



Master Thesis

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

„Fotorealistische Visualisierung von Ski- und Wandergebieten“ Interaktive 3D Visualisierungen

vorgelegt von

Daniela Furtner
U1366, UNIGIS MSc Jahrgang 2008

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Volders, 26.08.2011

„Wer die Welt bewegen will, sollte erst sich selbst bewegen.“

Sokrates (Griechischer Philosoph)

Vorwort

Dank gilt der Firma Klenkhart & Partner Consulting ZT Gesellschaft mbH für die Ermöglichung des Studiums. Ebenso bedanke ich mich beim gesamten UNIGIS Lehrgangsteam vor allem Herrn Mag. Atzmanstorfer, Frau Mag. Moser, Herrn Mag. Fally und Herrn Univ. Prof. Dr. Strobl für die Betreuung und Unterstützung im Werdegang.

Für die hilfreichen Anregungen, Diskussionen und Motivation bedanke ich mich herzlich bei den Mitarbeitern der Firma Klenkhart, vor allem Herrn Mag. Ortner-Brandstötter und Frau Mag. Schuldner, sowie der UNIGIS Lerngruppe Tirol.

Ebenso richtet sich mein Dank an die Firmen und Skiliftgesellschaften für die Bereitstellung der Software und der Daten.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mich immer auf meinem Weg der Weiterbildung unterstützte und mir die eine oder andere Arbeit im Lebensalltag abgenommen hat.

Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden sind entsprechend gekennzeichnet.

Ort und Datum

eigenhändige Unterschrift

Kurzfassung

Das Unternehmen Klenkhart & Partner bietet derzeit für Ski- und Wandergebiete einfache 3D-Visualisierungen für touristische Inhalte an. Da das spannende Themenfeld der 3D-Visualisierungen in Zukunft bei Klenkhart & Partner weiter vertieft werden soll, wird anhand dieser Master Thesis ein Überblick geschaffen, welche Technologien für eine interaktive fotorealistische 3D-Visualisierung von Ski- und Wandergebieten sinnvoll, im Kontext des Unternehmens, anwendbar sind. Des Weiteren wird ermittelt, ob und welche Geo- und Sachdaten für eine qualitativere Umsetzung von Visualisierungen am Markt, zu welchen Konditionen vorhanden sind.

Außerdem wird anhand ausgewählter Produkte aufgezeigt, mit welcher Bearbeitungs- und Darstellungssoftware eine verbesserte Umsetzung von 3D-Projekten im Unternehmen erfolgen kann.

Schlagwörter: Interaktive 3D-Visualisierung, Fotorealismus, 3D Technologien, Visualisierungssoftware, 3D-GIS

Abstract

The company Klenkhart & Partner offers currently for ski resorts simple 3D-visualization with touristic content. Because the exciting topic of 3D-visualizations should be further deepened in future by Klenkhart & Partner, this master thesis gives an overview which technologies are applicable for an interactive photo-realistic 3D-visualization of skiing and hiking areas, in the context of the company.

Furthermore it is determined, which geo-data and geo-information for a more qualitative implementation of visualization solutions in the market to which conditions exist.

Moreover, it is indicated with the help of well-chosen products, which software applications for editing and presentation purpose are useful for an improved realization of 3D-projects.

Key words: Interactive 3D-Visualization, Photorealism, 3D technologies, visualization software, 3D-GIS

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	I
KURZFASSUNG	III
ABSTRACT	III
INHALTSVERZEICHNIS	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VI
TABELLENVERZEICHNIS	VIII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IX
1. EINFÜHRUNG	1
1.1. Motivation	1
1.2. Zielsetzung.....	1
1.3. Methodik.....	3
1.4. Aufbau der Master Thesis.....	4
2. GRUNDLAGEN	6
2.1. Begriffserklärungen.....	6
2.1.1. Was bedeutet 3D?.....	6
2.1.2. Was bedeutet interaktiv?	8
2.1.3. Was bedeutet fotorealistisch?	9
2.2. Literaturüberblick	9
2.3. Daten	11
2.3.1. Datenarten allgemein	11
2.3.2. Rasterdaten	11
2.3.3. Vektordaten	12
2.3.4. Vom 2D zum 3D	13
2.3.5. Digitale Höhenmodelle.....	14
2.4. Visualisierung.....	16
2.4.1. Szenengraph	16
2.4.2. Rendering	16
2.4.3. Detailstufen (Level of Detail - LOD)	17
2.4.4. Texturen und Oberflächeneigenschaften	19
3. BESTEHENDES SYSTEM	23
3.1. Ist-Analyse der Projekte aus dem Letztstand 2008.....	23
3.2. Problemanalyse	24
3.3. Bedarfsanalyse	25
3.4. Aufzeigen der Einzelthesen.....	26
4. KRITERIENKATALOG	27
4.1. Bewertungsschema	27
4.2. Kriterienkatalog Technologie.....	29
4.3. Kriterienkatalog Daten.....	30
4.4. Kriterienkatalog Datenaufbereitungssoftware	31
4.5. Kriterienkatalog Darstellungssoftware	31
5. ANALYSE TECHNOLOGIE	33
5.1. Programmierschnittstellen (Application Programming Interface API)	33
5.1.1. Direct3D.....	33
5.1.2. OpenGL.....	34
5.1.3. webGL.....	34
5.2. 3D-Plattformsysteme	35
5.2.1. Java3D.....	35
5.2.2. Shockwave 3D.....	35
5.2.3. Adobe Flash 3D.....	36
5.3. Beschreibungssprachen.....	37
5.3.1. VRML (Virtual Reality Modeling Language)	38

5.3.2.	X3D (Extensible 3D).....	39
5.4.	<i>Services</i>	39
5.4.1.	Web 3D Service (W3DS).....	41
5.4.2.	Web View Service (WVS).....	41
5.5.	<i>Earth Viewer</i>	43
5.5.1.	Google Maps mit Earth View Plug-in.....	44
5.5.2.	Google Earth API.....	44
5.5.3.	Nasa World Wind (Java SDK).....	45
5.5.4.	Bing Maps 3D.....	46
5.6.	<i>3D-Panoramabilder</i>	46
6.	ANALYSE DATEN.....	49
6.1.	<i>Digitale Geländemodelle</i>	49
6.1.1.	BEV- DGM Raster.....	49
6.1.2.	Laserscan.....	50
6.1.3.	SRTM - Earth Viewern.....	50
6.1.4.	Terrestrische Vermessung.....	51
6.1.5.	GPS.....	51
6.2.	<i>Luft-/Satellitenbilder</i>	52
6.2.1.	Satellitendaten.....	52
6.2.2.	Luftbilder.....	53
6.2.3.	Earth Viewer.....	54
6.3.	<i>Zusätzliche Geodaten in Ski- und Wandergebieten</i>	54
6.4.	<i>Objekt- und Texturdatenbanken</i>	55
7.	ANALYSE DATENBEARBEITUNGS SOFTWARE.....	57
7.1.	<i>Autodesk 3ds MAX 12</i>	59
7.2.	<i>Blender 2.5</i>	62
7.3.	<i>Google - SketchUp 8.0 / SketchUp Pro 8.0</i>	64
7.4.	<i>3D Nature - Visual Nature Studio 3</i>	66
8.	ANALYSE DARSTELLUNGS SOFTWARE.....	70
8.1.	<i>Earth Viewer: Google Earth</i>	70
8.2.	<i>Komplettsystem: Bitmanagement Plattform</i>	73
8.3.	<i>3D-Bilder: Krpano Viewer</i>	75
9.	AUSWERTUNG.....	78
9.1.	<i>Evaluierung Technologie</i>	78
9.2.	<i>Evaluierung Daten</i>	80
9.3.	<i>Evaluierung Bearbeitungssoftware</i>	82
9.4.	<i>Evaluierung Darstellungssoftware</i>	84
10.	SCHLUSSFOLGERUNG, AUSBLICK.....	86
11.	LITERATURVERZEICHNIS.....	88
12.	ANHANG.....	94
	<i>Relevanzmatrixen</i>	94

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Übersicht Methodik (eigene Darstellung).....	3
Abb. 2: Überblick über die Master Thesis (eigene Darstellung)	5
Abb. 3: Zwei- und dreidimensionales kartesisches Koordinatensystem (KORDUAN & ZEHNER 2007).....	6
Abb. 4: Geografische Koordinaten, gegeben durch Längen- und Breitengrade (KORDUAN & ZEHNER 2007)	7
Abb. 5: Skizze der Visualisierungsquellen (eigene Darstellung).....	11
Abb. 6: Hierarchie der Elemente (POMASKA 2007)	13
Abb. 7: Berechnung normalisiertes Kronenmodell (Bestandshöhenmodell) (Waldzeitung Nr.3 07 - Der Dreidimensionale Wald)	15
Abb. 8: Beispiel Szenengraph (MÜLLER 2004).....	16
Abb. 9: Serverseitiges Rendering (BLASCHKE et al. 2006)	17
Abb. 10: Clientseitiges Rendering (BLASCHKE et al. 2006).....	17
Abb. 11: Detaillierungsgrade LOD0 bis LOD4, definiert durch CityGML (BILL 2010).....	19
Abb. 12: Simulation eines Baumbestandes durch Billboards ohne Transparenz (GEIER et. al. 2001).....	20
Abb. 13: Simulation eines Baumbestandes durch Billboards mit Transparenz (GEIER et. al. 2001).....	20
Abb. 14: Varianten einer Bump Mapping Textur (SCHEUER 2004)	21
Abb. 15: Textur Mapping (MÜLLER 2004).....	21
Abb. 16: Textur Two Part Mapping (MÜLLER 2004).....	22
Abb. 17: Auszug des Projektes Hochfügen (KLENKHART 2008)	24
Abb. 18: OGC-Modell der Visualisierungsprozesse mit potenziell beteiligten Diensten und Beschreibungssprachen (SCHMIDT 2003, modifiziert).	40
Abb. 19: Vergleich des Rendering-Prozess der beiden Services: Web 3D Services (W3DS) und Web View Service (WVS) (OGC 2011)	42
Abb. 20: Beispielanwendung einer Kombination von Google Maps API und einer Street View Version auf www. Norc.at	47
Abb. 21: Dodeca 2360 Kamerasystem auf einer Rucksack-Plattform für mobile Anwendungen (li) (http://www.immersivemedia.com); Skidoo mit Google Street View System (re) (http://blog.paznaun-ischgl.com/google-street-view-ischgl.htm).	48
Abb. 22: Beispiel eines Skigebiets in der Umsetzung in 3ds Max (http://www.peterschneegg.at/dienstleistung/multimedia_projekte_neu.html) ...	61
Abb. 23: Beispiel eines Skigebiets mit Umsetzung in 3ds Max (http://www.peterschneegg.at/dienstleistung/multimedia_projekte_neu.html) ...	62
Abb. 24: Andermatt Ski Area in Switzerland (http://www.3dnworld.com/gallery.php?user=CWillis)	67
Abb. 25: Bukovel Mountain Resort (http://www.3dnworld.com/gallery.php?user=CWillis)	68

Abb. 26: Bukovel Mountain Resort (http://www.3dnworld.com/gallery.php?user=CWillis)	68
Abb. 27: spezielle Steuerungsbuttons in Google Earth Plug-in.....	71
Abb. 28: Teilausschnitt einer Integration von externen Geodaten in Google Earth am Beispiel des Skigebiets Hochfügen in Tirol.....	71
Abb. 29: Google Earth – Überblicksdarstellung eines Waldbestands	72
Abb. 30: Google Earth - detaillierte Waldstrukturen sind bei nahem heran Zoomen sehr gut erkennbar	72
Abb. 31: Google Earth - Kombination von Kunstbauten und Vegetation	72
Abb. 32: Bitmanagement Viewer – Übersichtsdarstellung der Testdatei (http://rh256.free.fr/terrain/terrain.wrl) mit Baumbestand.	74
Abb. 33: Bitmanagement Viewer - Detaildarstellung der Testdatei (http://rh256.free.fr/terrain/terrain.wrl) des Baumbestands	75
Abb. 34: Krpano Viewer – Übersichtsdarstellung des gesamten Panoramabild. (http://krpano.com/krpano.html?pano=panos/divingboard/divingboard.xml)....	76
Abb. 35: Krpano Viewer – Darstellung des in vorheriger Abbildung rot markierten Detailausschnitts – zu erkennen ist die hohe Darstellungs- und Detailqualität des Panoramabildes. (http://krpano.com/krpano.html?pano=panos/divingboard/divingboard.xml)....	77

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Geometrische Dimensionen (BILL 2010)	14
Tab. 2: Beurteilungsmaßstab.....	28
Tab. 3: Beispiel Relevanzmatrix Bearbeitungssoftware	28
Tab. 4: Kriterienkatalog Technologie	29
Tab. 5: Kriterienkatalog Daten.....	30
Tab. 6: Kriterienkatalog Datenaufbereitungssoftware	31
Tab. 7: Kriterienkatalog Darstellungssoftware	32
Tab. 8: DGM Raster Qualität und Preis	49
Tab. 9: Satellitendaten unterschiedlicher Anbieter	52
Tab. 10: Satellitendaten Auflösung und Preise	52
Tab. 11: Luftbilder Auflösung und Preise (BEV 2010).....	53
Tab. 12: Recherchierte Objekt- und Texturdatenbanken	56
Tab. 13: Analysierte Darstellungssoftware bzw. -lösungen.....	70
Tab. 14: Evaluierungsmatrix Technologie	78
Tab. 15: Evaluierungsmatrix Daten	81
Tab. 16: Evaluierungsmatrix Bearbeitungssoftware	82
Tab. 17: Evaluierungsmatrix Darstellungssoftware.....	84
Tab. 18: Daten Relevanzmatrix.....	94
Tab. 19: Technologie Relevanzmatrix	95
Tab. 20: Bearbeitungssoftware Relevanzmatrix	96
Tab. 21: Darstellungssoftware Relevanzmatrix	97

Abkürzungsverzeichnis

2D = zweidimensional

3D = dreidimensional

Abb.= Abbildung

API = Application Programming Interface

BEV = Bundeseich- und Vermessungswesen

bzw. = beziehungsweise

DGM = digitales Geländemodell

d.h. = das heißt

DHM= digitales Höhenmodell

DOM = digitales Oberflächenmodell

DXF = Drawing Interchange Format/ Drawing Exchange Format

ESRI = Environmental Systems Research Institute

engl. = englisch

etc. = et cetera

evt. = eventuell

GE = Google Earth

GML = Geography Markup Language

GPS = Global Positioning System

KML/KMZ = Keyhole Markup Language

LOD = Level of Detail

max. = maximal

MGI = Militärgeografisches Institut

NASA = National Aeronautics and Space

nKM = Kronenmodell

nDOM = normiertes digitales Oberflächenmodell

OGC = Open Geospatial Consortium

OSM = Open Street Map

SQL = Structured Query Language

STRM = Shuttle Radar Topography Mission

STK = Software Development Kit

Tab.= Tabelle

TIN = Triangulated Irregular Network

usw. = und so weiter

VRML = Virtual Reality Modeling Language

WGS84 = World Geodetic System 1984

W3DS = Web 3D Services

WCS = Web Coverage Service

WFS = Web Feature Services

WMS = Web Map Services

WTS = Web Terrain Services

WVS = Web View Service

X3D = Extensible 3D

XML = Extensible Markup Language

z.B. = zum Beispiel

1. Einführung

1.1. Motivation

Die Motivation zu dieser Master Thesis kommt von zwei verschiedenen Hintergründen: Einerseits aus dem eigenen Interesse an der 3D-Visualisierungen von Geodaten - welches bereits seit Beginn des Arbeitens mit GIS vorhanden war, und der Chance, das GIS Fachwissen weiter auszubauen. Andererseits wird für die Firma Klenkhart & Partner Consulting ZT Gesellschaft mbH zur Verbesserung der derzeitigen Visualisierung von Skigebietsdaten, eine Entscheidungsgrundlage benötigt, in welcher Form dem Kunden zukünftig eine gute Preis – Leistungs-Lösung zur 3D-Visualisierung von Ski- und Wandergebieten angeboten werden kann.

Aufgrund der vielfältigen 3D-Visualisierungsmöglichkeiten kann im Rahmen dieser Master Thesis kein vollständiger Überblick gegeben werden. Diese Master Thesis stellt daher eine selektive Auswahl von Technologien, Daten und Systemen gegenüber, mit welchen eine interaktive fotorealistische 3D-Visualisierung von Skigebieten realisiert werden kann.

Eine Realisierung einer Beispiel-Visualisierung auf Basis der gewonnen Erkenntnisse aus dieser Master Thesis, wurde aufgrund des umfangreichen Recherche- und Analyseaufwand für die vergleichende Darstellung, nicht durchgeführt.

Seitens der Firma Klenkhart & Partner wird eine Umsetzung der aus dieser Master Thesis gewonnen Erkenntnisse angestrebt.

1.2. Zielsetzung

Diese Arbeit ist an Skiliftgesellschaften, Tourismusverbände sowie an Personen, die sich für Visualisierungen interessieren, gerichtet. Da sich diese Master Thesis an Projekten der Firma orientiert, wird außerdem für die Geschäftsleitung der Firma Klenkhart & Partner eine Entscheidungsgrundlage geschaffen, um über die weitere Vorgehensweise in Bezug auf 3D Visualisierungen zu bestimmen.

Die 3D-Visualisierung der vielfältigen Angebote von Skigebieten oder Tourismusregionen sollen den Gästen eine neue attraktive Möglichkeit bieten, sich mit ihrer gewünschten Destination via Internet auseinanderzusetzen. Den Gästen soll die Möglichkeit geboten werden, z.B. Skiabfahrten, Wanderwege, Mountainbikestrecken, bereits vor Urlaubsantritt kennen zu lernen und das zukünftige Urlaubsziel zu

erforschen. Natürlich kann auch nach dem Urlaub das Erlebte nachgeahmt bzw. noch nicht Erlebtes online recherchiert werden. Die Anwendung dient somit grundsätzlich touristischen Zwecken und soll ein einfaches Werkzeug zur Information des Urlaubsreisenden sein.

Demnach ist das Ziel dieser Masterarbeit, die Ausarbeitung einer Empfehlung von einer geeigneten Software- und Datenlösung zur Umsetzung der fotorealistischen, interaktiven praxistauglichen dreidimensionalen Darstellung von Ski- und Wandergebieten.

Daraus ableitbar sind folgende Arbeitsziele:

- Recherche nach Möglichkeiten, Technologien und Formate zur fotorealistischen, interaktiven 3D Visualisierung.
Wobei im Kontext dieser Arbeit der Begriff *fotorealistisch* auch die Verwendung von Fotos der realen Landschaft berücksichtigt, und der Begriff *3D* auch die Visualisierung in Form von perspektivischen Ansichten beinhaltet.
- Erstellung eines Kriterienkataloges für die Auswahl und den Vergleich von Technologien, Daten, Softwareprodukten für Datenbearbeitung, und Softwareprodukten bzw. Systemen zur Darstellung.
- Ermittlung von verfügbaren Technologien.
- Ermittlung verfügbarer Geo- und Sachdaten, sowie Analyse derer Qualitäten und Formate. (Hier findet eine Einschränkung auf das Bundesgebiet von Österreich statt, da sich hier die Hauptkunden der Fa. Klenkhart befinden.)
- Ermittlung verfügbarer und bestehender Softwareprodukte zur Datenbearbeitung und Visualisierung.
- Ausarbeitung einer Empfehlung von einer geeigneten Software- und Datenlösung zur Umsetzung der fotorealistischen, interaktiven praxistauglichen dreidimensionalen Darstellung von Ski- und Wandergebieten.

Nichtziele

- Es ist nicht Ziel dieser Arbeit ein neues Programm zu entwickeln.

1.3. Methodik

Für die in dieser Masterarbeit durchgeführte, vergleichende Analyse von unterschiedlichen Möglichkeiten bzw. Technologien für die 3D Visualisierung von Ski- und Wandergebieten, wurde die in folgender Abbildung skizzierte Vorgehensweise gewählt:

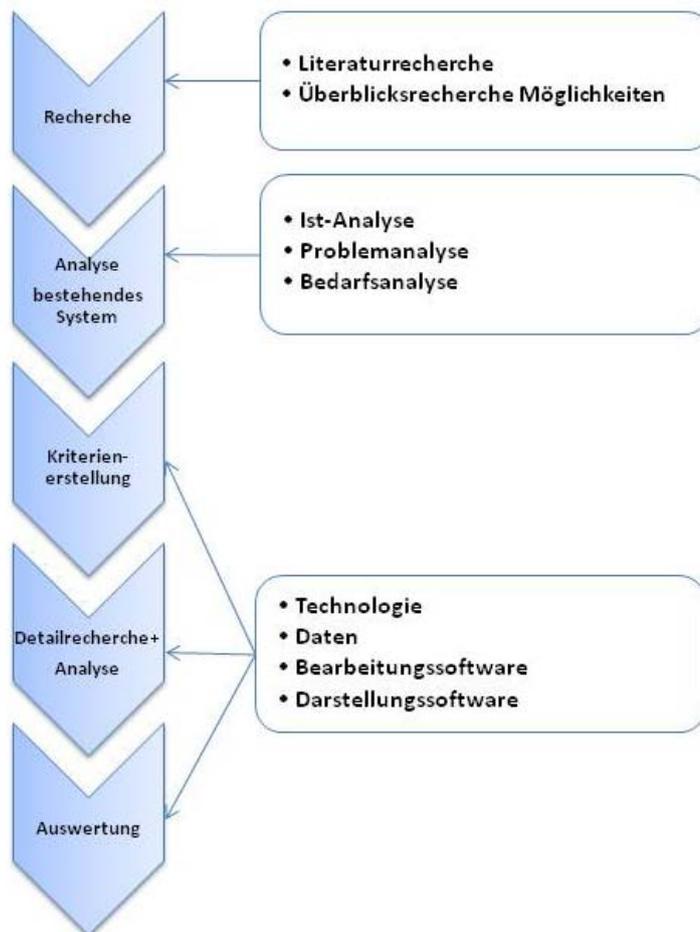


Abb. 1: Übersicht Methodik (eigene Darstellung)

Als Grundlage wird eine Literaturrecherche durchgeführt, sowie in einer eigenen Recherche eine überblicksartige Darstellung der derzeitigen Möglichkeiten zur Visualisierung aufgezeigt. Da diese Master Thesis speziell auf die Anforderungen von Klenkhart & Partner aufbaut, wird das dort eingesetzte Visualisierungs-System in einer Ist-Analyse begutachtet. Darauf aufbauend wird mittels Problemanalyse aufgezeigt, wo Defizite liegen. Eine Bedarfsanalyse zeigt mögliche Chancen und Verbesserungspotentiale für eine interaktive fotorealistische 3D Visualisierung im Kontext der Projekte bei Klenkhart & Partner auf.

Um einen Vergleich und auch Bewertung der vielen Lösungen/Systeme für die Visualisierung durchführen zu können, wird ein Kriterienkatalog verwendet. Ebenso wird die Vielzahl an Lösungen durch eine Auswahl, welche in dem jeweiligen Kapitel begründet ist, eingeschränkt. Die Kriterien richten sich nach den jeweiligen Fachbereichen i) Technologie, ii) Daten, iii) Bearbeitungs- und iv) Darstellungssoftware) und sind mit einer Kurzbeschreibung näher definiert.

Die Detailrecherche und Analyse zu den Technologien, Daten, und Software, baut auf den erstellten Kriterien auf und bildet die Grundlage für die nachfolgende Auswertung anhand des Kriterienkatalogs. Ein eigens erstelltes Bewertungsschema erlaubt eine Auswertung, welche in einer Empfehlung für eine optimale Gesamtlösung mündet.

1.4. Aufbau der Master Thesis

Das Kapitel *Einführung* gibt einen kurzen Überblick über Motivation, Zielsetzung und Methodik dieser Master Thesis. In den *Grundlagen* werden Begriffe, wie z.B. fotorealistisch, interaktiv oder 3D näher erläutert. Außerdem wird erörtert, was zur Erstellung und Visualisierung eines 3D Modells benötigt wird und wie die einzelnen Komponenten zusammenspielen. Daraufhin wird das derzeitige *bestehende System* erklärt. Hier werden auch die Probleme bzw. Verbesserungswünsche aufgezeigt. Der Part *Kriterienkatalog* zeigt, welche Kriterien für die Findung der passenden Technologie, Softwareprodukte und Daten im Sektor der Landschaftmodellierung für Skiliftgesellschaften, Tourismusverbände sowie der Firma Klenkhart & Partner notwendig sind. Anschließend werden bestehende *Technologien* aufgezeigt. Das darauf folgende Kapitel analysiert, welche *Daten* benötigt werden bzw. in welcher Qualität diese zur Verfügung stehen. In der Rubrik *Analyse Datenbearbeitungssoftware* wird der Bedarf an zusätzlicher Software geklärt und ermittelt. Der anschließende Teil der *Darstellungssoftware* gibt einen Überblick über Produkte und verschiedenste Möglichkeiten, die zurzeit vorhanden sind. Bei der *Auswertung* werden die Stärken und Schwächen der Technologien, Daten und Softwareprodukte aufgezeigt. Abschließend folgen die *Schlussfolgerung* sowie der *Ausblick*.

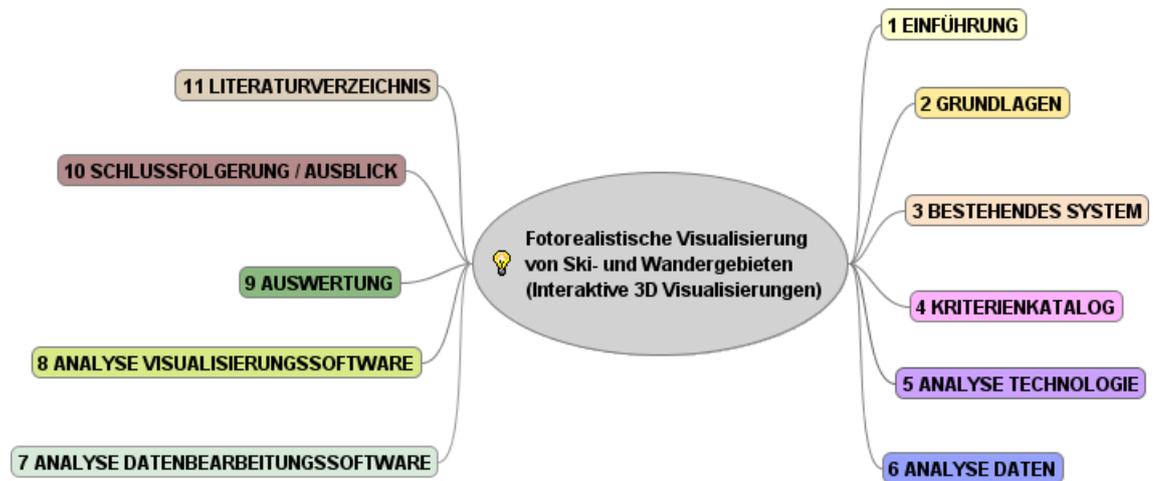


Abb. 2: Überblick über die Master Thesis (eigene Darstellung)

2. Grundlagen

2.1. Begriffserklärungen

2.1.1. Was bedeutet 3D?

Für die Begriffserklärung Dreidimensionalität (3D) gibt es viele verschiedene Interpretationen. Üblicherweise verbindet man mit diesem Begriff die Eigenschaften räumlich, plastisch, figurativ oder körperhaft. In erster Linie sollte hier festgehalten werden, dass wirkliche Dreidimensionalität in der virtuellen Welt nicht existiert. Nur in der realen Umgebung, wo sich Lebewesen wie Mensch oder Tier befinden, kann wirkliche Dreidimensionalität wahrgenommen werden.

Oftmals werden zweidimensionale Bilder so drapiert, dass sie eine Pseudo-3D-Darstellung bieten, die jedoch nichts mit einer wirklichen 3D Darstellung zu tun hat, denn diese werden nur von einem gewissen Blickpunkt aus, als dreidimensional empfunden - zB Perspektivische Ansichten.

Eine weitere Begriffserklärung von 3D, welche vor allem auch für diese Masterarbeit von Bedeutung ist, ist die Datenhaltung in einem 3D-Datenmodell.

Um 3D näher zu erläutern, wird häufig die Zweidimensionalität als erklärende Darstellung mit Hilfe eines Koordinatensystems herangezogen. Zu den beiden Hauptachsen X und Y, die rechtwinklig zueinander stehen und somit das Zweidimensionale beschreiben, wird die sogenannte Z-Achse als dritte, die für die Tiefe stehende Richtung, hinzugefügt. So ergibt sich aus diesen drei Achsen eine Dreidimensionalität. (KORDUAN & ZEHNER 2007)

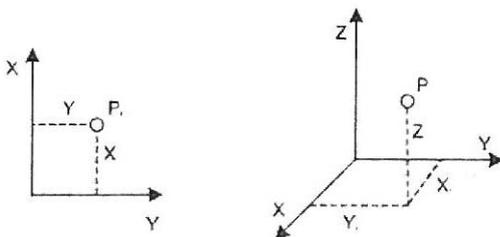


Abb. 3: Zwei- und dreidimensionales kartesisches Koordinatensystem (KORDUAN & ZEHNER 2007)

Exkurs - Koordinaten- und Bezugssystem

Um eine 3D Visualisierung zu gewährleisten müssen sich alle zu visualisierenden Objekte in einem einheitlichen Koordinaten- und Bezugssystem befinden. Wenn dieses nicht der Fall ist müssen diese transformiert werden. Koordinaten bezeichnen die exakte Lage von Punkten in einem Bezugssystem und können entweder 2 oder 3 Dimensional sein. (siehe Abb. 2)

Als Grundlage können Kugeln, Ellipsoide oder Geoide verwendet werden. Für ein geografisches Koordinatensystem (Abb. 3) wird eine Kugel als Grundlage herangezogen. Die Achsen werden hier vom Zentrum aus definiert. Sollten sich die Punkte auf ein Ellipsoid beziehen, dann spricht man von „Geodätischen Koordinaten“. Diese auf die Welt bezogenen Koordinaten werden oft in einem Winkelsystem oder durch Längen- oder Breitengrade definiert. Bei diesen Systemen werden nur zwei Koordinaten aufgeführt, jedoch sprechen wir trotzdem von 3D, da vom Erdradius her die dritte Koordinate abgeleitet wird. Die oftmals dritte angegebene Koordinate bezeichnet die Höhe oberhalb des Meeresspiegels.

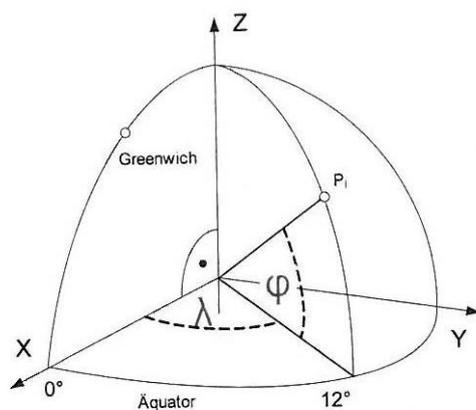


Abb. 4: Geografische Koordinaten, gegeben durch Längen- und Breitengrade (KORDUAN & ZEHNER 2007)

Bei einem Bezugssystem handelt es sich um eine Definition wie sich ein bestimmter Punkt in einem Raum auf einen andern Punkt bezieht. Dies kann bei einem kleinen Bezugssystem ein Vermessungspunkt eines Gebäudes sein oder bei einem Landesvermessungssystem sich auf das ganze Land beziehen, welches sich wiederum auf andere Nachbarländer bezieht. Um nicht ständig neue Definition festzulegen, in welchem Bezug die Einzelsysteme zueinander stehen, wurde ein einheitliches mittleres

Referenzsystem eingeführt. Als geodätisches Datum wird die Lage des Landesvermessungssystems zum Erdreferenzsystem bezeichnet.

Ausgehend von der Dimension des zu transformierenden Bestandes muss für kleine Bereiche nur innerhalb der Ebene, also zweidimensional, transformiert werden, für größere Bereiche muss der Bezug zur Erde hergestellt werden und eine dreidimensionale Transformation stattfinden.

Das WGS84 (World Geodetic System, im Jahre 1984 festgelegt) ist das Bezugssystem welches der Erde am ähnlichsten angepasst ist. (KORDUAN & ZEHNER 2007)

2.1.2. Was bedeutet interaktiv?

Im computertechnischen Fall kann von Interaktivität gesprochen werden, wenn der Nutzer nicht passiv sondern aktiv vor dem Computer sitzt und somit Einfluss auf den Ablauf nehmen kann. Reine Information wie Bilder, Texte oder Filme am Bildschirm kann also demnach nicht als interaktiv bezeichnet werden. Ebenso wie die Navigation in einem Dokument nicht mit Interaktivität in Verbindung gebracht werden sollte. Interaktivität beginnt jedoch schon beim Wechseln von Objekten durch Aufforderung mittels Eingabegerät. Dem Nutzer muss also die Möglichkeit gegeben werden, den Vorgang am Bildschirm selbst zu bestimmen. Bei einer interaktiven Visualisierung werden also dem Nutzer Eingriffe sowie Lenkungsmöglichkeiten geboten. Somit kann der Anwender die Darstellung am Bildschirm auf Basis der gegebenen Möglichkeiten nach den eigenen Vorstellungen veranlassen. Interaktivität bedeutet also ebenso die Fähigkeit einer Software beweglich auf die Eingabe eines Benutzers zu reagieren (SCHULMEISTER 2005).

Im Falle einer 3D Visualisierung entspricht die Interaktivität also der Möglichkeit mittels interaktiven Eingriffs auf die Darstellung bestimmter Informationen entsprechend den Ansprüchen des Anwenders einzuwirken. Dies beginnt bei der Auswahl, welche Daten sichtbar sein sollen. Weiters beinhaltet Interaktivität das Ausführen von bestimmten Aktionen, wie beispielsweise Verlinkungen zu weiteren Informationen in Form von Texten, Fotos oder Videos sowie die Bewegungsmöglichkeit des Nutzers im Raum. Der Nutzer sollte navigieren, skalieren sowie die Daten aus verschiedenen Perspektiven und Darstellungswinkel betrachten können.

2.1.3. Was bedeutet fotorealistisch?

SCHIRRA & SCHOLZ (1998) verwenden mehrere Begriffe, um „Fotorealismus“ zu beschreiben. In ihrer Darstellung sind Ausdrücke wie Computer-Photographie, Photographie-Modell, Kunststil Fotorealismus und Kunststil Naturalismus enthalten. Die Bedeutung des Begriffes fotorealistisch, wie er in der vorliegenden Arbeit verwendet wird, ist eine Kombination dieser vier Begriffe und beschreibt ein von einem Foto der Natur realistisch abgemaltes Bild. Somit stellt fotorealistisch ein sinnverwandtes Wort für naturalistisch dar. Die erzeugte Nachbildung soll also ein fotografiertes Objekt widerspiegeln, welches die Lage sowie die Sichtbarkeit und Beleuchtung mit einbezieht. Je höher der gewünschte Fotorealismus desto detailreicher muss die Nachbildung werden, um die Qualität zu verbessern. Da es sich aber nur um ein Modell und keine wirkliche Fotografie handelt, kann und wird das Modell nie den Grad an Wirklichkeit erreichen wie ein Foto. Bei Landschaften beispielsweise erweist sich, aufgrund ihrer Komplexität, eine detailgetreue fotorealistische Abbildung als besonders schwierig. Dabei können für Visualisierungen einige Bestandteile des Modells, z. B. in Bezug auf die Beleuchtung, etwas vernachlässigt werden. Dennoch wird ein glaubhaftes Ergebnis geliefert.

Zusätzlich werden oft auch virtuelle Welten als fotorealistisch bezeichnet. Diese beinhalten Darstellungen wirklicher Objekte und vermitteln dem Betrachter reale Bilder. Folglich kann ein fotorealistisches Abbild als eine naturalistische Darstellung der wesentlichen Inhalte angesehen werden (SCHIRRA & SCHOLZ 1998).

Noch einmal soll darauf hingewiesen werden, dass in dieser Arbeit der Begriff fotorealistisch auch auf die Verwendung von Fotos der realen Landschaft, welche als Grundlage für die Visualisierung verwendet werden, bezieht.

2.2. Literaturüberblick

Das Werk von BILL (2010) vermittelt die für die Master Thesis relevanten Grundlagen der Geoinformationssysteme. Es beinhaltet die Themengebiete Geodäsie, GIS-bezogene Softwarekomponenten, GIS-Standards, sowie alle Geodaten betreffenden Notwendigkeiten wie z.B. Erfassung, Modellierung, Datenhaltung, und Visualisierung. In Bezug auf diese Master Thesis wurde das Werk verwendet, um einen generellen

Überblick über Datenstrukturen, wie beispielsweise Raster- oder Vektordaten, zu erhalten. Außerdem diente es dazu, die Grundlagen zu geometrischen Dimensionen und Höhenmodellen zu erarbeiten.

In COORS & ZIPF (2005) wird das Thema 3D Geoinformationssysteme aufgegriffen. Hier werden speziell die notwendigen Grundlagen der 3D Technologie vermittelt, aber ebenso die praktische Umsetzung anhand konkreter Anwendungsbeispiele (Forschung und Praxis).

Im Zuge der Recherche für diese Arbeit wurden im Speziellen die Erfassungs-, Modellierungs- und Visualisierungsmethoden wie z.B. internetbasierte Echtzeitvisualisierung und Formate durchleuchtet und daraus der weitere Aufbau der Arbeit abgeleitet. Verwendet wurde das Werk im Kapitel Grundlagen zur Darstellung des Szenegrafen und der statischen, sowie dynamischen Detailstufen. Zudem wurden damit die Transformationen der Textur- und Oberflächeneigenschaften erläutert.

In KORDUAN & ZEHNER (2007) werden die fundamentalen Konzepte von Geoinformationssystemen auf Internetbasis behandelt. Es werden bewährte sowie neue Lösungen aufgegriffen. Ebenso widmet sich ein Kapitel der Datensicherheit, die auch in dieser Master Thesis eine Rolle spielt. Außerdem wird das Thema Server- oder Client-seitige Softwaretechnologie ebenso aufgegriffen, welches auch in der vorliegenden Arbeit relevant wird.

Ebenso nennenswert ist das Werk POMASKA (2007), welches die Web-Visualisierung mit Open Source Software aufgreift. Im Speziellen wird auf Vorgänge zur Modellierung eingegangen, bei denen die Bereiche Beleuchtung, Materialien, Interaktion und Animation betroffen sind. Zudem werden damit die Transformationen der Textur- und Oberflächeneigenschaften erläutert, welche bei den Grundlagen eine wichtige Rolle spielen. Die in dieser Arbeit vorkommenden Technologien VRML sowie X3D werden hier ausführlich erläutert. Außerdem gibt das Buch Aufschluss über die Softwareprodukte wie Blender, Sketch Up und Google Earth, welche auch in dieser Thematik Anwendung finden.

2.3. Daten

2.3.1. Datenarten allgemein

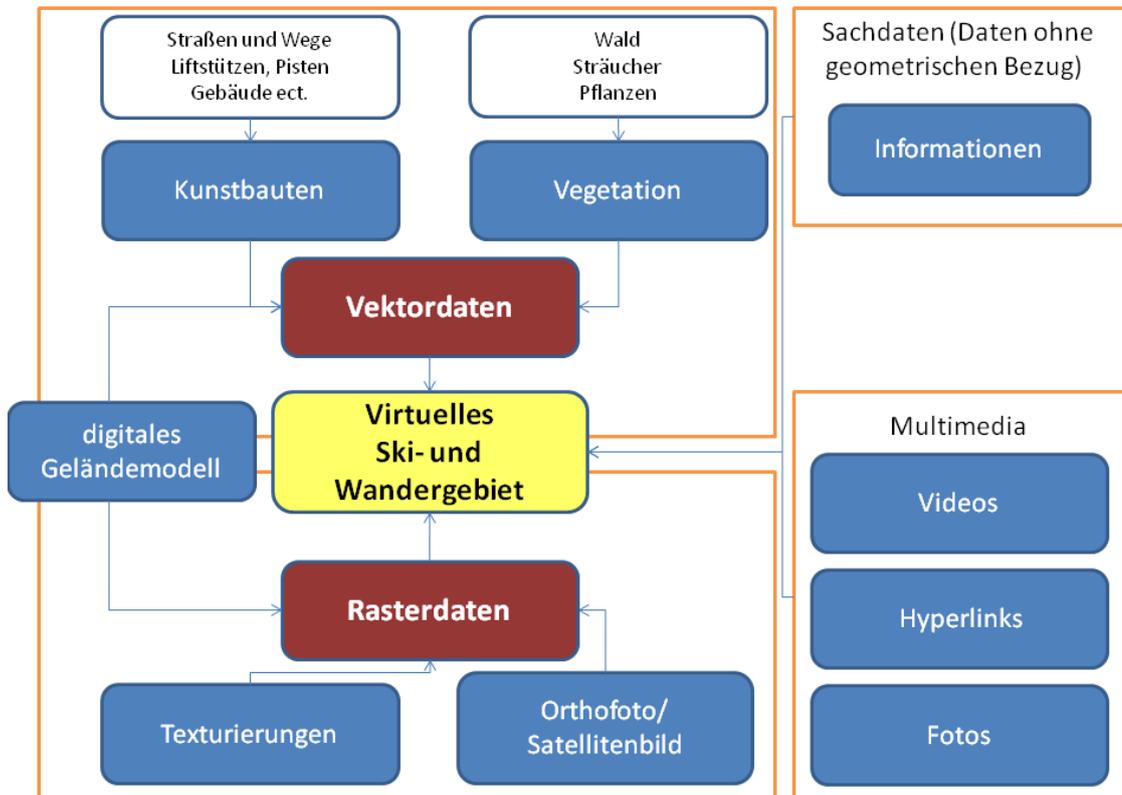


Abb. 5: Skizze der Visualisierungsquellen (eigene Darstellung)

Für eine 3D Visualisierung sind sowohl Raster- als auch Vektordaten notwendig. Sie liefern Informationen zur Höhe, Beschaffenheit der Oberfläche oder auch der darauf befindlichen Objekte. Sie können durch Sachdaten (Informationen ohne Raumbezug wie Seilbahnnahmen, Pistennummer, ect.) und Multimediainhalte (Hyperlinks, Videos, Fotos) ergänzt werden, um das Gesamtbild zu vervollständigen. Abb. 5 zeigt eine schematische Darstellung, welche Daten im Rahmen dieser Master Thesis Anwendung finden. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

2.3.2. Rasterdaten

Bei einem Rasterformat ist das Grundelement das Pixel (Bildelement), welches spalten- oder zeilenweise in quadratischer oder rechteckiger Form aufgebaut ist. Jedes Pixel enthält einen Wert, der die Eigenschaften der Rasterdaten beschreibt (Höhe, Farbwerte,

Bevölkerung, etc.) Es besteht keine logische Verknüpfung zwischen den einzelnen Bildelementen jedoch existieren Nachbarschaftsbeziehungen. (BILL 2010)

In Bezug auf diese Master Thesis werden Rasterdaten einerseits in Form von Bilddaten (Orthofotos oder Satellitenbilder) als Hintergrund verwendet, zum anderen werden sie als digitale Höhenmodelle eingesetzt, um die reale Oberflächenstruktur des Projektgebiets wiederzugeben. Auch liegen Texturierungen, die gegebenenfalls über Objekte gelegt werden, als Rasterdaten vor.

Orthofotos, Satellitendaten

Orthofotos wie auch Satellitendaten sind Aufnahmen der Erdoberfläche, welche den realen Zustand zum Aufnahmezeitpunkt zeigen (BILL 2010). Während Satellitenbilder innerhalb kurzer Zeit über große Flächen hinweg aufgenommen werden können, sind Luftbilder aufgrund ihres flugzeuggestützten Aufnahmesystems auf kleinräumige Gebiete beschränkt (ALBERTZ 2007). Orthofotos werden aus Luftbildern durch Entzerrung erzeugt. Hierzu werden Lagefehler, die durch zu große Höhendifferenzen im Gelände entstanden sind, beseitigt, indem das Bild die geometrischen Eigenschaften einer Karte erhält. (ALBERTZ 2007)

Digitale Bilddaten können in verschiedenen Qualitäten (Auflösungen), Aktualitäten und Formaten erworben werden. In der Regel weisen Satellitenaufnahmen, im Vergleich zu Luftbildern, eine geringere Auflösung (mehrere Meter pro Pixel), dafür höhere Wiederholungsraten auf. Daten, die aus Bildflügen erzeugt werden, haben Auflösungen im Submeter- bis Zentimeterbereich und lassen dadurch größere Details erkennen.

2.3.3. Vektordaten

Benötigt werden Vektordaten, um zum Beispiel Gebäude, Pistenachsen, Mountainbikestrecken usw. darzustellen. Sie werden in das 3D Modell integriert, um somit dem Nutzer ein situationsgetreues Bild vermitteln zu können.

Vektordaten können in Form von Punkten, Linien und Flächen dargestellt werden. Die Geometrie der Objekte wird hier durch Koordinatenpaare dargestellt. Punkte werden in Form von x,y-Koordinaten definiert, Linien in Form von x,y-Koordinatenfolgen und Flächen als geschlossene Koordinatenfolge (BILL 2010). Um nun als 3D Körper zu fungieren, benötigt ein 3D Modell also alle diese Elemente (siehe Abb. 6). Zusätzlich

kommen hier noch die Z-Werte für die dritte Dimension hinzu, wie im folgenden Kapitel erläutert wird.

2.3.4. Vom 2D zum 3D

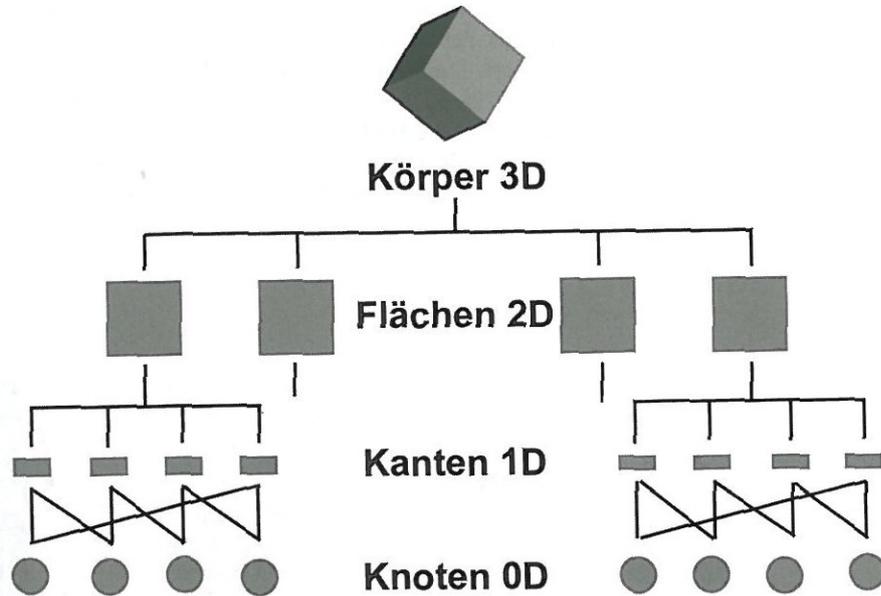


Abb. 6: Hierarchie der Elemente (POMASKA 2007)

Ab wann spricht man jedoch von 3D? Aufschluss soll darüber folgende Tab. 1) geben:

<p>2D Modell: Als 2D Modell werden jene Objekte bezeichnet, die in einer Ebene liegen und keine Höheninformation besitzen.</p>	<p>A 2D map showing a grid of buildings and roads. Buildings are labeled 12, 14, 15, and 17. Roads are labeled with elevation values: 125/1, 125/2, 125/3, and 125/4. The map is flat, representing a 2D model.</p>
<p>2D+1D Modell: Hier wird dem 2D Modell ein digitales Geländemodell hinzugefügt, welches jedoch nicht mit dem 2D Modell verknüpft ist.</p>	<p>A 2D+1D map showing the same buildings and roads as the 2D model, but with a digital terrain model (DTM) overlaid. The DTM is represented by a shaded area with a value of 525. The DTM is not yet linked to the 2D map's geometry.</p>

<p>2,5D Modell: Hier wird dem 2D Modell die Höheninformation in Form eines Z-Wertes mitgegeben. Aufgrund der geringen Dichte der Z-Werte wird dieses oftmals auch nur als Sachdaten interpretiert.</p>	
<p>3D Modell: Dies kann entweder als Linien-, Flächen- oder Volumenmodell dargestellt werden. Die Z Werte sind hier in ausreichender Dichte vorhanden, um eine komplette Beschreibung zu garantieren.</p>	
<p>Tab. 1: Geometrische Dimensionen (BILL 2010)</p>	

2.3.5. Digitale Höhenmodelle

Digitale Höhenmodelle zeigen aufgrund der inkludierten dreidimensionalen Koordinaten und Strukturelemente ein vereinfachtes Abbild des realen Geländes (BILL 2010). Aus diesem Grund dienen sie als Grundlage für die 3D-Modellierung. Digitale Modelle werden mit Hilfe unterschiedlichster Methoden erzeugt bzw. aus unterschiedlichen Produkten abgeleitet. Dazu zählen 3D-Punktwolken aus Laserscanbefliegungen, GPS Vermessungspunkte oder auch Produkte terrestrischer Vermessungen. Diese können durch Interpolationsverfahren, wie z.B. Nearest Neighbour, in regelmäßige Rasterformate oder auch Vektordaten (z.B. in Form von Dreiecksvermaschungen) umgewandelt werden (PFEIFER 2003).

Generell kann man zwischen folgenden Begriffen unterscheiden:

DHM - digitales Höhenmodell (engl.: DEM -Digital elevation model)

Ein DHM schildert die Höhen der Erdoberfläche in unregelmäßiger Struktur, ohne fest definierten Datentyp (Raster, TIN,...). Die Lage der einzelnen Koordinatenpaare spiegelt die Höhenstruktur des realen Geländes wider. (PFEIFER 2003, BILL 2010)

DOM - digitales Oberflächenmodell (engl.: DSM – digital surface model) Das DOM beschreibt, wie der Name schon aussagt, die Oberfläche der gemessenen Bereiche. Hierbei werden alle Objekte wie Häuser mittels Aufnahme der Dachfläche oder Bäume mittels Aufnahme ihrer Baumkronen auf der Erdoberfläche dargestellt. In Bereichen in denen keine Kunstbauten oder dichte Vegetation herrscht gleicht das DOM dem digitalen Geländemodell. (PFEIFER 2003)

DGM - digitales Geländemodell (engl.: digital terrain model) = „last-pulse“ Daten

Ein DGM beschreibt, ähnlich wie das DHM, die Geländehöhen. Zusätzlich sind Strukturlinien und Bruchkanten inkludiert, sodass Geländeformen wie beispielsweise Wege oder Gräben besser zur Geltung kommen. (PFEIFER 2003, BILL 2010)

nDOM - normiertes digitales Oberflächenmodell (engl.: normalised digital surface model (nDSM)).

Ein nDOM ist das Differenzmodell der beiden vorher erwähnten Modelle, dem DOM und dem DGM. Im Waldbereich bezeichnet man es auch als normiertes Kronenmodell (nKM). Dabei werden relative Höhen der natürlichen oder künstlichen Objekte berechnet, die auf einer ebenen Fläche mit beliebiger Höhe wiedergegeben werden können (PFEIFER 2003).

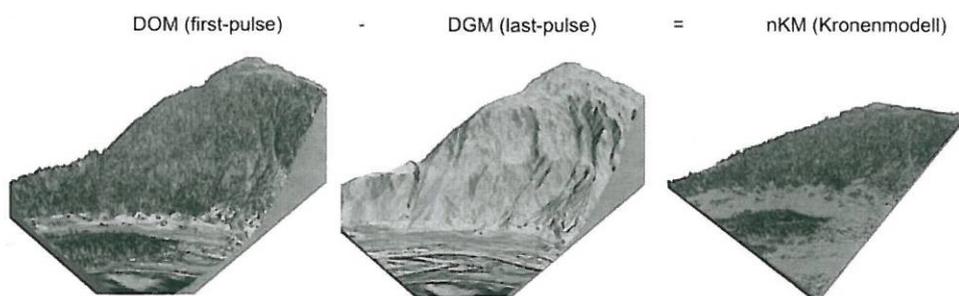


Abb. 7: Berechnung normalisiertes Kronenmodell (Bestandshöhenmodell) (Waldzeitung Nr.3 07 - Der Dreidimensionale Wald)

2.4. Visualisierung

Verwendet man nun alle gewünschten, hochauflösenden Daten, um eine fotorealistsche Darstellung zu erhalten, können große, schwer zu handhabende Datenmengen entstehen. Um Speicher- oder Performanceprobleme bewältigen zu können, ist es notwendig, einen Blick auf einige grundlegende Begriffe bezüglich Visualisierungen zu werfen.

2.4.1. Szenengraph

Als Szene wird ein virtuelles dreidimensionales räumliches Modell aus Objekten bezeichnet. Ein Szenengraph ist demnach eine Datenstruktur, welche in hierarchischer und logischer Form alle Bestandteile einer zwei- oder dreidimensionalen Szene beschreibt. Neben der Geometrie beinhaltet dies auch Kameraposition, Lichtquellen, Beleuchtung und Hintergrundbilder. Oftmals wird die zuvor beschriebene Datenstruktur in einer Baumstruktur wiedergegeben. Blätter spiegeln in dieser Konstellation die kleinste Objekteinheit dieser Baumstruktur wieder. Die Umformung oder Zusammensetzung einzelner Objekteinheiten werden in sogenannten Knoten festgehalten. Die Wurzel der Struktur spiegelt dabei die fertige komplette Szene wieder. Bei der Veränderung eines Teilobjektes ergibt sich der Vorteil, dass sämtliche abhängigen Knoten automatisch aktualisiert werden. (MÜLLER 2004)

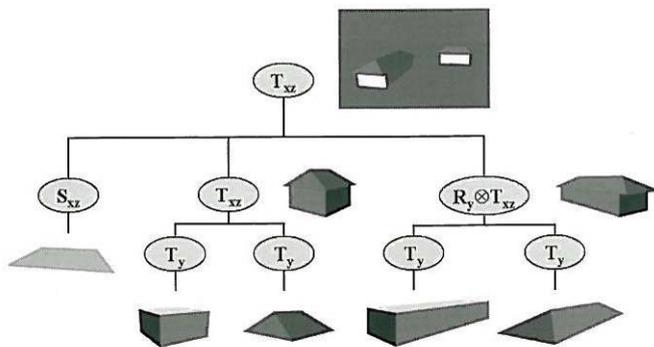


Abb. 8: Beispiel Szenengraph (MÜLLER 2004)

2.4.2. Rendering

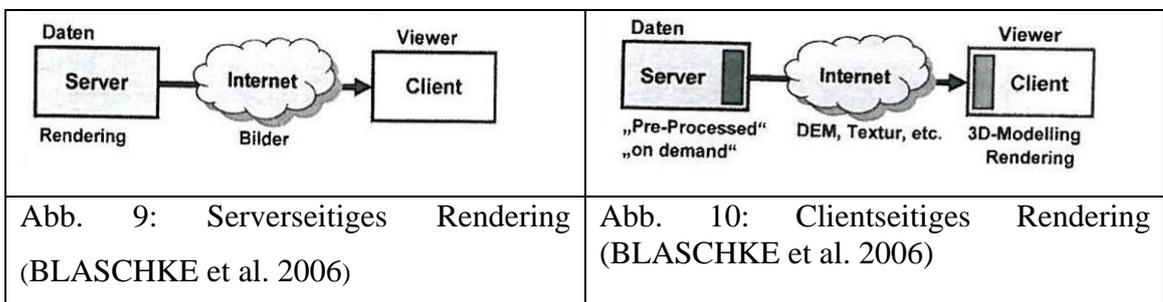
Beim Rendern werden Verdeckungen, Aussehen und Lichtverteilung berechnet, um aus einer Szene ein Bild zu erzeugen.

Serverseitiges Rendering

Beim serverseitigem Rendering werden die einzelnen Datenkomponenten, wie Höhenmodell, Satellitenbilder und 3D-Sachdaten in Form von Punkten, Linien, Flächen oder 3D Gebilden, wie Kunstbauten oder Vegetation bei Anfrage zu einem Bild errechnet und dieses dann, in einer entsprechenden Bildfolge, an den Client geschickt (siehe Abbildung 9). Das komplette Rendering findet somit ausschließlich am serverseitigen Rechner statt. (BLASCHKE et. al. 2006)

Clientseitiges Rendering

Auch hier werden die Daten aus den ursprünglichen Einzeldaten wie DGM, Texturierung raumbezogener Informationen und 3D-Objekten erst auf Anfrage verarbeitet (siehe Abbildung 10). Das Rendering erfolgt hier jedoch beim Client. Beim clientseitigen Rendering kann die Datenaufbereitung entweder bei Bedarf oder auch durch eine vorherige Modellerstellung durch entsprechende Software wie Maya, Blender, 3DS-Max oder Erdas erfolgen. (BLASCHKE et. al. 2006)



2.4.3. Detailstufen (Level of Detail - LOD)

Bei einer Landschaftmodellierung kann eine Echtzeitvisualisierung von großen Modellen zumeist mittels Detailstufen umgesetzt werden. Anforderungen dafür sind, dass die Visualisierungsinhalte (z.B. Gebäude, 3D-Waldobjekte,...) geometrisch auch in geringer Auflösung zur Verfügung gestellt werden. In Bezug auf Standpunkt und Blickrichtung sollen dann nur sichtbare Objekte in angemessenem Maße aufgebaut werden und mit Qualität und Visualisierungszeit in Einklang gebracht werden.

Diese Detailstufen werden in statische und dynamische Detailstufen gegliedert und im Folgenden näher erläutert.

Statische Detailstufen

Hier ist die Verfügbarkeit von Detailstufen gering. Oftmals werden Objekte in Gruppen zusammengefasst. Die Laufzeitverwaltung übernimmt die Aufgabe, jedem Gebilde eine Detailstufe zuzuordnen, ohne dass die Darstellungsqualität in Mitleidenschaft gezogen wird. Durch die groben Übergänge der einzelnen Detailstufen, kann der Wechsel in eine andere Detailstufe durch Sprünge wahrgenommen werden. Dies kann jedoch durch Überblendung verhindert werden. (ZACH et. al. 2004)

Dynamische Detailstufen

Hier gibt es im Gegenzug zum statischen LOD bei Bedarf unzählig viele Detailstufen. Dargestellt wird zuerst der minimalste Detaillierungsgrad. Aufgrund der darauffolgenden vorgefertigten Struktur von durchzuführenden Prozeduren wird festgelegt welche Detailstufe anschließend verwendet wird.

Des Weiteren wird bei großen Modellen ein blickpunktabhängiger Detailgrad - ein sogenannter "view-dependent LOD" - eingesetzt. Dabei werden die Objekte, welche sich im Hintergrund aus Sicht des Betrachters befinden, in einer niedrigen bzw. Vordergrunddaten mit einer hohen Detailstufe abgebildet. (ZACH et. al. 2004)

Im Bereich der Stadtmodellierung wurden fünf Detailstufen festgelegt LOD0 - LOD4.

LOD0 - 2,5 D Geländemodell

LOD1 - Klötzchenmodell

LOD2 - Außenraummodell (Gebäude mit Dach)

LOD3 - detailliertes Außenraummodell

LOD4 - Innenraummodell

(BILL 2010)

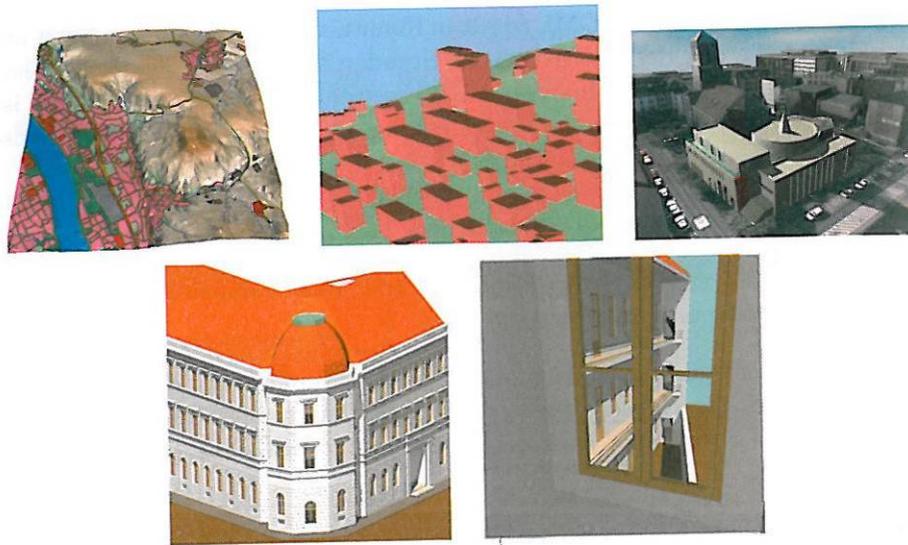


Abb. 11: Detaillierungsgrade LOD0 bis LOD4, definiert durch CityGML (BILL 2010)

Für eine Landschaftmodellierung, welche vereinzelte Kunstbauten enthält, wird ein Innenraummodell nicht benötigt. Im Grunde genommen sollen die angefertigten Detailstufen eine generalisierte Darstellung des anfänglichen Modells darstellen. Trotzdem sollten sie dem Original möglichst ähnlich sein (ZACH et. al. 2004).

2.4.4. Texturen und Oberflächeneigenschaften

In der Modellierung werden bei einem sehr hohen Detaillierungsgrad Grenzen gesetzt. Speicherplatz und die Tatsache, dass aufwändige Modellierungen durchgeführt werden müssten, erfordern, dass auf Texturierungen zurückgegriffen wird. Dabei versucht man mittels Abbildung von Texturen auf einer Oberfläche, die Eigenschaften der zu modellierenden Objekte zu beschreiben und nachzubilden. Dazu gehören Farb-, Beleuchtung- und Transparenzbestimmungen, sowie die Nachbildung von geometrischen Oberflächeneigenschaften. Rasterbilder mit realen Strukturen werden häufig als Texturen verwendet und können jeden beliebigen Inhalt aufweisen. Manchmal werden Texturen auch nur als Szenenhintergrund verwendet. Da diese in ihrer Qualität begrenzt sind, wird bei großem Zoomfaktor eine störende Verpixelung ersichtlich. (MÜLLER 2004)

Bei einer anderen Form der Texturierung wird die Textur meist auf das Polygon aufgebracht bis die Fläche des 3D-Objektes ausgefüllt ist. Dies wird auch als „Kacheln“ oder „Tiling“ bezeichnet. Da die Aneinanderreihung gleicher Bilder oft störend wirkt,

versucht man, auf künstliche Texturen zurückzugreifen, welche natürliche Strukturen wie Holz oder Marmor nachbilden. (POMASKA 2007)

Solche Texturen werden entweder auf die entsprechenden Objekte übertragen oder es werden Texturkarten oder Plakattafeln (Billboards) errichtet, auf welche die Texturierung projiziert wird. Billboards rotieren im Gegensatz zu Texturkarten immer in Richtung des Beobachters mit. Dies bietet vor allem in der Landschaftsvisualisierung Möglichkeiten, große Baumbestände ohne großen Modellierungsaufwand zu erzeugen. Bei symmetrischen Objekten können solche Billboards auch orthogonal ineinander gestellt werden um einen besseren 3D Effekt zu erzeugen. (POMASKA 2007)

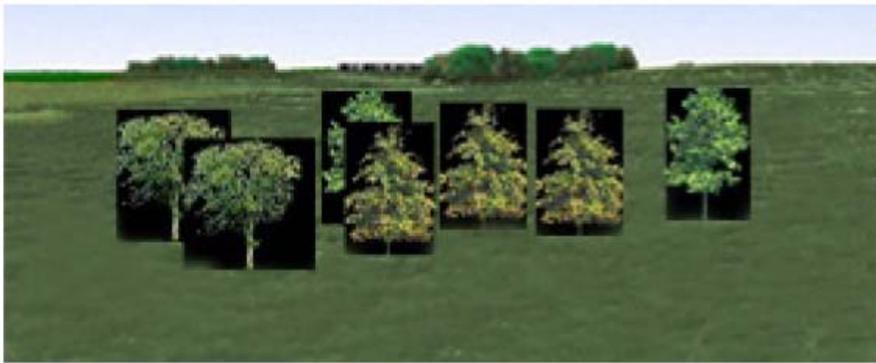


Abb. 12: Simulation eines Baumbestandes durch Billboards ohne Transparenz (GEIER et. al. 2001)



Abb. 13: Simulation eines Baumbestandes durch Billboards mit Transparenz (GEIER et. al. 2001)

Um einem Objekt eine Reliefstruktur zu verleihen, wird das so genannte **Bump Mapping** verwendet, Dabei ist die Struktur geometrisch nicht vorhanden sondern liegt hinter der eigentlichen Basistexturierung. Erzeugt wird diese durch Farbabstufungen, die die Interpretation entsprechender Höheninformationen ermöglichen. (POMASKA 2007)

Beispiele zur Veranschaulichung von der Anwendung von Bump Mapping werden in Abb.: 14 dargestellt.



Abb. 14: Varianten einer Bump Mapping Textur (SCHEUER 2004)

Wie wird jedoch die Textur auf das Objekt übertragen? Veranschaulichen sollen dies die unten angeführten Beispiele:

Als Grundprinzip muss die Textur mit der Objektoberfläche verknüpft werden. Hierfür muss als erstes der selbe Punkt einmal auf der Textur (r,s) und zweitens auf der Modelloberfläche (x,y,z) identifiziert werden. Da die Transformation zwischen den beiden aber nur bedingt auf direktem Weg funktioniert, muss dies über einen Zwischenschritt, dem sogenannten Parameterraum, stattfinden. Hierbei wird dem zuvor definierten Koordinatenpaar (r,s) , ein eindeutiger Punkt im Parameterraum zugeordnet (u,v) . Mittels dieser Koordinaten (u,v) ist es nun einfacher, den Punkt in den Texturraum zu überführen und schlussendlich die Textur auf der Oberfläche abzubilden. (MÜLLER 2004)

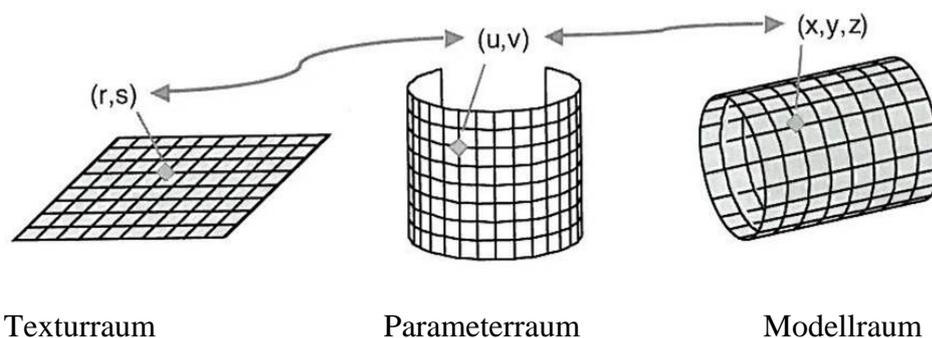


Abb. 15: Textur Mapping (MÜLLER 2004)

Je komplexer ein Modell ist desto schwieriger wird es, die Textur verzerrungsarm aufzubringen. Unterstützend fungiert hier das Two Part Mapping. Hierbei erfolgt das Anbringen der Textur in zwei Schritten. Im ersten wird die zu projizierende Textur auf einen Hilfskörper, der dem ursprünglichen Objekt ähnelt, wie Kuben, Kugel, Zylinder

aufgebracht, im zweiten Schritt wird die Textur auf dem eigentlichen Objekt dargestellt.
(MÜLLER 2004)

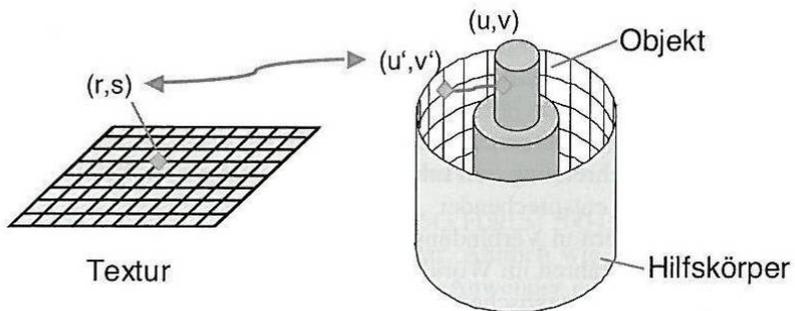


Abb. 16: Textur Two Part Mapping (MÜLLER 2004)

3. Bestehendes System

3.1. Ist-Analyse der Projekte aus dem Letztstand 2008

Für die 3D Visualisierung der bestehenden Projekte erfolgt die Aufbereitung der dazu relevanten Daten in den Programmen Autocad 2004 sowie ESRI ArcGIS 9.0. Hier werden die von Vermessern oder einer Bergbahngesellschaft erhaltenen Grundlagendaten, meist Daten wie Seilbahnachsen und Pisten, als ESRI Shapefile aufbereitet. Wanderwege und Mountainbikestrecken werden auf Basis von Orthofotos digitalisiert. Diverse Points of Interest, wie Webcam- oder Gebäudestandorte, werden ebenfalls hinzugefügt. Hierbei handelte es sich ausschließlich um 2D-Informationen. Diese zweidimensionalen Daten werden nun mit Hilfe des Programms Google Earth (GE) zu einer 3dimensionalen Darstellung aufbereitet. Dafür müssen die Geodaten mittels Transformation von Gauß Krüger (M28/M31) (Datum MGI) in das Koordinatensystem WGS84 (Lat/Long) transformiert werden, um eine lagerichtige Darstellung in Google Earth zu gewährleisten. Anschließend wird eine ESRI Personal Geodatabase erstellt und die vorhanden Objekte importiert. Eine Attributierung mit den gewünschten Informationen folgt. Bezüglich Hintergrunddaten kann man nun wählen, ob man die in Google Earth vorhandenen Bilder oder zusätzliche digitale Orthofotos verwenden möchte. Letztere wurden zuvor bei den zuständigen Ämtern der jeweiligen Landesregierungen kostenpflichtig erworben. Die externen Orthofotos wurden in zweierlei Auflösungen zur Verfügung gestellt, um eine bessere Performance zu ermöglichen. Für eine Schnellansicht steht eine 4m Auflösung, für die Detailansicht eine 1m Auflösung zur Verfügung. Mittels der Arc2Earth Erweiterung werden die digitalen Vektordaten (Punkte, Linien, Flächen) sowie die Orthofoto Varianten in das Google Earth Format KML exportiert. Eine Verlinkung zum KML File wird auf der Homepage des jeweiligen Auftraggebers eingebunden und kann dort aufgerufen werden. Sowohl die Orthofotos als auch das KML werden auf einem geeigneten Server abgelegt, von dem sie bei Bedarf geladen werden. Zur Betrachtung der 3D Darstellungen muss vom Anwender zuvor das Programm Google Earth installiert werden. Im Programm wird das KML File automatisch über das bereits eingebettete Höhenmodell gelegt (siehe Abb. 17).

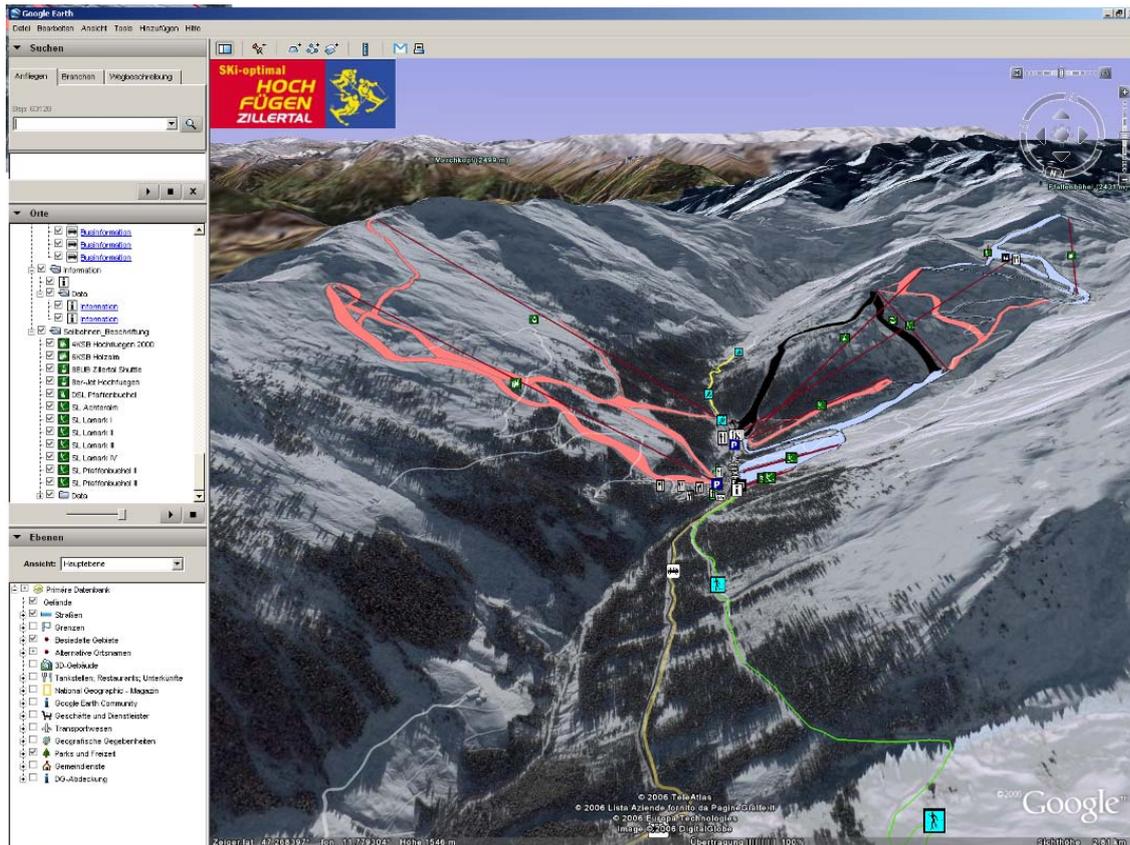


Abb. 17: Auszug des Projektes Hochfügen (KLENKHART 2008)

3.2. Problemanalyse

Bevor jedoch der Betrachter ein Bild, wie in Abb. 17 dargestellt, anschauen kann, muss die dazugehörige Software – Google Earth installiert werden. Dies könnte bereits ein Problem darstellen, wenn der Nutzer der Visualisierung über keine ausreichenden Berechtigungen zur Installation am Computer verfügt.

Als großes Problem erweist sich die Darstellung der in GE eingebetteten Bilddaten. Der Auftraggeber bzw. Nutzer hat keinen Einfluss auf den bereitgestellten Inhalt und kann weder über Qualität, noch über Aktualität oder Austausch der Daten verfügen. So kann es vorkommen, dass ein Skigebiet, das mit Winterorthofoto hinterlegt ist, kurze Zeit später mit Sommerorthofoto dargestellt wird. Je nach Projekt, ist die Darstellung des richtigen Orthofotos – ob Winter oder Sommer, ob Wander- oder Skigebiet – ausschlaggebend. Außerdem ist es möglich, dass die vorhandenen Daten nicht mehr dem aktuellsten Stand entsprechen und somit relevante Details nicht wiedergeben können.

Eine Auflösung von 15m ist flächendeckend gegeben, in Ballungsgebieten sind Bilddaten mit Pixelgrößen von 15cm und teilweise weniger vorhanden. Somit wird

zwar flächendeckend Bildmaterial zur Verfügung gestellt, allerdings kann nicht gewährleistet werden, dass der Betrachter auch eine angemessene Qualität erhält.

Verwendet man hingegen von kommerziellen Anbietern erworbene, besser aufgelöste Orthofotos, kann dies, aufgrund der externen Lagerung der Daten, längere Wartezeiten beanspruchen bzw. zu Einbußen in der Performance führen.

Auch das bereits in GE integrierte SRTM-Höhenmodell weist Schwächen in der Genauigkeit auf, da es sich um ein ausgedünntes 60m Raster handelt, welches Ungenauigkeiten von bis zu 16 Höhenmetern aufweisen kann, sind je nach Anforderungen der jeweiligen Projekte, gegebenenfalls Geländedetails nicht oder falsch dargestellt. (KOPPEL 2007) Mittlerweile sind bei anderen Anbietern Höhenmodelle mit besseren Auflösungen (z.B. aus Laserscan – 1m) verfügbar. Diese können jedoch innerhalb der Software nicht genutzt werden.

Weiters fehlt jegliche 3D-Objektdarstellung von Gebäuden, Vegetation oder Kunstbauten. Häuser, Wald und Sträucher wirken bei großem Zoom unrealistisch, da keine Höhenwerte inkludiert sind.

3.3. Bedarfsanalyse

Um möglichst schnell und flexibel auf 3D Visualisierungen zugreifen zu können, ist es entscheidend, dass diese in einen Web-Browser eingebunden werden, ohne dass die Installation eines Desktopprogrammes erforderlich ist. Voraussetzung ist, dass die Darstellung maximal mittels eines Plug-ins erfolgt.

Weiters spielen, so wie in den früheren Projekten auch, die finanziellen Ausgaben eine wichtige Rolle. Daher sollte darauf geachtet werden, dass die Datenbeschaffungs-, Software- und Datenaufbereitungskosten so gering wie möglich gehalten werden und einen angemessenen Kosten- und Arbeitsaufwand nicht überschreiten. In welchem Rahmen sich die bewegen, hängt von den Wünschen und Anforderungen des einzelnen Kunden ab.

Je nach Auftraggeber bzw. je nach Projektgebiet wird eine unterschiedliche Ausarbeitung der fotorealistischen 3D Visualisierung gewünscht. Die Frage nach der Qualität der fotorealistischen Darstellung richtet sich nach dem Anspruch an das Endprodukt.

Bei Bedarf wäre die Verwendung von hochauflösenden Orthofotos oder Höhenmodellen wünschenswert.

Fotorealistische Darstellungen wie Vegetation oder Kunstbauten werden bis dato überhaupt nicht dargestellt. In Zukunft sollte es die Möglichkeit geben, bei Bedarf diese zu integrieren.

3.4. Aufzeigen der Einzelthesen

- Es stehen auch andere Technologien oder 3D Plattformen zur Verfügung
- Es gibt eine bessere Visualisierungsqualität die ebenfalls in einem kostengünstigen Preis/Leistungsverhältnis steht.
- Es gibt eine Visualisierungsmethode, um eine fotorealistischere Darstellung zu erreichen.
- Es gibt qualitativ hochwertigere leistbare Daten für eine bessere Visualisierung

4. Kriterienkatalog

Mit der Methodik des Kriterienkatalogs sollen ausgewählte Merkmale einzelner 3D-Visualisierungssysteme erfasst, beschrieben und bewertet werden. Ziel ist die Bewertung der Qualität der einzelnen Kriterien, sowie die Aussage, welches System den Anforderungen am ehesten entspricht.

Der Kriterienkatalog ist pragmatisch aufgebaut und erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit aller Kriterien, welche zur Bewertung von 3D-Visualisierungssystemen erhoben werden könnten. Der Katalog berücksichtigt nur eine bestimmte Auswahl an Kriterien, die für die Auswahl einer Systemlösung, passend für die Rahmenbedingungen bei Klenkhart & Partner, am besten geeignet sind.

Aufbau des Kriterienkatalogs:

Der Kriterienkatalog besteht aus den vier Teilbereichen:

- Technologie
- Daten
- Datenaufbereitungssoftware
- Datendarstellungssoftware

Die Auswahl der Kriterien basiert auf Erfahrungen und Notwendigkeiten im Unternehmen Klenkhart & Partner, auf Analyse der Literatur und Online Plattformen der jeweiligen Systemanbieter, sowie den jeweiligen Systemen immanente Faktoren.

4.1. Bewertungsschema

Für die Bewertung und Vergleichbarkeit der einzelnen Kriterien, erfolgte eine Punktevergabe mithilfe einer numerischen Skala von 1 bis 5. Um zu gewährleisten, dass bei einer bei weitem nicht ausreichenden Funktion oder Eigenschaft, ein Ausschluss erfolgen kann, wird zusätzlich die Methode der kritischen Vorfälle verwendet: es kommt die Zahl 1000 zur Anwendung.

In nachfolgender Tabelle wird zu jedem Wert eine aussagekräftige Beschreibung für die Bewertung der jeweiligen Kriterien dargestellt.

Punkte	Beschreibung
1000	= nicht erfüllt, Ausschlusskriterium
5	= nicht erfüllt
4	= unbefriedigend
3	= teilweise unbefriedigend
2	= geringe Mängel
1	= vollste Zufriedenheit
-	= nicht eruierbar / nicht relevant

Tab. 2: Beurteilungsmaßstab

Um die Kriterien nach ihrer Bedeutung bzw. Wichtigkeit zu gewichten, wurde eine Relevanzmatrix angefertigt, in welcher die einzelnen Kriterien gegenübergestellt werden. Das Ergebnis ist eine Reihenfolge vom unwichtigen Kriterium zum wichtigen Kriterium. Daraus wurden Multiplikatoren für jedes Kriterium abgeleitet, indem verglichen wurde ob die Horizontale Funktion wichtiger ist als die vertikale Funktion - wobei der Ansatz, je wichtiger, desto höher der Multiplikator, gewählt wurde.

	3.1 Softwarekosten	3.2 Funktionsumfang	3.3 Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand	3.4 Datenformate	3.5 Performance/Datenhandling	Multiplikatorwert
3.1 Softwarekosten	1	1	0	1	0	3
3.2 Funktionsumfang	0	1	0	1	0	2
3.3 Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand	1	1	1	1	1	5
3.4 Datenformate	0	0	0	1	0	1
3.5 Performance/Datenhandling	1	1	0	1	1	4
Rang Wichtigkeit	3	4	1	5	2	

Tab. 3: Beispiel Relevanzmatrix Bearbeitungssoftware

Die Gesamtauswertung basiert nun darauf, dass die durchschnittliche Leistung der Technologie, Daten, Bearbeitungs- sowie Darstellungssoftware durch die Summenbildung der einzelnen eruierten Kriterien und der anschließenden Division der Anzahl der Kriterien ermittelt wird. Wobei auch hier gilt: je niedriger der Wert, desto besser das Ergebnis und somit die Gesamtbewertung.

4.2. Kriterienkatalog Technologie

Kriterium		Beschreibung
1.1	Plattformunabhängig	System ist auf jedem Betriebssystem, egal ob Microsoft, MacOS, oder ein anderes beliebiges OpenSource (z.B. Ubuntu, RedHat) lauffähig.
1.2	Browserunabhängig	Diese Technologie lässt sich für die gängigen Standard Internet-Browser (z. B. Internet Explorer, Firefox, Google Chrome) in der jeweils aktuellen Version anwenden.
1.3	Visualisierung im Browser max. via Plug-in	Die Technologie ist vorzugsweise ohne Plug-in, oder max. mit einem Plug-in auf den drei Standard Internet-Browser (Internet Explorer, Firefox, Google Chrome) lauffähig. Achtung: Dies ist ein absolutes Muss-Kriterium, welches bei nicht Erfüllung (= lokale Installation einer Software) zum Ausschluss der jeweiligen Technologie führt!
1.4	Rendering	Die Technologie sollte qualitativ hochwertiges Rendering ermöglichen. Serverseitiges Rendering wird aufgrund der zu erwartenden höheren Performance (z.B. bei ausreichender Serverstruktur gemessen an der zu erwartenden Zugriffszahl) besser bewertet.
1.5	Externe Daten	Die Technologie erlaubt das Laden von externen Datenquellen (z.B. Luftbilder über online Globen) um Performance zu steigern und Ressourcen zu sparen.
1.6	Detailstufen	Die Technologie soll eine Visualisierung mittels Detailstufen ermöglichen (Reduzierung Datenmenge für Transfer und somit höhere Darstellungsperformance).
1.7	Technologie ermöglicht Datenschutz der Projektdaten	Die Technologie verhindert eine weitere Datenverwendung der integrierten Projektdaten, welche für die zugängliche Visualisierung verwendet wurden. Die Datenverwendung durch Dritte darf nicht möglich sein.

Tab. 4: Kriterienkatalog Technologie

4.3. Kriterienkatalog Daten

Da ungeeignete Geodaten die Visualisierung irreführend machen können, wird ein eigenständiger Kriterienkatalog für die Bewertung der Daten-Qualität und Daten-Eignung erstellt.

Kriterium		Beschreibung
2.1	Korrektheit/ Aktualität	Die Daten sollen vollständig und korrekt erfasst sein. Dabei sollte eine Kontrolle der Qualität der Datenerfassung vorhanden sein. Veraltete Daten können dem Betrachter falsche Informationen liefern und sollten daher "up to date" sein.
2.2	Auflösung/ Maßstab/ Genauigkeit	Die Daten sollen je nach Verwendungszweck anpassbar sein in Bezug auf Lage- bzw. Höhengenaugigkeit, Generalisierung und einer ev. Klassifizierung. D.h. hoch aufgelöste Daten sind positiv zu bewerten, da diese durch Resampling Methoden für einen Überblicksmaßstab angepasst werden können. Der umgekehrte Weg ist allerdings nicht möglich. Achtung: Dies ist ein Kriterium, welches bei nicht ausreichender Erfüllung (= Daten zu schlechte Qualität für Visualisierung) zum Ausschluss der jeweiligen Daten führt!
2.3	Kosten	Die Daten können entweder frei verfügbar, käuflich erwerbbar, oder selbst aufgenommen werden. Eine Neuerfassung scheitert in den meisten Fällen an zu hohen Kosten. Hier sollte auf bestehende Daten zurückgegriffen oder die Kosten so gering als möglich gehalten werden. Als Kriterium wird bei den Datenkosten der Vergleich der einzelnen Daten-Bezugsquellen untereinander herangezogen.
2.4	Urheberrechte/ Nutzungsrechte	Die Daten können mit Nutzungs- oder Urheberrechten versehen sein. Die Daten sollten für die Visualisierungen frei verfügbar sein.
2.5	Datenvolumen	Das Datenvolumen wird im Vergleich mit ähnlichen Daten bewertet. Zu großes Datenvolumen benötigt zusätzlichen Speicherbedarf und wird daher negativ gesehen.

Tab. 5: Kriterienkatalog Daten

4.4. Kriterienkatalog Datenaufbereitungssoftware

Kriterium		Beschreibung
3.1	Softwarekosten	Die Kosten sollen so gering als Möglich gehalten werden. Im Idealfall kann auf bestehende oder freie Software zurückgriffen werden.
3.2	Bearbeitungs- aufwand	Der benötigte Aufwand (Zeit und somit Personalressourcen) um die Software zu beherrschen sollte möglichst gering sein. Zusätzlich soll eine einfache und rasche Erstellung der Visualisierungsmodelle möglich sein
3.3	Datenformate	Verschiedene Datenformate sind importier- und exportierbar, so dass weder zu unterschiedlichen Datenformaten, noch zu weiteren Softwares ein Schnittstellenproblem auftritt.
3.4	Performance / - Datenhandling	Die Handhabung auch großer Datenvolumen muss gewährleistet sein. Ebenso muss die Output Dateigröße der Software für die weitere Bearbeitung handhabbar sein. Geringe Datenbearbeitungszeiten sind wichtig.
3.5	Funktionsumfang	Eine sehr große Rolle spielt natürlich was die Software alles kann. Gibt es Sonderfunktionen die erwähnenswert sind oder werden zusätzliche Softwareprodukte benötigt, da die Software das Bedarfsspektrum nicht erfüllen kann.

Tab. 6: Kriterienkatalog Datenaufbereitungssoftware

4.5. Kriterienkatalog Darstellungssoftware

Kriterium		Beschreibung
4.1	Benutzerfreundlichkeit	Die Software sollte leicht zu bedienen sein und der Umgang schnell erlernbar sein.
4.2	Verbreitung/ Wiedererkennungswert	Softwareprodukte welche einen Wiedererkennungswert oder eine große Verbreitung besitzen sind Fremdprodukten vorzuziehen, da keine Eingewöhnungsphase für die Nutzer notwendig ist, bzw. auch von wenig bis kaum versierten Nutzer leichter bedient werden kann.
4.3	Integrierung externer Daten	Softwareprodukte mit integrierten Datenbestand (z.B. online Globen), sollten es ermöglichen, den eigenen Datenbestand durch externe Daten zu erweitern, bzw. durch genauere Daten zu ersetzen (z.B. aktuellere Luftbilder als bei Online Globen). Hierbei ist es besonders wichtig, dass gängige Dateiformate integriert werden können. Viele Programme sind auf eigene Programmspezifische Datenformate beschränkt und daher für die Umsetzung nicht tragbar.
4.4	Unabhängigkeit / Einsetzbarkeit maximal mit Plug-in	Die Software sollte keine Installationsvoraussetzung besitzen um auch Benutzern aus z.B. Internetcafés den Zutritt nicht zu verweigern, oder unerfahrenen Benutzer mit Installationsanleitungen zu überfordern. Daher sollte eine Unabhängigkeit zu Browser bzw. Plattformen gegeben sein.

Kriterium		Beschreibung
4.5	Darstellungsqualität/ Übersichtlichkeit	Trotz der verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten wie Maßstab und Richtung darf die Übersichtlichkeit nicht verloren gehen und das Bild nicht überladen wirken. Eine entsprechende Hervorhebung der benötigten Informationen sollte in jeder Betrachtungsweise gegeben sein.
4.6	Bewegungsmöglichkeit im Programm	Es soll bei der interaktiven 3D Visualisierung eine höchst mögliche Beweglichkeit im Programm gestattet werden. Trotzdem darf es keinesfalls passieren, dass die Kamera in oder hinter die 3D Modellierung gelangt. Ebenso ist das Gegenteil, eine zu weite Entfernung der Kamera durch den Benutzer, von Nachteil.
4.7	Kosten	Der Preis sollte in einem angemessenen Preis-Leistungsverhältnis stehen und wird im Vergleich mit den anderen Softwareprodukten bewertet.
4.8	Performance/ Datenhandling	Die Software sollte stabil lauffähig sein und geringe Ladezeiten zur optimalen Darstellungsperformance aufweisen. Die Handhabung auch großer Datenvolumen muss gewährleistet sein (z.B. durch Detailstufendarstellung). Ebenso ist eine hohe Bildrate, sowie eine hohe Rendering Leistung notwendig.
4.9	Integrierung von multimedialen Zusatzinformationen	Die Software sollte die zusätzliche Integrierung von multimedialen Informationen wie z.B. geotagged Bilder und Videos, aber auch einfache Hyperlinks ermöglichen.

Tab. 7: Kriterienkatalog Darstellungssoftware

5. Analyse Technologie

Zur 3D-Visualisierung von Geo- und Objektdaten steht derzeit eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Technologien zur Verfügung, welche je nach Art der geplanten Visualisierung sehr unterschiedliche Schwerpunkte aufweisen. Dieses Kapitel analysiert Technologien zur 3D-Visualisierung - darunter: verschiedene Programmierschnittstellen, Beschreibungssprachen, Web-Services, Earth Viewer und 3D-Bildaufnahmen.

Diese Technologien sind teilweise miteinander verkettet: Services bedienen sich an Beschreibungssprachen, Earth Viewer bedienen sich an Services oder Beschreibungssprachen, Beschreibungssprachen und Earth Viewer wiederum an Schnittstellen.

5.1. Programmierschnittstellen (Application Programming Interface API)

Um 3D Modelle in Anwendungen nutzen zu können müssen sich diese auf Programmierschnittstellen (engl. Application Programming Interface - API) beziehen. Diese stellen Vorgänge, Arbeitsweisen, und Technologien zur Verfügung welche eine Darstellung und Interaktion der 3D Szene ermöglichen.

Systeme wie Direct 3D und Open GL werden sowohl für das Rendern, als auch zur Beschleunigung der lokalen Hardware eingesetzt. WebGL wird speziell für die Darstellung im Browser verwendet.

5.1.1. Direct3D

Das ursprüngliche System DirectX wurde von Microsoft gekauft, weiterentwickelt und ins Windows Betriebssystem integriert. Mit der Version DirectX 2.0 kam die 3D Variante Direct3D. Älteren Grafikkarten wird dadurch erst eine Wiedergabe von 3D Grafiken ermöglicht. Direct3D dient insbesondere dem direkten Zugriff auf die Hardware zur Beschleunigung. Direct3D besitzt im Gegensatz zu OpenGL ein linkshändiges Koordinatensystem. Verschiedene Versionen des DirectX, welche Direct 3D integriert haben, sind zudem auch nur auf gewisse Windowsversionen zulässig. Bereits seit Version DirectX 6.0 wird Bump Mapping (siehe Kapitel 2.4.4) unterstützt. Direct3D ermöglicht die Ausführung der in den neuen Grafikkarten eingebauten Schattierungsfunktionen. (BENDER & BRILL 2005)

Windows Rechner die Direct3D nicht ohnehin schon als Standard integriert haben, können es via Plug-in auf ihren Rechner installieren, um clientseitiges Rendering zu ermöglichen bzw. zu verbessern. Diese Schnittstelle wird von den gängigsten Browser unterstützt. Detailstufen können problemlos dargestellt werden. Da es sich um eine Schnittstelle zwischen Software/Plug-in und Hardware handelt und somit keine Daten zur Verfügung gestellt werden, scheint der Datenschutz der Projektdaten nicht über die API gesteuert zu werden.

5.1.2. OpenGL

OpenGL (= Open Graphics Library) ist eine Ansammlung von Funktionen, welche die Hardware der Grafik anspricht. Entwickelt wurde sie ursprünglich von der Firma Silicon Graphics unter dem Namen IRIS GL. Sie ist im Gegensatz zu Direct3D plattformunabhängig und kann ebenfalls mittels Programmiersprachen angesprochen werden. Auch dieses API wird für die Echtzeitvisualisierung benötigt und bedient sich dem Client-Server Modell. Sie ist erweiterbar und bietet eine bessere Performance als Direct 3D. Bei OpenGL werden alle Objekte in Form von Dreiecken in einem kartesischen Koordinatensystem wiedergegeben. Diese Schnittstelle ist für Endnutzer lizenzfrei und nicht gebührenpflichtig. (BENDER & BRILL 2005)

Detailstufen können problemlos dargestellt werden. Da es sich um eine Schnittstelle zwischen Software/Plug-in und Hardware handelt und somit keine Daten zur Verfügung gestellt werden, scheint der Datenschutz der Projektdaten nicht über die API gesteuert zu werden.

5.1.3. WebGL

Die neueste Technologie in Bezug auf Schnittstellen ist WebGL (= Web Graphics Library). Sie ist eine Mischung aus JavaScript und OpenGL, die zu einer plattformübergreifenden Schnittstelle führt. WebGL ermöglicht 3D Visualisierungen direkt im Browser darzustellen. Eine Software oder Plug-in Installation ist somit nicht mehr erforderlich (<http://www.khronos.org/webgl/>).

Diese API ist bereits in einigen aktuellen Internetbrowser fix integriert, z.B. in den aktuellen Versionen von Google Chrome und Mozilla Firefox. Aber auch in den Browser Safari und Opera ist diese API bereits bei Vorabversionen implementiert. Von Microsoft wird die Technologie leider nicht direkt unterstützt. Allerdings wird zumindest durch das Chrome Frame Plug-in die Darstellung in den WebGL Modus

gewechselt (<http://www.heise.de/newsticker/meldung/GDC-3D-im-Browser-WebGL-1-0-ist-fertig-1201976.html>).

Aus Sicherheitsgründen ist jedoch in den Browser diese neue Technologie abgeschaltet und wird erst durch manuelles Aktivieren freigeschaltet. Eine sichere Verarbeitung der Daten, vor allem der Bilder, ist mit WebGL noch nicht gegeben. Zusätzlich treten derzeit noch Sicherheitslücken beim Zugriff auf die Hardware auf.

5.2. 3D-Plattformsysteme

Systeme wie zum Beispiel Java, Flash oder Shockwave werden in dieser Arbeit als 3D Plattformsysteme bezeichnet, da diese meist neben der reinen 3D-API, auch eine Entwicklungsumgebung, ein Plug-in oder Werkzeuge nutzen.

5.2.1. Java3D

Java3D ist eine Klassenbibliothek die es erlaubt, in Java Anwendung dreidimensionale Objekte zu visualisieren. Java3D erlaubt eine Verarbeitung mittels Szenegraphen, also eine objektorientierte Datenstruktur für logische Funktionalitäten.

Java-3D Technologie ist plattformunabhängig. Wird jedoch zusätzlich eine Schnittstelle wie Direct-X integriert, wird diese Plattformunabhängigkeit eingeschränkt – Java3D ist dann nur mehr Microsoft Windows lauffähig.

Eine weitere Besonderheit ist, dass sich Java 3D auf ein rechtshändiges Koordinatensystem bezieht.

Java3D muss nicht lizenziert werden und bietet einen offenen Standard.

Java3D kann sowohl als standalone Version, oder mittels Java Plug-in gestartet werden. (<http://java3d.java.net/>)

5.2.2. Shockwave 3D

Zur Erstellung von Shockwave Dateien ist die Software Adobe Director, mit der internen Programmiersprache Lingo bzw. auch mit Javascript, notwendig. Mit Shockwave 3D ist es möglich, 3D Inhalte über das Browser Plug-in Shockwave Player online verfügbar zu machen. Der Shockwave Player ist über 420 Millionen Mal auf internetfähigen Desktops verbreitet. Aber, der Shockwave Player kann auch offline auf z.B. DVDs verwendet werden. Das Plug-in kann auf den Browser, Internet-Explorer,

Firefox und Safari genutzt werden, der Director kann auf den Betriebssystemen Windows und MacOS betrieben werden.

Neben dem direkten Erstellen mit dem Director, können auch extern erstellte 3D Inhalte mit z.B. 3ds Max, oder Google Sktech Up, über einen Shockwave 3D-Exporter als W3D-Datei exportiert und in Director importiert werden. Die Georeferenzierung von Daten wird in Shockwave 3D nicht unterstützt, daher ist auch eine Überlagerung mit externen GIS-Daten nicht möglich (FREIWALD & JANY 2004).

Mit dem W3D Software Development Kit SDK Programm bietet Adobe eine Möglichkeit, eine Schnittstelle zu allen 3D Formaten zu Director zu erstellen. Laut der Produktseite von Adobe Shockwave Player, wird sich dieser Player als 3D Standard Player für die Darstellung von 3D-Inhalten im Internet positionieren (http://www.adobe.com/products/shockwaveplayer/licensing/w3d_sdk/).

Für das Rendering verwendet der Shockwave Player die Hardware-Beschleunigung durch DirectX oder OpenGL. Eine ebenso sehr wertvolle Funktion ist die Stream-Fähigkeit (ständiges nachladen der Daten) dieser Technologie, da dadurch die Datenmenge wesentlich performanter gesteuert werden kann. Shockwave bietet insgesamt sehr ausgeklügelte Funktionen für z.B. Schattenerstellung, Texturen, Antialiasing, Transparenz etc. an.

Die Datensicherheit von veröffentlichten Dateien ist relativ gut, da die Inhalte durch das Kompilieren in ein W3D-Format verkapselt sind.

(<http://www.adobe.com/de/products/director/>)

5.2.3. Adobe Flash 3D

Adobe Flash ist eine der vielseitigsten Webanwendungen für interaktive Multimedia-Inhalte. Für die Ausführung am Client wird ein kostenloses Plug-in benötigt, welches in den meisten gängigen Browser automatisch installiert und auch aktualisiert wird. Flash ist vermutlich einer der am weitest verbreiten Plug-ins für Multimedia-Anwendungen mit einem weltweiten Anteil von 98% aller internetfähigen Desktops.

Zur Erstellung von Flash Anwendungen werden von Adobe verschiedene Software wie z.B. Adobe Flash Professional, oder Adobe Flash Builder, angeboten. Adobe bietet mit der Adobe Flash Plattform auch eine eigene Umgebung mit Werkzeugen, Open-Source-Framework, universellen Clients und skalierbaren Server an und somit eine aktive Weiterentwicklung erfährt.

Generell ist für Flash die in Adobe eingebettete Programmiersprache Actionscript einzusetzen, wobei die neuste Version von Actionscript auch Elemente und 3D-APIs zur 3D Darstellung von Objekten und Navigation beinhaltet.

Flash kann mit den gängigsten Multimedia Formaten arbeiten, ebenso wird der Im- und Export von XML Dateien ermöglicht.

Die Darstellung wird durch Hardware-Beschleunigung über die Schnittstelle DirectX unterstützt. Bezüglich Rendering nutzt Flash die vielfältigsten Möglichkeiten, so werden z.B. auch bis zu 4 Multicore-Prozessoren von lokalen Rechnern parallel genutzt. Die neuesten Entwicklungen sind die sogenannten Stage3D APIs, welche signifikante Performanceverbesserungen vor allem bei echten dreidimensionalen Visualisierungen bringt (<http://labs.adobe.com/technologies/flashplatformruntimes/incubator/features/molehill.html>).

Flash bietet verschiedene Funktionen, wie z.B. Unterstützung des „private browsing“ (keine Cookies werden lokal am Rechner gespeichert), zum Datenschutz an.

Da Flash ebenso wie Shockwave ein Produkt von Adobe ist, stellt sich die Frage, wo denn der Unterschied zwischen diesen beiden Alternativen ist. Nun, Shockwave in Kombination mit Director bietet die breite Funktionsbasis für die Erstellung von komplexen 3D-Visualisierungen inklusive 3D-Animation. Unter diesem Gesichtspunkt ist Flash als die zweite Wahl für diese Art der komplexen Visualisierungen zu nennen, obwohl beide Technologien sehr hochwertig, und sogar miteinander kombinierbar sind.

5.3. Beschreibungssprachen

Eine Methode bzw. Technologie zur Visualisierung ist, ein Modell bzw. eine 3D Szene mit einer einzelnen Beschreibungssprache zu erstellen. Die Darstellung erfolgt mit einem Viewer, welcher auf die jeweilige Beschreibungssprache zugeschnitten ist. Damit dieser funktioniert, müssen alle Objekte in ein einheitliches Format überführt werden. Da die Daten direkt im Browser geladen werden, ist eine Verschlüsselung der Dateien wichtig – je nach Beschreibungssprache werden dazu unterschiedliche Ansätze der Kryptografie verfolgt. Dies verursacht, dass die Daten nicht weiterbearbeitet oder von anderen Programmen gelesen werden können. Folgende Beschreibungssprachen werden in dieser Arbeit näher analysiert: VRML, X3D, Shockwave 3D und Adobe Flash.

5.3.1. VRML (Virtual Reality Modeling Language)

VRML (Virtual Reality Modeling Language) ist ein offener plattformunabhängiger Standard für den keine Lizenz benötigt wird. In vielen Visualisierungsprogrammen wird VRML mittels Import- und Exportfunktionen unterstützt.

VRML97 früher auch VRML2.0 genannt, ist eine Beschreibungssprache in der statische Objekte bis hin zu dynamische, interaktive Welten beschrieben werden können. Lichtquellen können ebenso integriert werden. Durch die Laufzeitverwaltung können Animation und Interaktion beschrieben werden und je nach Umgebung können auch Programmteile mit der VRML Datei verbunden werden. Aufgrund der Vielfalt ist VRML97 für diverse Verwendungen geeignet und deswegen ist dieser Standard entsprechend komplex. Betrachtet wird die Umsetzung in einem VRML-Viewer welcher meist als Plug-in für Internetbrowser zur Verfügung gestellt wird. Durch die Komplexität des Schnittstellenskripts treten oft Probleme beim Zusammenspiel von Browser und Plug-in auf (nicht mit jedem Plug-in lauffähig). Außerdem besitzt es keine Streaming-Fähigkeit. (FREIWALD & JANY 2004)

Zur Visualisierung stehen verschiedene Viewer zur Verfügung, welche in unterschiedlichen Betriebssystemen und Browser lauffähig sind.

Das GeoVRML wurde 2000 als optionale Komponente zur Erstellung der geographischen Darstellung zum VRML 97-Standard hinzugefügt und bietet die Möglichkeit komplexe Geländemodelle interaktiv mit georeferenzierten Objekten darzustellen. Ein spezielles Level of Detail, welches eine Kachelung des Geländes sowie der Textur voraussetzt, wurde speziell für die Darstellung komplexer Gebäudemodelle entwickelt und bei Bedarf geladen. (FREIWALD & JANY 2004)

Bei Landschaftsvisualisierungen die einen sehr großen Raum abdecken, oder mit sehr detailreichen Modellen arbeiten, benötigt VRML einen hohen Speicherbedarf. Bei Verwendung dieser Technologie muss das komplette Datenmodell heruntergeladen werden. Das Rendering wird demnach direkt auf der Hardware des Benutzers durchgeführt. Um die große Speicherintensität zu reduzieren, bietet VRML die Möglichkeit, mit Hilfe von speziellen Modellierungsprogrammen wie z.B. Cosmo World, Werkzeuge zur Polygonreduktion an. Ebenso besteht die Möglichkeit, VRML Dateien zu komprimieren - dies erfolgt mit dem GZIP-Verfahren. Hierbei werden beim Abspielen die Dateien am Client-Rechner entzippt, diese Funktion läuft jedoch in den meisten Viewern automatisch ab.

Neben diesen Werkzeugen stehen aber auch Programmierverfahren zur Verfügung, um die Datenreduktion von VRML-Dateien noch weiter zu optimieren.

Durch das Herunterladen des Modells und somit auch der Projektdaten, wird die Verwendung der Daten durch Dritte möglich. Daher muss eine Verschlüsselung der Daten erfolgen.

Ein Beispiel für eine Verschlüsselung ist das von Bitmanagement entwickelte BS Encrypt. Hier wird das Modell in ein verschlüsseltes binäres Datenformat konvertiert, welches die Syntax der Geometrie für andere unlesbar macht. Die Datei kann dann nicht mehr von einer Bearbeitungssoftware gelesen werden. Im BS Viewer wird diese Datei nur angezeigt, wenn der entsprechende Lizenzkey auf die verknüpfte digitale Adresse ausgestellt wurde. (<http://www.bitmanagement.com/products/authoring-tools/bs-encrypt>)

5.3.2. X3D (Extensible 3D)

Extensible 3D (X3D) ist seit 2004 der Nachfolger des VRML in welchem weitere standardisierte Optionen und Schnittstellen auf XML Basis zur Verfügung stehen und somit mehr Funktionalität vorhanden sind. Der Quellcode ist in einzelnen Modulen aufgebaut und aus diesem Grund erweiterbar. Durch die Einbettung von XML wird eine objektorientierte Programmierung unterstützt, was in VRML nicht möglich war. Dieses ermöglicht bessere 3D-Welt-Präsentationen in Browser. (FREIWALD & JANY 2004)

X3D ist plattformunabhängig, abwärtskompatibel und streamingfähig. Modelle können mittels entsprechendem Plug-in in jedem Browser dargestellt werden, wobei browserunabhängige Plug-ins vorhanden sind.

Detailstufendarstellung wird ebenfalls mit dieser Technologie ermöglicht.

Der Datenschutz wird durch die Anwendung von unterschiedlichen Codierungen gewährleistet, dabei ist die Verwendung von z.B. beschränktem Zugriff, Verschlüsselung und digitale Signatur möglich (<http://www.web3d.org/about/overview>; <http://www.web3d.org/x3d/specifications>).

5.4. Services

Eine weitere Technologie-Gruppe für 3D-Visualisierungen stellen sogenannte Services dar. Dazu werden die einzelnen Datenkomponenten wie z.B. Geländemodell, Luft- und Satellitenbilder, Kunstbauten, oder Vegetation trotz verschiedenster Datenlieferanten

und somit verschiedenste Speicherorten zu einem gemeinsamen Modell zusammengeführt (QUADT & PLÜMER 2006). Diese Vorgehensweise ist gegenüber der Visualisierung mittels Beschreibungssprachen ein wesentlicher Vorteil.

Wie in Abbildung 18 dargestellt, werden laut OGC (<http://www.opengeospatial.org/>) hierfür vier Schritte abverlangt: i) die Anfrage vom Client an den Server welche Daten zur Verfügung stehen, ii) die Antwort im XML Format, iii) die Anforderung der gewünschten Daten und iv) die Lieferung der Daten im beauftragten Format.

Die für die Erzeugung einer 3D-Visualisierung zur Verfügung stehenden Services können in ein Referenzmodell gegliedert werden.

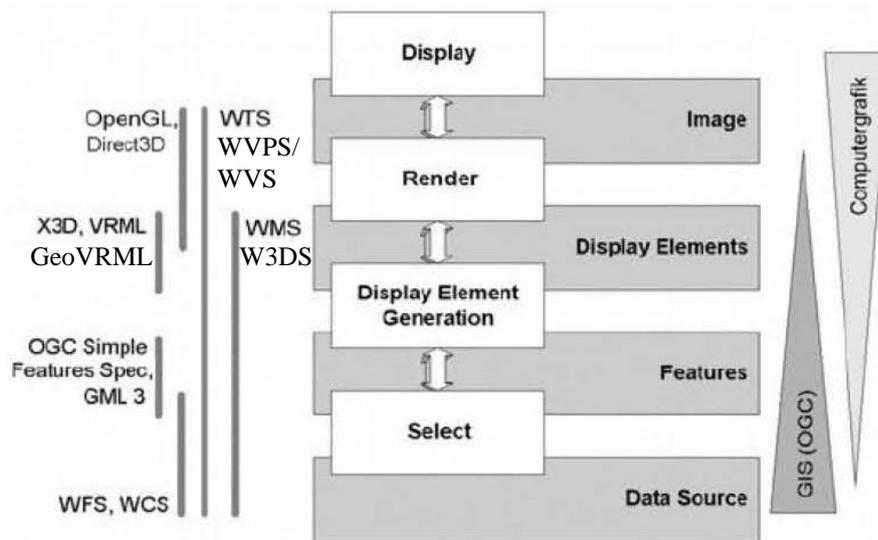


Abb. 18: OGC-Modell der Visualisierungsprozesse mit potenziell beteiligten Diensten und Beschreibungssprachen (SCHMIDT 2003, modifiziert).

Verwendet werden hier der WFS (Web Feature Service) für Vektordaten und der WCS (Web Coverage Service) für Rasterdaten, um Geobjekte zu visualisieren oder eine Auswahl zu treffen. Ein WMS (Web Map Service) dient der Übermittlung von verschiedenster Karten. Der WTS (Web Terrain Service) ermöglicht die Generierung von statischen 3D Bilder indem er den WFS und WMS kombiniert, erlaubt aber keine interaktive 3D Navigation. Aus den Visualisierungsservices bleiben also laut OGC (2010) nur noch der W3DS und der WVS zur interaktiven 3D Visualisierung übrig. Inwieweit sich die beiden Services unterscheiden und Vor- und Nachteile gegenüber den Beschreibungssprachen oder Online Globen ergeben, soll im Folgenden erläutert werden.

5.4.1. Web 3D Service (W3DS)

Ein eindeutiger Vorteil vom Web 3D Service gegenüber den Beschreibungssprachen ist, dass Datenquellen unterschiedlichster Herkunft integriert werden können. Der W3DS hat sich auf die Datenformate KML/KMZ, X3D und Collada spezialisiert, da sich diese aufgrund des Speicherbedarfs, industriellen Standard, sowie der Leistungsfähigkeit etabliert haben. (OGC 2010)

Der W3DS kann entweder mittels Plug-in im Webbrowser ausgeführt werden, oder in eine Earth Viewer Anwendung integriert sein. Ein Beispiel dafür ist der Dienst OSM (Open Street Map) 3D, welcher nicht die Rohdaten der Visualisierung, sondern die Repräsentation der 3D Szene übermittelt. (OGC 2010)

Bei einem W3DS gibt es für die Nutzung zwei unterschiedliche Varianten. Die erste Variante ist die Darstellung in einer fixen 3D Karte, in welcher die Daten schon fest definiert wurden. Diese 3D Karte wird dann den Betrachtern durch einen Link zur Verfügung gestellt, immer mit dem gleichen Dateninhalt geladen, egal aus welcher Entfernung. Zusätzlich wird eine Kameraposition festgelegt, damit sich der Datenausschnitt auch in richtiger Position befindet. (OGC 2010)

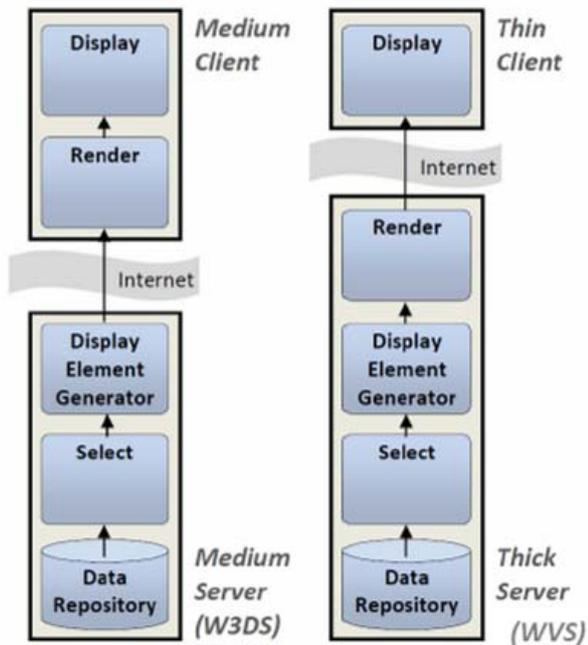
Als zweite Variante kann der W3DS auch als Streaming Server fungieren. Hier werden verschiedenste Detailstufen der Daten angeboten, um auch mit großen Datenmengen und weiten Bildausschnitten umgehen zu können. Mit dieser Verwendungsart des W3DS wird gewährleistet, dass die Visualisierung einem größeren Kreis an Betrachtern zeitgleich zur Verfügung steht. W3DS unterstützt neben den Level of Detail (LOD), auch die Anwendung von Texturen und Materialien, sowie Lichteffekte und Sound, sowie vieles mehr. (OGC 2010)

Bei der Abfrage wird eine Begrenzung sowie Blickrichtung festgesetzt, anhand dieser und vielen weiteren Parametern wird die entsprechende 3D Szene über einen Server an den Client geschickt und dort gerendert.

5.4.2. Web View Service (WVS)

Der WVS rendert im Gegensatz zum W3DS serverseitig (siehe Abb. 19). Dadurch werden dem Endnutzer nur Bilder übermittelt und die Darstellungsqualität wird nicht durch die clientseitige Rechner- oder Grafikkartenqualität beeinträchtigt. Aus diesem Grund muss der Server eine hohe Rechnerleistung besitzen. Im Grunde genommen kann der WVS mit dem WTS verglichen werden, nur dass der WVS nicht nur ein statisches Bild übermittelt, sondern eine Bildfolge in einer Häufigkeit, sodass eine

Szene entsteht die eine Echtzeitvisualisierung ermöglicht. In gewisser Weise kann also behauptet werden, dass der WVS das 3D Pendant zum oben erwähnten WMS ist, der nur 2D Bilder liefert.



[Quelle: Draft for Candidate OpenGIS® Web 3D Service Interface Standard, angepasst]

Abb. 19: Vergleich des Rendering-Prozess der beiden Services: Web 3D Services (W3DS) und Web View Service (WVS) (OGC 2011)

Der Vorteil des WTV im Gegensatz zum W3DS ist ganz klar das serverseitige Rendering, wobei hier festzuhalten ist, dass dadurch auch die Bandbreite keine Rolle mehr spielt, da das Bild immer die gleiche Größe besitzt und die Ausdehnung des Modells oder der Detailreichtum bei der Bilderübertragung nicht mehr berücksichtigt werden muss. Aufgrund der Tatsache, dass es sich hier ebenfalls um ein Service handelt, können auch hier die unterschiedlichen Datenquellen integriert werden. (OGC 2010)

Ein Nachteil dieses Service ist, dass es derzeit noch nicht vollständig entwickelt wurde. Laut OGC (www.opengeospatial.org) wird der Standard voraussichtlich erst im Oktober 2011 einsetzbar. Ob eine tatsächliche Umsetzung mit einer Software möglich ist, wird in den nachfolgenden Kapiteln analysiert werden.

5.5. Earth Viewer

Neben den Programmierschnittstellen, den Beschreibungssprachen und den Services, stellen die sogenannten Earth Viewer (= Programme, welche die gesamte Erdoberfläche abbilden) die vierte Technologie-Gruppe dar.

Die Grundtechnologie der Earth Viewer beruht auf der Tatsache, dass dem Nutzer frei navigierbare Luft- und Satellitenbilder der ganzen Welt via Webdienst zur Betrachtung geboten werden. Mit Earth Viewer ist es auch möglich, zusätzliche Informationen aus Ski- und Wandergebieten auf Basis der globalen Grunddaten zu visualisieren.

Spätestens seit der Entwicklung von Google Earth und Google Maps sind diese und ähnliche Geo-Anwendungen einem breiten Publikum bekannt. Neben den sehr bekannten Earth Viewer wie Google Maps, Google Earth und Bing Maps, gibt es eine Vielzahl von Earth Viewer, mit zum Teil sehr spezifischen Inhalten. Unternehmen wie ESRI, Erdas, Google und Microsoft bieten Earth Viewer mit globalen Datensätzen genau so an, wie Unternehmen wie z.B. Diercke, Nasa oder National Geographic, die neben den Standard Geodaten auch sehr spezifische Themeninhalte online stellen.

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal der Earth Viewer ist ihre Dimensionalität, also ob 2D oder 3D. Da in dieser Arbeit der Fokus auf 3D-Visualisierungen liegt, wurde für die weitere Technologieanalyse die Auswahl auf folgende 3D Earth Viewer, welche allesamt keine lokale Softwareinstallation benötigen, eingegrenzt:

- Google Maps mit Earth View Plugin,
- Google Earth API,
- Nasa World Wind SDK,
- Bing Maps 3D.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist, ob der Earth Viewer Client basierend, oder Web basierend eingesetzt werden kann. Client Systeme benötigen zusätzliche Software oder ein Plug-in. Beispiele für Client basierende Anwendungen sind die Google Earth oder NASA World Wind. Beispiele für Web basierende Systeme sind Bing Maps oder Google Maps, welche direkt im Browser aufgerufen werden können, ohne zusätzliche Software zu installieren. (HÖPPNER 2008)

Ein wesentlicher Vorteil der Earth Viewer Technologie ist, dass der Großteil der Grundlagendaten schon vorhanden ist und durch zusätzliche Geodaten ergänzt werden kann

5.5.1. Google Maps mit Earth View Plug-in

Mit der Implementierung von Google Earth in Google Maps, ist in Google Maps eine dreidimensionale Darstellung möglich. Statt der planaren Karte kann durch den Button *Earth* auf eine Ansicht mit Luft- und Satellitendaten, Geländemodell und 3D Kunstbauten zurückgegriffen werden, die jener in Google Earth gleicht.

Der Unterschied zu Google Maps und Google Earth ist, dass Google Maps browserfähig ist, während Google Earth nur mittels Softwareinstallation am Client lauffähig ist.

Um nun die *Earth* Funktion in Google Maps zu nutzen, muss das *Earth View* Plug-in installiert werden. Dieses Plug-in ist derzeit jedoch nur für die Betriebssysteme Windows und Mac OS X erhältlich. Aber, es unterstützt die gängigsten Standard-Internetbrowser wie IE, Firefox, Safari und Google Chrome. (<http://maps.google.com/support/>)

In Google Earth Plug-in können externe Daten mittels dem Dateiformat .kml importiert werden (<http://code.google.com>) Eine Detailstufendarstellung wird zugelassen und das Rendering erfolgt clientseitig entweder mit OpenGL oder DirectX –dies benötigt einen einigermaßen aktuellen PC um mit Google Maps mit Earth View Plug-in performant arbeiten zu können.

Das Thema Datenschutz der Projektdaten ist durch die Verwendung von .kml nicht oder nur schwer in den Griff zu bekommen, da die gesamte Information in dieser Datei zugänglich ist. Allerdings finden sich in den Google Foren (<http://groups.google.com/group/Google-Maps-DE-API>) Hinweise, dass sich ein begrenzter Datenschutz erstellen lässt.

5.5.2. Google Earth API

Die ursprüngliche Google Earth Version ist eine Desktop Version und nur mittels aufwendiger Softwareinstallation zu benutzen. Seit der Entwicklung der Google Earth API kann nun Google Earth auch auf einer Webseite integriert und von dort aus gestartet werden.

Mit dem Google Earth API ist es möglich, die gesamten 3D-Rendering Funktionen, aber auch weitere Funktionen von Google Earth wie z.B. Linien zeichnen, Bilder platzieren, oder .kml Dateien zu laden. Damit können anspruchsvolle 3D-Anwendungen über eine Webseite angeboten werden.

Bezüglich der Plattform- und Browser-Lauffähigkeit gelten dieselben Fakten wie im Kapitel Google Earth Plug-in beschrieben. Ebenso wird das Rendering und die Detailstufendarstellung gleich gelöst.

Externe Daten wie z.B. GPS-, Vektor- und Bilddaten können z.B. in KML Format, oder aber auch direkt im API eingebettet werden.

Die 3D Gebäudemodelle können durch moderne Verschlüsselungsmechanismen und die Nutzung von eigenen Servern online gestellt werden, sodass sie nicht ohne Erlaubnis von Dritten weiter verwendet werden können. Ein Beispiel dafür ist das 3D-Stadtmodell von dem Unternehmen Geoinfo AG (<http://www.geoinfo.ch/html/3D-Modelle.1502.0.html>).

Besonders interessant ist, dass Google mit der Google Maps-API für Flash nicht nur ermöglicht, 2D Karten in eine Flash Anwendung zu integrieren, sondern auch 3D Karten integrierbar macht. Dabei soll eine ähnliche perspektivische Darstellung wie in Google Earth erreichbar sein. (<http://code.google.com/intl/de-DE/apis/maps/documentation/flash/3d-maps.html>)

5.5.3. Nasa World Wind (Java SDK)

Der ursprüngliche *Nasa World Wind Viewer* wurde durch einen Java Software Development Kit (SDK) erweitert, sodass dieser nun für verschiedene Applikationen verwendet werden kann. Eine herausragende Tatsache ist, dass durch diese Erweiterung ein fast plattformunabhängiger Viewer zustande kam. Nasa World Wind SDK ist unter Microsoft Windows, Mac OS X, Fedora Core 6 und Ubuntu lauffähig, sowie unter bestimmten Bedingungen der 64-bit Linux Version.

Nasa World Wind SDK bedient sich der OpenGL API über die Java OpenGL (JOGL) Schnittstelle. Mit bloßem Java Web Start kann die Anwendung gestartet werden.

Externe Daten können durch die offene Schnittstelle integriert und in verschiedenen Formaten wie KML, Shapefiles, WMS oder WFS integriert werden. Detailstufen werden in der Anwendung ebenfalls zugelassen. (http://worldwindcentral.com/wiki/Main_Page)

Bezüglich Datenschutz von zusätzlichen Projektdaten konnte keine Information eruiert werden, aber es ist davon auszugehen, dass sich über Verschlüsselungstechnologien und die Nutzung eigener Server zum Datenhosting der Zusatzdaten, ein ausreichender Datenschutz installieren lässt.

5.5.4. Bing Maps 3D

Auch die ursprüngliche zweidimensionale Bing Maps von Microsoft, wurde zu einem 3D Viewer erweitert. Damit Bing Maps auf einem PC lauffähig ist, muss das Microsoft Plug-in Silverlight installiert werden. Bing Maps 3D ist speziell auf die Windows Plattform konzipiert, sowie mit den gängigen Internetbrowser wie Firefox und Internet Explorer kompatibel (<http://www.microsoft.com/maps/product/faq.aspx?id=p9>).

Bing Maps bietet mit Bing Maps App SDK eine Schnittstelle an, um eigene Projektdaten als Mashups auf dem Bing Map Server zu hosten und zu publizieren.

Mit Hilfe des Silverlights Map Data Connector (<http://dataconnector.codeplex.com>) wird eine Datenintegration aus einem SQL Server ermöglicht – eine sehr interessante Funktion die viele Möglichkeiten auf tut. Fürs rendern wird nur DirectX verwendet (<http://www.microsoft.com/maps/>).

5.6. 3D-Panoramabilder

Diese höchst interessante Technologie wird ebenfalls diskutiert und analysiert, da es sich dabei vermutlich um die bestmögliche fotorealistische Darstellung, im wörtlichen Sinn, von Landschaften handelt. Dabei kann technologisch zwischen der Bild-Aufnahme, der Verarbeitung der Bilder zu dreidimensionalen Anwendungen, und den Viewers unterschieden werden.

Generell ist derzeit eine sehr rege Entwicklungstätigkeit für die dreidimensionalen Bildaufnahmen erkennbar - innovative Anwendungen und neue technologische Möglichkeiten kommen auf den Markt.

Bei dieser Technologie kann zwischen einem Panoramabild, in dem sich 360° navigieren lässt, und Bildern, die durch den Wechsel des Standortes des Betrachters ineinanderfließen, unterscheiden. Während die erste Art der 360° Bilder vor allem im touristischen Sektor verbreitet ist (z.B. die Darstellung eines Panoramas von einem Gipfel mittels Flash Player), ist die zweite Art des fließenden Überganges vor allem aus Anwendungen wie z.B. Street View bei Google, oder Street Side bei Bing Maps, wo man durch Straßenzüge navigierend ein Bild nach dem anderen verknüpft bekommt, bekannt.

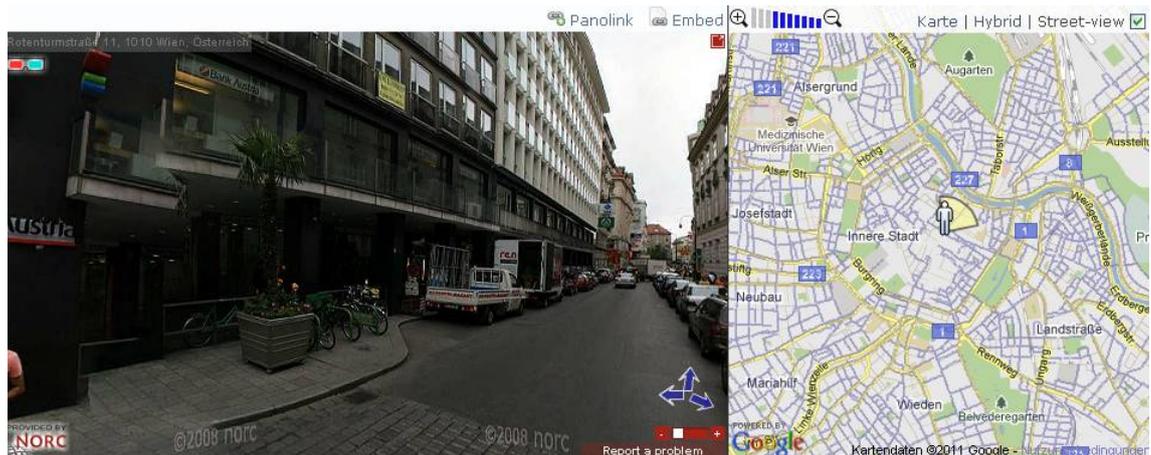


Abb. 20: Beispielanwendung einer Kombination von Google Maps API und einer Street View Version auf www.norc.at

Eine weitere sehr interessante Anwendung ist es, 3D Panoramabilder aus einem Helikopter zu erfassen. Dies ermöglicht eine 3D-Visualisierung von ganzen Landschaften, wie z.B. Skigebieten, in denen navigiert werden kann. Als aktuellste Anwendung in dieser neuen Technologie kann das Beispiel vom Skigebiet Obertraun genannt werden (<http://maps.obertauern.com/openpano.php?name=obertauern>). So sind auch Anwendungen auf anderen Skipisten, Wanderwegen, Mountainbikestrecken oder auf Lifтанlagen denkbar.

Online zur Verfügung gestellt werden diese 3D-Bilder entweder über den jeweiligen Earth Viewer (z.B. Google Earth, Bing Maps), oder häufig auch mit einem Flash Player – damit wird auch eine Plattform- und Browserunabhängigkeit geschaffen.

Durch die Verwendung dieser Viewer, ist die Integrierung von externen Geo- und Sachdaten möglich.

Die Aufnahmemethodik ist wesentlich von den gewählten Kamerasystemen abhängig. Das derzeit modernste Kamerasystem für nahtlose 360° Bild-Aufnahmen bietet das Unternehmen Immersive Media Inc. mit dem Kameratyp Dodeca 2360 an. Mit 12 Kameras pro Aufnahmeeinheit, können 100 Millionen Pixel pro Sekunde bzw. 30 Frames pro Sekunde aufgenommen werden – hochauflöste 360° Panoramabilder sind das Ergebnis. Natürlich ist neben den Kamerasystemen auch eine entsprechende Aufbereitungs-Software und die notwendige Positionierungseinheit mittels GPS von Immersive Media zu beziehen (<http://www.immersivemedia.com>). Die Preise variieren je nach Aufnahmemethodik (z.B. Hubschrauber versus terrestrische Aufnahme im Skigebiet) sowie der Anzahl der gewünschten 3D-Panoramen.

Als Beispiel, dass diese Technologie auch auf Skigebiete ausgeweitet wird, sind die Entwicklungen im Winter 2010/11 seitens Google Street View zu nennen. Erstmals wurden in einem Skigebiet Daten mit einer 3D-Panoramakamera für Google Street View erfasst. Google montierte ihr Aufnahmesystem auf einem Skidoo, um die Pisten im Skigebiet Ischgl zu erfassen – die Verfügbarkeit der Daten wird allerdings aufgrund der aufwendigen Daten-Prozessierung noch einige Monate dauern (<http://blog.paznaun-ischgl.com/google-street-view-ischgl.htm>). Daher kann bis jetzt nur auf Straßendarstellung zurückgegriffen werden.



Abb. 21: Dodeca 2360 Kamerasystem auf einer Rucksack-Plattform für mobile Anwendungen (li) (<http://www.immersivemedia.com>); Skidoo mit Google Street View System (re) (<http://blog.paznaun-ischgl.com/google-street-view-ischgl.htm>).

6. Analyse Daten

Da sich ein Großteil der Projekte sowie der Hauptkundenstamm der Firma Klenkhart und Partner in Österreich befindet, bezieht sich die Master Thesis im Hinblick auf die für 3D-Visualisierungen benötigten Daten auf jene aus Österreich. Für großflächige Daten (z.B. Satellitenbilder) wird ein genereller Überblick über verfügbare Produkte geschaffen. Im Zuge dieser Arbeit wurden sowohl frei erhältliche als auch käufliche Daten berücksichtigt. Hierbei werden Geländemodelle, Luft-/Satellitenbilder, Textur- und Objektdatenbanken, Geodaten wie Pisten, Skilifte, Mountainbikestrecken usw. erhoben. Bei allen nachstehend erwähnten Produkten muss der Datenschutz gewährleistet werden. Ihre Herkunft sollte mittels Logo oder textlicher Formulierung kenntlich gemacht werden

6.1. Digitale Geländemodelle

6.1.1. BEV- DGM Raster

Um realistische Geländestrukturen zu erhalten, ist es notwendig, Geländedaten zu erwerben. Diese sind je nach Auflösung und Genauigkeit zum Einen gratis erhältlich, zum Anderen bei diversen Stellen gegen Entgelt verfügbar. Als erste Anlaufstelle wurde das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) herangezogen, welches flächendeckende Daten von ganz Österreich bietet. .

Geländemodelle sind beim BEV in unterschiedlicher Qualität, zu unterschiedlichen Preisen verfügbar. Ein Überblick über die vom BEV zur Verfügung gestellten Geländemodelle können in der unten stehenden Tabelle entnommen werden:

Qualität	Preis €/km ²
DGM Rasterweite 10m	3,00
DGM Rasterweite 25m	1,00
DGM Rasterweite 50m	0,30
DGM Rasterweite 100/200/500m	gratis

Tab. 8: DGM Raster Qualität und Preis

Zur genaueren Darstellung des Geländes können, je nach Anforderung, auch Strukturinformationen (Bruchkanten) dazu bestellt werden. Die Datenabgabe erfolgt sowohl nach blattschnittfreier Gebietsauswahl, als auch nach vordefinierten

Blattschnitten. Der Höhenraster ist in verschiedenen Formaten, wie z.B. ASCII Liste, ESRI GRID oder DXF erhältlich. Aktualisierungen der DGM werden zwar vorgenommen, einen genauen Zyklus dafür gibt es aber nicht. Jedoch werden bekannte großflächige Veränderungen dauerhaft aktualisiert. Die Genauigkeit hängt von der Vegetation und Geländebeschaffenheit ab. So ergibt sich bei Rastermessungen mit Strukturinformationen in Siedlungsgebieten, Agrarflächen, versiegelte Flächen, Gewässer, etc. eine Genauigkeit von +/-1m. Im Ödland sowie Gletscher können diese bis zu +/-5m abweichen. Die Genauigkeit in Wald- und Hochgebirgsregionen (Fels) liegt bei +/-10m. (BEV, 2011)

6.1.2. Laserscan

Als zweite Anlaufstelle für den Erhalt von Geländemodellen werden hier die jeweiligen Landesregierungen herangezogen, welche Geländedaten aus Airborne Laserscanning anbieten. Diese Höhenmodelle zeichnen sich durch eine hohe Auflösung von 1m aus. Sie weisen eine horizontale Genauigkeit von +/-30cm und eine vertikale Genauigkeit von +/-15cm auf. Eine österreichweite Abdeckung dieser Daten ist momentan nicht vorhanden, die Verfügbarkeit muss deshalb projektspezifisch abgeklärt werden.

Eine Aktualisierung ist derzeit von einigen Ländern geplant (z.B. Vorarlberg, Tirol...), ein konkretes Fertigstellungsziel steht jedoch noch nicht fest.

Aufgrund der höheren Genauigkeit belaufen sich die Kosten der Laserscandaten auf 100 – 120€/ km². Diese Kosten variieren jedoch, sie sind länderspezifisch, bzw. können diverse Zusatzdaten dazu bestellt werden (beispielsweise Schichtenlinien, Schummerung, Oberflächenmodelle, Bruchkanten, etc.). (<http://www.salzburg.gv.at/>, <http://www.tirol.gv.at>, <http://www.vorarlberg.gv.at>).

6.1.3. SRTM - Earth Viewern

In Online Globen sind bereits Höhenmodelle integriert. Dabei handelt es sich im Google Earth, Bing Maps 3d, sowie Nasa World Wind zum Beispiel um ein STRM (Shuttle Radar Topography Mission)-Höhenmodell der NASA, welches aus Radaraufnahmen erstellt wurde. Die Auflösung beträgt 25-30m bei einer Genauigkeit von etwa +/-20m in der Lage (relativ 15m) sowie +/-16m in der Höhe (relativ 6m). In Google Earth wurde die Auflösung jedoch auf 60m reduziert, um die Datengröße zu verringern. Der Vorteil dieser Daten liegt darin, dass sie in den Earth Viewer flächendeckend und kostenfrei zur Verfügung gestellt werden oder auch über diverse online Services (z.B. EOWEB Server

des DLR). Aufgrund der, im Vergleich zu anderen Daten (BEV DGM, Laserscan), großen Rasterweite, wird die Datenmenge gering gehalten, das Höhenmodell ist somit gut zu verarbeiten. Diese geringe Auflösung kann andererseits auch als Nachteil angesehen werden, da sie das Gelände grob vereinfacht. Ungünstig ist auch die Tatsache, dass diese Höhenmodelle nicht mehr aktualisiert werden. Die Daten zum Höhenmodell wurden 1999 von der NASA aufgenommen und seitdem nicht mehr erneuert. (KOPPEL 2007, <http://www.dlr.de/>, <http://www2.jpl.nasa.gov>).

6.1.4. Terrestrische Vermessung

Für diverse Projekte der Firma Klenkhart liegen auch oft terrestrische Vermessungen von den Projektbereichen der Ski- und Wandergebiete vor, aus denen Geländemodelle erstellt werden. Diese zeichnen sich durch eine hohe Genauigkeit aus, sind jedoch meist nur punktuell und selten über das gesamte Interessensgebiet verfügbar. Häufig sind diese Aufnahmen bereits veraltet, eine Aktualisierung durch Vermessungsbüros bedeutet hohen Arbeits- und daher einen hohen Kostenaufwand. Die Daten sind oftmals sehr detailreich und besitzen somit ebenfalls ein großes Datenvolumen.

6.1.5. GPS

Im Zuge einiger Projekte der Firma Klenkhart werden auch GPS (Global Positioning System) Aufnahmen zur Erstellung eines Höhenmodells verwendet. Zusätzlich zu den Geländeaufnahmen inklusive Strukturen, können auch Pistenränder, Mountainbikestrecken oder Wanderwege aufgenommen werden. Die Daten liegen jedoch meist weder homogen noch flächendeckend oder in gleicher Qualität vor. Die Qualität der Daten ist abhängig von der Qualität des zur Verfügung stehenden Gerätes. Werden demnach Bereiche mit verschiedenen Geräten gemessen, sind Unterschiede in der Genauigkeit wahrscheinlich. Für kleinere Bereiche liegt der Vorteil darin, dass sich die Aufnahmen ohne großen Arbeits- und Kostenaufwand aktualisieren lassen. Weiters können homogene Landschaftsbereiche grob eingemessen werden, während komplexere Strukturen detailreicher aufgenommen werden. Somit besteht die Möglichkeit, die Datenmenge aufgrund der Anpassung an natürliche Gegebenheiten, gering zu halten.

6.2. Luft-/Satellitenbilder

6.2.1. Satellitendaten

Satellitenbilder ermöglichen eine rasche Aufnahme der realen Situation der Erde über große Bereiche hinweg. Ältere Archivdaten sind, je nach Auflösung, oft kostengünstig bis gratis erhältlich. Aktuelle Daten können nach Wunsch programmiert (evt. für Winteraufnahmen) und bestellt werden. Dies erfordert jedoch einen gewissen Zeit- bzw. Kostenaufwand. Vor dem Erwerb von Satellitendaten ist die Problematik der Wolkenbedeckung zu berücksichtigen. Diese kann dazu führen, dass Archivdaten, trotz geringer Wolkenbedeckung auf die gesamte Szene (Aufnahmekachel) gesehen, für das Interessensgebiet ungeeignet sind, wenn sich über dem Projektgebiet Wolken befinden. Satellitendaten sind von diversen Firmen in unterschiedlichen Auflösungen und dementsprechenden Preisen verfügbar. Tabelle 8 listet das breite Datenangebot, aufgeteilt nach geringer ($>2,5\text{m}$) und hoher ($<2,5\text{m}$) Auflösung, auf. Daraus wurden die für diese Master Thesis als relevant erachteten Daten ausgewählt und in untenstehender Tabelle (Tab. 9) angeführt.

Geringe Auflösung ($> 2,5\text{m}$)	Hohe Auflösung ($<2,5\text{m}$)
IRS-P6	GeoEye-1
IRS-1C/1D	World View-1
Spot-2	World View-2
Spot-4	IKONOS
ALOS-AVNIR-2	Quickbird
Landsat-7	Spot-5
Landsat-4	FORMOSAT-2
Landsat-5	Cartosat-2
	Kompsat-2
	Orbview-3
	IRS-P5
	Cartosat-1
	ALOS-PRISM
	EROS-A
	EROS-B

Tab. 9: Satellitendaten unterschiedlicher Anbieter

Satellit	Auflösung	Preis €	Temporale Auflösung
Landsat 7	30m	frei verfügbar	alle 16 Tage
Spot 5	5m - 2,5m	6000 - 8700€/ Szene (1,6 - 1,8/km ²)	alle 1 Tag (Pole)- 5 Tage (Äquator)
Ikonos 2	1 m	ca. 12 €/ km ²	alle 3Tage
Quickbird	ca. 65cm	15 - 35 €/ km ²	alle 1 Tag (Pole)- 3,5 Tage (Äquator)

Tab. 10: Satellitendaten Auflösung und Preise

Bei Satellitendaten ist meist eine Mindestbestellmenge gefordert. So müssen beispielsweise bei Quickbird Archivbildern mindestens 25 km² und bei programmierten Daten wenigstens 64 km² bestellt werden. Bei den SPOT5 Bildern ist es auch möglich, halbe bzw. viertel Szenen zu erwerben, bei denen sich der Preis dementsprechend verringert.

Landsatdaten sind kostenlos verfügbar. Bei einer temporalen Auflösung von 1 - 16 Tagen, stammen diese Produkte aus nahe beieinander liegenden Aufnahmezeitpunkten, was die Homogenität bzw. auch Aktualität gewährleisten würde. Allerdings kann diese aufgrund der Wolkenbedeckung stark beeinflusst werden. So sind im Landsat Archiv teilweise angrenzende Kacheln vorhanden, deren Aufnahmezeitpunkte mehrere Monate bis Jahre auseinander liegen. Durch die gröbere Auflösung der Landsatbilder wird die Datenmenge im Vergleich zu höher aufgelösten, wie SPOT, Ikonos oder Quickbird relativ gering gehalten. Doch auch die Datenmenge der aus letzteren Satelliten stammenden Aufnahmen sind überschaubar und gut zu verarbeiten (<http://glcf.umiacs.umd.edu>, <http://www.digitalglobe.com/>, <http://catalog.spotimage.com>).

6.2.2. Luftbilder

Für ein detailgetreues Abbild der Landschaft werden Luftbilder bzw. Orthofotos unterschiedlicher Auflösungen herangezogen. Als erste Anlaufstelle dafür dient das BEV. Es bietet Produkte zu unterschiedlichen Qualitäten und Preisen an.

Orthofoto - digital Farbe	Preis / km ²
Digitales Orthofoto Farbe aktuell - Auflösung 0,25 m	3,0
Digitales Orthofoto Farbe aktuell - Auflösung 0,5 m	1,0
Digitales Orthofoto Farbe aktuell - Auflösung 1 m	0,20
Digitales Orthofoto Farbe aktuell - Auflösung 2 m	0,05

Tab. 11: Luftbilder Auflösung und Preise (BEV 2010)

Laut BEV erfolgt die Aktualisierung der digitalen Orthofotos im Abstand von fünf bis sieben Jahren und wird in einem Maßstab von 1:15:000 durchgeführt. Dieser deckt etwa ca. 60% ab, der fehlende Teil wird aus Befliegungen im Maßstab von 1:30.000 generiert. Die Rasterweiten sämtlicher in der Tabelle genannten Produkte lassen bereits Details erkennen.

Weiters können diese Bilder bei den Landesregierungen erworben werden. Zum Teil sind höhere Auflösungen verfügbar (z.B. 12,5 cm beim Land Vorarlberg). Tendenziell sind die Preise bei diesen Stellen höher. Sie reichen von 3€ bis 22€ pro km² (<http://www.salzburg.gv.at/>, <http://www.tirol.gv.at>, <http://www.vorarlberg.gv.at>).

6.2.3. Earth Viewer

Luftbilder und Orthofotos in Online Globen stehen ebenfalls zur Visualisierung zur Verfügung. Ausgehend von den bekanntesten wie Google Earth, NASA World Wind und Bing Maps liegen Luft- und Satellitenbilder weltweit in unterschiedlichen Qualitäten zur Verfügung. Hier reichen die Auflösungen in manchen Städten bis teilweise 5-10cm pro Pixel, der Großteil Österreichs ist jedoch in einem Rahmen von 30cm- 1m einzustufen. Außerhalb extremer Ballungsräume ist meist eine Auflösung von 15m zu erwarten. Satellitenbilder werden bis zu einer Auflösung von 60cm verwendet, alle Produkte höherer Auflösungen stammen aus Flugzeugaufnahmen. Trotz laufender Aktualisierung der Luftbilder, kann es vorkommen, dass aktuelle Daten nicht sofort integriert werden. So findet man zum Beispiel in Google Earth immer noch Bilder aus dem Jahr 2000.

6.3. Zusätzliche Geodaten in Ski- und Wandergebieten

Es gibt ganz unterschiedliche Geodaten, welche zusätzlich zu den Grunddaten wie Orthofoto und Geländemodell, für eine 3D-Visualisierung notwendig sein können. So können zusätzliche Vektordaten wie z.B. Pistenachsen, Mountainbikestrecken, Point of Interests, Seilbahnachsen und ähnliche zur Visualisierung erforderlich sein. Aus der Erfahrung von Klenkhart & Partner, sind Seilbahnunternehmen bereits oft im Besitz solcher Geodaten. Ist allerdings eine Erhebung solcher Daten erforderlich, so kann dies entweder durch einen Vermesser, oder mittels Digitalisierung der Informationen auf Basis von z.B. Orthofotos erfolgen.

Zusätzlich zu den Geodaten können aber auch wichtige Sachinformationen wie z.B. Öffnungszeiten von Betrieben wenn diese als Points of Interest angezeigt werden, oder Seilbahninformationen wie z.B. Personenanzahl je Stunde, informativ für den Kunden sein. Diese können in Form von Texten, Tabellen oder bereits als Datenbank vorliegen. Dementsprechend müssen diese Informationen mit den Geodaten in der Visualisierungsanwendung verknüpft werden. Ebenso können Verknüpfungen von

Geodaten zu externen Internetseiten erwünscht sein. All diese Informationen sind zumeist von den Bergbahnen verfügbar.

Weitere sehr informative Zusatzinformationen wie Bilder oder Videos sind ebenfalls meist bei den Bergbahnen verfügbar. Falls nicht, gibt es mehrere Möglichkeiten Bilder oder Videos vom jeweiligen Gebiet aufzunehmen – oftmals ohne großen Aufwand und somit recht kostengünstig. Wichtig dabei ist allerdings eine entsprechende Georeferenzierung – ist eine solche nicht bekannt, dann kann mittels Geotagging ein Raumbezug zugewiesen werden. Bei Videos kann zudem noch unterschieden werden, ob der Standpunkt der Aufnahme sich zeitlich veränderbar, also sich entlang der Aufnahmeroute beweglich, visualisiert wird.

6.4. Objekt- und Texturdatenbanken

Um eine fotorealistische Visualisierung zu erreichen ist eine dem Gebiet entsprechende Textur- und Objektdatenbank notwendig. Damit nicht jedes Objekt und jede Textur, vor allem in Bezug auf Vegetation, neu erfunden werden muss, kann zumeist auf bestehende Datenbanken zurückgegriffen werden. Solche Datenbanken sind zum Teil frei verfügbar, bzw. kostengünstig zu erwerben.

Oftmals sind Textur- und Objektbibliotheken bereits in einer Bearbeitungssoftware integriert (siehe Kapitel 7.1-7.4). So verfügen zum Beispiel die Software 3Ds Max oder Visual Nature Studio 3, über eine eigene Bibliothek von vorgefertigten 3D-Objekten und Texturen, welche für eine Umsetzung eingearbeitet werden können. So auch bei Google Sketch Up - hier werden Modelle über eine Onlinebibliothek zur Verfügung gestellt.

Diese Datenbanken werden nicht anhand der im Kriterienkatalog erwähnten Kriterien untersucht. Es soll aber die Frage geklärt werden, ob geeignete Objekt- und Texturdatenbanken für eine 3D Visualisierung im Kontext dieser Masterarbeit vorhanden sind:

Recherchierte Datenbank	Zugriffsdatum
http://3dnature.com/sketchupcomponents.html	23.04.2011
http://www.3dnworld.com/	23.04.2011
http://www.pixelblick.de/germany/3d-internet.html	23.04.2011
http://www.turbosquid.com/Search/3D-Models/vegetation	23.04.2011
http://www.planit3d.com/source/texture_files/textures.html	23.04.2011
http://sketchup.google.com/3dwarehouse/	23.04.2011
http://www.widemann.de/produkte/architektur-visualisierung/vb-exteriors-3d-pflanzen	23.04.2011

Tab. 12: Recherchierte Objekt- und Texturdatenbanken

Als Ergebnis dieser Recherche der oben angeführten Textur- und Objektdatenbanken konnte festgestellt werden, dass für eine Visualisierung genügend freie bzw. kostengünstige Texturen und Objekte zur Verfügung stehen.

7. Analyse Datenbearbeitungssoftware

Bei Software zur Datenbearbeitung bzw. Modellerstellung für die 3D-Visualisierung im Kontext dieser Master Arbeit, kann eine erste Unterscheidung nach den aufzubereitenden Geo- und Sachdaten getroffen werden. Neben der grundlegenden Aufbereitung der Höhendaten und der Orthofotos, ist auch eine ansprechende Aufbereitung der Daten für die Visualisierung von Vegetation (z.B. Wald), von dreidimensionalen Objekten (wie z.B. Liftstützen oder Gebäuden), und die zusätzlichen Informationen (z.B. Skipisten, Wanderwege, etc.) vorzunehmen. Für alle diese Aufbereitungsaufgaben muss zwischen Standardprodukten wie GIS oder CAD Programmen und zwischen hoch spezialisierten Softwarelösungen, z.B. zur Vegetationserkennung, unterschieden werden.

Nachfolgend soll ein Überblick über die mögliche Bandbreite der Datenbearbeitungslösungen vorgestellt werden, darauf aufbauend werden die für diese Arbeit untersuchten Softwareprodukte eingegrenzt:

Grundsätzlich ist die einfachste Software zur Erstellung eines 3D Modells ein reiner Texteditor. Da sich jedoch die Gestaltung komplexer Szenen als recht aufwendig erweist, sind entsprechende 3D-Bearbeitungssoftware empfehlenswert.

CAD und GIS Programme

Für die grundlegende Datenaufbereitung benötigt man CAD- und/oder GIS-Programme. Es gibt zahlreiche kommerzielle oder als freie Software angebotene GIS- und CAD-Programme am Markt – neben den großen bekannten Anbietern wie Autodesk oder ESRI, gibt es auch viele kleinere Unternehmen, welche interessante Bearbeitungsprogramme, zum Teil auf Spezialaufgaben abgestimmt, anbieten (z.B. für Bearbeitung von Laserscandaten). Die Firma Klenkhart arbeitet mit CAD Produkten von Autodesk wie z.B. AutoCAD LT und AutoCAD Civil 3D, sowie mit GIS Software der Firma ESRI wie z.B. ArcGIS 10 und ArcView 3.3. All diese Programme sind etablierte Werkzeuge im täglichen Einsatz. Natürlich stehen auch freie oder kostengünstigere GIS-Programme wie GrassGIS, gvSIG oder CAD-Programme wie BrisCAD zur Verfügung. Allerdings wird für eine Software zur grundlegenden Datenbearbeitung im Zuge dieser Arbeit nicht weiter recherchiert, da die

Bestandsprogramme im Unternehmen Klenkhart die erforderlichen Aufgaben abdecken können.

Software zur Bearbeitung von Vegetation

Ein Themenfeld, in welchem es hoch spezialisierte Software-Lösungen gibt, ist die automatisierte Vegetationserkennung. Diese zum Teil sehr komplexen Spezialprogramme, können anhand der Auswertung von unterschiedlichen Geodaten wie z.B. Luftbilder und Nutzungsgrenzen, der Berücksichtigung von z.B. Spektraleigenschaften, Reflexionswerten, und Vegetationshöhen, Klassifizierungen durchführen, welche verschiedene Vegetationsklassen ausscheidet (z.B. Nadel- oder Laubwald, Waldboden, Wiese) (BLASCHKE et. al. 2004, GUPTA 2010). Aber es gibt auch weniger komplexe Programme, welche nur mit Vegetationslayern und entsprechender Dichtverteilung von z.B. Baumbestand arbeiten, um eine Darstellung der Vegetation zu erreichen.

Im Zuge der Recherchen zu dieser Arbeit wurde davon Abstand genommen, das weite Spezialfeld der Lösungen zur automatisierten Vegetationserkennung mit zu analysieren, da sich für die Aufgabenstellung bei Klenkhart & Partner eine einfachere Lösung anbietet: Anhand der Berechnung des nDOMs (Kronenmodell des Waldbestands), und unter Verwendung von z.B. Nutzungsgrenzen oder Vegetationslayern (so liegen z.B. für Tirol bereits sehr gute Vegetationslayer auf Basis von Orthofoto-Auswertungen vor), soll mit Hilfe einer virtuellen Dichteverteilung einzelne einfach konstruierte dreidimensionale Bäume visualisiert werden.

Bauwerke

Hier ist eine sehr ähnliche Situation wie bei der Vegetation vorhanden. Bauwerke können anhand von komplexen Photogrammetrie Softwareprodukten definiert und rekonstruiert werden. Im Gegensatz dazu kann auch mit weniger spezialisierten Produkten (CAD oder GIS) und unter Zuhilfenahme von z.B. Kataster und Orthofotos, eine Bestimmung von Gebäudestandorten und eine einfache digitale Modellerstellung durchgeführt werden. Es gibt auch Werkzeuge, mit denen ohne viel Aufwand Bauwerke konstruiert werden können (z.B. Google Sketch Up).

Die detaillierte Analyse der Softwareprodukte zur Modellerstellung von Bauwerken wird ebenfalls in dieser Arbeit nicht weiter geführt. Denn bei Klenkhart & Partner wird vor allem bei neuen Projekten mit dreidimensionalen Objekten, welche meist von

Architekten oder Seilbahnplanern (z.B. Liftstützen) zugeliefert werden, gearbeitet. Dieses bildet eine gute Grundlage, welche in der Visualisierung verwendet werden können.

Schlussendlich wurden für die Analyse der Datenbearbeitungssoftware vier Lösungen ausgewählt, welche zum Großteil (bis auf Google SketchUp) das gesamte Visualisierungsmodell mit allen Datengrundlagen erstellen können. Die nachfolgend analysierten Systeme sind:

- Autodesk 3ds MAX 12,
- Blender 2.5,
- Google Sketch Up Pro, und
- 3D Nature – Visual Nature Studio 3.

7.1. Autodesk 3ds MAX 12

Sämtliche Informationen zu dieser Software wurden aus der Benutzung der Trial-Version und aus den angebotenen Informationen der Produkt Web-Seite auf <http://www.autodesk.com> generiert.

7.1.1	<p>Softwarekosten:</p> <p>Die Preise bewegen sich, je nach Softwarelieferant, im Bereich von 2500 €</p>
7.1.2	<p>Funktionsumfang:</p> <p>Wie auf der Hersteller Homepage http://www.autodesk.de/ zu entnehmen ist, bietet 3ds Max Funktionen für 3D Modellierung, Schattierung und Texturierung, Animation, Dynamik, Effekte, Simulation und Rendering.</p> <p>3ds Max bietet das größte Sortiment an Werkzeugen zur dreidimensionalen Modellierung in der 3D Modellierungsbranche an. Die Software besitzt Werkzeuge, mit welchen Objekte aus Polygone, Splines und Nurbs (=Non-Uniform Reational B-Splines) erstellt und bearbeitet werden können. Allein für die Bearbeitung von Polygon- oder Freiformdesign stehen über hundert Tools zur Verfügung.</p> <p>Eine Sonderfunktion ermöglicht das Reduzieren der Objektflächen und Oberflächenpunkte auf etwa ein Viertel der ursprünglichen Struktur, ohne dass ein Genauigkeitsverlust auftritt. Ebenso kann man Modelle mittels Polygonglättung oder Unterteilungsflächen optimieren.</p>

	<p>Eine Bibliothek mit rund 1200 Materialvorlagen erleichtert die Texturierung, welche mit Funktionen wie Kacheln Spiegeln, Drehen, Unschärfe, UV Stretching und vielen andern Funktionen angewendet werden kann. Neue Texturierungen kann man samt Beleuchtungs-Eigenschaften in eine neue Texturvorgabe konvertieren. Zusätzlich wird eine Bibliothek mit 80 prozeduralen Texturen geboten, welche in jeder Auflösung verwendbar sind, aber trotzdem kaum Speicherplatz benötigen. Solche dynamischen Texturen lassen sich bei Ziegelverteilung, Oberflächenalterung, Unebenheiten oder dergleichen verwenden.</p> <p>3ds MAX besitzt viele Schattierungs-Funktionen und auch Möglichkeiten von Lichteinstellungen mit zehn verschiedenen Typen an Lichtquellen. Autodesk gibt ebenso bekannt, dass mit dem Slate Material-Editor komplexe Schattierungs-Hierarchien bearbeitet und gesteuert werden können. Für die Erstellung von Animationen kann man ebenfalls auf hochmoderne Werkzeuge zurückgreifen.</p> <p>Tools oder Skripte zur Erstellung für die Dynamik und Effekte von animierten Gras, Wasser oder Schnee stehen ebenfalls zur Verfügung.</p> <p>Mental-Images Technologie Namens iray® ermöglicht es innerhalb kurzer Zeit und ohne großen Einstellungsaufwand, fotorealistische Renderings zu erzeugen. Zusätzlich können z.B. unbegrenzte Lichtquellen, Transparenzeinstellungen, oder weiche Schatten in der Anzeigenumgebung in Renderqualität dargestellt werden.</p>
7.1.3	<p>Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand:</p> <p>Diesbezüglich wird vom Autor aufgrund des großen Funktionsumfangs der Software eine Einarbeitungsdauer von etwa zwei Monaten geschätzt. Nicht zu vergessen ist die Tatsache, dass 3ds Max über den Softwarelieferanten eine Hotline verfügt, über die man sich bei Problemen von geschultem Personal informieren und beraten lassen kann. Das Programm verfügt über eine riesige Bibliothek von vorgefertigten 3D-Objekten welche den Arbeitsaufwand erleichtern.</p>
7.1.4	<p>Datenformate:</p> <p>3ds Max bietet die Möglichkeit aus über 30 verschiedenen 2d oder 3d Formaten zu importieren und exportieren. Zu denen gehören 3ds, AI, DEM, XML, DDF, DWG, DXF, FBX, DAE, IGES, IPT, IAM, OBJ, STL, VRML, FLT, SAT,</p>

	<p>WIRE und SKP. Ebenso sind Autodesk 3ds Max Formate mit früheren und anderen Autodesk Programmen abwärtskompatibel und können ohne Datenverlust übernommen werden.</p> <p>Somit bietet 3ds Max eine mehr als umfangreiche Export und Import Funktion an, mit der zahlreiche fachspezifische Softwareprodukte bedient werden.</p>
7.1.5	<p>Performance/Datenhandling:</p> <p>Durch die Verwendung des neuen Nitrous Kerns werden die verwendbaren Ressourcen aus GPU und Prozessor zur beschleunigten Interaktion mit größeren Datenmengen verwendet. Mittels Szenenmanagement und neuen Algorithmen im Ansichtsfenster, werden kürzere Reaktionszeiten erzielt. Um die Performance zu verbessern gibt es die Möglichkeit, bestimmte Szenenteile aus der Gesamtheit ohne Bezugsverlust zu entfernen und am Ende wieder einzufügen. Durch die ProOptimizer-Funktion können Modelle durch Interpolation von Normalen und UV Koordinaten sowie der Bereitstellung von niederen Auflösungsergebnissen, schneller und effizienter gemacht werden.</p>



Abb. 22: Beispiel eines Skigebiets in der Umsetzung in 3ds Max (http://www.peterschinegg.at/dienstleistung/multimedia_projekte_neu.html)



Abb. 23: Beispiel eines Skigebiets mit Umsetzung in 3ds Max (http://www.peterschinegg.at/dienstleistung/multimedia_projekte_neu.html)

7.2. Blender 2.5

Sämtliche Informationen zu dieser Software wurden aus der Benutzung der Trial-Version und aus den angebotenen Informationen der Produkt Web-Seite bzw. des Blender Handbuch unter <http://de.wikibooks.org/wiki/Blender-Handbuch> generiert.

7.2.1 Softwarekosten:

Blender ist unter GNU oder GPL (General Public License) lizenziert und frei verfügbar. Das bedeutet, als Besitzer dieses Programms hat man das Recht es zu benutzen, den Quellcode einzusehen und zu verändern, und es mit oder ohne Veränderungen weiter zu verbreiten. Allerdings muss die GPL sowie der Quellcode mit dem Programm verbreitet werden. Veränderungen müssen in der GPL festgehalten und der neue Quellcode abrufbar gemacht werden. Der Code darf nicht in proprietäre Anwendungen implementiert werden. Ebenso wenig darf die Lizenz verschärft werden.

7.2.2	<p>Funktionsumfang:</p> <p>Mittels Blender lassen sich alle Prozeduren für die Erstellung und Animierung einer 3D Szene ausführen. Dazu gehört die Erstellung eines 3D-Objektes und dessen Bearbeitung und Texturierung, sowie die Einarbeitung von Lichtquellen und Beleuchtungspositionen. Die Animation der 3D Objekte sowie der Materialien, Texturen oder Lichter, sowie das Rendern der Szene und derer Nachbearbeitung, werden mit Blender ermöglicht.</p> <p>Die Modellierung erfolgt über Polygonnetze (wahlweise mit Unterteilungsflächen oder mehreren LODs), Nurbs-Oberflächen, Bezier- und B-Spline Kurven, Metaballs (=dehnbare Oberflächen) und Textobjekten. Bearbeitet werden die Polygonnetze anhand der Vertex (Punkten), Edge (Kanten) oder Face (Flächen). Die Texturierung erfolgt mittels UV-Unwrapping Methoden (=Texturkoordinaten), oder werden direkt auf 3D Objekte aufgetragen. Die Materialien oder Texturen können mit einem knotenbasierten System erstellt werden. Es steht hier ebenfalls eine Vielzahl an Schattierungswerkzeugen zur Verfügung.</p> <p>Eine hohe Anzahl an Animationswerken stehen zur Verfügung, darunter auch welche zur Darstellung von Gräsern und Flüssigkeiten.</p> <p>Fürs Rendering stehen entweder ein interner Renderer oder Raytracer (Lichtbrechungs- sowie Beugungseffekten), oder ein externer Renderer zur Verfügung. Der interne Renderer besitzt die Funktionen verschiedener Layer zu rendern, Schattensimulation durch Umgebungsverdeckung, Radiocity (indirekte Beleuchtung), Rendering von Kanten, und in der neuesten Version auch das rendern von volumenhafter Partikel.</p>
7.2.3	<p>Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand:</p> <p>Anfangs ist man mit einem großen Funktionsumfang konfrontiert welches die Bedienung dieses Programms nicht ganz einfach macht. Daher sind wirkliche Erfolgsergebnisse nach Abschätzung des Autors erst nach einer geschätzten Einarbeitungszeit von etwa drei Monaten möglich.</p>
7.2.4	<p>Datenformate:</p> <p>Mit Blender stehen, ähnlich wie bei 3ds Max, eine Fülle von verschiedenen Import und Exportformate möglich sind. Eine Einschränkung ist allerdings das fehlende Shockwave Format, sowohl beim Import, als auch beim Export.</p>

2.5	<p>Performance/Datenhandling: Trotz des großen Funktionsumfangs ist die Blender-Software recht klein und auf den meisten gebräuchlichen Rechnern lauffähig.</p>
-----	--

7.3. Google - SketchUp 8.0 / SketchUp Pro 8.0

Sämtliche Informationen zu diesen beiden Produkten wurde aus der Benutzung der Trial-Version und aus den angebotenen Informationen der Produkt Web-Seite <https://www.google.com/intl/de/sketchup> generiert

Google SketchUp 8.0

7.3.1	<p>Softwarekosten: Google SketchUp ist im Gegensatz zur Google SketchUp Pro Version eine Freeware und somit kostenlos. Jedoch ist sie gegenüber dem SketchUp Pro nicht mit denselben Funktionalitäten ausgestattet.</p>
7.3.2	<p>Funktionsumfang: Mittels Google SketchUp lassen sich anhand einfacher 2D Zeichenelemente 3D Modelle erzeugen. Im Google SketchUp 8.0 bedient sich die Modellierung eines einfachen Kanten und Flächen Prinzips. Ist erstmail eine Fläche erzeugt, so kann mit der Funktion Drücken/Ziehen eine 2D Fläche sehr einfach in ein 3D Objekt umgewandelt werden. Damit man jedoch auch genau arbeiten kann, wird die Maßbandfunktion zur Verfügung gestellt. Die Texturierung erfolgt mittels veränderbarer Material- und Farbenbibliothek, mit welcher die Modelle bemalt oder texturiert werden können. Schattenfunktionen können ebenfalls sehr einfach dargestellt werden. Animationen sind ebenfalls leicht anwendbar. Durch die Integration von Google Maps wird es ermöglicht, Daten wie z.B. Gelände und Luftbilder aus Google Maps zu importieren, um sich daran zu orientieren. Durch das Tool „Fotos abgleichen“ können die Objekte direkt abgemalt werden – dies erleichtert die Erstellung eines Modells erheblich. Ebenso unterstützend fungiert das Gebäudeerstellungstool.</p>
3.3	<p>Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand: Das Programm ist sehr einfach zu bedienen und schnell und intuitiv zu erlernen. Es stehen einige Tutorials und Videos zum Erlernen zur Verfügung. Durch die große Onlinebibliothek der 3D Modelle, entsteht eine erhebliche</p>

	Arbeitsaufwandserleichterung, da diese Elemente nicht neu erfunden werden müssen.
7.3.4	<p>Datenformate:</p> <p>Mit Google SketchUp ist es möglich, 3ds Max Format zu importieren und weiter zu bearbeiten. 2D Formate zur Texturierung wie JPGs, TIFFs, PNGs und PDFs sind ebenfalls einfügbar. Als Exportmöglichkeit dienen die 2D Formate JPG, TIFF und PNG. Zum Export von 3D-Objekte steht das hauseigene Format SKP zur Verfügung, sowie das Format für Google Earth KMZ.</p>
7.3.5	<p>Performance/Datenhandling:</p> <p>Da 3D Modelle sehr schnell komplex werden können, besitzt Google SketchUp Werkzeuge, um die Geometrie dieser Modelle in Gruppen zu verwalten – dies macht die Modelle leichter handhabbar.</p>

Google SketchUp Pro 8.0

7.3.1	<p>Softwarekosten:</p> <p>Die Kosten von Google SkechUp Pro 8 belaufen sich auf rund 400€.</p>
7.3.2	<p>Funktionsumfang:</p> <p>Google SkechUp Pro 8 enthält alle Funktionen der Grundsoftware Google SkechUp 8. Zusätzlich ermöglicht diese Version mittels Volumskörper-Funktionen das Addieren oder Subtrahieren von mehreren Modellen, um daraus ein neues Modell zu erstellen. Als weitere Funktion können Attribute sowie dynamische Komponenten hinzugefügt und Berichte erstellen werden.</p>
7.3.3	<p>Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand:</p> <p>Die Einarbeitungsdauer und der Arbeitsaufwand sind ebenso wie beim Google SketchUp als gering anzunehmen.</p>
7.3.4	<p>Datenformate:</p> <p>SketchUp Pro ermöglicht es natürlich alle Formate zu im- und exportieren die auch SketchUp 8.0 zulässt. Zusätzlich kann die Geometrie in andere Formate ex-/importiert werden als das SKP oder KMZ - z.B. in ein CAD Format wie DWG oder DXF. Weitere ergänzende Exportformate für 2D sind z.B. PDF und EPS; für 3D z.B. 3DS, OBJ, XSI, FBX, VRML und DAE.</p>
7.3.5	<p>Performance/Datenhandling:</p> <p>Performance und Datenhandling sind gleich dem Google SketchUp anzunehmen</p>

7.4.3D Nature - Visual Nature Studio 3

Sämtliche Informationen zu diesem Produkt wurde aus der Benutzung der Trial-Version und aus den angebotenen Informationen der Produkt Web-Seite <http://www.bhi-online.de/homepage/vnstut/index.html> bzw. <http://3dnature.com/> generiert

7.4.1	<p>Softwarekosten:</p> <p>Visual Nature Studio 3 ist für circa 2000€ erhältlich.</p>
7.4.2	<p>Funktionsumfang:</p> <p>In Bezug auf die Modellierung ist zu erwähnen, dass VNS3 das Zusammenführen von unterschiedlichen Höhenmodellen ermöglicht. Dies schließt z.B. verschiedene Qualitäten und Projektionen der Höhenmodelle mit ein. Ebenso ist ein GPS Import zur einfacheren Anpassung von Daten vorhanden.</p> <p>Es kann eine Vielfalt an georeferenzierten Texturen oder Patterns verwendet werden, welche auch animiert angewandt werden können. Randbereiche werden durch Antialiasing (Glättung) besser modelliert, da es eine gewünschte Glättung ohne Bezug auf Modellierungsdreiecke erlaubt. Polygonflächen können mit Farbschattierungen und Bump Mapping überzogen werden – dies ergibt weiche Übergänge zwischen verschiedenen Materialien. Animationen sind mit einer Vielzahl von Werkzeugen möglich. Besseres Rendering ist mittels Glättungs- oder Transparenzfunktionen möglich.</p> <p>VNS3 wurde auf die neuen CPUs entsprechend verändert und optimiert, dadurch ist beim Rendern eine bessere Performance erzielbar. Kameraposition, Lichter und 3D Objekte lassen sich in der jeweiligen Szene frei definieren.</p>
7.4.3	<p>Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand:</p> <p>VNS3 wird mit einem Handbuch und zusätzlichen 3 DVDs mit Trainingsvideos geliefert, um eine einfachere Einarbeitung zu ermöglichen. Eine Supporthotline wird jedoch nicht zur Verfügung gestellt. Um den Modellierungsaufwand einzuschränken, werden in der VNS3 Bibliothek hunderte von fertigen Objekten und Texturen angeboten. Zusätzlich können Bäume automatisiert am Gelände verteilt dargestellt werden – dies führt zu einem geringeren Arbeitsaufwand für die Modellerstellung.</p>

7.4.4	Datenformate: VNS3 unterstützt das Importieren von verschiedensten Formaten wie z.B. BMP, TIFF, ECW, GeoTIFF, JPEG, PNG, AVI, QuickTime, sowie GPS Formate von GPS, GPX und CSV. Ebenfalls können Formate aus anderen 3D Modellerzeugungsprogrammen wie z.B. DXF, 3DS, Lightwave Objekte importiert werden. Exportiert wird in den Formaten DXF, 3DS, Lightwave.
7.4.5	Performance/Datenhandling: VNS3 kann mit unendlich vielen verschiedenen Modellen umgehen und diese zusammenführen. Es kann Massen an Vektordaten und große Projektgebiete problemlos darstellen und besitzt somit eine unlimitierte Datengrenze. Die Performance wird durch die Möglichkeit der Abstellung der Regeneration von gewissen Modellierungsparts gefördert, da nur die neuen Parts neu aufgebaut werden. Es ermöglicht eine Template-Speicherung zur Wiederverwendung der Einstellungen von Vorlagen für Folgemodellierungen. VNS3 kann sogar mit einem Plug-in übergreifend zu anderen Produkten wie 3ds Renderings durchführen.

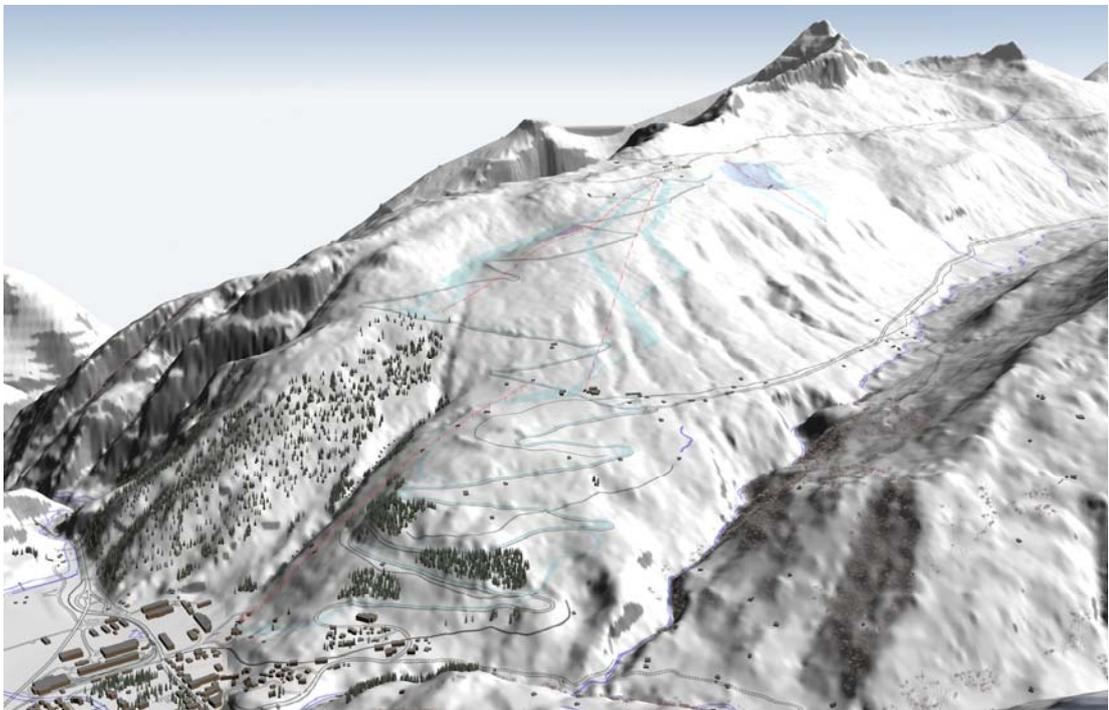


Abb. 24: Andermatt Ski Area in Switzerland (<http://www.3dnworld.com/gallery.php?user=CWillis>)

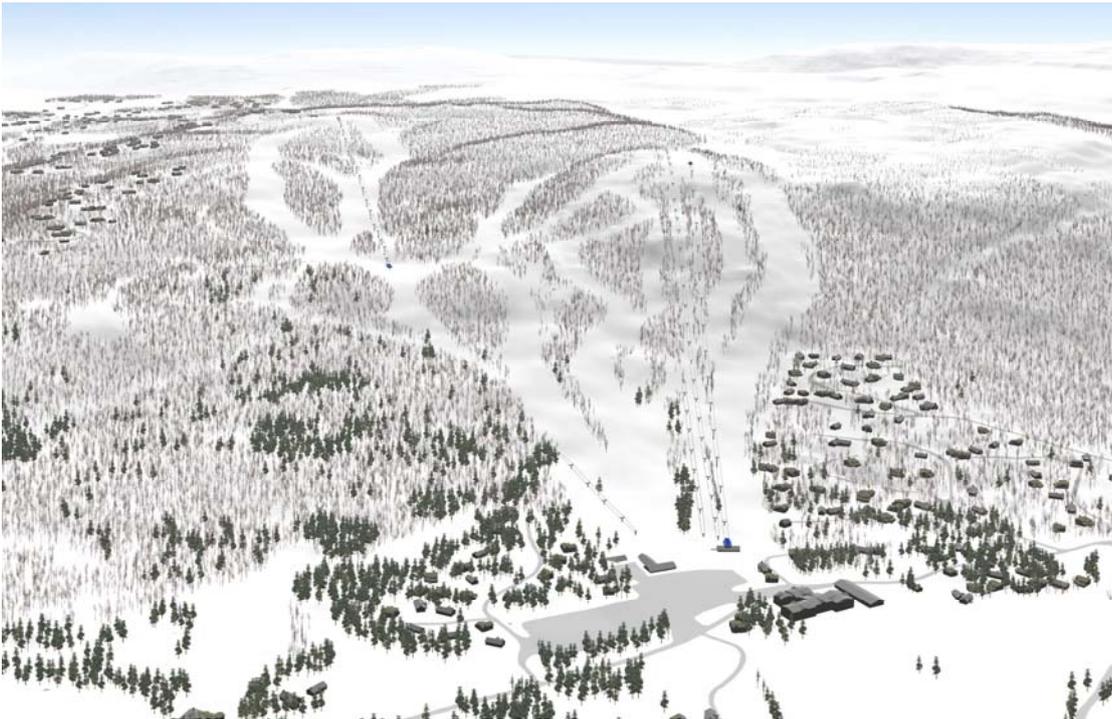


Abb. 25: Bukovel Mountain Resort (<http://www.3dnworld.com/gallery.php?user=CWillis>)



Abb. 26: Bukovel Mountain Resort (<http://www.3dnworld.com/gallery.php?user=CWillis>)

Schnittstelle zu Darstellungssoftware

Um die in diesen vier erwähnten Software-Lösungen erstellen dreidimensionalen Modelle auch für die weitere online Präsentation bereit zu stellen, gibt es je nach Programm unterschiedliche Exportformate, bzw. spezielle Konvertierungswerkzeuge wie X3D Editor, um z.B. VRML Daten in ein X3D Format zu transformieren. Somit ist für verschiedene Viewer und Darstellungssysteme eine Schnittstelle vorhanden.

8. Analyse Darstellungssoftware

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Softwaresystemen, welche zur Darstellung von 3D-Visualisierung geeignet sind.

Wie die Ergebnisse im Kapitel Technologie aufzeigen, erfolgte eine Eingrenzung auf die drei wesentlichen Technologiegruppen: Beschreibungssprachen, Earth Viewer und 3D-Bilder.

Des Weiteren ergab die Auswertung des Kapitels Bearbeitungssoftware, dass sich je nach Model-Komplexität der 3D-Welt, unterschiedliche Softwarelösungen zur Darstellung verwendet werden müssen. So kann z.B. ein komplexes Modell inklusive hoch aufgelöster Geländedaten, welches mit Visual Nature Studio erstellt wurde, nicht ohne einer idealen Plattform, mit z.B. speziellen Komprimierungswerkzeugen oder Streaming-Funktionen, online verfügbar gemacht werden.

Daher wird in diesem Kapitel für jede der drei unterschiedlichen Technologiegruppen stellvertretend eine Software bzw. Systemlösung analysiert. Diese sind in nachfolgender Tabelle gelistet.

Technologiegruppe	Analysierte Darstellungssoftware
Earth Viewer	Google Earth
Komplettsystem	Bitmanagement
Software für 3D-Bilder	Krpano Viewer

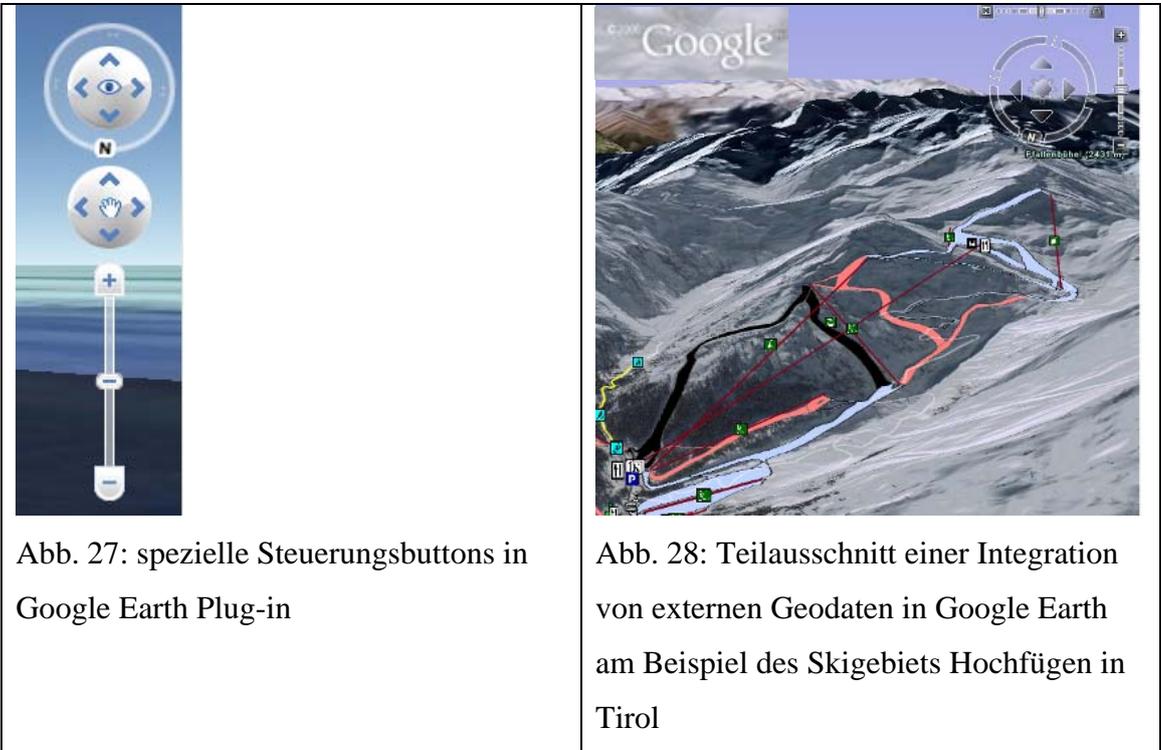
Tab. 13: Analysierte Darstellungssoftware bzw. -lösungen

8.1. Earth Viewer: Google Earth

Die Software Google Earth ist sehr einfach zu bedienen und der Umgang ist schnell erlernbar. Es kann entweder durch die extra dafür angefertigten Buttons (siehe Abb. 27) oder Maus und Tastatur bedient werden. Die Bewegungsmöglichkeit im Raum lässt hierbei kaum Wünsche offen. Die Kamera kann in Earth Viewer nicht hinter das Modell gelangen – dies ist ein großer Vorteil im Vergleich zu den Beschreibungssprachen. Im Gegensatz dazu, kann der Nutzer sich zu weit vom gewünschten Objekt entfernen und somit den Überblick auf die abgezielte Visualisierung verlieren.

Durch die hohe Anzahl von Google Earth und Google Maps Produkten und deren Verwendung besitzt diese Software wohl den größten Wiedererkennungswert. Für die Verwendung muss, wie schon in der Technologie erwähnt, ein Plug-in installiert werden, welches gratis zur Verfügung steht. Bei einer Visualisierung mittels Online

Globen werden die Grundlagendaten schon auf einer Online Erdkugel dargestellt und nur um die gewünschten Informationen und Daten durch Integration erweitert. (siehe Abb. 28)



Dem Benutzer wird durch die Darstellung im Detailstufenformat immer ein entsprechend passables Bild in sehr guter Darstellungsqualität, Übersichtlichkeit und Performance angezeigt. Ein Nachteil ist natürlich, dass es sich um eine modellhafte Visualisierung handelt, bei welcher die Darstellungen zum Teil künstlich wirken können. Im Allgemeinen bieten Earth Viewer wie z.B. Google Earth zwar ein Abbild der Realität, wirken jedoch nicht sehr fotorealistisch im engeren Sinne.

Dennoch finden sich in Google Earth einige sehr gute Beispiele einer 3D-Visualisierung von Bäumen, welche einen sehr guten und detaillierten Eindruck erlauben (siehe Abb. 29 – 31).



Abb. 29: Google Earth –
Überblicksdarstellung eines
Waldbestands
<http://www.google.de/intl/de/earth/explore/showcase/trees.html>



Abb. 30: Google Earth -
detaillierte Waldstrukturen
sind bei nahem heran Zoomen
sehr gut erkennbar
<http://www.google.de/intl/de/earth/explore/showcase/trees.html>

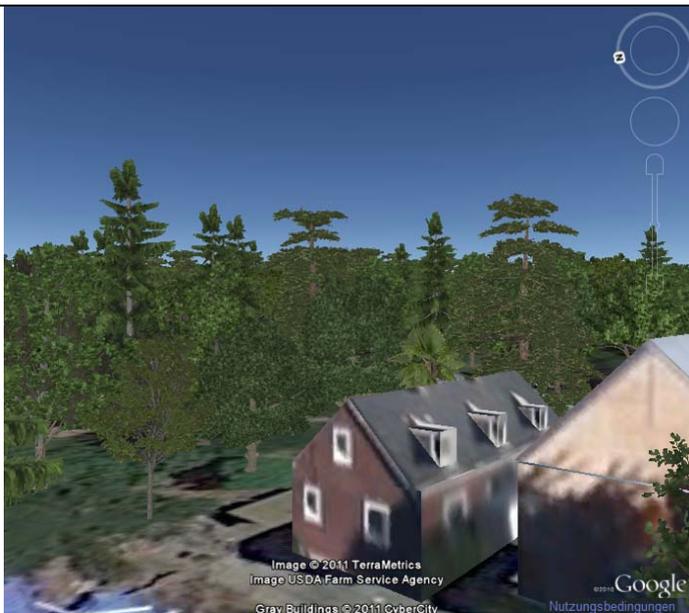


Abb. 31: Google Earth -
Kombination von Kunstbauten
und Vegetation
<http://www.google.de/intl/de/earth/explore/showcase/trees.html>

8.2. Komplettsystem: Bitmanagement Plattform

Generell steht Bitmanagement als Überbegriff für eine komplette 3D-Plattform, in welcher 3D Daten erzeugt und visualisiert werden können. Diese Plattform stellt u. A. auch eine Datenaufbereitungssoftware, Datenvisualisierungssoftware zur Verfügung. Des weiteren stehen Optimierungstools für die interaktive Darstellung von Luft- und Satellitenbildern, sowie zur Optimierung von großen Datenmengen aus Höhenmodellen, zur Verfügung. Durch Kachelung und LOD (Level of Detail) sowie einer Funktion zur automatischen Triangulierung, werden die Modelle speziell für die Internetanwendung zugeschnitten und mittels Spezialtools für eine schnellere Visualisierung über einen Webserver zur Verfügung gestellt. Die Berechnung direkt am Client-Computer kann derzeit mit den Formaten VRML/X3D, CityGML, KMZ, dargestellt werden die Einbindung von W3DS Diensten ist derzeit noch in Testphase (<http://www.bitmanagement.de/>).

Dieses Analysekapitel beschäftigt sich jedoch ausschließlich mit der Möglichkeit der Darstellungssoftware BS Contact Geo, welche die Plattform Bitmanagement anbietet. BS Contact Geo wird vor dem Betrachten der jeweiligen Visualisierungsseite am PC des Nutzers heruntergeladen, bevor die Internetadresse lizenziert wird und damit die Nutzung des Viewers freigeschaltet wird. Der Nutzer hat die Möglichkeit im Raum frei zu navigieren – dies funktioniert über eine intuitiv erlernbare Steuerung mit der Maus. Der Wiedererkennungswert der Software ist als gering einzustufen, allerdings laufen einige Anwendungen von Bitmanagement nach dem gleichen Prinzip ab und bedürfen daher keiner langen Eingewöhnungsphase.

Die Integration von zusätzlichen Informationen und Geodaten in den verschiedensten Formaten, lässt sich bewerkstelligen. Die Lizenz für einen webbasierenden interaktiven 3D Client ist kostenpflichtig und nicht gerade günstig. Zudem darf nicht vergessen werden, dass, obwohl in dieser Arbeit nur der Viewer untersucht wurde, zusätzliche Kosten durch die Verwendung der gesamten Bitmanagement Plattform entstehen. Die Nutzung der gesamten Plattform ist deshalb notwendig, da eine höchst performante 3D-Visualisierung von großen Datenmengen über das Internet erst durch das Gesamtkonzept möglich wird.

Ein interessanter Test konnte mit der Testdatei <http://rh256.free.fr/terrain/terrain.wrl>, welche nicht mit den Werkzeugen von Bitmanagement für die Darstellung via Internet

optimiert wurde, durchgeführt werden: es zeigte sich, dass durch die unkomprimierte Verwendung der Daten die Darstellung im Browser langsam und nicht „ruckfrei“ stattfand. Ein Umstand, der bei gut aufbereiteten und für das Web optimierten Daten nicht der Fall gewesen wäre.

Leider konnte keine Testdatei mit ähnlichen Informationen und Daten, welche für ein Ski- und Wandergebiet notwendig wären, gefunden werden. Dennoch lässt sich die untersuchte Testdatei für den in dieser Arbeit gewünschten Einsatzbereich vergleichen, da zumindest ein größerer Vegetationsbestand vorhanden war. Die Darstellungsmöglichkeit kann insgesamt als gut geeignet für den gewünschten Einsatz bezeichnet werden.



Abb. 32: Bitmanagement Viewer – Übersichtsdarstellung der Testdatei (<http://rh256.free.fr/terrain/terrain.wrl>) mit Baumbestand.

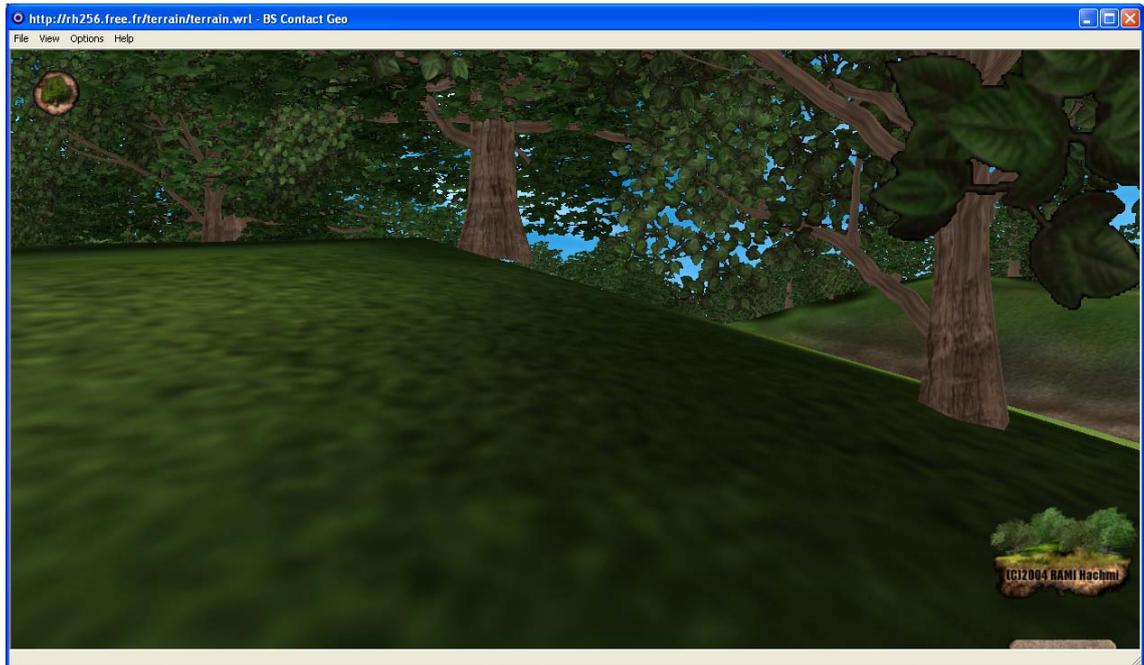


Abb. 33: Bitmanagement Viewer - Detaildarstellung der Testdatei (<http://rh256.free.fr/terrain/terrain.wrl>) des Baumbestands

8.3.3D-Bilder: Krpano Viewer

Um hoch aufgelöste Panoramabilder interaktiv online zur Verfügung zu stellen, wurde eine Anwendung auf Basis eines speziellen Viewers für Panoramabilder ausgewählt. Ausgewählt wurde der sogenannte *krpano Viewer* von der gleichnamigen krpano GmbH, welcher als integriertes Tool in Adobe Flash Player erhältlich ist.

Ein Wiedererkennungswert des Produktes an sich ist nicht gegeben, da es je nach Applikation unterschiedlich gestaltet sein kann. Es gibt aber viele ähnliche Anwendungsprinzipien auf Internetseiten, sodass die Softwarefunktionen eventuell von anderen Produkten abgeleitet werden kann.

Die selbst einzubindenden Buttons bei der Erstellung des interaktiven 3D Bildes erleichtern durch Verwendung bekannter Symbole die Erlernung des Umgangs, davon Abhängig ist auch die Erlernbarkeit.

Eine Integration von externen Daten ist bedingt möglich. Da es in dem Viewer keine Georeferenzierung gibt an welcher zusätzliche Geodaten anknüpfen können, müssen alle Zusatzdaten manuell bzw. ohne die Verwendung einer vorhandenen Georeferenzierung in den Viewer übernommen werden.

Durch die Fixierung des Standortes von einem Betrachtungspunkt aus, ist die Bewegungsmöglichkeit im Raum stark eingeschränkt. Es kann in dieser Art von Visualisierung an Objekte näher herangezoomt oder nach oben, unten, links und rechts geschwenkt werden - aber eine vollständige freie Bewegungsmöglichkeit ist nicht bzw. eben nur eingeschränkt gegeben. Ein Vorteil der sich dadurch ergibt ist, dass sich der Betrachter nicht zu weit vom Betrachtungsobjekt entfernen kann.

Durch die Verwendung von Gigapixel Panoramen ist eine sehr gute Darstellungsqualität möglich, die der Krpano Viewer ohne Verzerrungen oder Verpixelungen handhabt.

Die hohe Performance wird dadurch erreicht, dass das 3D Bild in verschiedenen Auflösungen vorliegt und bei Bedarf bzw. je nach Zoomstufe nachgeladen wird. Die Kosten für die Software sind abhängig vom Funktionsumfang, können aber generell als gering eingestuft werden.

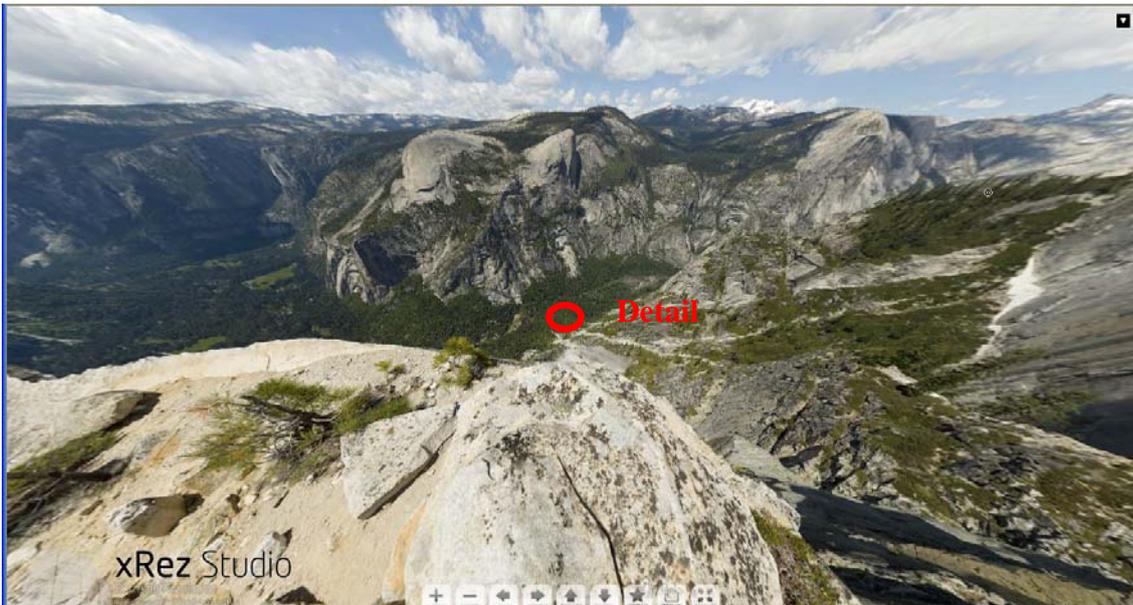


Abb. 34: Krpano Viewer – Übersichtsdarstellung des gesamten Panoramabild.
(<http://krpano.com/krpano.html?pano=panos/divingboard/divingboard.xml>)

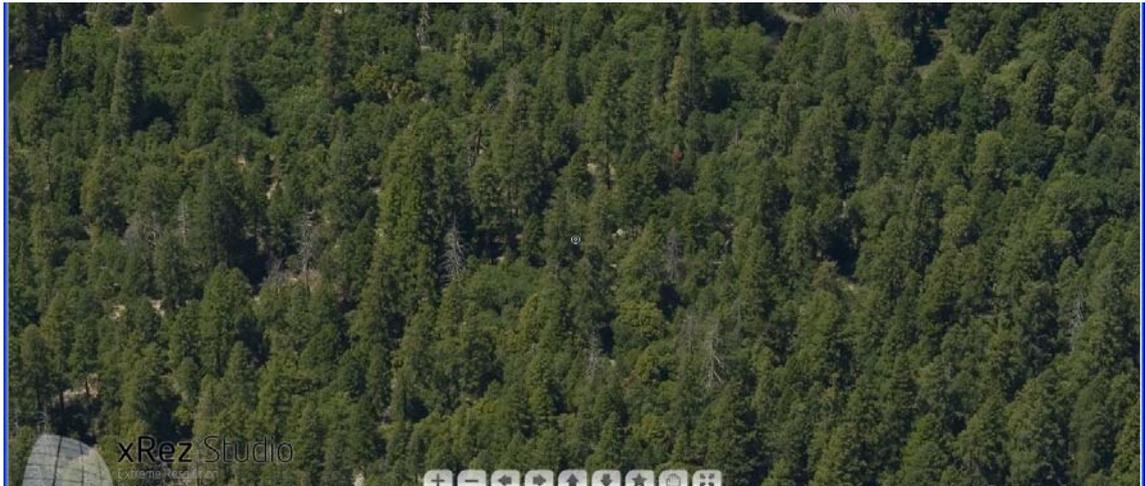


Abb. 35: Krpano Viewer – Darstellung des in vorheriger Abbildung rot markierten Detailausschnitts – zu erkennen ist die hohe Darstellungs- und Detailqualität des Panoramabildes. (<http://krpano.com/krpano.html?pano=panos/divingboard/divingboard.xml>)

9. Auswertung

9.1. Evaluierung Technologie

	1.1 Plattformunabhängig	1.2 Browserunabhängig	1.3 Via Internet-Browser max. Plug-in	1.4 Rendering	1.5 Externe Daten	1.6 Detailstufen	1.7 Techn. ermöglicht Datenschutz	Durchschnitt	Rang innerhalb Gruppe	Rang Gesamt
Relevanz Multiplikator	5	6	7	1	4	3	2			
5.1 Programmierschnittstellen										
5.1.1 Direct3D	25	-	-	2	-	3	-	10,0	3	15
5.1.2 OpenGL	5	-	-	2	-	3	-	3,3	1	1
5.1.3 WebGL	5	24	7	2	8	3	10	8,4	2	13
5.2 3D-Plattformen										
5.2.1 Java3D	10	6	7	2	8	3	4	5,7	1	8
5.2.2 Shockwave 3D	10	6	7	2	16	3	4	6,9	3	12
5.2.3 Adobe Flash	5	6	7	2	16	3	4	6,1	2	11
5.3 Beschreibungssprachen										
5.3.1 VRML (Virtual Reality Modeling Language)	5	6	14	3	4	3	6	5,9	2	10
5.3.2 X3D (Extensible 3D)	5	6	7	3	4	3	6	4,9	1	7
5.4 Services										
5.4.1 Web 3D Service (W3DS)	5	6	7	2	4	3	2	4,1	2	3
5.4.2 Web View Service (WVS)	5	6	7	1	4	3	2	4,0	1	2
5.5 Earth Viewer										
5.5.1 Google Maps API	10	6	7	2	4	3	2	4,9	3	6
5.5.2 Google Earth API	10	6	7	2	4	3	2	4,9	2	5
5.5.3 Nasa World Wind (Java SDK)	5	6	7	2	4	3	2	4,1	1	4
5.5.4 Bing Maps 3D	25	24	7	2	4	3	2	9,6	4	14
5.5 3D-Bildaufnahmen	5	6	7	1	12	-	4	5,8	4	9

Tab. 14: Evaluierungsmatrix Technologie

Zusammengefasst hat sich bei der Analyse und Auswertung herausgestellt, dass neben dem bestehenden System bei Klenkhart & Partner, welches der Technologiegruppe Earth Viewer zuzuordnen ist, sehr wohl andere sehr interessante Technologien zur 3D-Visualisierung verfügbar sind.

Grundsätzlich haben fast alle Technologien eine ähnlich gute Bewertung beim Kriterienkatalog erreicht. Jedoch lässt es sich nicht herausarbeiten, welche Technologiegruppe im Allgemeinen besser geeignet ist, als eine andere Gruppe. Services und Earth Viewer liegen jedoch eher an der Spitze. Vor allem innerhalb einer Technologiegruppe zeigten die Bewertungen durchaus größere Unterschiede auf, die sich wie folgt zusammensetzen:

- OpenGL bekommt im Vergleich mit Direct3d eindeutig die bessere Bewertung und kann somit als die geeignetste Schnittstelle bezeichnet werden. WebGL überzeugte nicht bei den Kriterien Browserunabhängigkeit und Sicherheit.
- Alle 3D-Plattformen haben eine gute bis mäßige Bewertung. Laut Auswertung wäre Java3D die bessere Technologie innerhalb der Technologiegruppe für die 3D-Visualisierung.
- Bei den Beschreibungssprachen schneidet VRML im Gegensatz zu X3D bei der Bewertung etwas besser ab. Beide weisen jedoch Schwächen im Bereich Rendering und Datenschutz auf, jedoch treten bei VRML hin und wieder Schwierigkeiten mit den Plug-ins auf.
- Die zwei analysierten Services weisen eine hervorragende Bewertung bei allen Kriterien auf und sind als gleichwertig anzusehen.
- Bei den verschiedenen Earth Viewer fällt die Bewertung für Bing Maps durch die fehlende Unabhängigkeit bei Plattform und Browser deutlich schlechter aus. Alle anderen Viewer haben eine beachtlich gute Bewertung.
- Die Bildaufnahmen weisen ebenfalls eine außerordentlich gute Bewertung auf, jedoch wird sich die Integration externer Daten nicht als einfach erweisen.

Da keine eindeutige Ausgrenzung bestimmter minderwertiger Technologien anhand der Auswertung möglich ist, erfolgte für die weitere Bearbeitung in dieser Master Thesis im Kapitel Analyse der Darstellungssoftware eine Eingrenzung auf ausgewählte

Technologien. Der Fokus wird sich dabei auf Visualisierungslösungen richten, welche Beschreibungssprachen und Services integrieren können, sowie auf Earth Viewer und Lösungen mit 3D-Bildaufnahmen

9.2. Evaluierung Daten

	2.1 Korrektheit/Aktualität	2.2 Auflösung/ Maßstab/ Genauigkeit	2.3 Kosten	2.4 Urheberrechte/Nutzungsrechte	2.5 Datenvolumen	Durchschnitt	Rang innerhalb Gruppe	Rang
Relevanz Multiplikator	2	5	4	1	3			
6.1 Digitale Geländemodelle								
6.1.1 BEV-DGM Raster								
DGM Rasterweite 100m	6	5000	4	4	3	1003	7	7
DGM Rasterweite 50m	6	5000	4	4	6	1004	8	8
DGM Rasterweite 25m	6	25	8	4	9	10,4	5	5
DGM Rasterweite 10m	6	15	8	4	9	8,4	2	2
6.1.2 Laserscan 1m	2	5	12	4	12	7	1	1
6.1.3 online Globen (SRTM)	10	25	4	1	3	8,6	3	3
6.1.4 Terrestrische Vermessungen	6	15	20	1	12	10,8	6	6
6.1.5 GPS (Global Positioning System)	6	15	16	1	12	10	4	4
6.2. Luft-/Satellitenbilder								
6.2.1 Satellitenbilder								
Landsat 7	2	5000	4	3	6	1003	4	11
Spot 5	2	25	8	3	6	8,8	3	10
Ikonos-2	2	15	12	3	6	7,6	1	5
Quickbird	2	10	16	3	9	8	2	7
6.2.2 Luftbilder								
BEV Auflösung 2 m	6	15	8	3	9	8,2	5	9
BEV Auflösung 1 m	6	15	8	3	9	8,2	4	8
BEV Auflösung 0,5 m	6	10	12	3	6	7,4	2	4
BEV Auflösung 0,25 m	6	5	12	3	6	6,4	1	3
Luftbilder Landesregierung 0,125m	6	5	16	3	9	7,8	3	6

	2.1 Korrektheit/Aktualität	2.2 Auflösung/ Maßstab/ Genauigkeit	2.3 Kosten	2.4 Urheberrechte/Nutzungsrechte	2.5 Datenvolumen	Durchschnitt	Rang innerhalb Gruppe	Rang
6.2.3 Daten in Earth Viewer								
Geegle Maps, Google Earth, NASA World Wind	6	10	4	1	3	4,8	2	2
Bing Maps	4	10	4	1	3	4,4	1	1

Tab. 15: Evaluierungsmatrix Daten

Die Auswertung der Evaluierungsmatrix betreffend der Geländedaten zeigt klar, dass mit einer Steigerung der Geländequalität (vom 100m Raster hin zu einem 1m Laserscan-Raster) auch eine Steigerung der Kosten einhergeht. Dementsprechend muss auch die Bewertung ausgerichtet werden: genügen für die Visualisierung ein einfaches Geländemodell in grober Auflösung, so sind die beiden Produkte SRTM (gratis verfügbar) und der 10 Raster vom BEV (sehr kostengünstig) sehr gut geeignet. Wird dagegen auf ein hoch aufgelöstes Geländemodell Wert gelegt, so schneidet das Laserscanmodell trotz der hohen Kosten noch am besten ab, wobei hier die hohe Datenmenge berücksichtigt werden muss. Die Abwägung Kosten versus Geländequalität muss sicherlich für jedes Projekt individuell durchgeführt werden.

Bei den Luft- und Satellitenbildern lässt sich herauslesen, dass die BEV Daten im Vergleich mit ähnlichen qualitativen Produkten von Satellitendaten, um einiges kostengünstiger sind. Es konnte festgestellt werden, dass keine Datenquellen, welche in Bezug auf die Datenqualität jenen Daten die von Earth Viewer wie z.B. Google Earth oder Bing Maps verwendet werden, ähneln, kostenfrei zu erwerben sind. Somit sind Earth Viewer Daten von den Kosten her betrachtet die beste Quelle, unabhängig vom Qualitätsanspruch bewertet.

Um für ein Projekt eine Verbesserung der Datenqualität zu erreichen, kristallisierte sich als beste Lösung die Verwendung der Orthofotos vom BEV in einer Auflösung von 0,25 m heraus.

Insgesamt zeigt die Analyse der unterschiedlichen Daten auf, dass keine pauschale Antwort auf die „richtige“ Datenquelle, egal ob Geländedaten oder Orthofotos,, gegeben werden kann. Vielmehr ist die Auswahl der Daten stark vom jeweiligen Projektziel, Kundenwunsch und letztlich auch vom verfügbaren Budget abhängig.

9.3. Evaluierung Bearbeitungssoftware

	3.1 Softwarekosten	3.2 Funktionsumfang	3.3 Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand	3.4 Datenformate	3.5 Performance/Datenhandling	Durchschnitt	Rang
Relevanz Multiplikator	3	4	1	5	2		
7.1. Autodesk 3ds MAX 12	15	4	3	5	2	5,8	1
7.2. Blender 2.5	3	8	4	10	6	6,2	2
7.3. Google SketchUp 8.0	3	16	1	20	4	8,8	5
7.4. Google SketchUp Pro 8.0	6	12	1	15	4	7,6	4
7.5. 3D Nature - Visual Nature Studio 3	12	4	3	15	2	7,2	3

Tab. 16: Evaluierungsmatrix Bearbeitungssoftware

Die Auswertung ergab eine unterschiedliche Bewertung die zusammengefasst folgendes Gesamtbild ergibt:

Obwohl die Blender Software kostenlos verfügbar ist, muss davon ausgegangen werden, dass durch den fehlenden Support eine höhere Einarbeitungsdauer sowie

Umsetzungsdauer folgt, welche sich wiederum negativ auf den Kostenfaktor auswirken wird.

Die sehr leistungsstarke Software von 3D Nature kann nicht mit dem Produkt von Autodesk mithalten.

Trotz der höheren einmaligen Softwarekosten, scheint Autodesk 3ds MAX 12 das vielversprechendste Produkt im Vergleich zu Blender und 3D Nature zu sein, obwohl diese drei Produkte ähnlich Performance und Funktionen aufweisen.

Im Gegensatz dazu sind die beiden Produkte Google Sketch Up 8.0 und Google Sketch Up Pro 8.0, aufgrund der schlechten Bewertung der Kriterien „Funktionsumfang und Datenformate“ hinter den Qualitäten der vorher genannten Softwareprodukte einzuordnen. Positiv punkten können die Google Produkte allerdings durch die schnelle Umsetzbarkeit und dem günstigen Preis.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei komplexen Modellierungsaufgaben mit detailgetreuer Nachbildung das Produkt Autodesk 3ds MAX 12 zu bevorzugen sein wird. Ist allerdings eine geringe Anforderung an das modellierte 3D-Objekt gegeben, so kann auch Google Sketch Up 8.0 Pro ausreichen. Dem Komplexitätsgrad der Modellierungsaufgabe entsprechend, hängt demnach auch der Kostenfaktor ab.

9.4. Evaluierung Darstellungssoftware

	4.1 Benutzerfreundlichkeit	4.2 Verbreitung/ Wiedererkennungswert	4.3 Integrierbarkeit externer/ multimedialer Daten/Informationen	4.4 Unabhängigkeit/Einsetzbarkeit mit maximal Plug-in	4.5 Darstellungsqualität/Übersichtlichkeit	4.6 Bewegungsmöglichkeit in Programm	4.7 Kosten	4.8 Performance/Datenhandling	Durchschnitt	Rang
Relevanz Multiplikator	2	1	4	8	3	5	6	7		
8.1 Komplettsystem: Bitmanagement Plattform	2	4	8	8	6	5	30	7	8,8	2
8.2 Earth Viewer: Google Earth	2	1	8	8	9	5	6	14	6,6	1
8.3 3D-Bilder: Krpano Viewer	2	3	12	8	6	20	12	14	9,6	3

Tab. 17: Evaluierungsmatrix Darstellungssoftware

Die Auswertung der Kriterien ergibt auf den ersten Blick einen eindeutigen Favoriten, nämlich Google Earth. Die beiden anderen Systeme schneiden in der Gesamtbetrachtung ähnlich gut ab. Im Detail ergeben sich jedoch Unterschiede, die ebenfalls bei der Bewertung berücksichtigt werden müssen:

Das Komplettsystem Bitmanagement punktet vor allem bei komplexen Datenmodellen, hat aber eindeutig Nachteile bei den beiden Kriterien Kosten und Verbreitungsgrad aufzuweisen, vor allem die hohen Kosten widersprechen den zu Beginn dieser Arbeit erwähnten Zielsetzungen.

Dagegen hat Google Earth Einbußen bei der Qualitäts- und Performancebewertung bei der Verwendung von komplexen Visualisierungsmodellen erhalten, punkten aber v.a. beim Kriterium Kosten, Wiedererkennungswert und Interaktion. Ebenso ist die Integrierung von 3D-Objekten ein Pluspunkt.

Der Krpano Viewer wird im Kontext dieser Masterarbeit aufgrund seiner schweren Einschränkung in der Bewegungsmöglichkeit nicht als vollwertiger 3D interaktiver Viewer eingestuft. Aber, Krpano besticht vor allem durch den besten Fotorealismus, der in dieser Qualität durch kein derzeitig verfügbares System modelliert werden kann.

In punkto Darstellungsqualität erscheinen 3D-Objekte in Google Earth zum Teil sehr künstlich und modellhaft.

Insgesamt scheint aus den drei analysierten Systemen die Anwendung Google Earth als Darstellungssoftware, für die in dieser Arbeit angestrebte Visualisierungszweck, die am besten geeignete Lösung zu sein. Der hohe Wiedererkennungswert und die weite Verbreitung dieser Software sind weitere positive Faktoren.

10. Schlussfolgerung, Ausblick

Im Zuge dieser Masterarbeit konnte festgestellt werden, dass eine große Anzahl an verschiedensten Technologien zur Visualisierung vorhanden ist, welche für eine fotorealistische interaktive 3D Visualisierung in Frage kommen würden. Auch der Themenbereich Daten zur Visualisierung, lieferte ein breites Spektrum an Möglichkeiten in unterschiedlichsten Qualitäts- und Preisebenen. Im Bereich der Modellierungssoftware konnten Anwendungen, angefangen von Programmen mit eingeschränkten Funktionen, bis hin zu komplexen Softwareprodukten analysiert werden. Die Auswertung der Darstellungssoftware ergab wider erwarten, dass Google Earth die beste Umsetzung, aufgrund der Kosten und der erweiterten Funktionen wie z. B. Plug-in Fähigkeit, Integrierbarkeit von 3D Objekten, ergibt.

Trotz der Qualitätseinbusen erwies es sich als ein vollwertiges 3D Visualisierungsprogramm, welches mit Plug-in lauffähig ist.

Somit gibt es im Grunde zwei Möglichkeiten:

Zum einen wäre dies eine Visualisierung auf einer 3D Plattforme Ebene wie Bitmanagement mit qualitativ hochwertigen, wenn auch kostenintensiveren Daten und teurer Bearbeitungssoftware. Ein Lösungskonzept mit der kostspieligen Basis und qualitativ schlechten Daten und Datenaufbereitung steht in keinem akzeptablen Preis-Leistungsverhältnis.

Die zweite Möglichkeit wäre eine Kombination von Google Earth mit 3D Bildern, welche unter dem Kritikpunkt einer kostengünstigen und quantitativen Visualisierung, die sinnvollere Variante ergibt. Hier würden dann keine qualitativ hochwertigen Daten bei der 3D Modellierung benötigt werden, da der qualitative Fotorealismus durch die Unterstützung der 3D Bilder gegeben wäre. 3D Einzelobjekte würden damit bei der Visualisierung ausreichen und Kosten und Arbeitsaufwand dadurch minimal gehalten werden. Daraus würde eine kostengünstige und trotzdem qualitative Lösung entstehen die ebenso ein gutes Preis-Leistungsverhältnis bietet.

Für die eingangs gestellte Problemstellung dieser Masterarbeit konnte eine positive Lösung erarbeitet werden: es stehen alternative Technologien zur 3D-Visualisierung zur Verfügung. Dennoch ergeben sich bei der besten gefunden Lösung neue Fragestellungen, die vor einer effektiven Umsetzung untersucht werden sollten.

Weiterer Forschungsbedarf wird in Richtung alternativer Viewer nötig sein. In diesem Themenfeld gibt es jede Menge verschiedenster Variationen, welche im Umfang dieser Master Thesis nicht alle durchleuchtet werden konnten. 3D Bilder können wie vorher schon erwähnt in unterschiedlichen Qualität erfolgen und erworben werden. Eine detaillierte Recherche der zur Verfügung stehenden Daten oder Kameras wird dafür nicht ausbleiben.

Ebenso wirft sich die Frage auf in wie weit die Datenaufnahme der 3D Bilder sowie die Datenaufbereitung derer in weiterer Folge ausgelagert werden muss, oder ob ein Aufnahmegesetz sowie die Software und das Know How besser intern in einer Visualisierungsfirma genutzt werden kann und preislich vertretbar ist.

Im Anschluss sollte ein derzeit noch fehlendes Testprojekt durchgeführt werden, um festzustellen ob die Realisierung den Ansprüchen und Vorstellungen von potenziellen Kunden entspricht.

In Zuge der Ausarbeitung dieser Master Thesis wurde klar, wie schnelllebig die Technologie derzeit in der Thematik 3D Visualisierungen voranschreitet. Innerhalb des Bearbeitungszeitraumes tauchten neue Technologien wie z.B. WebGL oder WVS auf welche jedoch noch nicht genug für solche Zwecke erprobt wurden oder noch gar keine Umsetzungsmöglichkeiten hervorgetan haben.

Somit sollten auch die neuesten Technologien nicht außer Acht gelassen werden, welche im rasanten Vormarsch sind. So besteht die Wahrscheinlichkeit, dass eine Umsetzung mit Google Earth und 3D Bildern sich in geraumer Zeit auch nicht mehr als die beste Umsetzungsmöglichkeit erweist. Darum sollte vor der effektiven Umsetzung gezielt die Technologie im Falle ergänzt und neu ausgewertet werden.

Eine neue Darstellungstechnologie aufgrund der entwickelten 3D Bildschirmen ist hierbei nämlich nicht auszuschließen.

11. Literaturverzeichnis

ALBERTZ, J. (2007):

Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft und Satellitenbildern.
3. Auflage. Darmstadt: Wiss. Buchgesellschaft

BENDER, M. & BRILL, M. (2005):

Computergrafik. Ein anwendungsorientiertes Lehrbuch.
München: Carl Hanser Verlag GmbH & CO. KG; Auflage: 2., überarbeitete Auflage (6. Oktober 2005)

BEV (2011):

BEV - Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
<http://www.bev.gv.at> (Zugriff am: 23.04.2011)

BLASCHKE, T., D. TIEDE & M. HEURICH (2004):

3D landscape metrics to modelling forest structure and diversity based on laser scanning data.
Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Services, XXXVI-8/W2

BLASCHKE, T., R. MEISNER, A. ALMER, H. STELZL, N. SPARWASSER, D. TIEDE & S. LANG (2006):

Kartographie „on demand“: Generierung virtueller Landschaften aus Fernerkundungs- und GIS-Daten. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung. Potsdam: 26-37

BILL, R. (2010):

Grundlagen der Geoinformationssysteme. Grundlagen und Anwendungen. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag; Auflage: 5., völlig neu bearbeitete Auflage. (22. September 2010)

COORS, V. & ZIPF, A. (Hrsg.) (2004):

3D-Geoinformationssysteme. Grundlagen und Anwendungen.
Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag; Auflage: 1., 2005 (1. Dezember 2004)

GEIER, B., K. EGGER & A. MUHAR (2001):

Integrierte 3D-Visualisierungs-Systeme für die Landschaftsplanung.
Konzepte und Marktrealität. Institut für Freiraumgestaltung und Landschaftspflege, Universität für Bodenkultur Wien
http://www.corp.at/archive/CORP2001_Egger_DO.pdf (Zugriff am: 28.02.2011)

GUPTA, S. (2010):

Single Tree Detection and Modeling Using Airborne Laser Scanner Data
Faculty of Forest and Environmental Sciences, Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg im Breisgau, Germany http://www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/7894/pdf/Sandeep_Gupta_Doctoral_Thesis.pdf
(Zugriff am: 15.05.2011)

HÖPPNER, T. (2008):

Google Earth - NASA World Wind - MS Virtual Earth. Ein wissenschaftlicher Vergleich aus Sicht der Geodäsie und Geoinformatik.

München: Grin Verlag (Juni 2010) 1. Auflage 2008

KOPPEL, M. (2007):

Diplomarbeit: Vergleichende Untersuchung zum Aufbau, zur Funktionalität und zur Nutzung aktueller Earth-Browser sowie exemplarische Erstellung einer 3D-Szene mit dem Konstruktionsprogramm Google SketchUp. HS Bochum – Fachbereich Vermessungswesen – Labor für Photogrammetrie – 2007

[http://www.hochschule-](http://www.hochschule-bochum.de/fileadmin/media/fb_v/labore/photogrammetrie/Absolventen/Diplomarbeit_Marek_Koppel.pdf)

[bochum.de/fileadmin/media/fb_v/labore/photogrammetrie/Absolventen/Diplomarbeit_Marek_Koppel.pdf](http://www.hochschule-bochum.de/fileadmin/media/fb_v/labore/photogrammetrie/Absolventen/Diplomarbeit_Marek_Koppel.pdf) (Zugriff am: 15.02.2011)

KORDUAN, P. & ZEHNER, M.L. (2007):

Geoinformationen im Internet. Technologie zur Nutzung raumbezogener Informationen im WWW

Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag; Auflage: 1., 2008 (30. November 2007)

MÜLLER, W. (2004):

3D-Geoinformationssysteme. Grundlagen und Anwendungen.

COORS, V. & ZIPF, A. (Hrsg.) (2004) Grundlagen der 3D Computergrafik

Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag; Auflage: 1., 2005 (1. Dezember 2004)

OGC (2010):

OGC veröffentlicht Kandidaten für neue 3D-Standards: W3DS, WVS und 3D Symbology Encoding 15 Februar 2010

http://www.geobranchen.de/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=43 11
(Zugriff am: 24.05.2011)

Arne Schilling, Alexander Zipf, Lehrstuhl Geoinformatik an der Universität Heidelberg, Geographisches Institut

Benjamin Hagedorn, Hasso Plattner Institut (HPI) an der Universität Potsdam, Computergraphische Systeme

PFEIFER, N. (2003):

Oberflächenmodell aus Laserscan, 02.Dezember 2003 Zusammenfassung

Section of Photogrammetry and Remote Sensing. Delft University of Technology, Niederlande

<http://www.tudelft.nl/live/binaries/3b390ae2-9b55-4cbc-8255-da55928dd925/doc/oberfl.pdf>
(Zugriff am: 18.02.2011)

QUADT, U. & PLÜMER L. (2006):

Interoperable Visualisierung dreidimensionaler natürlicher Strukturen mit dem Web-3D-Service.

In: Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung. Band 10. Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V., Kommission Geoinformation und Visualisierung, Leitung: Prof. Dr. Doris Dransch, GEOVIS 2006, 5. bis 6. April 2006, Potsdam, Kirschbaum Verlag Bonn

SCHEUER, J. (2004):

Ray Tracing und Texturierung von Freiformflächen. Fachhochschule Regensburg Informatik und Mathematik. <http://www.opus-bayern.de/fh-regensburg/volltexte/2004/12/pdf/Diplomarbeit.pdf> (Zugriff am: 18.03.2011)

SCHIRRA, J. & SCHOLZ, M. (1998):

Zwei Skizzen zum Begriff "Photorealismus" in der Computergrafik
<http://isgwww.cs.uni-magdeburg.de/~schirra/Work/Papers/P98/P98-2/index.html> (Zugriff am: 27.02.2011)
Erschienen in: K. Sachs-Hombach, K. Rehkämper (Eds.) (1998), Bild, Bildwahrnehmung, Bildverarbeitung, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden

SCHULMEISTER, R. (2005):

Interaktivität in Multimedia-Anwendungen.
<http://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/interaktiv/InteraktivitaetSchulmeister.pdf> (Zugriff am: 05.01.2011).

STELZL, H., R. WACK, O. SACHERER, A. ALMER (Hrsg.) (2006):

Angewandte Geoinformatik 2006. Beiträge zum 18. AGIT-Symposium Salzburg. Automatisierte Einzelbaum-Visualisierung basierend auf Flugzeug-Laserscanner- und optischen Daten. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag.

ZACH, C., GRABNER, M., SORMANN, M. und KARNER, K., (2004):

3D-Geoinformationssysteme. Grundlagen und Anwendungen.
COORS, V. & ZIPF, A. (Hrsg.) (2004)
Internet-basierte Echtzeitvisualisierung von 3D-Geodaten
Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag; Auflage: 1., 2005 (1. Dezember 2004)

Internetseiten:**3D-PANORAMABILDER (2011a)**

Homepages mit Beispielen
<http://maps.obertauern.com/openpano.php?name=obertauern> (Zugriff am: 12.4.2011).

3D-PANORAMABILDER (2011b)

Herstellerhomepage von 3D Bildaufnahmen
<http://www.immersivemedia.com> (Zugriff am: 12.4.2011).

3D-PANORAMABILDER (2011c)

Beitrag über die Street View Aufnahmen in Ischgl mittels Schneemobil
<http://blog.paznaun-ischgl.com/google-street-view-ischgl.htm> von Michael Pfeifer 01. April 2011
(Zugriff am: 12.4.2011).

ADOBE FLASH 3D (2011):

Adobe Homepage mit technischen Neuerungen und Weiterentwicklungen
<http://labs.adobe.com/technologies/flashplatformruntimes/incubator/features/molehill.html>
(Zugriff am: 14.06.2011)

AUTODESK (2011):

offizielle Autodesk Hersteller Homepages mit Inhalt zur Produktgruppe 3ds MAX

<http://www.autodesk.com/> (Zugriff am: 03.05.2011),

<http://www.autodesk.de/> (Zugriff am: 03.05.2011)

BING MAPS 3D (2011)

offizielle Homepage vom Produkt Bing Maps

<http://www.microsoft.com/maps/product/> (Zugriff am: 5.6.2011)

BITMANAGEMENT (2011a):

offizielle Homepage der Bitmanagement Software GmbH

<http://www.bitmanagement.de/> (Zugriff 16.06.2011)

BITMANAGEMENT (2011b):

Webseite der Bitmanagement Software GmbH für VRML/X3D Verschlüsselung

<http://www.bitmanagement.com/products/authoring-tools/bs-encrypt> (Zugriff am: 14.04.2011)

BLENDER (2011):

offizielles deutsches Handbuch zur Blender Software

<http://de.wikibooks.org/wiki/Blender-Handbuch> (Zugriff 13.03.2011)

GOOGLE EARTH (2011a):

Weblink über die Darstellung von Wald und Kunstbauten in Google Earth

<http://www.google.de/intl/de/earth/explore/showcase/trees.html> (Zugriff 30.06.2011)

GOOGLE EARTH API (2011a):

offizielle Homegabe der GEOINFO AG

<http://www.geoinfo.ch/html/3D-Modelle.1502.0.html> (Zugriff am: 2.5.2011).

GOOGLE EARTH API (2011b):

offizielle Seite für Google Maps API für Flash

<http://code.google.com/intl/de-DE/apis/maps/documentation/flash/3d-maps.html> (Zugriff am: 6.5.2011)

GOOGLE MAPS (2011):

offizielle Google Maps Hilfeseite

<http://maps.google.com/support/> (Zugriff am: 6.5.2011)

Google Maps-Diskussionsforum

<http://groups.google.com/group/Google-Maps-DE-API> (Zugriff am: 6.5.2011)

GOOGLE SKETCH UP (2011):

offizielle Homepage zur Software Google - SketchUp 8.0 und Google SketchUp Pro 8.0

<https://www.google.com/intl/de/sketchup> (Zugriff am: 1.6.2011)

LASERSCAN/LUFTBILDER (2011):

offizielle Landesregierungshomepages für die Information und Bestellung von Laserscan Daten

<http://www.salzburg.gv.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)

<http://www.tirol.gv.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)

<http://www.vorarlberg.gv.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)

<http://www.wien.gv.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)

<http://www.steiermark.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)
<http://www.burgenland.gv.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)
<http://www.niederoesterreich.gv.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)
<http://www.oberoesterreich.gv.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)
<http://www.ktn.gv.at/> (Zugriff am: 7.5.2011)

JAVA 3D (2011):

offizielle Homepage von Java3D
<http://java3d.java.net> (Zugriff am: 03.05.2011)

KRPANO (2011):

Beispiel 3D Panorama mittels Krpano Viewer von xRez Studio Extreme Resolution Panoramic Photography
<http://krpano.com/krpano.html?pano=panos/divingboard/divingboard.xml>, (Zugriff 23.07.2011)

NASA WORLD WIND (2011)

offizielle Hilfeseite für NASA World Wind
http://worldwindcentral.com/wiki/Main_Page (Zugriff am: 24.4.2011)

OGC (2011):

Open Geospatial Consortium (OGC®) <http://www.opengeospatial.org/standards>
Updated: 2011 (Zugriff am: 18.02.2011)

OPEN GL (2011):

offizielle OpenGL Homepage
<http://www.opengl.org/> (Zugriff am: 15.02.2011)

PETERSCHINEGG (2011):

Webseite mit Beispielen einer Umsetzung in 3ds Max
http://www.peterschinegg.at/dienstleistung/multimedia_projekte_neu.html
(Zugriff am: 03.05.2011)

SATELLITENDATEN (2011a):

offizielle Homepage der Global Land Cover Facility, die Satellitendaten zur Verfügung stellen
<http://glcf.umiacs.umd.edu>

SATELLITENDATEN (2011b):

offizielle Homepage von DigitalGlobe, einer Vertriebsfirma von Satellitendaten
<http://www.digitalglobe.com/>

SATELLITENDATEN (2011c):

offizielle Homepage des Spot Image Produktkatalog
<http://catalog.spotimage.com>

SHOCKWAVE 3D (2011):

offizielle Homepages des Shockwave Herstellers über das Erstellen und Veröffentlichen von Schockwavedateien
http://www.adobe.com/products/shockwaveplayer/licensing/w3d_sdk/ (Zugriff am: 14.04.2011)
<http://www.adobe.com/de/products/director/> (Zugriff am: 14.04.2011)

SILVERLIGHT (2011)

offizielle Homepage des Silverlight Data Conector
<http://dataconnector.codeplex.com> (Zugriff am: 5.6.2011)

SRTM (2011a)

offizielle Homepage vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt
<http://www.dlr.de/>

SRTM (2011b)

Homepage der NASA, welche SRTM zur Verfügung stellt
<http://www2.jpl.nasa.gov>

VNS3 (2011a):

offizielle Homepage von Hersteller 3D Nature der Software Visual Nature Studio 3
<http://3dnature.com/> (Zugriff 23.04.2011)

VNS3 (2011b):

Beispiele einer Modellierung im Visual Nature Studio 3
<http://www.3dnworld.com/gallery.php?user=CWillis> (Zugriff 23.04.2011)

VNS3 (2011c)

Bernhard Holfter Informationssysteme mit Visual Nature Studio Tutorial
<http://www.bhi-online.de/homepage/vnstut/index.html> (Zugriff 23.04.2011)

webGL (2011a):

offizielle Khronos Group Homepage
(<http://www.khronos.org/webgl/>) (Zugriff am: 03.05.2011)

webGL (2011b):

(<http://www.heise.de/newsticker/meldung/GDC-3D-im-Browser-WebGL-1-0-ist-fertig-1201976.html>) von Alexander Neumann am 04.03.2011 11:40
(Zugriff am: 03.05.2011)

WRL (2011):

Weblink des Testdatensatzes für die Bitmanagement Software
<http://rh256.free.fr/terrain/terrain.wrl> (Zugriff 23.07.2011)

X3D (2011):

Homepage für Open Standards for Real-Time 3D Communication
<http://www.web3d.org/> (Zugriff am: 14.06.2011)

12. Anhang

Relevanzmatrixen

Daten Relevanzmatrix						
	2.1 Korrektheit/Aktualität	2.2 Auflösung/ Maßstab/ Genauigkeit	2.3 Kosten	2.4 Urheberrechte/Nutzungsrechte	2.5 Datenvolumen	Rang
2.1 Korrektheit/Aktualität	1	0	0	1	0	2
2.2 Auflösung/ Maßstab/ Genauigkeit	1	1	1	1	1	5
2.3 Kosten	1	0	1	1	1	4
2.4 Urheberrechte/Nutzungsrechte	0	0	0	1	0	1
2.5 Datenvolumen	1	0	0	1	1	3

Tab. 18: Daten Relevanzmatrix

Technologie Relevanzmatrix								
	1.1 Plattformunabhängig	1.2 Browserunabhängig	1.3 Via Internet-Browser max. Plug-in	1.4 Rendering	1.5 Externe Daten	1.6 Detailstufen	1.7 Techn. ermöglicht Datenschutz	Rang
1.1 Plattformunabhängig	1	0	0	1	1	1	1	5
1.2 Browserunabhängig	1	1	0	1	1	1	1	6
1.3 Via Internet-Browser max. Plug-in	1	1	1	1	1	1	1	7
1.4 Rendering	0	0	0	1	0	0	0	1
1.5 Externe Daten	0	0	0	1	1	1	1	4
1.6 Detailstufen	0	0	0	1	0	1	1	3
1.7 Techn. ermöglicht Datenschutz	0	0	0	1	0	0	1	2

Tab. 19: Technologie Relevanzmatrix

Bearbeitungssoftware Relevanzmatrix						
	3.1 Softwarekosten	3.2 Funktionsumfang	3.3 Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand	3.4 Datenformate	3.5 Performance/Datenhandling	Rang
3.1 Softwarekosten	1	1	0	1	0	3
3.2 Funktionsumfang	0	1	0	1	0	2
3.3 Einarbeitungsdauer/Arbeitsaufwand	1	1	1	1	1	5
3.4 Datenformate	0	0	0	1	0	1
3.5 Performance/Datenhandling	1	1	0	1	1	4

Tab. 20: Bearbeitungssoftware Relevanzmatrix

Darstellungssoftware Relevanzmatrix									
	4.1 Benutzerfreundlichkeit	4.2 Verbreitung/ Wiedererkennungswert	4.3 Integrierbarkeit externer/ multimedialer Daten	4.4 Unabhängigkeit/max. mit Plug-in	4.5 Darstellungsqualität/Übersichtlichkeit	4.6 Bewegungsmöglichkeit in Programm	4.7 Kosten	4.8 Performance/Datenhandling	Rang
4.1 Benutzerfreundlichkeit	1	1	0	0	0	0	0	0	2
4.2 Verbreitung/ Wiedererkennungswert	0	1	0	0	0	0	0	0	1
4.3 Integrierbarkeit Daten	1	1	1	0	1	0	0	0	4
4.4 Unabhängigkeit/max. Plug-in	1	1	1	1	1	1	1	1	8
4.5 Darstellungsqualität	1	1	0	0	1	0	0	0	3
4.6 Bewegungsmöglichkeit	1	1	1	0	1	1	0	0	5
4.7 Kosten	1	1	1	0	1	1	1	0	6
4.8 Performance/Datenhandling	1	1	1	0	1	1	1	1	7

Tab. 21: Darstellungssoftware Relevanzmatrix