Einsatz spezifischer Auswertealgorithmen und eine aufwendige Systemkalibrierung. Eine automatisierte Zuordnung von Kartenelementen zu Objektklassen ist nicht immer möglich. Probleme bereitet auch die automatisierte Übernahme von Texten als Objektattribut, beispielsweise bei Leitungsbeschriftungen.

Die gewonnenen Informationen sind in ein Datenformat umzusetzen, das in das GIS übernommen werden kann.

13.3 Übernahme digitaler Datenbestände

Bei über 90% der Umfrageteilnehmer wird die Datenversorgung aus drei bis sieben Datenquellen gespeist und je größer die Anzahl der GIS-Einsatzfelder der Befragten ist, umso mehr steigt auch die Anzahl der Datenversorgungsquellen signifikant an.
GHADER HAGHWERDI (2007)¹²⁰

Die AG hält es für erforderlich, die Zugänge zu den vorhandenen Geoportalen für einen möglichst großen Nutzerkreis [...] zu vereinfachen.
RAT FÜR SOZIAL- UND WIRTSCHAFTSDATEN (2012, S. 3)

13.3.1 Auswahl von Datenquellen

Der Geodatenmarkt – und dies gilt teilweise auch für das Angebot an Geobasisdaten – ist derzeit durch einen Mangel an Transparenz gekennzeichnet (MICUS2010, RAT FÜR SOZIAL- UND WIRTSCHAFTSDATEN 2012, S. 3):

¹²⁰ http://www.azer.de/auswert.htm#_Datenlage [2013-11-30] – nicht mehr verfügbar

- Amtliche Geodatenportale, wie www.geoportal.de, umfassen häufig nur öffentliche Datenanbieter, eventuell zusätzlich eingeschränkt auf INSPIRE-Konformität.
- Datenanbieter sind oftmals nicht bekannt oder konnten noch keine eindeutige Marktposition erringen.
- Lizenzvereinbarungen sind bei (öffentlichen) Datenanbietern uneinheitlich, ebenfalls Kostenmodell und steuerrechtliche Behandlung (MICUS 2010).
- Firmen bieten Daten unterschiedlichen thematischen Inhalts an, basierend auf unterschiedlichen Grundlagen in verschiedenen Formaten (Shape, MID/MIF, Geodatabase, teilweise auch XLS; DBF, CSV, MDB).
- Bei der Suche nach Geodaten fehlen klare, einheitliche und standardisierte Suchbegriffe und Beschreibungswaisen oder die Metadaten entsprechen nicht den Vorgaben von ISO 19115 oder INSPIRE. Hyperlinks können nicht mehr aktuell sein.
- Datenschutzrechtliche und lizenzerrechtliche Regelungen über den Zugang zu Geodaten bedürfen der Harmonisierung.
- Mangelnde Standardisierung und die bereits erwähnten, grundsätzlichen Datenaustauschprobleme kommen erschwerend hinzu.

Die Qualität des aufzubauenden Datenbestands oder durchgeföhrter Analysen kann ohne zusätzliche Aufwendungen nicht höher sein als die der Eingabedaten. Somit muss bei der Auswahl der Datenquellen verschiedenen Faktoren besondere Beachtung geschenkt werden. Zu ihnen zählen:

- Aktualität,
- Definition und gegenseitige Abgrenzung der gebildeten Objektklassen,
- Lage- und Attributgenauigkeit,
- Vollständigkeit und Korrektheit der Daten,
- Kartengrundlage, Erfassungsmaßstab und räumliche Auflösung,
- geodätisches Bezugssystem,
- verwendete Kartenprojektion.

Probleme bei der Nutzung von Daten können sich ergeben, wenn Datenquellen aus verschiedenen Quellen, Epochen oder mit verschiedenen Fortführungsständen verwendet werden.

Die eingesetzte Erhebungstechnik, beispielsweise die Wahl eines regelmäßigen oder unregelmäßigen Punktrasters bei einer Landnutzungsershebung in bewegtem Gelände, kann bereits das Ergebnis dahingehend beeinflussen, dass bestimmte Klassen überrepräsentiert sind.

Diskrepanzen bei der Abgrenzung kontinuierlich verlaufender räumlicher Einheiten wie Böden oder Vegetation zwischen Datenlieferant und dem eigenen, konzeptuellen Modell können darauf aufbauende Analysevorgänge beeinflussen.

13.3 Übernahme digitaler Datenbestände

Neben diesen qualitätsbestimmenden Faktoren sind noch eine Reihe technischer und rechtlicher Aspekte bei der Datenauswahl zu beachten:

- Datenformat und Version,
- Medium,
- gegebenenfalls Byte-Anordnung,
- Lizenzfragen bei Mehrfachnutzung innerhalb des Unternehmens bzw. bei unternehmensübergreifender Datennutzung,
- Aktualisierungsfrequenz,
- Kosten für Erstbeschaffung und künftige Aktualisierungen.

13.3.2 Open Data

*„...the direct benefits of free-of-charge data for the five years 2005-2009 can be estimated at about EUR 62 million.“
Danish Enterprise and Construction Authority (2010)*

Insbesondere in den privatwirtschaftlichen Geschäftsfeldern, die auf Datenlieferung der öffentlichen Hand angewiesen sind, sind Mehrwerte für das Geobusiness [...] zu erwarten.

FORNEFELD et al. (2010)

Die Diskussion um die Verwendung bzw. Weiterverwendung von Daten des öffentlichen Sektors (Public Sector Information – PSI) betrifft unter anderem auch die amtlichen Geodaten. Diese sind „*von vergleichbarer Bedeutung wie das Verkehrs- oder Kommunikationsnetz oder die flächendeckende Energie- und Wasserversorgung des modernen Staates.*“¹²¹ Von ihrer Bereitstellung werden wesentliche Impulse für die Volkswirtschaften der verschiedenen Staaten erwartet. Dem versuchen die staatlichen Institutionen durch entsprechende Gesetze und Verordnungen Rechnung zu tragen. Für die Geodaten und Geodienste der Bundesverwaltung gilt beispielsweise, dass sie für eine nichtkommerzielle und kommerzielle Nutzung grundsätzlich geldleistungsfrei zur Verfügung gestellt werden¹²². Die Geodatenzugangsgesetze des Bundes und der Länder der Bundesrepublik Deutschland machen nähere Ausführungen zu Diensten und Formen der Datenweitergabe. Für die Öffentlichkeit stehen im Allgemeinen Darstellungsdienste kostenlos zur Verfügung.

¹²¹ Geschäftsstelle Koordination GI + GIS (KOGIS) (2003): Umsetzungskonzept zur Strategie für Geoinformation beim Bund. <http://www.e-geo.ch/internet/e-geo/de/home/programm/parsysrelated1.40175.downloadList.82839.DownloadFile.tmp/kogisbrjuni03konzeptde.pdf> [2013-10-25].

¹²² „soweit durch besondere Rechtsvorschrift nichts anderes bestimmt ist oder vertragliche oder gesetzliche Rechte Dritter dem nicht entgegenstehen.“ Verordnung zur Festlegung der Nutzungsbestimmungen für die Bereitstellung von Geodaten des Bundes, 22. März 2013.

Ob ein Datensatz im Rahmen einer Aufgabenstellung verwendbar ist oder nicht, ist weniger eine Frage der absoluten Lagegenauigkeit als vielmehr der Eignung für genau die geplante Verwendung.

M. SCHRENK (1996)

13.3.3 Verfahrensablauf

Werden die Daten nicht im Format des künftigen Systems angeboten, stellt der Aufwand für eine qualitativ hochwertige Konvertierung in das Zielformat ein weiteres Beurteilungskriterium für die Eignung einer Datenquelle dar. Nicht immer können bei der Parametrisierung direkte Beziehungen zwischen den Datenelementen über einfache Umsetzungsregeln hergestellt werden, sondern erfordern komplexere Algorithmen. Um semantische Interoperabilität zu erreichen, kann es notwendig werden, Modellabbildungen zwischen den zu transformierenden konzeptuellen Datenmodellen zu definieren. Für die Modelltransformation sind folgende Transformationsbedingungen zu berücksichtigen:

- *Zusammenfassung von Elementen:* Es kann beispielsweise sein, dass im Ausgangssystem Flurstücke nur durch eine Folge von Linienstücken geführt werden; im Zielsystem hingegen soll die Fläche topologisch korrekt unter Zuordnung der Flurstücksnummer erscheinen.
- *Spezialisierung von Objekten:* In manchem System wird nicht zwischen verschiedenen Punktarten unterschieden. Für das Zielsystem ist dann eine Spezialisierung aus Lagezusammenhängen abzuleiten, damit die Punkte verschiedenen Objektklassen (Grenzpunkte, Gebäudepunkte, ...) zugewiesen werden können.
- *Informationsergänzung:* Im Ausgangsdatenbestand sind unter Umständen Informationen nicht vorgesehen, die das Zielsystem benötigt. So enthalten Geodaten heutzutage vielfach keine Angaben über die Darstellung, die dennoch von einzelnen Systemen benötigt werden. Für eine korrekte Darstellung müssen diese Attribute gegebenenfalls dem erzeugten Schnittstellenformat beigefügt werden.
- *Umrechnung von Positionierungsangaben für die Datenpräsentation:* Unterschiede können auch in der Art und Weise existieren, wie Texte und Symbole referenziert werden.

Für die Übernahme digitaler Datenbestände werden in der Regel bestimmte Arbeitsschritte durchlaufen, die in Abbildung 102 dargestellt sind.

1. Im ersten Schritt muss eine detaillierte *Analyse* des umzusetzenden Datenbestandes und des Datenmodells im Zielsystem vorgenommen werden (Objektklassen, Attributumfang, Art und Umfang der Grafikinformation, Art und Umfang der Topologie, räumliches Bezugssystem). Die Analyse des Eingangsbestandes kann auf der Grundlage vorliegender Strukturdefinitionen des Ausgangssystems, der Formatbeschreibung oder durch die DV-gestützte Analyse des Datenbestandes

13.3 Übernahme digitaler Datenbestände

erfolgen¹²³. Die Objektstruktur des Zielsystems kann der Schnittstellendefinition und dem Datenmodell der Zielanwendung entnommen werden.

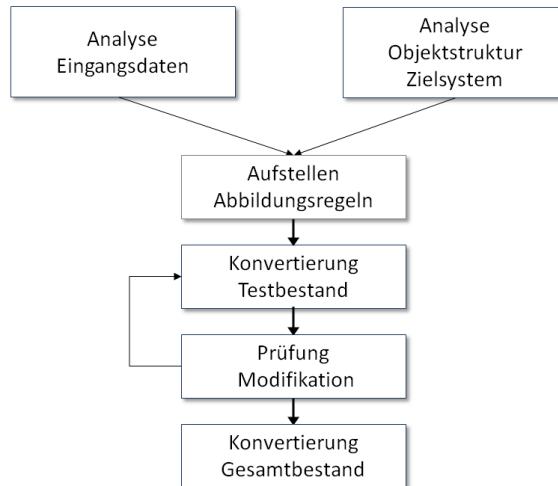


Abbildung 102: Ablauf einer Datenkonvertierung.

2. Für die Datenumsetzung muss im nächsten Schritt für jedes Datenelement im Ausgangsbestand eine Entsprechung im Zielsystem gefunden werden und als *Abbildungsvorschrift* festgelegt werden. Diese umfasst Vorgaben für die Überführung der Datenelemente bzw. Objekte, der Attribute, der Geometrie und die Festlegung der im Konverter zu generierenden Zusatzinformation. Der Aufwand für diese Festlegungen und die notwendigen, iterativ durchzuführenden Testläufe ist hoch.

Die Aufgabenvielfalt bei der Aufstellung der Abbildungsregeln kann durch eine Person nur unvollkommen abgedeckt werden. Im Idealfall erfolgt eine *Zusammenarbeit verschiedener Fachleute*, die die fachlichen Anforderungen, die zugrunde liegenden Datenmodelle von Quell- und Zielsystem und die Austauschformate auf logischer und physikalischer Ebene im Detail kennen (E-GEO.CH 2012, S. 10). Die Mitwirkung eines mit Kompetenz ausgestatteten technischen Leiters ist hilfreich, da im Zuge der Festlegung von Abbildungsvorschriften viele Entscheidungen zu treffen sind.

3. Die Abbildungsvorschriften werden durch den Konverter ausgewertet und zunächst auf einen *Testbestand* angewandt¹²⁴. Musterdatenbestände der Datenlieferanten

¹²³ Hilfreich kann das kommandozeilenbasierte Tool *ogrinfo* sein (http://www.gdal.org/ogr/ogr_formats.html), das Informationen über Geodatenbestände liefert. Eine Liste der unterstützten Datenformate finden sich unter http://www.gdal.org/ogr/ogr_formats.html.

¹²⁴ In diesem Zusammenhang wird für solche Werkzeuge auch der Begriff „ETL-Tool“ verwendet (Extract, Transform, Load).

decken oft nicht alle Fälle ab, sodass sich der Aufwand der systematischen Erstellung eigener Testdatensätze lohnt.

4. Das Ergebnis der Umsetzung ist sorgfältig zu *prüfen* (vgl. Kap. 13.6, Qualitätssicherung). In der Regel werden wiederholte Nachbearbeitungen der Abbildungsregeln nötig sein.
5. Die *Umsetzung* des gesamten Ausgangsdatenbestands erfolgt nach abschließender Prüfung der Abbildungsregeln. Testdaten, Abbildungsregeln und Ergebnisse werden Teil der Projektdokumentation.

13.4 Neuerfassung von Daten

Zu den Möglichkeiten, durch technische Verfahren Daten direkt in der Örtlichkeit zu erfassen (primäre Erfassungsmethoden) zählen neben der Datenerhebung durch Befragung, Zählung und ähnlichen Verfahren die geodätische Neuvermessung, die photogrammetrische Aufnahme, die Nutzung von Fernerkundungssystemen und die Lagebestimmung über satellitengestützte Verfahren.

13.4.1 Terrestrische Neuvermessung

Bei der terrestrischen Neuvermessung wird die Lage von Objekten auf, unter oder über der Erdoberfläche mittels geodätischer Vermessungsmethoden, bezogen auf ein einheitliches Lage- und Höhenbezugssystem, bestimmt. Mit der Lagefestlegung erfolgt, soweit in der Örtlichkeit erkennbar, eine Erfassung identifizierender und beschreibender Objekteigenschaften. Eine Neuvermessung für die Schaffung einer zuverlässigen Datengrundlage wird notwendig,

- wenn kein ausreichender Bestand an analogen, vollständigen und aktuellen Karten in geeignetem Maßstab zur Verfügung steht,
- wenn im Falle von Leitungsbestandsplänen Maßangaben fehlen,
- wenn sich Widersprüche und Fehler nicht anderweitig ausräumen lassen.

Die Einmessung stellt jedoch die arbeits- und kostenintensivste Art der Informationsbeschaffung dar. Verfahren zur Einmessung können sein:

- *Traditionelle Messverfahren*: Die Messung wird mit einfachen, herkömmlichen Vermessungsgeräten wie Maßband und Winkelprisma durchgeführt. Gemessen werden Orthogonal- oder Einbindemaße, bezogen auf feste Gegenstände der Erdoberfläche, die erst nachfolgend in Berechnungsprogrammen zu Koordinaten umgeformt werden oder die Grundlage einer konstruktiven Datenerfassung bilden.
- *Messung mittels elektronischem Tachymeter*: Es werden gleichzeitig Entfernung, Horizontal- und Vertikalwinkel bestimmt, sodass eine Bestimmung von Lagekoordinaten und Höhe für den angezielten Punkt erfolgen kann. Die digitale Registrierung von Messwerten und daraus abgeleiteten Größen erlaubt die Weiterverarbeitung in

13.4 Neuerfassung von Daten

speziellen Programmen zur Datenprüfung und Aufbereitung mit anschließender Übernahme in das GIS (vgl. Abbildung 103).

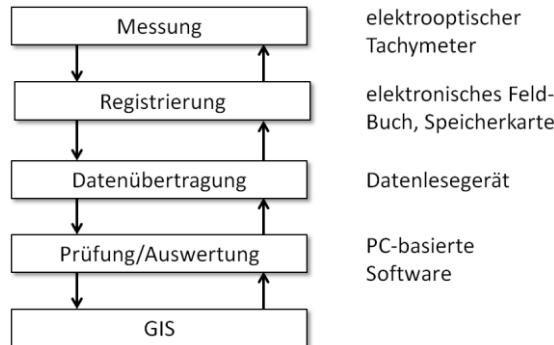


Abbildung 103: Ablauf der Datenerfassung über elektrooptische Tachymeter. Aus dem GIS heraus können auch Daten (z. B. Absteckmaße) für die Arbeit im Feld bereitgestellt werden.

GIS-seitig muss die Möglichkeit der Übernahme der punkt-, linien- oder flächenförmigen Daten vorhanden sein. In der Regel entsteht noch Zusatzaufwand für die Anpassung von Schnittstellenprogrammen an die innerhalb des Unternehmens für tachymetrische Aufnahmen gebräuchlichen Codes. Nach der Datenübernahme hat eine Prüfung am grafisch-interaktiven Arbeitsplatz zu erfolgen. In vielen Fällen erweist sich die endgültige Objektbildung und Bildung linien- oder flächenförmiger Strukturen erst in diesem Arbeitsschritt als sinnvoll.

- *Leitungsortung:* Die Rekonstruktion der Leitungslage von bisher unzureichend oder gänzlich undokumentierten, erdverlegten Leitungen erfolgt durch Detektionsgeräte, die auf akustischen, elektromagnetischen, magnetischen oder funktechnischen Grundprinzipien aufgebaut sind (HÖPER 1992 sowie <http://de.wikipedia.org/wiki/Leckageortung>). Diese Form der Neueinmessung stellt die arbeits- und kostenintensivste Art der Lagebestimmung dar, die dennoch nur beschränkte Genauigkeit bietet.

13.4.2 Photogrammetrische Auswertung

Photogrammetrische Aufnahme- und Auswerteverfahren (KRAUS 2004) tragen in verschiedener Weise zum Aufbau von GIS-Datenbanken bei.

13.4.2.1 Gewinnung vektorieller Information

Photogrammetrische Aufnahmen werden in der Regel von Flugzeugen aus mit speziell kalibrierten, photographischen Aufnahmesystemen (Reihenmesskameras) gewonnen. Seit

einigen Jahren wird der Einsatz von unbemannten Flugzeugen (Drohnen, engl. *Unmanned Aerial Vehicle*, UAV) für kleinere Gebiete untersucht (EISENBEß 2009, REMONDINO et al. 2011). Dabei kommen beispielsweise Ballone und Helikopter als Plattformen zum Einsatz. Liegen die Aufnahmen überlappend vor, können sie an analytischen Stereoauswertesystemen zueinander und über Passpunkte mit dem Landeskoordinatensystem in Beziehung gesetzt werden (Orientierung). Dann erfolgt die stereoskopische Auswertung zur Gewinnung punktbezogener, linien- oder flächenhafter dreidimensionaler Daten. Digitale Oberflächenmodelle (DOM, engl. Digital Surface Model, DSM) und Orthophotos können weitgehend automatisiert erzeugt werden.

Die Stereoauswertung kann die geodätische Einmessung vielfach ersetzen. Voraussetzung ist die Sichtbarkeit der zu erfassenden Objekte, die durch besondere Kennzeichnung (Signalisierung) unterstützt werden kann.

Insbesondere werden Höheninformationen in Form von Höhenlinien, Profilen und Punktrastern auf diese Weise sehr effizient erfasst.

Zur Erfassung von Digitalen Oberflächenmodellen können ebenfalls Airborne-Laserscanning-Systeme¹²⁵ oder, für sehr hohe geometrische Auflösungsanforderungen, Synthetic Aperture Radar-System (SAR) eingesetzt werden. Auf dieser Grundlage gewonnene Höhenmodelle werden für viele Gebiete als Geobasisdaten angeboten. Daneben lassen sich auch 3D-Gebäudegeometrien durch automatisierte Verfahren gewinnen, ein aktuelles Einsatzgebiet der Photogrammetrie zum Aufbau von 3D-Stadtmodellen für die Funknetzplanung.

Der wirtschaftliche Einsatz der Photogrammetrie setzt einen großen Umfang zu erfassender Daten voraus. Aufgrund der technischen Anforderungen wird die Erfassung und Auswertung von Fachfirmen ausgeführt. Durch die notwendige Planung und den aufwendigen Geräteeinsatz ist in der Regel eine Vorlaufzeit bei der Durchführung nötig. Der Einsatz von UAVs kann eine Low-Cost-Alternative für kleinere Messgebiete sein. Bei der Flugplanung sind spezielle flugrechtliche Bestimmungen zu beachten.

13.4.2.2 Digitale Orthophotobilder

Photogrammetrische Aufnahmen für die Erstellung von Orthophotobildern werden i. A. von Flugzeugen aus mittels kalibrierter Reihenmesskameras gewonnen. Der Prozess der Erzeugung der Orthophotobilder beinhaltet die Georeferenzierung der Aufnahmen und ihre anschließende Entzerrung auf der Basis eines Digitalen Geländemodells für jeweils sehr kleine Bildbereiche (differenzielle Entzerrung). Die gewonnenen Daten können als rasterbasierte Information – beispielsweise anstelle von gescannten Karten – in das GIS übernommen und für verschiedene Aufgaben mit weiteren Informationen überlagert werden:

¹²⁵ Diese Sensoren werden auch als LiDAR-Systeme (Light Detection And Ranging) bezeichnet.

13.4 Neuerfassung von Daten

- *Hintergrundinformation:* Als Hintergrundinformation liefern die digitalen Orthophotobilder (Farbe oder Halbtöne) georeferenzierte und aktuelle Informationen über die Erdoberfläche. Für ungeübte Nutzer können Orthophotobildern leichter lesbar sein als graphische Kartendarstellungen. Sie können jedoch durch ihren Detailreichtum auch überfordern.
- *Qualitätssicherung:* Ein weiterer Einsatzzweck ergibt sich durch die Nutzung zur Prüfung bestehender oder neu erfasster digitaler Datenbestände. Die Vektordaten werden den Rasterdaten überlagert und können auf ihre Lagegenauigkeit und Vollständigkeit hin geprüft werden.
- *Datenerfassung:* Die rasterbasierte Information dient als Grundlage einer Digitalisierung am Bildschirm.

13.4.2.3 Zusatzinformation aus Infrarotsensoren

Erfolgt die photogrammetrische Aufnahme mittels Infrarot-Film, können spektrale Charakteristika der Umwelt im nahen Infrarot des elektromagnetischen Spektrums in die Auswertung mit einbezogen werden, beispielsweise um die Vitalität der Vegetation zu erfassen.

13.4.3 Fernerkundungssensoren

Fernerkundungsdaten stellen vor allem für großräumige GIS-Applikationen eine vielseitige und vergleichsweise kostengünstige Informationsquelle dar. Sie werden von Flugzeugen oder von Satelliten aus gewonnen und lassen sich folgendermaßen charakterisieren:

- *Digitale Verfügbarkeit:* Die Daten werden in der Regel digital erfasst und aufgezeichnet und eignen sich daher für die Integration in Geoinformationssysteme.
- *Vielfältige Produktformen:* Fernerkundungsdaten können in einer Vielzahl von Ausschnittgrößen (Szenen, Viertelszenen, ...), Formaten und Formen (unkorrigierte Rohdaten bis zu präzise entzerrten Datensätzen) erworben werden.
- *Hohe Wiederholungsrate:* Satellitengetragene Aufnahmesysteme verfügen theoretisch über sehr hohe Bilderfassungsraten (Wiederholungsraten) (bis zu wenigen Tagen), sodass prinzipiell eine hohe Aktualität der Daten erreichbar ist. In der Praxis ergeben sich jedoch Einschränkungen aufgrund atmosphärischer Gegebenheiten (Wolkenbedeckung), Prozessierungs- und Lieferzeiten und aufgrund der wiederholt anfallenden Kosten. Zur Unterstützung des Katastrophen- und Krisenmanagements können satellitengetragene Aufnahmesysteme auch gezielt eingesetzt werden¹²⁶.
- *Zentrale Datenlieferung:* Fernerkundungsdaten sind weltweit beim Betreiber des Systems oder bei Datenvertriebsstellen erhältlich.

¹²⁶ vgl. <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/LR/copernicus.html> [2013-10-26].

- **Vielfache Einsatzmöglichkeiten:** Die durch Fernerkundungssysteme erfassten Bereiche des elektromagnetischen Spektrums (sichtbares Licht, Infrarot, Mikrowellen) gestatten die Informationsgewinnung für eine große Vielzahl geowissenschaftlicher und planerischer Disziplinen (Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Geologie, Geographie, Archäologie, Umweltschutz, Stadt- und Regionalplanung).
- **Automatisierte Auswertung:** Die Daten können verwendet werden, um automatisiert Informationen, wie zum Beispiel über die aktuelle Landnutzung oder aktuelle Überschwemmungsgebiete, abzuleiten.
- **Geometrische Auflösung:** Die geometrische Bodenauflösung variiert von Sensor zu Sensor und kann 0,5 m unterschreiten (im panchromatischen Bereich)¹²⁷. Deshalb muss bei der Auswertung mit Klassifizierungsfehlern gerechnet werden, da die durch ein Rasterelement repräsentierte Fläche Informationen mehrerer Ursprungsklassen enthalten kann („Mischpixel“).

Die Einbeziehung der Daten wird projektabhängig entschieden. Häufig genutzt wird die Kombination von panchromatischen Daten mit ihrer hohen räumlichen Auflösung und Daten verschiedener spektraler Bänder. Ziel ist die visuelle Präsentation der aus den Daten mittels Bildaufbereitung oder spektraler Klassifizierung gewonnenen Informationen sowie die Übernahme der Klassifizierungsergebnisse in das GIS.

13.4.4 Globale Navigationssatellitensysteme

Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) bieten eine Möglichkeit, bei der Datenerfassung im Feld satellitengestützt die eigene Position zu bestimmen. Der bekannteste Vertreter ist das *Globale Positionierungssystem (GPS)*. Es beruht auf dem NAVSTAR-GPS-Project (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System) des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums, das auch für zivile Zwecke zur Verfügung steht (BAUER 2011). Ein russisches Pendant (GLONASS) ist ebenfalls vorhanden.

Das europäische Satellitennavigationssystem Galileo wird derzeit von der europäischen Raumfahrtagentur ESA aufgebaut (STEIGENBERGER et al. 2013).

GNSS stellt ein Verfahren zur Verfügung, dreidimensionale Koordinaten von Punkten der Erdoberfläche mit vergleichsweise geringem Aufwand aus den von Satelliten abgestrahlten Signalen zu bestimmen. Die erreichbare Genauigkeit beträgt ca. 1,5 m. Eine eindeutige Lösung ist allerdings nur bei der gleichzeitigen Beobachtung von mindestens vier Satelliten gegeben. Eine höhere Genauigkeit (ca. 0,5 m) ist durch differentielle Messungen (differential GPS, DGPS) erreichbar, wobei ein zusätzlicher, stationärer Empfänger mit bekannter Position in das Verfahren einbezogen wird. Daten derartiger

¹²⁷ Technisch sind zwischenzeitlich auch höhere Auflösungen möglich; derartige Systeme unterliegen jedoch auch politischen (Export-)Einschränkungen.

13.4 Neuerfassung von Daten

Referenzstationen werden ebenfalls kommerziell angeboten (SAPOS – Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung).

Hochwertige (und damit entsprechend teuere) geodätische GNSS-Empfänger werten die Änderung der Phaseninformation der Signale aus. Nach einigen Minuten Messdauer kann eine Abweichung in der Positionsbestimmung unter Verwendung von differentiellen Verfahren relativ zu lokalen Referenzstationen von weniger als einem Zentimeter erreicht werden.

Typische Einsatzgebiete in der Geoinformatik sind:

- Datenerhebung im Feld,
- Schaffung von Bezugsnetzen im Rahmen der Landesvermessung,
- Navigationssysteme für Kraftfahrzeuge und Schiffe,
- Lagebestimmung von Passpunkten zur Entzerrung (Georeferenzierung) von Fernerkundungsdaten,
- Management von Fahrzeugflotten.

Um den Einsatz von GNSS als Datenerfassungswerkzeug für GIS bewerten zu können, sind folgende Systemeigenschaften zu betrachten (MÜLLER 1993):

- keine Sichtverbindung zwischen Messpunkten nötig,
- Unabhängigkeit von Witterungsverhältnissen,
- einfache Bedienung bei Punktaufnahmen,
- weitgehend automatisierter Messvorgang,
- wenig Bedienungspersonal (1 bis 2 Personen),
- leichte Einarbeitung,
- Sachinvestitionen nicht höher als bei traditionellen Verfahren,
- vergleichbare Aufnahmegenauigkeit wie bei traditionellen Verfahren.

Mit GNSS-Nutzung sind jedoch auch einige Nachteile verbunden:

- aufwendige Transformations- und Auswerteverfahren für die Erreichung hoher Genauigkeit,
- Abhängigkeit vom Systembetreiber,
- nahezu freie „Sicht“ (freier Horizont) zu den Satelliten erforderlich.

Gerade die letztgenannte Forderung ist in bebauten Gebieten oft nicht erfüllt, sodass dort konventionelle Verfahren auch weiterhin ihre Berechtigung haben. Sichtbeeinträchtigungen

tigungen und Signalverfälschungen sind u.a. bei Gebäuden, Brücken, Autos, Menschen und Bäumen zu befürchten, die vom Aufnahmeort aus einen Höhenwinkel von 15° überschreiten. Eine Planung der Vermessungstätigkeit muss also sowohl die Verfügbarkeit der Satelliten im Messgebiet als auch die örtlichen Gegebenheiten berücksichtigen.

Für die Kopplung von GPS-Empfängern mit mobilen GI-Systemen stehen bereits verschiedene Systemlösungen zur Verfügung, insbesondere in Smartphones und Tablet-PCs.

*Wenn Fehler durch eine Steuerung des Prozesses vermieden werden können, ist diese Methode einer Prüfung und der damit verbundenen Nachbearbeitung von Geodaten vorzuziehen.
G. Joos et al. (1997)*

13.5 Organisatorische Aspekte

13.5.1 Organisatorische Änderungen

Wie bereits ausgeführt erfordert insbesondere die Datenerfassung einen höheren Arbeitseinsatz und somit einen erhöhten Personaleinsatz. Es ergeben sich organisatorische Änderungen. Die zu erfassenden Daten müssen zusammengesucht, aufbereitet und den Mitarbeitern an den grafisch-interaktiven Arbeitsplätzen bereitgestellt werden. Eine Prüfung der erfassten Daten hat zu erfolgen. Bei Einsatz externer Kräfte muss die erbrachte Leistung geprüft und abgerechnet werden. Daneben ist die Systemadministration (Einrichten von Benutzern, Datensicherung, ...) organisatorisch zu berücksichtigen.

13.5.2 Arbeitsvorbereitung

Der Aufwand der Ersterfassung ist in hohem Maße von Art, Inhalt und Umfang der vorliegenden Informationen abhängig. Die Erfahrung von Unternehmen, die mit dem Aufbau eines GIS begonnen haben, zeigt, dass die Erfassungsunterlagen in der Regel fehlerhaft, unvollständig und nicht aktuell sind. Sie können Widersprüche enthalten, deren Klärung entsprechend Zeit benötigt. Wenn die Aufbereitung am GIS-Arbeitsplatz kostenintensiv ist, kann es wirtschaftlich sein, die Datenaufbereitung in einem gesonderten Arbeitsgang vorab zu erledigen. Die *Vorkartierung* kann besonders in den Fällen angezeigt sein, in denen der Zeitraum bis zur Systeminstallation genutzt werden soll oder das vorhandene Personal nicht vollständig an digitale Arbeitsplätze wechselt.

13.5.3 Planung

Mit der Festlegung der Datenquellen, der Erfassungsmethoden und der Übernahmeverfahren müssen auch eine Priorisierung und eine zeitliche Einordnung erfolgen. Die Planung hat so zu erfolgen, dass unter Berücksichtigung der in einzelnen Zeitabschnitten verfügbaren Finanzmittel und personellen Ressourcen eine frühzeitige Nutzung der Daten – und somit eine frühzeitige Akzeptanz des Systems – erreicht wird (vgl. Tabelle 25). Die Datenerfassung kann auch gebietsweise priorisiert werden (vgl. Abbildung 104).

13.6 Qualitätssicherung

GIS-Daten sind durch ihren hohen Wert und ihre lange Lebensdauer gekennzeichnet. Entsprechend hoch ist die Forderung nach Qualität der Daten zu bewerten. Diese muss für ihre Geometrie, ihre grafische Darstellung, die zugehörigen Fachdaten und die topologischen Zusammenhänge gleichermaßen erfüllt sein. Eine Qualitätssicherung setzt verschiedene Maßnahmen voraus:

1. *Detaillierte Aufgabenbeschreibung:* Der Auftraggeber erstellt einen umfassenden Katalog der Erfordernisse, denen die Daten entsprechen sollen. Die Merkmale der herzustellenden Einheit werden dabei genau vorgegeben.

Die Vergabe von Einmessungsaufträgen beinhaltet u. a. Festlegungen für

- die zu erfassenden Objektklassen einschließlich Attributumfang,
- den Anschluss an das Festpunktnetz,
- die bei der tachymetrischen Aufnahme zu verwendenden Codes,
- die Sicherung der Zuverlässigkeit der geodätischen Aufnahme,
- die Übergabe von digitalen und analogen Ergebnisdokumenten.

- | | |
|----------|---|
| Stufe 1: | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Scannen des gesamten Planwerks (soweit nicht digital vorliegend), ▪ Einrichten eines georeferenzierten Archivs der gescannten Pläne; |
| Stufe 2: | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fortführung rasterbasiert oder vektoriell mit Retouchierung der Rasterdaten, ▪ Auskunftsberichtstellung rasterbasiert oder hybrid; |
| Stufe 3: | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Raster-Vektor-Konvertierung der georeferenzierten Rasterdaten, beginnend mit Gebieten hoher Priorität; |
| Stufe 4: | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufbereitung alphanumerischer Daten, ▪ Ergänzen oder Verknüpfen der Grafik mit alphanumerischen Datensätzen. |

Tabelle 25: Stufenweise Umstellung von analoger auf digitale Informationsführung (nach BRAUN 1997).

Amt	Priorität		
	hoch	mittel	gering
Liegenschaftsamt	Neubaugebiete	bebauter Bereich	Rest
Umweltamt	vorhandene Bebauung, Altstadt	Neubaugebiete	Rest
Bauverwaltungsamt	Neubaugebiete	bebauter Bereich außerhalb Altstadt	Altstadt
Hochbauamt	Neubaugebiete	Kernbereich mit Bebauung	wenig / nicht bebaute Gebiete
Stadtplanungsamt	(potenzielle) Neubaugebiete	Rest	
Tiefbauamt	Neubaugebiete	Kernbereich mit Bebauung	wenig / nicht bebaute Gebiete
Stadtwerke	Neubaugebiete	Altstadt	wenig / nicht bebaute Gebiete

Abbildung 104: Beispielhafte Ableitung von Prioritäten der Datenerst- erfassung aus den Schwerpunkten der involvierten Organisationseinheiten.

Bei *externer Datenerfassung* ist es von äußerster Wichtigkeit, möglichst detaillierte Vorgaben zu machen:

- Welche Daten sind umzusetzen?
- Welche Informationen, z. B. in Bezug auf Texte und Symbole, sind zu erfassen?
- Welche geometrische Genauigkeit wird gefordert?

13.6 Qualitätssicherung

- Werden Originalunterlagen zur Verfügung gestellt oder Kopien?
- Sind Prüfplots abzuliefern?
- Welche Meilensteine sind festzulegen? Bis wann ist die Erfassung abzuschließen?
- Muss das identische GI-System eingesetzt werden oder wird eine Formatkonvertierung akzeptiert?
- Sind Kündigungsfristen vereinbart?
- Wird eine Datenerfassung im Ausland akzeptiert?
- Auf welcher Basis erfolgt die Abrechnung (auf Objekte, grafische Elemente oder Kilometer Leitungslänge bezogen, mit/ohne Berücksichtigung doppelter Elemente)?

Eine für gewisse Zeit praktizierte eigene Datenerfassung hilft, Erfahrungen mit den Erfassungsunterlagen zu gewinnen. Die gewonnenen Erkenntnisse können in die Vorgaben für die externe Datenerfassung einfließen.

2. *Festlegung der Verarbeitungsschritte:* Der Herstellungsprozess wird mit seinen Abläufen und Wegen detailliert dokumentiert. Dies betrifft unter anderem den Weg, den Erfassungsunterlagen, erfasste Daten und als fehlerhaft klassifizierte Produkte nehmen. In den Prozess werden streng festgelegte und formalisierte, zumeist mehrstufige Qualitätskontrollen integriert. Die Ergebnisse der Kontrollen werden in Protokollen (Aufmaß-, Berechnungs-, Prüfprotokolle, ...) festgehalten.

Beim Dienstleistungsunternehmen kann eine Eingangsprüfung der Erfassungsunterlagen erfolgen. Das Ergebnis der Digitalisierung wird dort ebenfalls geprüft, bevor die Abgabe an den Auftraggeber erfolgt, der seinerseits Genauigkeits- und Vollständigkeitstests durchführen wird.

Bei der Einmessung mit Bandmaß sind Kontrollmaße aufzunehmen. Bei tachymetrischer Messung sind die Ergebnisse der freien Stationierung oder der Polygonierung zu dokumentieren. Punkte besonderer fachlicher Bedeutung sind durch unabhängige Messungen doppelt zu erfassen.

3. *Prüfung und Bewertung:* Der Bewertungsmaßstab für die Übereinstimmung von Anforderungen und Produktmerkmalen wird vom Unternehmen im Idealfall gemeinsam mit dem Datenlieferanten ermittelt (Ablehnungs- und Akzeptanzkriterien). Es ist wichtig, dass sich beide über die Metrik zur Bestimmung von Qualitätsaussagen verständigen.

Die Lagegenauigkeit ist ein Qualitätsmaß. Hier gibt es verschiedene, fachlich vertretbare Möglichkeiten, diesen Begriff zu interpretieren: Die erste ist die absolute Lagegenauigkeit (absolute Lage innerhalb eines einheitlichen Bezugsystems), die andere ist die relative Genauigkeit, in der die Lage eines Objektes in Beziehung auf Objekte in seiner Nachbarschaft beurteilt wird. Durch das im Bereich der Ver- und Entsorgungsleitungen üblicherweise verwendete Verfahren der Einmessung in Bezug auf „Festpunkte“ der Umgebung (Einbindeverfahren oder Orthogonalaufnahme) kann eine hohe relative Genauigkeit erreicht werden, die jedoch wenig über die absolute Genauigkeit aussagt.

Als Qualitätsmaß für die absolute Lagegenauigkeit kann zum Beispiel der mittlere Punktfehler oder CEP50 (Circular Error Probable mit 50 % Signifikanzniveau) verwendet werden. Vertraglich kann vereinbart werden, dass bei einer konstruktiven Datenerfassung in 90 % aller Fälle der Wert 30 cm nicht überschreiten darf, und dass der CEP50 nie mehr als 50 cm sein darf.

Solche und ähnliche Fragen werden im Vertrag zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer eindeutig geklärt, um den Projekterfolg zu sichern und spätere Streitigkeiten zu vermeiden.

13.6.1 Art der Qualitätsprüfung

Die Qualitätsprüfung umfasst eine Reihe von Verfahren und Aspekten (vgl. STÖPPLER 1991, Joos et al. 1997):

- *Geometrisch-topologische Prüfungen:* Zu ihnen zählen:
 - Prüfung auf Identitätsfehler: Instanzen unterschiedlicher Objektklassen, die geometrisch identisch sind, wie beispielsweise ein Grenzpunkt, der zugleich Gebäudepunkt ist, haben unterschiedliche Lagekoordinaten.
 - Prüfung auf Flächenfehler: Der Umrang flächenförmiger Objekte ist nicht geschlossen.
 - Prüfung auf unzulässige Formen: Objekte stehen im Widerspruch zu den Vorgaben der Simple Features Spezifikation und weisen unzulässige Formen auf, z. B. eine sich selbst kreuzende Flurstücksgrenze oder Höhenlinie.
 - Prüfung auf Objektverträglichkeit: Nur Instanzen bestimmter Objektklassen dürfen in topologischer Beziehung zueinander stehen.
 - Für flächenförmige Objekte, die wie Flurstücke und Landnutzung Teil einer zusammenhängenden, flächendeckenden Informationsart sind, ist bei Erfassung und Fortführung die Eigenschaft der Flächendeckung zu verifizieren. Objekte dürfen sich nicht überlagern; zwischen benachbarten, Objekten dürfen keine Lücken klaffen.

Es können weitere fachbezogene Regeln aufgestellt und mit Hilfe der topologischen und relationalen Operatoren des GI-Systems überprüft werden. So dürfen zum Beispiel keine zwei Rohrleitungen unterschiedlichen Durchmessers miteinander verbunden werden, ohne dass ein Zwischenstück an dem Verbindungspunkt liegt.

- *Prüfung von Fachattributen:* Die Qualität der Datenerfassung kann visuell nur unzureichend erfasst werden. Digitale Verfahren ermöglichen
 - eine Vollständigkeitsprüfung,
 - einen Vergleich der Attributwerte mit einem vorgegebenem Wert über relationale Operatoren (Vergleichsoperatoren, wie „=“, „>“, oder „<“),
 - eine Prüfung, ob der Attributwerte in einer Liste von Werten bzw. in einem Wertebereich enthalten ist.

13.6 Qualitätssicherung

- **Prüfung der Grafikdaten:** Hierzu gehören
 - die Prüfung auf Vollständigkeit,
 - die Prüfung auf korrekte grafische Ausgestaltung,
 - eine bedingte Prüfung in Abhängigkeit von Feldwerten,
 - eine Prüfung auf Zulässigkeit von Art und Anzahl geometrischer Primitiven.

Generell gilt, dass die genannten Prüfverfahren nicht bei allen Datenarten gleichermaßen eingesetzt werden; bei bestimmten Datenformaten werden dagegen noch weitere Prüfungen nötig, z. B. auf die Zulässigkeit von Farbattributen oder Linienarten.

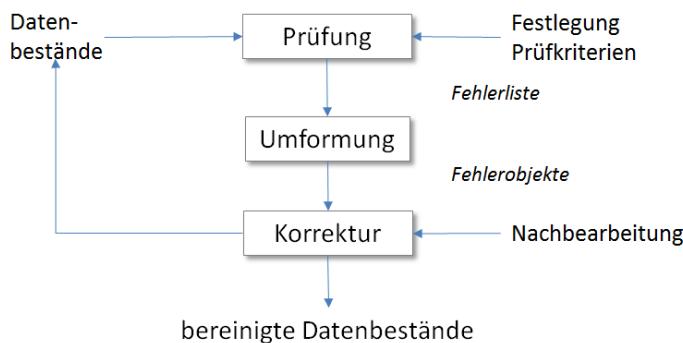


Abbildung 105: IT-unterstützte Prüfung und Korrektur von Datenbeständen. Korrigierte Datenbestände werden einer erneuten Prüfung unterzogen, bis die gefundenen Fehler eine vertraglich vereinbarte Grenze unterschreiten.

13.6.2 Ablauf einer IT-gestützten Fehlersuche und -korrektur

Eine einfache Prüfung des Erfassungsergebnisses kann darin bestehen, Originalplan und Prüfplots auf einem Leuchttisch übereinander zu legen, um so die Deckungsgleichheit der Information zu prüfen. Eine qualifizierte Qualitätsprüfung muss jedoch über diesen rein visuellen Vergleich hinausgehen. Es muss versucht werden, den Prüfvorgang durch automatisierte Verfahren effizient zu gestalten. Prüfung und Korrektur der Fehler kann, wie Abbildung 105 zeigt, in drei Schritten IT-unterstützt am GIS-Arbeitsplatz ablaufen (GRAPHSERVICE 1993)¹²⁸:

1. **Prüfung:** Beim Prüfvorgang werden die Objekte nach den definierten Kriterien analysiert. Resultat der Prüfung ist neben Ergebnisprotokollen eine Fehlerliste mit Koordinatenangaben und Fehlercodes.

¹²⁸ Einen vergleichbaren Ansatz verfolgt der OSM-Inspector des OpenStreetMap-Projekts (<http://tools.geofabrik.de/osmi/>).

2. *Umformung*: Die Fehlerliste wird in Fehlerobjekte umgewandelt. Dabei werden fehlerhafte Objekte mit einem Symbol markiert. Fehlercode und zugehörige Fehlermeldung werden in der Grafik visualisiert.
3. *Korrektur*: Menügesteuert erfolgt das Einlesen des Datenbestandes und der Fehlerliste. Der Benutzer wird interaktiv von Fehler zu Fehler geführt. Er kann sich auf die Korrektur der Fehler konzentrieren, die oft mühsame Suche nach den fehlerhaften Objekten entfällt, und es wird sichergestellt, dass keine Fehler bei der Korrektur übergangen werden.

Das Ergebnis ist ein korrigierter Datenbestand oder ein Fortführungsauftrag an das Datenhaltungssystem.

Neben dieser systematischen Prüfung können auch Datennutzer aufgefordert werden, Hinweise zu Fehlern den Geodaten zu melden („Crowd Sourcing“).

13.7 Kostenschätzung

Erfahrungswerte aus vergleichbaren Projekten anderer Unternehmen können einer Kostenschätzung für die Datenerfassung zugrunde gelegt werden. Die tatsächlich anfallenden Kosten können jedoch in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren nach oben oder unten variieren:

- Art der Unterlagen (Pläne mit allen benötigten Angaben oder Sammlung diverser Handskizzen mit zusätzlichen Fachdatenlisten, ...), ihre Lesbarkeit und Vollständigkeit,
- gewählte Erfassungsmethode (vgl. Abschnitt 13.2),
- Art der zum Einsatz kommenden GIS-Anwendung,
- Umfang der zu übernehmenden alphanumerischen Fachdaten,
- Bebauungsdichte der zu erfassenden Gebiete (Innenstadt, Randbereiche, ländliche Gebiete),
- Auftragsvolumen,
- Aufwand für eine eventuelle Formatkonvertierung.

Gemeinde	2.000 Flurstücke, 1.500 Gebäude, 27 km ² : Für Flurstücke und Gebäude aus ALKIS, NAS-Format: 6.300,00 €, Basis-DLM: 202,50 €, DGM1: 2.160,00 €
Stadt	63.000 Flurstücke, 60.000 Gebäude, 160 km ² : Für Flurstücke und Gebäude aus ALKIS, NAS-Format: 56.700,00 €, Basis-DLM: 1200,00 €, DGM1: 12.800,00 €
Landkreis	160.000 Flurstücke, 85.000 Gebäude, 562 km ² : Für Flurstücke und Gebäude aus ALKIS, NAS-Format: 74.250,00 €, Basis-DLM: 2107,50 €, DGM1: 22.480,00 €

Textbox 14: Schätzwerte für Erstübernahme ALKIS- und ATKIS-Daten nach AdV (2010)

13.7 Kostenschätzung

Die Richtlinie über Gebühren für die Bereitstellung und Nutzung von Geobasisdaten der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV-Gebührenrichtlinie, AdV 2010) kann Anhaltspunkte für eine entsprechende Kostenschätzung geben. Orientierungswerte auf dieser Grundlage für Erfassungskosten sind in Textbox 14 zusammengestellt.

Datenart	Länge / Anzahl	Einheit	Kosten / Einheit [€]	Kosten [€]
Kanalhaltung ^{a)} :	150	km	1.470,00	220.500,00
Kanalschäfte ^{a)} :	4.000	Stück	38,93	155.720,00
Wasserversorgungsleitung ^{a)} :	95	km	650,00	61.750,00
Hausanschlussleitungen Wasser: ^{b)}	5.700	Stück	10,00	57.000,00
Hauptleitung Gas: ^{b)}	300	km	450,00	135.000,00
Hausanschlüsse Gas: ^{b)}	9.600	Stück	9,00	86.400,00
Hauptleitung Kabel: ^{b)}	248	km	750,00	186.000,00
Freileitungen: ^{b)}	214	km	350,00	74.900,00
Hausanschlüsse Kabel: ^{b)}	4.250	Stück	12,00	51.000,00
Hausanschlüsse Freileitung: ^{b)}	3.000	Stück	6,00	18.000,00
Flurstücke mit Gebäude: ^{c)}	17.900	Stück	0,54	9.666,00
Georeferenzierung Bestandspläne: ^{b)}	1.367	Stück	20,00	27.340,00

Abbildung 106: Beispielhafte Kostenschätzung für Datenersterfassung.

(^{a)}OSCHMANN 2009, ^{b)} eigene Schätzung, ^{c)}gemäß ADV (2010); für Leitungsnetze: Konstruktive Erfassung auf Basis von Bestandsplänen mit Maßangaben, inkl. Bemaßung).

Die in Abbildung 106 aufgeführten Zahlen spiegeln geschätzte Kosten der Datenersterfassung wieder, die den Einstieg in die raumbezogene Informationsverarbeitung belasten. *Diese Beispiele machen jedoch auch deutlich, dass die sorgfältige und wirtschaftliche Planung der Datenbeschaffung, die bei der Systemeinführung oft gegenüber der Systemauswahl vernachlässigt wird, zu einer deutlichen Kostenreduktion beitragen muss.*

Vor der Beschaffung von Geodaten oder der Vergabe von externen Erfassungsarbeiten ist es notwendig, mehrere Angebote einzuholen. Eine Entscheidung sollte jedoch nicht nur aufgrund des Preises fallen, sondern auch die zugesagte Datenqualität, die Maßnahmen zur Qualitätssicherung, die terminlichen Zusagen und die örtliche Erreichbarkeit berücksichtigen.

14 Systembetrieb

Das System ist installiert, der Aufbau des Geodatenbestands ist im Gange oder bereits abgeschlossen, und Geodaten werden über Webservices bereitgestellt. Die Inhalte des fachtechnischen und informationstechnischen Entwurfs sind in die betriebliche Wirklichkeit und Wirksamkeit umgesetzt. GIS-Installationen sind jedoch nicht statisch, sondern erfordern Pflege, sind aktiv dem sich ändernden Unternehmensumfeld anzupassen und weiterzuentwickeln. Nach einigen Jahren des Betriebs kann ein Systemwechsel notwendig werden.

14.1 Post-Evaluation

Nach Abschluss der Systeminstallation und mit beginnendem Aufbau der Datenbank geht das System in die produktive Nutzung über. Die Umsetzung des fachtechnischen und informationstechnischen Entwurfs ist unter Berücksichtigung der aktuellen Unternehmensziele zu verifizieren, der Systembetrieb muss gewährleistet sein, neue Anforderungen sind aufzunehmen, zu bewerten und umzusetzen. Während des Betriebs werden verschiedene Bereiche einer laufenden Beobachtung unterzogen:

- Erfüllung der bereits bekannten funktionalen Anforderungen,
- Erfassung künftiger funktionaler Anforderungen,
- Aufgabenangemessenheit der Datenstruktur,
- Umfang und Qualität der Unterstützung durch den Systemlieferanten,
- Erfüllung der zeitlichen Anforderungen,
- organisatorische Abläufe,
- Verfügbarkeit und Ausbildungsstand des Personals,
- Nutzung der verschiedenen Geodatenarten und Objektklassen
- Performance des Datenhaltungs- und des Gesamtsystems.

Hilfreich ist es auch, die Systeminstallation anhand der in Tabelle 26 genannten Aspekte zu prüfen.

Die Ergebnisse dieser Prüfungen und die Anforderungen des operationellen Betriebs finden ihre Umsetzungen in einer Reihe von Tätigkeiten, die in den nachfolgenden Abschnitten vorgestellt werden. Für viele dieser Tätigkeitsbereiche ist es empfehlenswert, sie in Projektform mit den Abschnitten Planung, Verabschiedung, Durchführung und Kontrolle durchzuführen. Gegebenheiten, Entscheidungen und Ergebnisse sind zu dokumentieren.

- Wurde das System vollständig implementiert?
- Wie erfolgte das Management der Projektrisiken?
- Wurden die Erwartungen erfüllt?
- Sind die Anwender zufrieden?
- Zeichnen sich weitere Verbesserungen ab?
- Werden die erwarteten Nutzenaspekte erreicht?
- Was muss getan werden, um mehr Nutzen zu erzielen?
- Wie ist die eigene Entwicklung im Vergleich mit anderen Organisationen zu beurteilen?

Tabelle 26: Fragen zur Bewertung der Systemimplementierung (nach GRIMSHAW 1999).

Umfassend werden Aufgaben und Ansätze des IT-Service-Managements in der *IT Infrastructure Library* (ITIL) angesprochen. Im Fokus steht die Serviceorientierung der IT, um einen wirtschaftlichen Mehrwert für das Unternehmen zu erreichen. Dabei nimmt ein Service-Desk als zentraler Anlaufpunkt eine wichtige Position ein.

14.2 Allgemeine Aufgaben

Zu den im Rahmen des Systembetriebs abzudeckenden Tätigkeitsbereichen zählen:

- *Allgemeines Projektmanagement*: Die übergeordnete Überwachung, Planung, Koordinierung, Budgetierung und Kontrolle der Gesamtinstallation sowie die Wahrnehmung und Abstimmung von Anforderungen der beteiligten Organisationseinheiten werden durch den Projektleiter oder die Projektgruppe wahrgenommen.
- *Anwenderbetreuung*: Anwender benötigen Unterstützung bei der grafisch-interaktiven Bearbeitung, bei der Nutzung von Auskunftsarbeitsplätzen und Konvertierungssoftware sowie bei komplexeren Analysevorgängen. Als Teil der Anwenderbetreuung kann auch die Weiterbildung der Mitarbeiter sowie die Ausbildung neuer Mitarbeiter gesehen werden.
- *Datenmanagement*: Die Übernahme, Erfassung und Pflege der Daten wird hinsichtlich Datenqualität und Termineinhaltung überwacht. Bei Bedarf sind notwendige Maßnahmen einzuleiten. Diese können z. B. darin bestehen, zusätzliche oder andere Dienstleistungsunternehmen zu beauftragen, um die Erfassung zu beschleunigen.

Das Datenmodell ist bei Bedarf anzupassen oder zu erweitern. Oftmals werden zunächst zu viele Attribute in das Datenmodell aufgenommen, sodass eine Reduktion auf ein wirtschaftlich sinnvolles Maß notwendig sein kann.

14.2 Allgemeine Aufgaben

- *Datenbankmanagement*: Das Datenhaltungssystem benötigt Pflege und Optimierung. Bei Bedarf werden beispielweise ein Anlegen und Reorganisieren von Indizes, ein Zurücksetzen einzelner Prozesse oder eine Wiederherstellung der gesamten Datenbank durchgeführt.
- *Inventarisierung*: Sowohl für die Abnahme einzelner Systembausteine wie für die geplante Weiterentwicklung der Installation ist es sehr wichtig, alle Infrastrukturkomponenten (engl. *configuration items*, CIs) zu dokumentieren. ITIL sieht die Speicherung dieser Informationen in einer logischen Datenbank, der Configuration Management Database (CMDB) vor. Ziel ist es, Infrastrukturinformationen über Software, Hardware, Dokumentation, Dienstleistungsvereinbarungen) schnell aufzufinden und auf dieser Grundlage effektive Entscheidungen treffen zu können.
- *Nutzerverwaltung*: Neue Anwender werden Benutzerklassen zugeordnet und für die Systemnutzung zugelassen. Für ausscheidende Mitarbeiter muss ein geordneter Abschluss ihrer Nutzerzulassung erfolgen. Ihre Nutzerdaten sind zu sichern, zu löschen oder an Nachfolger zu übergeben.
- *Sicherheitsmanagement*: Datenschutz und Datensicherheit werden in ihrem Vollzug einer stetigen Kontrolle unterworfen. Entwickelte Dokumente und Verfahrensanweisungen sind fortzuschreiben.
- *Netzwerkmanagement*: Kommunikationseinrichtungen sind zu warten, Adressen, Hostnamen und eventuell Firewall-Einrichtungen sind aktuell zu halten.
- *Performancemanagement*: Untersucht werden unter anderem Antwortzeitverhalten und Netzbelastung, um dann durch Anpassung von Hardware, Software oder durch Optimierung des Datenhaltungssystems Verbesserungen herbeizuführen.
- *Konfigurations- und Änderungsmanagement*: Neue Aufgaben, Anforderungen und Nutzer erfordern eine Anpassung der Systemkonfiguration durch Bereitstellung der benötigten Ressourcen.
- *Softwarepflege*: Aufgrund der Wartungsanträge (Kap. 14.4) sind Spezifikationen zu entwickeln und Angebote einzuholen. Nach Vergabe und Durchführung der Arbeiten erfolgen Installation, Kontrolle und Abnahme. Soweit die Softwarepflege unternehmensintern durchgeführt wird, können Angebotsphase und Vergabe entfallen.
- *Operating*: Zum allgemeinen Operating gehören der Sicherungsdienst, die Betreuung von Rechnern und Peripherie, von betriebssystemnaher und GIS-spezifischer Software sowie die Softwareverteilung bei anfallenden Versionswechseln oder bei der Installation neuer Komponenten.
- *Kostenkontrolle*: Die Budgets für Softwarepflege, Verbrauchsmaterialien, Schulungen usw. sind zu überwachen.

Bis veränderte Praktiken Einzug in die neue Kultur finden und für ein neues Gleichgewicht sorgen, können sie sehr zerbrechlich sein.
J. P. KOTTER (2011, S. 113)

14.3 Nutzenmanagement

Die objektive Einschätzung der mit der Systemeinführung verbundenen Nutzenpotentiale stellt noch nicht sicher, dass die verschiedenen Nutzenaspekte in die Unternehmenswirklichkeit umgesetzt werden. Menschliche Vergesslichkeit, Fehleinschätzung der eigenen Möglichkeiten, veränderte Aufgaben und Anforderungen, Änderungen in Gesetzen und Standards fordern, dass die Erreichung des Nutzens in Form eines Nutzenmanagements geplant, gesteuert und überwacht werden muss. Es gilt, den Grad der Realisierung der antizipierten Nutzenpotenziale zu verifizieren. Für diese Bestandsaufnahme sind beispielsweise folgende Fragen von Interesse:

- Von welchen Informationsprodukten wurden die größten Nutzenpotenziale erwartet? In welchem Maße wurden sie erreicht?
- Entspricht die Nutzung von Daten den Vorgaben des Sollkonzepts?
- Konnte die Organisation in dem angenommenen Maße mit der GI-Nutzung durchdrungen werden?
- Welche Applikationen werden besonders häufig verwendet?
- Welche Auskunft wird von welcher Abteilung besonders häufig angefordert?
- Welche Defizite verhindern einen höheren Nutzen (z. B. mangelnde Informationen über die angebotenen Leistungen, unbefriedigendes Antwortzeitverhalten, geringe Datenqualität, fehlende Attribute, ...)?
- Wie lang ist die durchschnittliche Bearbeitungszeit für eine Aufgabe? Haben sich die Durchlaufzeiten in einzelnen Arbeitsabläufen verringert?

Voraussetzungen für eine durchgreifende Umsetzung der Nutzenpotenziale sind (GRIMSHAW 1999, BRENNER 1994, S. 230):

1. Die Beteiligten haben eine gemeinsame Sicht der Möglichkeiten, die das GIS bietet.
2. Die Verantwortung für die Zielerreichung wird einzelnen Personen übertragen.
3. Das Vorgehen zur Erreichung und Prüfung der Nutzenaspekte wird definiert.
4. Zur Nutzenbewertung werden Metriken festgelegt und genutzt.
5. Der Einsatz der GIS-Anwendungen und -Datenbanken wird beobachtet.

Metriken zur Nutzenbewertung können beispielsweise auf der Häufigkeit der Auskunftsnutzung beruhen, auf der Häufigkeit der Planausgabe oder auf der Zufriedenheit

14.4 Wartungsmanagement

der Anwender¹²⁹. Dies setzt teilweise voraus, dass das System in der Lage ist, selbst über die Frequenz bestimmter Aktionen Auskunft zu geben, um so eine Grundlage für die Nutzeneinschätzung sowie für die Planung der weiteren Systementwicklung zu geben. Automatisiert kann beispielsweise das Monitoring der Webauskunft auf Basis der Log-Dateien des HTTP-Servers erfolgen.

Je nach Ergebnis der Nutzenbewertung kann versucht werden, durch ein Maßnahmenbündel einen höheren Nutzen zu erzielen. Neben organisatorischen Maßnahmen zählen hierzu die Entwicklung neuer bzw. die Anpassung vorhandener GIS-Applikationen, die Konfigurationsänderung von Hardware und Kommunikationseinrichtungen, die Adaption des Datenmodells, das Tuning des Datenhaltungssystems sowie verstärkte Qualifizierung und Partizipation der Mitarbeiter.

14.4 Wartungsmanagement

Das Wartungsmanagement beschäftigt sich mit der Erfassung, Durchführung und Kontrolle von Softwarewartungsaufgaben (BRENNER 1994:242). Im Einzelnen sind folgende Aufgaben zu erfüllen:

1. *Sammeln von Wartungsanträgen:* Das Sammeln von Wartungsanträgen kann aktiv oder passiv erfolgen. Aktives Wartungsmanagement bedeutet, dass durch zuständige Mitarbeiter versucht wird, im Kontakt zu den Anwendern Verbesserungspotenziale in den GIS-Applikationen, Konvertierungsprogrammen und Datenmodellen zu entdecken. Die Anwender können auch aktiv zur Einreichung von Verbesserungsvorschlägen aufgefordert werden. Beim passiven Sammeln von Wartungsanträgen werden Vorschläge und Wünsche entgegengenommen. Wartungsanträge sind in Formularform zu stellen, um eine einheitliche Bewertung eingereichter Anträge sicherzustellen.
2. *Analyse:* Die Analyse der Wartungsanträge hat zum Ziel, die im Sinne der Unternehmensziele notwendigen Anträge herauszufinden und ihre Auswirkung auf die Anwendungspakete, Datenbanken und Organisation der laufenden GIS-Installation zu untersuchen. Wartungsanträge werden priorisiert und zeitlich eingeplant, zurückgestellt oder abgelehnt. Anträge, die einen Teilbereich betreffen, können zusammengefasst und zusammenhängend bearbeitet werden.
3. *Durchführung:* Die Durchführung selbst kann als Projekt betrachtet und bearbeitet werden, zu dem neben der eigentlichen, internen oder externen Durchführung auch das Testen, die Aktualisierung der betroffenen Dokumentation sowie die Übergabe in den produktiven Einsatz gehören.

¹²⁹ Eine sehr detaillierte Darstellung zum Einsatz Kennzahlen-Systemen zur Steuerung von IT-Installationen findet sich bei KÜTZ (2006).

4. **Kontrolle:** Nach einiger Zeit des produktiven Einsatzes ist zu prüfen, ob die Wünsche des Antragstellers erfüllt sind und der entsprechende Nutzen realisiert werden konnte.

*We must not cease from exploration
and the end of all our exploring will be to arrive where we began
and to know the place for the first time.
T. S. ELIOT (1888 – 1965)*

14.5 Systemwechsel

GIS-Projekte zeichnen sich auch nach der Systemeinführung durch sehr lange Laufzeiten aus. Im Laufe dieser Zeit können Umstände eintreten, die einen Systemwechsel naheliegend erscheinen lassen (SANNEK 1993):

- **Verschlechtertes Antwortzeitverhalten:** Durch eine wachsende Zahl von Anwendern, Anwendungen und Daten kann sich das Antwortzeitverhalten des Systems so verschlechtern, dass es zu unzumutbaren und unwirtschaftlichen Antwortzeiten kommt.
- **DV-technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte:** Wartungskosten können – insbesondere bei auslaufenden Softwarereleases – derart steigen, dass die Kosten wirtschaftlich nicht länger vertretbar sind.
- **Technologische Gesichtspunkte:** Neue Hardware- und Softwaretechnologien und -konzepte ermöglichen effizienteres und kostengünstigeres Arbeiten als mit dem bereits vorhandenen System. Datenbank- und GIS-Technologie entwickeln sich weiter; so können z. B. arbeitsablauforientierte Konzepte zunehmend in den Vordergrund rücken und genutzt werden.
- **Entwicklungstechnische Gesichtspunkte:** Die Entwicklung neuer und leistungsfähigerer Hardwarekomponenten (Prozessoren, Massenspeicher, Peripherie) geht in immer kürzeren „Taktzyklen“ voran. Ein „Einfrieren“ des Systems ist nicht ratsam und auch nicht ohne Sicherheitsrisiko möglich.
- **Fehlende Unterstützung vonseiten des Systemlieferanten:** Hier sind verschiedene Faktoren denkbar, z. B. die Einstellung einer Produktlinie, wesentliche personelle Änderungen beim Anbieter mit der Konsequenz der unzureichenden Produktunterstützung oder die Insolvenz des Systemanbieters.
- **Veränderte Randbedingungen:** Es können sich neue gesetzliche Vorgaben, neue Standards, neue Organisationsformen (z. B. Fusionierung von Unternehmen) oder neue Geschäftsfelder ergeben.

Mit einem dadurch notwendig werdenden Systemwechsel sind – neben dem Aufwand – verschiedene Nutzenpotenziale verbunden:

- Häufig bietet sich die Möglichkeit zur Nutzung modernerer Systemkonzepte und Informationstechnologien. In manchen Fällen erfolgt der Umstieg auf eine Client-

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

Server-Architektur. In anderen Fällen wird mit dem Systemwechsel der Übergang zu einer cloudbasierten Lösung vollzogen.

- Das Datenmodell kann im Zuge der Systemumstellung optimiert und aktuellen Erfordernissen angepasst werden.
- Fehler und Inkonsistenzen in den Daten werden eventuell erstmals offensichtlich. Mit der Übernahme der im Vorsystem erfassten Daten kann eine Verbesserung dieser Daten durch Korrektur sowie durch Erweiterung um topologische Beziehungen und Sachinformationen verbunden sein.

Faktoren, wie die oben genannten, sind zu beobachten und zu bewerten. Keinesfalls sollte jedoch zu schnell eine eingeführte GIS-Installation gegen eine neue, möglicherweise bessere ausgetauscht werden, oder wie es SANNEK (1993) formuliert: „Der Anwender ... sollte den Mut haben, mit der zweitneuesten Technik solange wie möglich zu arbeiten, um einer überschnellen Entwicklung nicht Vorschub zu leisten. Diese nützt mehr der DV-Industrie als den Anwendern.“

Auch für das neu zu beschaffende System gelten die Forderungen nach Erfüllung der funktionalen Anforderungen, nach zufriedenstellender Leistungsfähigkeit, nach Nutzungsfreundlichkeit und nach Einhaltung anerkannter Standards.

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

Der in den verschiedenen Kapiteln beschriebene Zyklus von Ist-Erhebung bis zur Systemeinführung beginnt von neuem. Gleichzeitig ist der Abbau des alten Systems zu planen. Bei den bevorstehenden Projektphasen wird man auf eine Reihe von dokumentierten Sachverhalten, Datenmodellen und Abläufen zurückgreifen können, die im Hinblick auf die aktuelle Situation und auf künftige Anforderungen zu prüfen und zu bewerten sind.

Ein besonderes Augenmerk muss der Übernahme der Daten gelten, die wesentlich den Wert der bisherigen Installation ausmachen. Hier sind besonders detaillierte Kenntnisse und Erfahrungen unternehmensintern oder bei externen Dienstleistern nötig.

Herausforderungen, Erfolge und auch Misserfolge des Projektwegs sind zu reflektieren. Unersetzlich ist der Erfahrungsschatz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, der auf dem bisherigen Weg gesammelt wurde und nutzbringend in die bevorstehenden Projektphasen eingebracht wird. Eine Unterstützung durch externe Mitarbeiter mit Kenntnissen der alten und der neuen Systemwelt ist empfehlenswert.

Literaturverzeichnis

- AHLGRIMM, B., VON DÖMMING, A., FEINHALS, J., et al. (2010): Architektur der GDI-DE, Version 2.0. Arbeitskreis Architektur der GDI-DE und Koordinierungsstelle GDI-DE. http://www.geoportal.de/SharedDocs/Downloads/DE/-GDI-DE/GDI-DE%20Architekturkonzeptv2.pdf?__blob=publicationFile [2012-12-08]
- AHO-Fachkommission „Geoinformationssysteme“ (2023): Geoinformationssysteme (GIS) - Leistungsphasen nach Fachthemen. 2. Auflage, Reguvis Fachmedien GmbH, ISBN 978-3-8462-1497-8
- ANDRAE, C. (2012): Simple Features. Praxisnahe Standards für einfache Geoobjekte in Datenbanken und GIS. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach
- ANDRAE, C., GRAUL, C., OVER, M. & ZIPF, A. (2011): Web Portrayal Services: OpenGIS Web Map Service, Styled Layer Descriptor, Symbology Encoding und ISO 19117 Portrayal vorgestellt und erläutert. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach
- ANTENUCCI, J. C., BROWN, K., CROSWELL, P. L., KEVANY, M. J. & ARCHER, H. (1991): Geographic Information Systems: a guide to the technology. Van Nostrand Reinhold, New York
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (AdV) (1989): ATKIS-Gesamtdokumentation. Stand 1. 9. 1989, Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Bonn
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (AdV) (2009): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok), Hauptdokument, Version 6.0.1, Stand: 01.07.2009
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (AdV) (2010): Richtlinie über Gebühren für die Bereitstellung und Nutzung von Geobasisdaten der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV-Gebührenrichtlinie) vom 23. 09. 2010 (Version 2.1). <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Bezugsbedingungen/Lizenzvereinbarungen-Gebuehrenrichtlinien/> [2014-02-01]
- ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND (AdV), TASKFORCE PUBLIC RELATIONS UND MARKETING (PRM) (2012): Musterlizenzvereinbarungen „Geobasis- und Geofachdaten“ Version: 3.7, Stand: 18.04.2012. <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Bezugsbedingungen/Lizenzvereinbarungen-Gebuehrenrichtlinien/> [2014-02-08]
- ARCTUR, D. & ZEILER, M. (2004): Designing geodatabases. Case studies in GIS data modeling. 1. Aufl., ESRI Press, Redlands, CA
- ARONOFF S. (1993): Geographic Information Systems: a Management Perspective. WDL Publications. ISBN 0-921804-91-1

- BAER, E. & VAN VORST, F. (1991): Das Kanalinformationssystem der Stadt Duisburg, erster Teil eines umfassenden städtischen Informationssystems. In: GIS, 4, GIS-Sonderheft: Kanalinformationssysteme
- BARTELME, N. (2005): Geoinformatik: Modelle, Strukturen, Funktionen. Springer, Berlin
- BAUER, J. (2011): GIS-Einsatz bei der Stadt Landau in der Pfalz. VDVmagazin 3/11, S. 186 – 188
- BAUER, W. (1997): Die Visualisierung und Nutzung von Geodaten der Digitalen Stadtkarte Stuttgart am Arbeitsplatz. In: 81. Deutscher Geodätentag 1997 in Karlsruhe „Geodäsie – Technik für Raum und Recht“. Schriftenreihe des DVW, Band 27, Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart
- BAUER, M. (2011): Vermessung und Ortung mit Satelliten: Globales Navigations-satellitensystem (GNSS) und andere satellitengestützte Navigationssysteme. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach
- BAUMANN, P. (2010): OGC® WCS 2.0 Interface Standard – Core. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41437 (2012-12-09)
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DER FINANZEN (2003): Geographische Informationssysteme für die bayerischen Kommunen. <http://www.gis-leitfaden.de/GIS-Leitfaden%20-Zusammenfassung.pdf> [2013-10-25]
- BEHR, F.-J. (1994): Erhebung von Nutzenaspekten bei der Einführung geographischer Informationssysteme. In: GIS, 7 (2)
- BEHR, F.-J. (2000): Strategisches GIS-Management - Grundlagen und Schritte zur System-einführung. Wichmann Verlag, Heidelberg, 2. Auflage
- BEHR, F.-J., HOLSCUH, K., WAGNER, D. & ZLOTNIKOVA, R. (2011): Vector Data Formats in Internet based Geoservices. In: Li, S., Dragicevic, S. & Veenendaal, B. (Eds.): Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications. ISPRS Book Series, ISBN 9780415804837
- BERNHARDSEN, T. (1999): Geographic Information Systems. Wiley and Sons, Hoboken, ISBN 0471321923, 390 S.
- BERNERS-LEE, T., FIELDING, R. & MASINTER, L. (2005): Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax. <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3986.txt> [2024-12-03]
- BERNHARDT, U. (1994): Geo-Informationssysteme in EVU. VWEW-Verlag, Frankfurt am Main, 316 S., ISBN 3-8022-0394-1
- BESCHAFFUNGSAMT DES BUNDESMINISTERIUMS DES INNERN (BMI) (2010): UfAB V: Unterlage für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen, Version 2.0. http://www.bit.bund.de/cln_331/nn_2148678/BIT/DE/Standards_Methoden-/UfAB/UfAB-V,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/UfAB-V.pdf [2013-02-20]
- BESCHAFFUNGSAMT DES BUNDESMINISTERIUMS DES INNERN (BMI) (2018): UfAB 2018.04 (April 2018) Unterlage für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen. https://www.cio.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/CIO/DE/digitale-loesungen/it-beschaffung/ufab/ufab2018.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [2024-12-05]
- BILL, R. (2023): Grundlagen der Geo-Informationssysteme., 7., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach, 901 S., ISBN 3879077150

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

- BILL, R. & BÜHLER, W. (1992): Phasen und Kriterien bei der technischen Evaluation von GIS-Produkten. In: GIS, 1/1992, S. 23 - 28
- BITZER, A. (1991): Beteiligungsqualifizierung zur Gestaltung von technischen und organisatorischen Innovationen. VDI Verlag, Düsseldorf, 142 S.
- BLANKENBACH, J. (2007): Handbuch der mobilen Geoinformation. Architektur und Umsetzung mobiler standortbezogener Anwendungen und Dienste unter Berücksichtigung von Interoperabilität. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach
- BOCK, M. (1989): Umweltatlas Berlin – Aufbau eines ökologischen Planungsinstruments. In: SCHILCHER & FRITSCH (1989, S. 191 – 208)
- BOGAERTS, T. (1995): Urban Data Management. In: Proc. First Joint European Conference on Geographical Information, Den Haag, S. 22 – 27
- BONHAM-CARTER, G. F. (1994): Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. Elsevier, Kidlington, 397 S.
- BOOCH, G. (1994): Objektorientierte Analyse und Design. Addison-Wesley, Bonn, 693 S.
- BORN, J. (1992): Ist die Einführung von GIS durch Kosten-/Nutzenanalyse entscheidbar? In: Proc. AM/FM/GIS European Conference VIII, Montreux, S. 49 – 56
- BORN, J. (1994): Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Aspekte der Betriebsorganisation von komplexen Informationssystemen in Versorgungsunternehmen. in: DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V.: Gas – Wasser – Strom – Fernwärme – Digital, Bochum
- BORN, J. & STEIDLER, F. (1997): Minimale Risiken bei der GIS-Einführung. In: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 5/1997
- BOUILLÉ, F. (1994): Fuzziness structuring and processing in an object-oriented GIS. In: DOLLINGER & Strobl (1994, S. 113-122)
- BRANDT, B. (2010): Make-or-Buy bei Anwendungssystemen. Eine empirische Untersuchung der Entwicklung und Wartung betrieblicher Anwendungssoftware. Gabler, Wiesbaden
- BRAUN, H. (1997), Datenerfassung und hybride GIS-Technik bei EVU. In: Der Vermessungsingenieur, 1/97, S. 9 – 13
- BRAY, T., PAOLI, J., SPERBERG-MCQUEEN, C. M., MALER, E., VERGEAU, F. & COWAN, J. (2010): Extensible Markup Language (XML) 1.1 (Second Edition). <http://www.w3.org/TR/2006/REC-xml11-20060816/> [2013-05-23]
- BRENNER, W. (1994): Konzepte des Informationssystem-Managements. Physica-Verlag, Heidelberg, , 318 S., ISBN 3-7908-0767-2
- BRINKHOFF, T. (2021): Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis: Einführung unter besonderer Berücksichtigung von PostGIS und Oracle. Wichmann Verlag, 4., überarb. u. erw. Aufl., 624 S.
- BRÜGGEDE, H. (2009): Public-Private SDI Challenges in Germany. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 5/2009
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS), BUNDESMINISTERIUM DER VERTEIDIGUNG (BMVG) (Hrsg.) (2012): Arbeitshilfen Abwasser. Planung, Bau und Betrieb von abwassertechnischen Anlagen in Liegenschaften des Bundes. 2. Auflage Juni 2012, <http://www.arbeitshilfen-abwasser.de/html/Materialien.1.02.html> [2013-07.25]
- BURROUGH, P. A. & MCDONNELL, R. A. (1998): Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, Oxford

- CAMPBELL, H. (1993): Successful GIS Implementation: The Impossible Dream? In: Proceedings of the 16th Urban Data Management Symposium 1993. Wien, S. 144 – 157
- Chu, M., Li, X., Lu, J., Hou, X. & Wang, X. (2012): The Research on Implementation Methods of 3D GIS. In: Applied Mechanics and Materials, Vols. 170-173, S. 2840 – 2843
- CODD, E. F. (1970): A Relational Model for Large Shared Data Banks. In: Comm. ACM, 3 (6), S. 377 – 387
- CODD, E. F. (1986): Is Your Database Management System Really Relational? In: Computerworld (Australia), 7 Feb., S. 18 – 24
- COORS, V. (2005): 3D-Geoinformationssysteme. Grundlagen und Anwendungen. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach
- CORNELIUS, S. & MEDYCKYJ-SCOTT, D. (1991): 'If only someone had said!' – Human and organisational barriers to GIS success. In: Mapping Awareness, 5, No. 7, Sept. 1991, S. 42 – 45
- DA COSTA, J. R. (1995): An Outsider in Decision Making: Implementation of GIS in Complex Environments. In: Proc. First Joint European Conference on Geographical Information, Den Haag, S. 241 – 252
- COTE P. (2007): Web Services Architecture for CAD GIS and BIM. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=21622&passcode=mf9g1g3gut206nqnm4v8 [2013-10-28]
- CUMMERWIE, H.-G. (1993): Organisationsstrategie für den Aufbau kommunaler GIS und Realisierung von MERKIS in Wuppertal. Proc. 16th Urban Data Management Symposium 1993, Wien, S. 187 – 197
- DANISH ENTERPRISE AND CONSTRUCTION AUTHORITY (2010): The value of Danish address data: Social benefits from the 2002 agreement on procuring address data etc. free of charge. http://www.adresseinfo.dk/Portals/2/Benefit/Value_Assessment_Danish_Address_Data_UK_2010-07-07b.pdf [2013-01-02]
- DE LA BEAUXARDIERE J. (2006): OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416 [2012-11-21]
- DE LANGE, N. (2020): Geoinformatik in Theorie und Praxis: Grundlagen von Geoinformationssystemen, Fernerkundung und digitaler Bildverarbeitung. Springer Spektrum, 4. überarb. u. akt. Auflage 2020
- DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT (DoE) (1987): Handling Geographic Information. HMSO, London
- DETKEN, K.-O. (1999): Local Area Networks. Grundlagen, Internetworking, Migration. Hüthig Verlag, Heidelberg, 506 S.
- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (DWA) (2012): Kanalinformationssysteme – Teil 1: Grundlagen und systemtechnische Anforderungen – Entwurf (Dezember 2012). DWA, ISBN 978-3-942964-71-5
- DEUTSCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES E. V. (DVGW) (1990): Netzinformationssystem – Aufbau und Fortführung mit Hilfe der grafischen Datenverarbeitung (GDV). DVGW Regelwerk, Technische Mitteilung Hinweis, GW 122, Februar 1990, ISSN 0176-3512
- DOLLINGER, F. & STROBL, J. (1994): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VI. Salzburger Geographische Materialien, 21, Salzburg

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

- DOLLINGER, F. & STROBL, J. (1995): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VII. Salzburger Geographische Materialien, 22, Salzburg
- DOUGLAS, B. (2008): Achieving business success with GIS. Wiley, Chichester, England
- EASON, K. (1988): Information Technology and Organisational Change. Taylor and Francis, London
- E-GEO.CH (2012): Empfehlungen zum Vorgehen bei der Harmonisierung von Geobasisdaten in Fachinformationsgemeinschaften. <http://www.e-geo.ch/internet/e-geo/de/home/publi.parsys.92956.DownloadFile.tmp/figde081103light.pdf> [2013-01-31]
- EHMANN, S. (2012): Cloud-Computing: Technologie – Wirtschaftlichkeit – informationslogistisches Anwendungsszenario. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Hochschule für Technik Stuttgart, Studiengang Informationslogistik
- EISENBEß, H. (2009): UAV Photogrammetry. http://www.igp-data.ethz.ch/berichte/-Blaue_Berichte_PDF/105.pdf [2013-10-25]
- ELIAS, B. (2012): 3D-Geobasisinformationen. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 5/2012
- ELLSIEPEN, M. (2006): Nachhaltige Generalisierung topographischer Daten. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 3/2006
- EL-MEKAWY, M., ÖSTMAN, A. & HIJAZI, I. (2012): A Unified Building Model for 3D Urban GIS. In: IJGI 1 (3), S. 120 – 145.
- Emde, A. 2021. Der neue OGC API Features Standard, wie ist der Stand und was ist mit Open Source Geospatial Software möglich. FOSSGIS Konferenz 2021: Online-Event, 06.–09. Juni 2021, FOSSGIS e.V. et al., 2021. <https://doi.org/10.5446/53905>
- ESRI & GEOCOM (2008): Drucken, Plotten und Exportieren mit ArcGIS Desktop 9.x. http://www.esri-austria.at/downloads/papers/wp_druck_plot_arcgis.pdf [2014-01-19]
- FIELDING, R. T. (2000): Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. <https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm> (2017-12-10)
- FORNEFELD, M., BECKMANN, G. & FISCHER, H. (2010): Die europäische Gesetzgebung als Motor für das deutsche GeoBusiness. MICUS Management Consulting GmbH, Stand 01.06.2010, http://www.micus.de/pdf/GeoBusiness_Abschlussbericht.pdf [2013-02-18]
- FRANK, A. (1983): Datenstrukturen für Landinformationssysteme – semantische, topologische und räumliche Beziehungen in Daten der Geo-Wissenschaften. Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich, Mitteilungen Nr. 34, Zürich
- FU, P. & SUN, J. (2011): Web GIS – Principles and applications. ESRI Press, Redlands, CA
- GANDON, F., SCHREIBER G. (2014): RDF 1.1 XML Syntax. W3C Recommendation 25 February 2014. <https://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/> [2025-12-31]
- Geodateninfrastruktur Bayern (2020): Nutzung von Geodatendiensten – Leitfaden. https://www.gdi.bayern.de/mam/dokumente/2020_leitfaden_geodatendienste.pdf [2025-12-31]
- GEOGRAPHIC INFORMATION PANEL (2008): Place matters – The Location Strategy for the United Kingdom.

- <http://ggim.un.org/knowledgebase/Attachment2210.aspx?AttachmentType=1> [2019-03-16]
- Hobona, G. (2020): OGC APIs and the evolution of OGC standards - an update. FOSS4G UK Online 2020 - Sentinel, FOSS4G et al., 2020. <https://doi.org/10.5446/14056> [2024-12-05]
- GRAPHSERVICE GMBH (1993): DQSS Produktinformation, Waldbronn, Stand: 3. Mai 1993
- GRIMSHAW, D. J. (1999): Bringing geographical information systems into business. Longman, Harlow
- GRUPP, B. (1988): Methoden und Techniken der EDV-Organisation. Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, 291 S.
- HAKE, G., GRÜNREICH, D. & MENG, L. (2001): Kartographie. Visualisierung raum-zeitlicher Informationen. De Gruyter Verlag, Berlin
- HÖHNE, A., FAUST T., HEß D. et al. (2010): Gesamtkonzeption GDI-BW. Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung. https://www.geoportal-bw.de/documents/20147/0/Gesamtkonzeption_GDI-BW.pdf/0ddcd69f-c7ca-185b-34dc-0472e9514fc2 (2019-03-16)
- HARBECK, R., IRSEN, W. & MITTELSTRÄß, G. (1995): Flächendeckende Versorgung eines Landes mit Geobasisdaten. Zeitschrift für Vermessungswesen (zfv), 8/1995, 381-391
- HAUSPURG, T., ROSNER, H. (1995): Aufbau eines ämterübergreifenden kommunalen GIS. ACDGIS-L@VM.AKH-WIEN.AC.AT, 18.07.1995
- HERRING, J. R. (Ed.) (2010): OpenGIS Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option. https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=25354 [2025-06-06]
- HERRING J. R. (Ed.) (2011): OpenGIS Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture. http://portal.-opengeospatial.org/files/?artifact_id=25355 [2012-12-06]
- HERRMANN, C. & ASCHE, H. (2000): Web.Mapping 1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet. Wichmann Verlag, Heidelberg
- HÖPER, D. (1992): Die Ortung unbekannter Leitungen als wesentliche Voraussetzung einer gesicherten Leitungsdokumentation. In: Vermessungswesen und Raumordnung. 54, 8/1992, S. 428 – 445
- HUG, J. (2004): Optimierung von Geschäftsprozessen in der Forstwirtschaft durch den Einsatz von Informationstechnologie. <http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/dissts/Freiburg/Hug2004.pdf> [2013-02-12]
- HUXHOLD, W. E. & LEVINSOHN, A. G. (1995): Managing Geographic Information System Projects. Oxford University Press, New York, 247 S.
- VON JANOWSKY, D., LUDWIG, R., ROSCHLAUB, R. & STREUFF, H. (2009): Geodateninfrastrukturrecht in Bund und Ländern: Systematische Erläuterungen. Kommunal- und Schul-Verlag Wiesbaden
- JANSEN, D. (1989): Planung und Einführung der graphischen Datenverarbeitung bei den Stadtwerken Pforzheim. In: SCHILCHER et al. (1989, S. 93 – 104)
- JANSEN, M. & ADAMS, T. (2010): OpenLayers. Webentwicklung mit dynamischen Karten und Geodaten. Open Source Press

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

- JOOS, G., BALTZER, U. & KULLMANN, K.-H. (1997): Qualitätsmanagement beim Aufbau einer topographischen Grunddatenbank am Beispiel von ATKIS in Hessen. In: Zeitschrift für Vermessungswesen (zfv), 4/1997, S. 149 – 159
- JUNIUS, H. & WEGENER, M. (1994): Geoinformationssysteme in den Kommunalverwaltungen Deutschlands. In: KGSt (1994)
- KAUFFELS, F.-J. (1994): Moderne Datenkommunikation: eine strukturierte Einführung. Datacom-Verlag, Bergheim
- KELLER W. (2012): IT-Unternehmensarchitektur. dpunkt.verlag, Heidelberg
- KEMPER, A. & EICKLER, A. (2011): Datenbanksysteme. Eine Einführung. 8. Aufl., Oldenbourg Verlag, München
- KLEMMER, W. (2010): GIS-Projekte erfolgreich durchführen. Harzer Verlag, Karlsruhe
- KOMMUNALE GEMEINSCHAFTSSTELLE (KGSt) (1994): Raumbezogene Informationsverarbeitung in Kommunalverwaltungen. KGSt-Bericht 12/1994
- KITTENDORF, F. (1994): Systemeinführungsstrategien für kleinere und mittlere Gemeinden. In: DOLLINGER & STROBL (1994, S. 333 – 345)
- KNEPPER, W. (1990): Allgemeiner Nutzen- und Kostenrahmen für Aufbau und Fortführung eines Netzinformationssystems mit Hilfe der GDV. In: Wasser – Abwasser gwf, 13 (1990) Nr. 7, S. 342 – 347
- KOLBE, T. & BACHARACH, S. (2006): CityGML: An Open Standard for 3D City Models. <http://www.directionsmag.com/articles/citygml-an-open-standard-for-3d-city-models/123103> [2013-01-08]
- KOLBE, T. (Ed.) (2011): Advances in 3D Geo-Information Sciences (Lecture Notes in GeoInformation and Cartography). Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York
- KOORDINATIONSORGAN FÜR GEOINFORMATION DES BUNDES (2012): Empfehlungen zur Geodatenmodellierung Version 2.0: Allgemeine Empfehlungen zur Methodik der Definition minimaler Geodatenmodelle. <http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/de/home/topics/geobasedata/models.parsys.75473.downloadList.28447.DownloadFile.tmp/empfehlungenminimalegeodatenmodelle20120117.pdf> [2013-01-31]
- KOORDINIERUNGSSTELLE GDI-NI BEIM LANDESAMT FÜR GEOINFORMATION UND LANDENTWICKLUNG NIEDERSACHSEN (LGLN) (2012): Schritt für Schritt zu perfekten Metadaten. http://www.geodaten.niedersachsen.de/download/26323-Schritt_fuer_Schritt_zu_perfekten_Metadaten.pdf [2013-01-13]
- KOORDINIERUNGS- UND BERATUNGSSSTELLE DER BUNDESREGIERUNG FÜR INFORMATIONSTECHNIK IN DER BUNDESVERWALTUNG (KBSt) (1988): Unterlagen für Ausschreibung und Bewertung von IT-Leistungen für die Bundesverwaltung (UfAB II). Schriftenreihe der KBSt, herausgegeben vom Bundesminister des Innern, Band 11, ISSN 0179-7263
- KOTTER J. P. (2011): Leading Change. Vahlen, ISBN 978-3-8006-3789-8
- KRAAK, M. J. & ORMELING, F. (2010): Cartography. Visualization of geospatial data. 3. Aufl., Prentice Hall, Harlow, New York
- KRAUS, K. (2004): Photogrammetrie. De Gruyter Verlag, Berlin, 7. Auflage
- KRESSE, W. & FADAIE, K. (2004): ISO standards for geographic information. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York
- KÜTZ, M. (2006): IT-Steuerung mit Kennzahlen-Systemen. dpunkt.verlag, Heidelberg

- LAKE, R., BURGGRAF, D., TRNINIC, S. & RAE L. (2004): GML – Geography Mark-Up Language: Foundation for Geo-Web. Wiley & Sons, Hoboken
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1993): Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen. München/Wasserwirtschaftsamt
- LEHNER, F. (1993): Informatik-Strategien: Entwicklung, Einsatz und Erfahrungen. Hanser, München, 306 S., ISBN 3-446-17195-9
- LEMMENS, M. (2011): Geo-information. Technologies, applications and the environment. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York
- LEVINA, N. (2001): Multi-party Information Systems Development: The Challenge of Cross-Boundary Collaboration. http://people.stern.nyu.edu/nlevina/Publications_Thesis.htm [2013-10-18]
- LIESENFELD, W. (1992): Systemanalyse, Pflichtenheft, Wirtschaftlichkeitsaspekte. 6. Seminar der AGE: Graphische Datenverarbeitung als Bestandteil eines Betriebsinformationssystems. 10. - 12. Mai 1992, Kassel
- LINDER B.-U. & HINRICH J. (2013): Aufbau einer kommunalen Geodateninfrastruktur in interkommunaler und interdisziplinärer Zusammenarbeit. Zeitschrift für Vermessungswesen (ZfV), Heft 5/2013
- LINDER, W. (2013): Geo-informationssysteme. Ein Studien- und Arbeitsbuch. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York
- LIPINSKI, K. et al. (2013): IT Wissen. Das große Online-Lexikon für Informationstechnologie. <http://www.itwissen.info/> [2013-02-27]
- LITKE, H.-D. (1995): Projektmanagement: Methoden, Techniken, Verhaltensweisen. Carl Hanser Verlag, München
- LITKE, H.-D. (2007): Projektmanagement: Methoden, Techniken, Verhaltensweisen. Evolutionäres Projektmanagement. Hanser Verlag, München
- LOCKEMANN, P. C., SCHREINER, A., TRAUBOTH, H. & KLOPPROGGE, M. (1983): Systemanalyse – DV-Einsatzplanung. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 243 S.
- LOCKEMANN, P. C., KRÜGER, G. & KRUMM, H., 1993: Telekommunikation und Datenhaltung. Carl Hanser Verlag, München, ISBN 3-446-17465-6
- LOFY, J.-P. (1998): GIS in einer Mittelstadt am Beispiel Troisdorfs. In: GIS 11, S. 16 – 21
- LONGLEY, P., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J. & RHIND, D. W. (Eds.) (1999): Geographical Information Systems: Principles and Applications, John Wiley & Sons, Hoboken
- LOTHER, G. (1991): Kommunales Raumbezogenes Informationssystem (KRIS) – ein neues Hilfsmittel zur Aufgabenbewältigung durch die Kommunalverwaltung. In: Mitteilungsblatt DVW-Bayern, 4/1991
- LÖWNER, M.-O., BENNER, J., GRÖGER, G., GRUBER, U., HÄFELE, K.-H. & SCHLÜTER, S. (2012): CityGML 2.0 – Ein internationaler Standard für 3D-Stadtmodelle. Teil 1: Datenmodell. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 6/2012
- LUPP, M. (2007): Styled Layer Descriptor profile of the Web Map Service Implementation Specification. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22364 [2013-01-29]
- MANDL, P. (1995): Räumliche Entscheidungsunterstützung mit GIS: Nutzwertanalyse und Fuzzy-Entscheidungsmodellierung. in: DOLLINGER & STROBL (1995)

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

- MARTINY, L. & KLOTZ, M. (1989): Strategisches Informationsmanagement. Oldenburg Verlag, München, 151 S., ISBN 3-486-20696-6
- MEDYCKYJ-SCOTT, H. M. & HEARNSHAW, D. (Eds.) (1993): Human Factor in Geographic Information Systems. Belhaven Press, ISBN 1-85293-262-7
- MICUS MANAGEMENT CONSULTING GMBH (2010): Zwölf Bilder – Making Of „Kalender 2010“. http://www.micus.de/pdf/MICUS_Luftbild-Studie.pdf [2013-02-01]
- MITTELBÖCK, M., GRIMMAYER, R. & STROBL, J. (2011): ON A 2270 – Metadatenprofil Österreich als Grundlage für ein Geodatenmanagement. In: Proceeding of Geodätische Woche Oberburgl 2011, <http://www.mplusm.at/ifg/OBG2011/Mittelb%C3%B6ck.pdf> [2013-10-28]
- MORTON M. (1966): A Computer Oriented Geodetic Data Base and a New Technique in File Sequencing. IBM, Ltd., Ottawa, Canada
- MOEGERLE, N. & SCHÜLLER, K. (1993): Kommunikationswerkzeuge mit unterschiedlichen GIS-Systemplattformen zum Austausch raumbezogener Daten. In: GIS, 5, S. 13 – 17
- MÜLLER, H. (1993): Satellitengestützte Koordinatenbestimmung für grafische Informationssysteme. In: 5. Paderborner GDV-Tage, 26./27. Oktober 1993
- MUXEL, H. (1989): Die Anwendung der Graphischen Datenverarbeitung bei der Vorarlberger Kraftwerke AG beim Aufbau eines Netzinformationssystems. in: SCHILCHER et al. (1989, S 85 – 92)
- NAUROTH, D. M. (1998): Computer und Recht. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt a. M., 301 S., ISBN 3-596-12495-6
- NEBERT, D., WHITESIDE, A. & VRETANOS, P. (2007a): OpenGIS Catalogue Services Specification http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20555 [2012-12-09]
- NEBERT, D., REED, C. & WAGNER, R. (2007b): Proposal for a Spatial Data Infrastructure Standards Suite: SDI 1.0. In: Onsrud H. (Ed.): Research and Theory in Advancing Spatial Data Infrastructure Concepts. Esri Press, Redlands, CA
- OBE, R. O. & HSU, L. (2021): PostGIS in Action. 3d edition, Manning Publications, ISBN 978-1617296697
- OBERMEYER, N. J. & PINTO, J. K. (2008): Managing geographic information systems. 2. Aufl., Guilford Press, New York
- OGP (2012): EPSG Geodetic Parameter Registry - Developer Guide. Geomatics Guidance Note Number 7, part 3. <http://www.epsg.org/guides/docs/G7-3.pdf> (2012-12-06)
- OSCHMANN, B. (2009): Projektierung, Auswahl und Einführung eines Geographischen Informationssystems in der öffentlichen Bauverwaltung. ESRI Anwendertreffen Bayern in Würzburg am 16. Oktober 2009. http://w3.fh-wuerzburg.de/vermessung/Veranstaltungen/2009-10-16_ESRI-Anwendertreffen/Oschmann.pdf [2013-02-15]
- OSTRAU S., KONEBERG, S., FRISCH, U. & HUBER, U. (2013): Geoinformationen in den Kommunen – Ergebnisse und Umsetzungsaspekte der neuen GDI-Studie. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 5/2013
- PECHER, R. (1991): Anwendungsmöglichkeiten von Datenbanken im Kanalkataster. In: GIS, 4, GIS-Sonderheft: Kanalinformationssysteme
- PENG, Z.-R. & TSOU, M. H. (2003): Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Networks. John Wiley & Sons, Hoboken

- PILZ, W. (2000): Das Katasteramt Darmstadt-Dieburg - aktiver Teilnehmer am Geodatenmarkt. Proc. 4. Workshop Kommunale Geoinformationssysteme. Techn. Universität Darmstadt, März 2000
- POLLECKER, M. & SCHLOSSHAUER, E. (1994): Zieldefinition und Auswahlverfahren für GIS/NIS bei Versorgungsunternehmen. In: GIS 6/1994, 8–14
- PORTELE, C. (2007): OpenGIS® Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=20509 [2020-05-03]
- PORTELE, C. (2012): OGC® Geography Markup Language (GML) — Extended schemas and encoding rules. https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=46568 [2012-12-06]
- RAT FÜR SOZIAL- UND WIRTSCHAFTSDATEN (RATSWD) (2012): Endbericht der AG „Georeferenzierung von Daten“ des RatSWD. Bericht der Arbeitsgruppe und Empfehlung des Rates für Sozial- und Wirtschaftsdaten (RatSWD). http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/-2012/13233/pdf/RatSWD_Endbericht_Geo_AG.pdf [2013-02-22]
- RAYADO PÉREZ, S., BEHR, F. J. & SCHRÖDER, D. (2012): Desktop and Web GIS Based Spatial Decision Support System for the Site Selection of Wind Farms - Applied in the State of Baden-Württemberg (Germany). In: BEHR, F.-J., RAHMAN, A. A., ZIMMERMANN, M. & PRADEEPKUMAR, A. P. (Eds.) (2012): Geoinformation – Catalyst for planning, development and good governance. Proceedings AGSE 2012, AGSE Publishing, ISBN 978-3-943321-09-8
- REED, C. (ed.) (2006): Open Geospatial Consortium 2006: An Introduction to GeoRSS: A Standards Based Approach for Geo-enabling RSS feeds. Reed C., eds., <http://www.opengeospatial.org/pt/06-050r3> (2010-06-02)
- REISS, M. & REISS, G. (2010): Praxisbuch IT-Dokumentation. Addison-Wesley, München
- REMONDINO, F., BARAZZETTI, L., NEX, F., SCAIONI, M. & SARAZZI, D. (2011): UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling – Current Status and Future Perspectives. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22, 2011ISPRS Zurich 2011 Workshop, 14-16 September 2011, Zurich, Switzerland. <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXVIII-1-C22/25/2011/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-25-2011.pdf> [2013-10-26]
- Retterath, A., 2022. OGC API Features im praktischen Einsatz. https://www.tib.eu/de/suchen?tx_tibsearch_search%5Baction%5D=getDocument&tx_tibsearch_search%5Bcontroller%5D=Download&tx_tibsearch_search%5Bd%5D=00a2b95ac0671afa363c7f83eae18852&tx_tibsearch_search%5Bdocid%5D=TIBKAT%3A1796737259&cHash=5e38931ace25afcfc23c28d7dcbb432d [2024-12-05]
- RIEDER, K. (1995): Der Einsatz von SMALLWORLD bei den Berliner Wasserbetrieben. In: Der Vermessungsingenieur, 1/95, S. 34 – 39
- ROGGENDORF, W., SCHOLLES, F. & STAHL, R. (1995): Ein Leitfaden für den Aufbau kommunaler Umweltinformationssysteme. In: DOLLINGER & STROBL (1995)
- ROSENBERG, J. B., MATEOS, A. (2010): The cloud at your service. Manning, Greenwich, Conn.
- RSS ADVISORY BOARD (2009): RSS 2.0 Specification. <http://www.rssboard.org/rss-specification> [2014-03-06]

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

- SANCHEZ, T. W., BANIA, N. & LEETE, L. (2002): Rural Public Transportation: Using Geographic Information Systems to Guide Service Planning. <http://www.transnow.org/files/final-reports/TNW2002-01.pdf> [2013-01-15]
- SANNEK, W. (1993): Probleme der GDV und ihre Lösungen unter Einschluss eines Systemwechsels. In: Vermessungs-Ingenieur, 1/1993, S. 2 – 4
- SAURER, H. & BEHR, F.-J. (1997): Geographische Informationssysteme. Eine Einführung. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 229 S., ISBN 3-534-12009-4
- SCHERFF, J. (2010): Grundkurs Computernetzwerke: Eine kompakte Einführung in Netzwerk- und Internet-Technologien. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden
- SCHILCHER, M. & FRITSCH, D. (Eds.) (1989): Geo-Informationssysteme: Anwendungen – neue Entwicklungen. Wichmann Verlag, Heidelberg
- SCHILCHER, M., KALTENBACH, H. & ROSCHLAUB, R. (1996): Geoinformationssysteme – Zwischenbilanz einer stürmischen Entwicklung. In: Zeitschrift für Vermessungswesen (zfv), 8/1996, S. 363 – 377
- SCHMITT, M. (1997): Kommunale Digitale Grundkarten für München flächendeckend verfügbar – Versuch einer ersten Bilanz. In: Zeitschrift für Vermessungswesen (zfv), 8/1997
- SCHRENK, M. (1996): Informationstechnologie als Instrument und als Gegenstand der Raumplanung. Beiträge zum Symposium CORP '96, Institut für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der TU Wien
- SCHÜSSLER, F. (2006): Geomarketing – Anwendung Geographischer Informationssysteme im Einzelhandel. Tectum-Verlag, 231 S.
- SEIDL, M., BRANDSTEIDL, M., HUEMER, C. & KAPPEL, G. (2011): UML @ Classroom. Eine Einführung in die objektorientierte Modellierung. dpunkt.verlag, Heidelberg
- SEIFERT, M. (2005): Das AFIS-ALKIS-ATKIS-Anwendungsschema als Komponente einer Geodateninfrastruktur. In: zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 2/2005
- SEUß, R. (1997): Konzeptionelle, strukturelle und organisatorische Fragen bezüglich der Implementierung eines EDV-gestützten Netzinformationssystems. In: zfv - Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 1/1997
- SHAFFER, C. A. & SAMET, H. (1987): Optimal Quadtree Construction Algorithms. In: Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 37, S. 402 – 419. <http://people.cs.vt.edu/shaffer/Papers/ShaffCVGIP87.pdf> [2013-03-05]
- SMITH, D. A. & TOMLINSON, R. F. (1992): Assessing costs and benefits of geographical information systems: methodological and implementation issues. International Journal of Geographical Information Systems, 6 (3), S. 247 – 256
- SOMERS, R. (1994): GIS Organization and Staffing. In: Proc. Urban and Regional Information Association (URISA), S. 41 – 52
- SONNET, J. (2005): Web Map Context Implementation Specification. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=8618 [2012-12-07]
- SPITZL, W. (1995): Einführung eines geografischen Netzinformationssystems bei WIENSTROM. in: DOLLINGER & STROBL (1995)

- STÄHLER, P. (2000): Potentiale des vernetzten Medienmanagements. In: HERRMANN & ASCHE (2000)
- STEIGENBERGER, P., HAUSCHILD, A., MONTENBRUCK, O. & HUGENTOBLER, U. (2013): Galileo, Compass und QZSS: Aktueller Stand der neuen Satellitennavigationssysteme. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 6/2012
- STEINBUCH, P. A. (2000): Organisation. Friedrich Kiel Verlag, Ludwigshafen, 488 S.
- STEIDLER, F. (1994): Erfahrungen bei der Einführung von Geographischen Informationssystemen (GIS) in komplexen Organisationen. In: GIS 6/1994, S. 2 – 7
- STÖPPLER, H.-W. (1991): Zur Qualitätsprüfung graphischer Daten in großmaßstäbigen raumbezogenen Informationssystemen. In: Tagungsband FIG Symposium Innsbruck 1991: Umwelt und Landinformation. Konrad Wittwer Verlag, Stuttgart, S. 106 – 115
- STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBNER, G. (2000): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Wichmann Verlag, Berlin/Offenbach, 542 S.
- THAMM, K. & SCHWARZBACH, F. (2005): Vollständige Implementierung des ISO-Standards 19115 in einer Metadatenbank. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 1/2005
- TAPPERT, W. (2007): Geomarketing in der Praxis: Grundlagen – Einsatzmöglichkeiten – Nutzen. Bernhard Harzer Verlag, Karlsruhe, 184 S.
- TEMPL, J. (2006): Einführung in Datenbanken. <http://www.software-templ.com/lectures/db2006/Manuskript7.pdf> [2012-12-08]
- TILKOV, S. (2009): REST und HTTP. Einsatz der Architektur des Web für Integrations-szenarien. dpunkt.verlag, Heidelberg
- TOMLIN, C. D. (1990): Geographic Information Systems and Cartographic Modeling. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ
- TOMLIN, C. D. (2012): GIS and Cartographic Modeling. Esri Press, 182 S.
- TOMLINSON, R. F. (2007): Thinking about GIS. Geographic information system planning for managers. 3. Aufl., ESRI Press, Redlands, CA
- TRAUTNER, W. (2010): Rechnernetze. Unveröffentlichtes Vorlesungsskript, Hochschule für Technik Stuttgart
- TUMUSCHEIT, K. D. (2007): Überleben im Projekt. 10 Projektfallen und wie man sie umgeht. Taschenbuchausgabe, Redline Wirtschaft, Heidelberg
- UVYN, G. & EYNDE, P. V. (1991): Implementing a total solution: Basic large scale map, facilities management, GIS for municipalities. In: Proceedings European Conference on Geographical Information Systems. Brüssel, 1991, S. 1146 – 1155
- VERSTEEGEN, G. (2000): Projektmanagement mit dem Rational Unified Process. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg
- VRETANOS, P. A. (ed.) (2010a): OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard (also ISO 19142). http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39967 [2012-12-04]
- VRETANOS, P. (2010b): OpenGIS Filter Encoding 2.0 Encoding Standard. http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39968 [2013-01-08]
- WEICHAND, J. (2013): Entwicklung und Anwendung von Downloaddiensten im Kontext der europäischen Geodateninfrastruktur INSPIRE. <http://www.weichand.de/masterarbeit-inspire-downloaddienste/> [2013-01-29]

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

- WERNECKE, J. (2009): The KML Handbook. Addison-Wesley, 339 S.
- WHITESIDE, A., MÜLLER, M., FELLAH, S. & WARMERDAM, F. (2007): Web Coordinate Transformation Service (WCTS) Interface Engineering Report. portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24314
- WIETHEGER, G. (1994): Anforderungen an die Einführung kommunaler Umweltinformationssysteme. In: GIS 6/1994, S. 19 – 23
- WILMERSTADT, B. (1989): Geoinformationssysteme im Rahmen vertraglicher Vereinbarungen. In: SCHILCHER et al. (1989, S. 169 – 178)
- WILMERSTADT, B. (1996): Von der Erfassung zur Nutzung der digitalen Stadtgrundkarte Nürnberg. In: Zehnte Informationsveranstaltung 1996 der Bayer. Vermessungsverwaltung über die graphische Datenverarbeitung. Bayer. Landesvermessungsamt, München
- WIESER, E. (1989): Systemanalytische Aspekte kommunaler Landinformationssysteme. Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft Nr. 350
- WIESER, E. (1994): Ziele und Wirkungen kommunaler Landinformationssysteme. In: Zeitschrift für Vermessungswesen (zfv), 4/1994, S. 177 – 187
- WILSON, T. (2008): OGC® KML. http://portal.opengeospatial.-org/files/?artifact_id=27810 (2012-12-01)
- WIRTH, E. (1979): Theoretische Geographie. Teubner Verlag, Stuttgart, 336 S.
- WOLFF, E., SPICHALE, K., WESTPHAL, T. & HARTMANN, A. (2013): Datenflut bereitet NoSQL den Weg. <http://www.computerwoche.de/a/datenflut-bereitet-nosql-den-weg,2489786> [2013-05-23]
- WYLLIE, D. (2012): Die besten Projekt-Management-Tools. <http://www.computerwoche.de/a/die-besten-projekt-management-tools,2364604> [2014-03-05]
- YANG, C., GOODCHILD, M., HUANG, Q., NEBERT, D., RASKIN, R., XU, Y., BAMBACUS, M. & FAY, D. (2011): Spatial Cloud Computing: How geospatial sciences could use and help to shape cloud computing. In: International Journal on Digital Earth. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17538947.2011.587547#.UlVeAhD9VPk> [2013-10-09]
- Zahrnt, C. (2002): Vertragsrecht für DV-Fachleute. Hüthig Verlag, Heidelberg, 530 S., ISBN 3778539051
- ZEHNDER, C. A. (1998): Informationssysteme und Datenbanken. Teubner Verlag, Stuttgart, 335 S.
- ZIMMER, H. (1994): Anforderungen an den Inhalt eines Pflichtenheftes. DVGW-Informationssveranstaltung „Bedeutung und Aufbau einer zukunftsorientierten Leitungsdokumentation“. 6. September 1994, Peißen
- ZIMMERMANN, A. (2011): Basismodelle der Geoinformatik: Strukturen, Algorithmen und Programmierbeispiele in Java. Hanser Verlag, München

Stichwortverzeichnis

- 3D 39
- AAA *Siehe* AFIS-ALKIS-ATKIS-Referenzmodell
- ACID-Prinzip 41
- AdV 85, 142, 150, 164, 174, 191, 192
- AFIS 191
- AFIS-ALKIS-ATKIS-Referenzmodell 150
- Aggregation 159
- AJAX 67
- ALKIS 81, 191
- Angebotsbewertung 250
 - Ergebnisprüfung 257
 - Richtwertmethode 259
- Anwendungsentwicklung 212
- API 45
- Applet 61
- Applikationsschicht 63
- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland *Siehe* Adv
- Arbeitsmittel 108
- ATKIS 24, 81, 191
- Atomizität 152
- Attributtext 168
- Ausbildung 184, 188, 281
- Ausschreibung 240
 - Ausschlusskriterien 248
- Austrian Standards Institute 84
- Backbone 57
- Bandbreite 56
- Benutzerservice 310
- Berater 97
- Beratereinsatz
 - Qualitätssicherung 98
- Beratung 87
- Beziehung 155
- BLOB 32, 38
- Catalogue Service 71
- CEN/TC 287 83, 85
- CityGML 163
- Cloud-Computing 68, 185, 199, 217, 315
- Configuration Management Database 311
- Constraints 39
- Content type 66
- COTS 211
- CouchDB 50
- Crowd Sourcing 306
- Crowdsourcing 50
- Data Tier 63
- Data Warehouse 174
- Datenaustausch 24, 78, 289
- Datenbankadministration
 - Schulung 190
- Datenbankdump 40
- Datenbanken
 - NoSQL 50
- Datenbankmanagementsystem 37
- Datenbankserver 199
- Datendefinitionssprache 45, 177
- Datenerfassung 279
 - Kostenschätzung 306
- Datenformate 78, 83, 290
- Datenhaltung 217
- Datenhaltungsschicht 63
- Datenmodellierung 174
 - minimale Geodatenmodelle 175
 - unternehmensweit 175
- Datenprüfung 183
- Datensicherung 217
- DDGI 173
- DDL 45, 177
- Dienst 70, 72, 181
- Digitalen Katastralmappe 85
- Digitales Oberflächenmodell 296
- Digitalisiertisch 283
- DIN 84
- DIN 2425 145
- DKM 164
- DMZ 60
- Domain-Name 56
- DXF 83, 85
- EBV-IT 267
- E-Commerce 76
- EDBS 85
- e-geo.ch 192

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

- | | | |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Einführungsplanung | Internet Service Provider | 76 |
| Stufenkonzept | Interoperabilität | 70 |
| EPSG-Code | Interview | 126 |
| Erfassungsmethode | IP-Adresse | 56, 63 |
| sekundär | ISO | 84 |
| Erfassungsmethoden | ISO 19115 | 173, 290 |
| primär | ISO/TC 211 | 85 |
| Ergonomie | ITIL | 310, 311 |
| EVB-IT | JavaScript | 61 |
| Feinkonzept | JSON | 50 |
| Fernerkundung | Kanalkataster | 227 |
| Flurstückskennzeichen | Kick-off-Meeting | 129 |
| Formatkonvertierung | Klasse | |
| Fremdschlüssel | assoziativ | 155, 160, 176 |
| FTP | KML | 83 |
| Funktionsmodell | Kommunikation | 54, 210 |
| Galileo | Kommunikationsschicht | 62 |
| Geobasisdaten | Komposition | 159 |
| Gebühren | Kongruenz | 39 |
| Geodätisches Datum | Konkurrenz | 42 |
| GeoJSON | Konsistenz | 39, 40 |
| GeoRSS | Koordinatenreferenzsystem | 35, 64 |
| GEOSS | Kosten | 109, 184, 202, 213, 259, 271 |
| Geschäftslogikschicht | KVP | 65, 71 |
| Gesetze | LAN | 54 |
| GetCapabilities-Operation | LiDAR | 296 |
| GetFeatureInfo-Operation | LinearRing | 19 |
| GetMap-Operation | LineString | 19 |
| Glasfaser | Linked Data | 64, 86 |
| GML | Lizenzgestaltung | 202 |
| GNSS | Lizenzserver | 59 |
| Einschränkungen | Local Area Network | 54 |
| Genauigkeit | Logdatei | 40 |
| GPS | Machbarkeitsprüfung | 109 |
| Hadoop | Maßstabsabhängigkeit | 150 |
| HTML5 | Mengengerüste | 210 |
| HTTP | Metadaten | 123, 173 |
| HTTP-Server | Mitarbeiter | 97 |
| Hub | Mobile GIS | 202 |
| Identität | Modell | |
| Informationsprodukte | objektrelational | 48 |
| 228, 279 | Modelltransformation | 292 |
| Zuständigkeit | MongoDB | 50 |
| Infrarotbilder | Motivation | 99, 114 |
| Inhaltstyp | Namensraum | 150, 162, 163 |
| INSPIRE | NAS | 85, 163, 192 |
| Integrationsbereiche | NBA | Siehe |
| INTERLIS | Bestandsdatenaktualisierung | Nutzerbezogene |

- Netzinformationssystem 34, 81, 133, 139, 145, 165, 171, 284, 295
 Kostenschätzung 307
 Netzwerk 54, 56, 210
 NoSQL-Datenbanken 50
 Null 152
 Nutzenanalyse 221
 Nutzenpotenziale 312, 314
 Nutzeranalyse 132, 133, 138
 Nutzerbezogene
 Bestandsdatenaktualisierung 81
 Objektgeometrie 165
 OGC 19, 70, 85
 OGC Web Services 70
 Open GIS Consortium 85
 Open Source 201
 OpenLayers 61
 Open-Source 51
 OpenStreetMap 50
 Oracle 45
 Organisation 107, 120, 185
 Orthophoto 296
 Österreich 192
 Outsourcing 185, 187
 Partizipation 113
 Persistenz 40
 Personal 186, 187, 194
 Fremdpersonal 188
 Personalbedarf 184
 Personalplanung 186
 Pflichtenheft 240, 247
 Photogrammetrie 295
 Pixel 24
 Plotter 203
 Portnummer 65
 PostGIS 6
 PostgreSQL 45
 PostScript 203
 Präsentation 164, 292
 Präsentationsschicht 61
 Primärschlüssel 153, 176
 Priorisierung 132, 133
 Projektdokumentation 112
 Projektgruppe 91
 Projektkontrolle 112
 Projektleiter 99, 109, 111, 113
 Projektplanung 102
 Projektsteuerung 111
 Protokolldatei 40
 Prototyping 271
 PSI 106, 291
 Publish Find Bind Pattern 70
 Quadtree 26
 Qualifizierung 115
 Raster 24
 RDBMS 46
 Rechtevergabe 135, 215
 Recovery 40
 Repeater 56
 REST 65, 66
 Risikomanagement 111
 Risikomatrix 111
 roll back 40
 Roll out 193, 198
 root folder 62
 Rückwirkungsuntersuchung 190
 Schema
 intern 39
 Schichtenarchitektur 61
 Schlüsselkombination 153
 Schulung 188, 269, 272
 Schwachstellenanalyse 137
 Schweiz 192
 Schweizerische Normen-Vereinigung 84
 Service 70, 72, 181
 Service-Level-Agreement 77
 SFTP 75
 Shape-Format 83, 85
 Sicht 155
 Simple Feature 48, 49
 Simple Features Specification 19
 SLD *Siehe* Styled Layer Descriptor
 Smallworld 49
 SOAP 66, 72
 Softwareentwicklung 187
 SQL 46, 47, 48, 67
 Standardlösung 211
 Standards 197
 Styled Layer Descriptor 71, 178
 Surface 19
 Switch 56
 Symbology Encoding Standard 72, 178
 Synthetic Aperture Radar 296
 Systemadministration 61
 Systembetreuung 185
 Systembetrieb 310

14.6 Stetige Neuerung und lebenslanges Lernen

- Systemkonfiguration 204
- Systemtest 260
- Systemverantwortung* 185
- Systemwechsel 314
- Tachymeter 295, 303
- TCP/IP 56, 63
- Teilnahmewettbewerb 241
- Terminalserver 59
- thick client 61
- thin client 61
- Tier 61
- Tiles 30, 60, 201
- Tileserver 60
- TIN 18
- Topologie 15, 22, 24, 78, 83, 157, 304
- Transaktion 41
- UAV 296
- UML 150, 159, 172
- Uniform Resource Locator 64
- Uniform Resource Name 64
- URL 64
- Vegetationszustand 297
- Vererbung 157, 160, 176
- Versionsverwaltung 49
- Vertrag
 - Kooperations- 193
 - Nutzungs- 193
- View 155
- Virtual LAN 57
- Virtualisierung 59, 185, 198
- VLAN 57
- VOL 241
- Vorkartierung 300
- Voronoi-Diagramm 18
- Voxel 24
- VPN 69
- WCS *Siehe* Web Coverage Service
- Web Coordinate Transformation Service 72
- Web Coverage Service 72
- Web Feature Service 72
- Web Map Service 71
- Web Tier 62
- Web-2.0 67, 113
- WebRTC 67
- Webservice 70, 72, 181, 193
- WFS *Siehe* Web Feature Service
- Wide Area Network 54
- WKT 83
- WLAN 58
- WMS 249, *Siehe* Web Map Service
- World Wide Web 57
- WPS 72
- WSDL 66
- XML 46, 65, 67, 70, 86, 161
 - Datenbanken 49
 - Schemadefinition 163
 - well-formed 161
- Zeichnungsausgabe 203
- Zeit 34
- Zuständigkeit 183

A G S E P u b l i s h i n g

ISBN 978-3-943321-34-0



9 783943 321340