

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

„Die Jungfrau - unermesslich schön?“

Die Ermittlung des landschaftsästhetischen Potenzials im
UNESCO Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn mittels
Methoden der Geoinformatik

vorgelegt von

Dipl. Geograf Marcel Droz

U1227, UNIGIS MSc Jahrgang 2005

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

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

Jetzkofen, Juni 2007

Vorwort

Es sind erst fünf Jahre vergangen, seitdem ich am Geografischen Institut der Universität Bern meine erste Masterarbeit eingereicht habe; damals zum Thema der Schneegrenzanalyse im gesamten Alpenraum anhand von NOAA-Satellitendaten. Im daran anschliessenden Berufsalltag ist meine Faszination für die Gebirgswelt der Alpen auf der einen Seite und für Anwendungen der Geoinformatik auf der anderen Seite kein bisschen kleiner geworden. Der Wunsch, im weiten Feld der Geoinformatik mehr Wissen aneignen und dieses vertiefen zu können, hat mich schliesslich zur Teilnahme am UNIGIS Masterstudiengang in Salzburg bewogen. Analog zur Situation vor fünf Jahren befasse ich mich im Rahmen meiner zweiten Masterarbeit erneut mit dem Alpenraum und mit Methoden der Geoinformatik – nur generell auf grösserem Massstab. Die Auseinandersetzung mit der Thematik von Landschaftsästhetik sorgt dafür, dass die Arbeit eine Herausforderung bleibt; nicht unerwartet eröffnet sich mir eine Nische, worin der kreativen Anwendung von GIS kaum Grenzen gesetzt sind.

Meine Beziehung zum UNESCO Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn ist vielschichtig: Nicht nur erfreue ich mich tagtäglich ob der spektakulären und einmaligen Aussicht auf die Berner Seite des Welterbes von unserem Wohnsitz aus (vgl. Foto), sondern geniesse sommers wie winters die einmalige Ambiance dieser Bergregion auf Skiern, dem Mountain Bike oder zu Fuss. Den eigentlichen Anstoss zu dieser Arbeit hat allerdings meine Partnerin Ulla gegeben; als Co-Geschäftsführerin des Managementzentrums UNESCO Welterbe ist sie u.a. für die aufzunehmenden Monitoringaktivitäten mitverantwortlich; hoffentlich kann diese Arbeit dazu einen ersten Grundbaustein bilden.



Ulla gebührt gleichzeitig ein riesiges Dankeschön; nicht nur hat sie in der Abschlussphase dieser Arbeit wertvolle Zeit aufgewendet, um mit ihrem Insiderwissen den Inhalt auf Plausibilität zu prüfen sowie generelle Korrekturen anzubringen, ebenso hat sie während der letzten zweieinhalb Jahre auf viel gemeinsame Zeit verzichten müssen. Meinen Freunden und den beiden „Göttibuben“, denen allen ich ebenfalls viel zuwenig Zeit widmen konnte, danke ich herzlich für das stets aufgebrachte Verständnis und die immer wieder aufmunternden Worte. Speziellen Dank richte ich an Bruno, in dessen Alphüttli oberhalb Müren ich diese Arbeit massgeblich vorwärtsbringen durfte – wohlgernekt in unmittelbarer Nähe und mit direkter Sicht auf die schöne Jungfrau. Besonders bedanke ich mich auch bei meinen Eltern, die mich bei diesem Unterfangen in finanzieller Hinsicht grosszügig unterstützt haben; ich bedaure sehr, dass ich die Freude am Erreichten nicht mehr mit meinem Vater teilen kann – seine Liebe für die Berge war gross.

Die vorliegende Arbeit wurde durch den Nationalen Forschungsschwerpunkt Nord-Süd, das Managementzentrum des UNESCO Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn sowie durch Prof. Dr. Urs Wiesmann und Astrid Wallner des Centre for Development and Environment (CDE) unterstützt, wofür ich mich herzlich bedanke. In diesen Dank einschliessen möchte ich auch meine Arbeitskollegen im Amt für Geoinformation des Kantons Bern, die mir grosszügigerweise viel Flexibilität bei der Arbeitszeiteinteilung überlassen haben.

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."

Marcel Droz, Jetzkofen, 28.06.2007

Zusammenfassung

Das erste UNESCO Welterbe im Alpenraum wurde am 13. Dezember 2001 mit der Verleihung dieses Titels an das Gebiet um Jungfrau, Aletsch und Bietschhorn geschaffen. Seither hat die Trägerschaft – zusammengesetzt aus Perimeter-Gemeinden, Planungs-Regionen sowie involvierten Institutionen und Organisationen, den Kantonen Bern und Wallis und dem Bund – mit der Erarbeitung eines Managementplans unter Einbezug der lokalen Akteure Ziele und Umsetzungsmassnahmen definiert, welche die Vereinbarkeit von Schutz und Nutzung im Welterbe-Gebiet und der umliegenden Region gewährleisten sollen. Die touristisch enorm attraktive Hochgebirgslandschaft des Welterbe-Gebiets steht in direkter Wechselbeziehung mit der Umgebungslandschaft. Das sich daraus ergebende Spannungsverhältnis zwischen Schutz und Nutzung lässt die langfristige Sicherung der von der UNESCO ausgezeichneten Alleinstellungsmerkmale als grosse Herausforderung erscheinen. Erschwerend für das Gebietsmanagement kommt hinzu, dass die Natur- und Kulturlandschaft durch naturbedingte Veränderungsprozesse (Stichwort Klimawandel) sowie durch den (land-)wirtschaftlichen Strukturwandel fortwährend überprägt wird.

Deshalb sind Monitoring- und Controllinginstrumente erforderlich, um Veränderungen zu erkennen und ihren Einfluss auf die Werte und Potenziale des Welterbes einschätzen zu können. Während Datengrundlagen aus bestehenden Monitoringsystemen in einzelnen Bereichen eine wertvolle Ausgangslage darstellen, fehlt bislang ein operationeller Ansatz zur Identifizierung und Überwachung der von der UNESCO dem Gebiet attestierten aussergewöhnlichen natürlichen Schönheit und ästhetischen Bedeutung. Die Operationalisierung von Landschaftsästhetik stellt damit das Kernstück dieser Arbeit dar.

Die menschliche Wahrnehmung von Landschaft steht im Zentrum der Landschaftsästhetik; dabei nimmt der Mensch als Subjekt die Landschaft als das ästhetische Objekt wahr. Diese Wahrnehmung ist überprägt von Umwelteinflüssen, von gesellschaftlichen Werten und von individuellen Erfahrungen, so dass sich aus der objektiv vorhandenen Landschaft beim Betrachter ein gefiltertes Produkt, das Landschaftsbild, ergibt. Die Eignung einer Landschaft, beim Menschen sinnliches Erleben von Natur und Landschaft zu ermöglichen, wird als landschaftsästhetisches Potenzial bezeichnet. Vor dem Hintergrund, die landschaftliche Schönheit erfassen und überwachen zu wollen, muss dieses Potenzial prognostiziert werden können.

Verschiedene Studien legen die Vermutung nahe, dass trotz individueller Verankerung die Werthaltungen und Erfahrungen zu einem gewissen Grad objektivierbar sind. Folglich ist entscheidend zu wissen, auf welchen Landschaftseigenschaften die menschliche Präferenz generell beruht. Gestützt auf die Information Processing Theory von Kaplan & Kaplan (1989), wonach von Urmenschen jene Landschaften bevorzugt wurden, die das Bedürfnis nach Beschaffung und Verarbeitung von Informationen über die Umwelt am besten befriedigen konnten, stellen die folgenden vier Eigenschaften zentrale Prädiktoren für Landschaftspräferenz dar: Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität und Mysteriosität. Je nach Ausprägung eines Landschaftsausschnitts hinsichtlich dieser vier Kriterien kann dessen landschaftsästhetisches Potenzial prognostiziert werden.

Zwecks rationaler Anwendbarkeit werden diese theoretischen Erkenntnisse in Anlehnung an die Arbeit von Isabel Augenstein (2002) innerhalb eines Geographischen Informationssystems operationalisiert: Jedem der vier Prädiktoren werden ihm beschreibende und in der Landschaft messbare Parameter zugewiesen. Es handelt sich dabei zum Teil um Landschaftsstrukturmasse, die basierend auf dem Ansatz der quantitativen Landschaftsökologie die spezifische Verteilung und Anordnung von Landschaftselementen messen. Im Rahmen dieser Untersu-

chung interessiert dabei primär der Informationsgehalt der Landschaft hinsichtlich seiner visuell-ästhetischen Wirkung. Eine solche Quantifizierung von Landschaftsstruktur bedingt die scharfe Abgrenzung von Raumeinheiten auf unterschiedlichen Massstabsstufen. Diese gestufte Abgrenzung hat sich einerseits an die im Kontext der Landschaftsästhetik zentralen Wahrnehmungsdimensionen des Menschen zu richten, andererseits muss sie der dominierenden, raumgestaltenden Funktion des Hochgebirgsreliefs gerecht werden. Multiskalare Segmentierungsalgorithmen der objekt-orientierten Bildanalyse bringen dazu die nötige Flexibilität mit.

Den Auswertungen liegen das digitale Landschaftsmodell VECTOR25 sowie das digitale Höhenmodell DHM25, beide von swisstopo, zugrunde. Wie die Ergebnisse zeigen, vermögen die grundsätzlich einwandfreien Datensätze der Komplexität der Thematik nicht vollständig gerecht zu werden; insbesondere sind Informationen bezüglich des symbolischen Gehalts der Landschaft aus diesen nicht herauszulesen. Trotzdem liefern die anhand einer Clusteranalyse miteinander verrechneten Parameterausprägungen grösstenteils plausible und generell interpretierbare Resultate. Jene Teilräume mit durchwegs hohen Parameterausprägungen bergen nach Theorie ein hohes landschaftsästhetisches Potenzial. Das sich abzeichnende Kartenbild der Welterbe-Region offenbart die höchsten Werte in den vom Menschen kaum beeinflussten Gebieten – in den steilen und wilden Lagen der (sub-)alpinen Stufe. Erwartungsgemäss sinken die Werte mit zunehmendem Grad menschlicher Beeinflussung in den randlichen Gebieten der Welterbe-Region. Ein überraschend niedriges landschaftsästhetisches Potenzial zeigt sich in den weitläufigen Gletscherarealen; offensichtlich vermögen die Prädiktoren die von diesen Gebieten ausgelöste Faszination nicht wiederzugeben; eine Ergänzung des Modells scheint darum angebracht.

Grundsätzlich liefert das Verfahren Evidenz dafür, dass die Grenzziehung des Welterbe-Perimeters die aus visuell-ästhetischen Gesichtspunkten wertvollsten Teilräume einschliesst; einzig das Urbachtal liegt mit seinen höchst eingestufteten Raumeinheiten ausserhalb. Im Hinblick auf die anzugehenden Monitoringaktivitäten seitens Trägerschaft gilt zu prüfen, inwiefern die hier verwendeten Grundlagedaten sowie die Operationalisierung der Prädiktoren auch schleichende Landschaftsveränderungen zu registrieren vermögen. Nicht zuletzt ist zu betonen, dass die Partizipation von lokalen Akteuren an solchen Untersuchungen anzustreben ist: Dies böte die Gelegenheit, einerseits die Prädiktoren des Modells zu plausibilisieren und andererseits der sozialen Dimension von Landschaftsästhetik besser gerecht zu werden, indem auch die identitätsstiftenden Landschaftselemente berücksichtigt würden. Schliesslich müsste diese breite Landschaftsästhetik-Diskussion dazu dienen, Grundlagen für die Festsetzung von Richt- und Höchstwerten betreffend das Ausmass und die Geschwindigkeit von Landschaftsveränderungen zu erarbeiten.

Summary

The Jungfrau – immeasurably beautiful?

Determination of the landscape aesthetic potential of the UNESCO World Heritage Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn region by means of geoinformatics

On 13 December 2001 the first alpine UNESCO World Heritage site was created when this title was awarded to Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn area. Since then the World Heritage association – consisting of communities, planning regions and involved institutions, Bern and Wallis cantons as well as the national government – has been charged with responsibility for administering the protection and use of this world heritage area and surrounding region by coming up with a management plan that also implicates local concerns. The surrounding high mountain scenery makes the area enormously attractive to tourists, and this also generates significant business opportunities. The tensions that these various interests create provide a considerable challenge to the long-term security of this unique UNESCO-specified area of exceptional natural beauty. Problems for the management of the area are further compounded by the spectra of climate change in combination with continual pressure for economic change.

In order to be able to identify changes and assess their effects on the value and significance of this World Heritage area monitoring and controlling instrumentation is required. While data bases from existing monitoring systems show worthwhile results there has been, up to now, a need to set up an operational approach that will oversee the stewardship of this area concerning its exceptional natural beauty and aesthetic importance in particular. At the nub of this project, therefore, is the introduction of such technology to enhance the care and survival of irreplaceable and beautiful landscape.

The human perception of scenery lies at the centre of landscape aesthetics; thereby people perceive landscape scenery as the aesthetic object. This perception is overlaid with environmental influences, social values and individual experience, leading to a transformation of the real world landscape into a filtered landscape painting in people's mind. What we can call 'landscape aesthetic potential' is a measure of a landscape's power to appeal to our experience of nature and sense of scenery. In order to be able to identify and look after especially beautiful places we need a means of anticipating this potential.

Various studies have suggested that, despite each individual's private opinion of what he likes, attitudes and responses are predictable to a certain degree: consequently it is crucial to know on which landscape characteristics human preference is generally founded. Based on the Information Processing Theory of Kaplan & Kaplan (1989), it can be observed that early man preferred landscapes with the following four qualities in order to satisfy best his requirement for food and familiarity within his surroundings: coherence, legibility, complexity and mystery. By looking at the characteristics of a section of landscape with regard to these four criteria the landscape aesthetic potential can be forecast.

Taking into account the work of Isabel Augenstein (2002) these theoretical findings were integrated into a geographical information system to make their applicability more efficient: each of the four qualities were defined and given parameters measurable in the landscape. The system deals to some extent with landscape metrics as part of the approach of quantitative landscape ecology; they measure the specific distribution and arrangement of landscape elements. Within this framework primary interest is directed towards the visual aesthetic effect of a landscape. Quantifying landscape structures in such a way involves well-defined boundaries

between spatial units on varying scales. On one hand these multi-resolution demarcations have to account for the central human perception dimensions within the context of landscape aesthetics – on the other they must do justice to the dominating spatial arrangement of high mountains. Multiscale segmentation algorithms of object oriented image analysis give the system its essential flexibility.

The application of these concepts is primarily based on the digital landscape model VECTOR25 as well as the digital elevation model DHM25, both from swisstopo. Outcomes show that the input data can not completely cope with the intricacy of the subject-matter; in particular, information about the symbolic significance of landscape elements is not to be read out of the data. Despite this, mostly plausible and generally understandable results are delivered by means of a cluster analysis including all parameters. According to theory those sections with high parameter values all over exhibit a high landscape aesthetic potential. Looking at the resulting map, the World Heritage region reveals its highest values in areas of marginal human influence – steep und rugged terrain within the (sub-)alpine zone. As expected the values sink with increasing degree of human influence. A surprisingly low landscape aesthetic potential showed up in the wide glacier areas; evidently the four predictors are not capable enough to report the fascination stimulated by these areas; therefore an extension of the model is required.

From the visual aesthetic viewpoint, the procedure basically evidences that the demarcation of the World Heritage perimeter encloses most worthwhile sections; only the Urbachtal lies outside, despite its highest rated sections. In view of the monitoring activities to be tackled very shortly, one should test, to what respect the here used input data as well as the operationalisation of predictors are able to register slow-going landscape changes, too. Not at the end is to stress, that the participation of local stake holders in such studies is to be sought: this would offer the opportunity to verify the predictors of the model on one side and to better do justice to the social dimension of landscape aesthetics on the other by taking into consideration also the identity-based landscape elements. Finally should this wider landscape aesthetics discussion serve for the determination of target and critical values concerning the magnitude and speed of landscape change.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Zusammenfassung	5
Summary	7
Abbildungsverzeichnis	13
Tabellenverzeichnis	14
Abkürzungen	15

TEIL I: EINLEITUNG

1 Motivation	17
2 Aufgabenstellung	19
2.1 Definition wesentlicher Begriffe	19
2.2 UNESCO Nominationskriterien	20
2.3 Managementplan	22
2.3.1 Zielsystem	23
2.3.2 Spannungsfeld Schutz versus Nutzung	23
2.3.3 Monitoring & Controlling	24
2.4 Fokus Landschaftsästhetik	25
2.5 Zusammenfassung	26
3 Anspruch und Abgrenzung dieser Arbeit	27
3.1 Übergeordnetes Ziel	27
3.2 Untergeordnete Ziele	27
3.3 Herangehensweise und Gliederung der Arbeit	27
3.4 Nichtbehandelte Themen	29
3.5 Publikum	29
4 Untersuchungsraum	31
4.1 Eine grossartige Landschaft	31
4.2 ... mit einzigartigem Hochgebirgscharakter	32
4.3 ... und eingebettet in eine lebendige Region	33

TEIL II: THEORIE UND METHODIK

5 Monitoring und Controlling	37
5.1 Konzeptioneller Rahmen	37
5.2 Indikatoren	38

5.3	Monitoring der Nachhaltigen Entwicklung	39
5.4	Landschaftsmonitoring	41
5.5	Zusammenfassung	44
6	Landschaftsästhetik	45
6.1	Der Landschaftsbegriff	45
6.2	Objekt-Subjekt-Modell der Wahrnehmung	47
6.3	Filter der Sinneswahrnehmung	49
6.4	Der Zweck von Landschaftsästhetik	49
6.5	Spektrum an methodischen Ansätzen	50
6.6	Theoretisches Gerüst zur Landschaftsästhetik von Bourassa	51
6.7	Information-Processing-Theory von Kaplan & Kaplan	52
6.8	Kombinierter Ansatz nach Augenstein	54
6.9	Prädiktorenmodell	57
6.10	Zusammenfassung	58
7	Quantitative Landschaftsökologie	59
7.1	Landschaftsverständnis	59
7.2	Landschaftsstrukturmasse	60
7.3	Die dritte Dimension	62
8	Diskretisierung des Raums	65
8.1	Ansätze der Raumgliederung	65
8.2	Morphometrische Bänder	66
8.3	Massstab und Auflösung	66
8.4	Segmentierung und objekt-orientierte Bildanalyse	68
9	Forschungsfragen und Hypothesen	71
10	Operationalisierung des Prädiktorenmodells	73
10.1	Annahmen zum Landschaftserleben	73
10.2	Wandel der Landschaft	74
10.3	Eingesetzte Soft- und Hardware	75
10.4	Datengrundlage	76
10.4.1	DHM25 (swisstopo)	76
10.4.2	VECTOR25 (swisstopo)	77
10.4.3	SWISSIMAGE (swisstopo)	79
10.4.4	PK25 (swisstopo)	79
10.4.5	GIS-Datenpool der Trägerschaft	80
10.5	Festlegung räumlicher Bezugseinheiten: Segmentierung	81
10.5.1	Wahrnehmungsebenen	81
10.5.2	Herleitung der Untersuchungslevels	82
10.5.3	Multiskalare Segmentierung	84
10.5.4	Glättung der Grenzverläufe	87

10.6	Herleitung und Parametrisierung von Präferenzprädiktoren	89
10.6.1	KOHÄRENZ – Gleichmässigkeit	92
10.6.2	KOHÄRENZ – Authentizität	93
10.6.3	KOHÄRENZ – Zerschneidungsgrad	94
10.6.4	LESBARKEIT – Natürlichkeitsgrad	97
10.6.5	LESBARKEIT – Leitstrukturen	98
10.6.6	LESBARKEIT – Aussicht.....	99
10.6.7	KOMPLEXITÄT – Reliefausprägung.....	100
10.6.8	KOMPLEXITÄT – Flächenform.....	101
10.6.9	KOMPLEXITÄT – Diversität.....	102
10.6.10	MYSTERIOSITÄT – Tiefenstaffelung.....	102
10.6.11	MYSTERIOSITÄT – Teiltransparenz.....	106
10.6.12	MYSTERIOSITÄT – Begehbarkeit	106
10.7	Multivariate Analyse	109
10.8	Prototyping weiterer Indikatoren.....	109
10.8.1	Siedlungsstruktur.....	109
10.8.2	Sichtbare Gletscherflächen (Faszination)	110

TEIL III: AUSWERTUNGEN

11	Ergebnisse	113
11.1	Indikatorbezogene Auswertungen	113
11.2	Korrelationsanalyse der Parameterausprägungen.....	123
11.3	Multivariate Auswertung: Clusteranalyse.....	123
11.4	Klassifikation der Clusterergebnisse.....	124
11.5	Theoriegeleitete Rangierung	125
11.6	Vergleich Welterbe-Perimeter – Welterbe-Region	130
12	Diskussion der Ergebnisse und Überprüfung der Hypothesen	133
12.1	Theoretische & Methodische Aspekte	133
12.2	Interpretation der Rangierung.....	137
12.3	Prototyp-Indikatoren.....	140
12.4	Hypothese _M : Messbarkeit des landschaftsästhetischen Potenzials	142
12.5	Hypothese _D : Diskretisierung des Landschaftskontinuums	142
12.6	Hypothese _P : Praktikabilität und Zweckmässigkeit.....	143
13	Schlussfolgerungen und Ausblick	145
	Literaturverzeichnis	149

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1:	Grosser Aletschgletscher um 1900	17
Abbildung 1.2:	Grosser Aletschgletscher im Jahr 2005.....	17
Abbildung 2.1:	Blick auf Eiger, Mönch und Jungfrau.....	21
Abbildung 2.2:	Blick ins Lauterbrunnental	22
Abbildung 3.1:	Lösungsansatz im Überblick	28
Abbildung 4.1:	Blick auf die Jungfrau	32
Abbildung 4.2:	Übersichtskarte des UNESCO Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn	34
Abbildung 5.1:	Pressure-State-Response (PSR) Model	38
Abbildung 6.1:	Blick auf Oeschinensee und Fründenhorn	46
Abbildung 6.2:	Objekt-Subjekt-Modell der Wahrnehmung	48
Abbildung 6.3:	Landschaftspräferenz proport. zum Volumen der umgekehrten Pyramide.....	54
Abbildung 6.4:	Weiterentwicklung der Präferenzmatrix zum Prädiktorenmodell	57
Abbildung 7.1:	Anwendung von Landschaftsstrukturmassen	60
Abbildung 7.2:	Drei Ebenen der raumstrukturellen Analyse	61
Abbildung 8.1:	Patch-Hierarchie über mehrere Levels.....	67
Abbildung 8.2:	Hierarchie von Bildobjekten auf drei Stufen	68
Abbildung 8.3:	Ableitung einer Hierarchie von Bildobjekten	69
Abbildung 10.1:	Perspektivdarstellung von Finsteraarhorn, Eiger, Mönch und Jungfrau	77
Abbildung 10.2:	Ausschnitt aus VECTOR25 von Grindelwald	78
Abbildung 10.3:	Ausschnitt aus SWISSIMAGE von Grindelwald	79
Abbildung 10.4:	Ausschnitt aus PK25 von Grindelwald	80
Abbildung 10.5:	Dialogfenster zur multiskalaren Segmentierung	85
Abbildung 10.6:	Segmentierungsergebnis: das Untersuchungsgebiet in Level 0.....	87
Abbildung 10.7:	Drei unterschiedlich parametrisierte Glättungsversuche.....	88
Abbildung 10.8:	Drei unterschiedlich parametrisierte Glättungsversuche.....	88
Abbildung 10.9:	Modifiziertes Prädiktorenmodell für Untersuchungen in Welterbe-Region	90
Abbildung 10.10:	ArcGIS Modell zur Ermittlung der Beobachtungspunkte.....	100
Abbildung 10.11:	ArcGIS Modell zur Berechnung der realen Oberfläche.....	101
Abbildung 10.12:	Raumgliederung durch unterbrochene Sichtlinien	103
Abbildung 10.13:	ArcGIS Modell zur Ermittlung der Tiefenstaffelung	104
Abbildung 10.14:	Erfassung lokaler Horizonte mittels Viewshed und Lines of Sight	105
Abbildung 10.15:	Besuchertreppe am Oberen Grindelwaldgletscher	111
Abbildung 11.1:	Dendrogramm; Darstellung der Klassenabstände	126
Abbildung 11.2:	Das landschaftsästhetische Potenzial in der Welterbe-Region	127
Abbildung 11.3:	Lagevergleich zwischen Welterbe-Perimeter und Teilräumen.....	130
Abbildung 12.1:	Stark ausgeprägtes landschaftsästhetisches Potenzial im Lötschental.....	139
Abbildung 13.1:	Blick auf den Grossen Aletschgletscher.....	147

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Definition wesentlicher Begriffe.....	20
Tabelle 5.1:	Indikatorensysteme zur Nachhaltigen Entwicklung	40
Tabelle 5.2:	Vorschlag eines Indikatorensets betreffend „Landschaftsästhetik“	43
Tabelle 6.1:	Ansätze zur Erfassung des ästhetischen Potenzials der Landschaft.....	51
Tabelle 6.2:	Präferenzmatrix nach Kaplan & Kaplan.....	53
Tabelle 6.3:	Angewandten Arbeiten zum Themenkomplex Landschaftsästhetik.....	56
Tabelle 10.1:	Thematische Ebenen in VECTOR25.....	78
Tabelle 10.2:	Definitionen von Wahrnehmungsebenen und ihre Grössenordnung.....	82
Tabelle 10.3:	Übersicht der in dieser Arbeit verwendeten Untersuchungslevels	83
Tabelle 10.4:	Morphometrische Bänder als Inputdaten für die Segmentierung.	84
Tabelle 10.5:	Verwendetes Parameterset zur Herleitung der Raumeinheiten	86
Tabelle 10.6:	Übersicht zur Parametrisierung der Präferenzprädiktoren	91
Tabelle 10.7:	24 Bodenbedeckungskategorien aus VECTOR25	92
Tabelle 10.8:	Zusammenstellung der störenden Objekte.....	94
Tabelle 10.9:	Zusammenstellung aller Objekte anthropogenen Ursprungs	96
Tabelle 10.10:	Einstufung der Bodenbedeckungskategorien nach Hemerobiestufen.....	98
Tabelle 10.11:	Zusammenstellung aller Objekte mit Leitcharakter.....	99
Tabelle 10.12:	Zusammenstellung der teiltransparenten Vegetationsstrukturen	106
Tabelle 10.13:	Zusammenstellung aller von Strassenverkehr ungefährdeten Wegarten	107
Tabelle 10.14:	Einstufung der Bodenbedeckungskategorien nach ihrer Betretbarkeit	108
Tabelle 10.15:	Geländebedingte Einschränkung der generellen Betretbarkeit	109
Tabelle 11.1:	Rang-Korrelationskoeffizienten (Spearman) aller Parameterausprägungen.....	123
Tabelle 11.2:	Charakterisierung der Klassen anhand ihrer Parametermittelwerte.....	128
Tabelle 11.3:	Bezeichnung der Klassen und Beschreibung ihrer Merkmale.....	129
Tabelle 11.4:	Gruppenvergleich der Parameter nach Mann/Withney	131
Tabelle 12.1:	Verbesserungspotenzial bei der Parametrisierung der Prädiktoren	136
Tabelle 12.2:	Potenziell zu integrierende Indikatoren aus MONET und BDM.....	141

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
ALPARC	Netzwerk Alpiner Schutzgebiete
ANETZ	Automatisches Messnetz von MeteoSchweiz
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung (Schweiz)
BAFU	Bundesamt für Umwelt (Schweiz)
BDM	Biodiversitäts-Monitoring Schweiz
BFS	Bundesamt für Statistik (Schweiz)
BLW	Bundesamt für Landwirtschaft (Schweiz)
CSD	Commission on Sustainable Development, United Nations
DPSIR	Driving Force – Pressure – State – Impact – Response Model
EEA	European Environment Agency
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
FFH	Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie ist eine Naturschutz-Richtlinie der Europäischen Union. Sie ist gemeinsam mit der Vogelschutzrichtlinie im Wesentlichen die Umsetzung der Berner Konvention die man Natura 2000 nennt.
IUCN	International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources; seit ca. 1990 bekannt als World Conservation Union
JAB	Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn
MONET	Monitoring der nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe; BAFU
NABO	Nationale Bodenbeobachtung, BAFU & BLW
NFP	Nationales Forschungsprogramm (Schweiz)
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
PSR	Pressure – State – Response Model
swisstopo	Bundesamt für Landestopografie (Schweiz)

TEIL I: EINLEITUNG

1 Motivation

“Alpen ohne Gletscher – ja und?” Mit diesem Titel berichtet die Tageszeitung “Der Bund” am 24. Februar 2007 von einer Fachtagung zu den Folgen des Klimawandels. Der Titel vereint Fest- und Fragestellung; er bringt auf den Punkt, womit sich diese Arbeit zu beschäftigen hat.

Mit einem Vergletscherungsanteil von rund 40% kommt dem Klimawandel in dem von der UNESCO als Welterbe ausgezeichneten Gebiet um Jungfrau, Aletsch und Bietschhorn eine zentrale Bedeutung zu. “Die Gletscher schmelzen, den Alpen kommt die vertraute Eiskappe abhanden. Dies wühlt nicht nur emotional auf, es ist ein sichtbares Zeichen dafür, dass die Bergwelt aus dem Lot zu geraten droht”; dies der weitere Kommentar im erwähnten Zeitungsartikel. Dass das Ausmass und die Dynamik der ablaufenden Prozesse weit jenseits historischer Erfahrung liegt, weist auch der kürzlich publizierte Working Group II Report “Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability” des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change 2007, S. 9) hin und prognostiziert anhaltenden Gletscherschwund, abnehmende Schneebedeckung sowie erheblichen Rückgang der Artenvielfalt. Vergewärtigt man sich ausserdem den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wandel so wird klar, dass in der Welterbe-Region nicht nur die Gletscher einer schwierigen Zukunft entgegenschwitzen, sondern der Raum als Ganzes – u.a. in Zusammenhang mit der traditionellen Kulturlandschaft – unter zunehmenden Druck gerät.



Abbildung 1.1: Grosser Aletschgletscher um 1900;
© Sammlung Schweizerisches Alpines Museum Bern.



Abbildung 1.2: Grosser Aletschgletscher im Jahr 2005; © Gesellschaft für ökologische Forschung/Sylvia Hamberger.

Die Anerkennung als Welterbe verpflichtet dessen Trägerschaft, gegenüber des UNESCO Welterbe-Komitees regelmässig Bericht über den Zustand der Alleinstellungsmerkmale (engl. *universal outstanding values*) zu erstatten. Die oben angesprochenen Emotionen, die angesichts der schmelzenden Gletscher und vermutlich auch aufgrund des schleichenden Verlusts der traditionellen Kulturlandschaft hochkommen, stehen in enger Verbindung mit der aussergewöhnlichen natürlichen Schönheit und ästhetischen Bedeutung des Gebiets. Schönheit und ästhetische Bedeutung ist eines der ausschlaggebenden Kriterien für die Nomination seitens UNESCO. Die Trägerschaft sieht sich diesbezüglich mit der Frage konfrontiert, auf welche Art und Weise die landschaftliche Schönheit überwacht und die sie vermindernenden Veränderungen erfasst werden können.

Dies ist eine verfolgenswerte Fragestellung, zumal in bestehenden Monitoringsystemen diesem Aspekt bislang wenig bis gar keine Beachtung geschenkt worden ist. Noch reizvoller er-

scheint die Frage vor dem Hintergrund, dass bei deren Beantwortung nicht bloss nüchterne Daten, sondern immer auch Emotionen, Erfahrungen und Werthaltungen ins Spiel kommen. Da der Trägerschaft nur knappe Finanz- und Personalressourcen zur Verfügung stehen, sind allgemein zur Implementierung von Monitoringaktivitäten Methoden zu bevorzugen, die sowohl eine hohe Effizienz, Praktikabilität als auch Nachvollziehbarkeit gewährleisten. Geografische Informationssysteme werden vielen dieser Anforderungen gerecht – ob sie auch Emotionen zu modellieren vermögen, bleibt abzuklären. In Anbetracht der zunehmenden Koordinationsbemühungen¹ innerhalb des Netzwerks Alpiner Schutzgebiete (ALPARC²) sowie innerhalb des Schweizerischen Parknetzwerks für die Anwendung Geografischer Informationssysteme spricht einiges dafür, die Berichterstattung zuhanden des UNESCO Welterbe-Komitees mit Methoden der Geoinformatik zu untermauern.

“Alpen ohne Gletscher – ja und?” Die Feststellung, dass die Gletscher schwinden, muss fortlaufende Untersuchungen über die Prozessdynamik nach sich ziehen; die Gletscher stehen dabei stellvertretend für einen vielschichtigen Landschaftswandel. Die Frage, inwiefern dieses Szenario betroffen macht, sucht nach mehr oder weniger beständigen Idealvorstellungen von Landschaft seitens der Betrachtenden. Beide Aspekte – objektive und subjektive – tragen dazu bei, den (Schönheits-)Wert und damit die Schutzwürdigkeit von Landschaft zu ermitteln. Die vorliegende Arbeit will dazu einen Beitrag leisten.

¹ vgl. http://www.nationalpark.ch/english/C_6_1.php (Mai 2007)

² Alparc: Netzwerk alpiner Schutzgebiete (<http://www.alparc.org>, Mai 2007)

2 Aufgabenstellung

Auf Antrag des Bundesrates³ hat das Welterbe-Komitee der UNESCO dem Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn (JAB) Gebiet am 13. Dez. 2001 den Titel eines Welterbes verliehen (Trägerschaft UNESCO Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn 2005, S. 5). Die Nomination zum ersten Weltnaturerbe im gesamten Alpenbogen bringt dem zu den Kantonen Bern und Wallis zählenden Gebiet neben dem hoch gepriesenen touristischen Vermarktungspotenzial in erster Linie grosse Verantwortung mit sich. Insbesondere gilt es die Herausforderung zu meistern, die geeignete Balance zwischen der Sicherung des Weltnaturerbes und Nutzungsinteressen zu finden.

Um dieser Verantwortung gerecht zu werden, hat sich die Trägerschaft UNESCO Weltnaturerbe JAB u.a. mit folgenden Hauptaufgaben auseinanderzusetzen:

Erarbeitung eines Managementplanes, der sowohl Ziele als auch Umsetzungsmassnahmen für die weitere Gebietsentwicklung enthält.

Entwicklung von Monitoring- und Controllinginstrumenten, welche diesen Umsetzungsprozess bezüglich Effizienz, Effektivität, Angemessenheit und Akzeptanz beurteilen helfen und damit eine Zielüberprüfung erlauben.

Während der Managementplan (Trägerschaft UNESCO Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn 2005) Ende 2005 abgeschlossen werden konnte, besteht bei der Entwicklung von Monitoring- und Controllinginstrumenten noch grosser Handlungsbedarf. Obschon die UNESCO mit den aus der Nominierung zum Welterbe verbundenen Reportingverpflichtungen einige Rahmenverbindungen festgelegt hat (vgl. Kapitel 2.3.3), ist die Trägerschaft in diesem Punkt mit einer komplexen Thematik konfrontiert.

Die grundlegende Aufgabe der vorliegenden Arbeit besteht darin, im Auftrag der Trägerschaft eine erste Annäherung an diese Thematik zu wagen. Die Auseinandersetzung mit den Nominationskriterien auf der einen Seite und dem angepeilten Umsetzungsprozess auf der anderen Seite soll dazu dienen, den Fokus für diese Arbeit festzulegen sowie konkrete Zielsetzungen und Forschungsfragen herzuleiten.

Es muss aber bereits an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass der Umfang dieser Arbeit nicht ausreichen wird, ein umfassendes Monitoring- und Controllingsystem konzipieren zu können. Vielmehr besteht die Absicht, anhand der gebietsspezifischen Anforderungen an diese Thematik, Forschungslücken zu orten und dafür innovative, praktikable Lösungsansätze anzubieten.

2.1 Definition wesentlicher Begriffe

Zur Erklärung der hier verwendeten, wichtigsten Begriffe werden in Tabelle 2.1 einige Zitate jener Autoren zusammengestellt, auf deren Studien sich diese Arbeit mehrheitlich bezieht. Auf den Landschaftsbegriff wird in Kapitel 6.1 speziell eingegangen.

³ Exekutivorgan der Schweizer Bundesregierung.

Tabelle 2.1: Definition wesentlicher Begriffe.

Begriff	Bedeutung
Ästhetik	In Anlehnung an den im angelsächsischen Raum verwendeten Begriff „ <i>aesthetics</i> “ wird in der vorliegenden Arbeit unter Ästhetik der Versuch verstanden, jene Kriterien zu erfassen, nach denen Menschen Dinge als „schön“ oder „hässlich“ beurteilen. Sie kann auch als Theorie der sinnlichen Wahrnehmung verstanden werden.
Landschaftsästhetik	„Die Landschaftsästhetik beschäftigt sich mit der Landschaft als Wahrnehmungsgegenstand, wobei zugleich die Beziehungen der Menschen zur Landschaft einbezogen werden“ (Gremminger et al., S. 16).
Landschaftspotenzial	Wird als Ausdruck der möglichen Leistungsfähigkeit bzw. Eignung einer Landschaft zur Erfüllung einer Funktion angesehen (aus: Augenstein 2002, S. 17).
Landschaftsästhetisches Potenzial	Bildet die Voraussetzung für die Informations- und Erholungsfunktion der Landschaft (aus: Augenstein 2002, S. 17).
Landschaftsbild	Es ist ein Landschaftspotenzial (und auch ein Schutzgut), das die Fähigkeit einer Landschaft beschreibt, sinnliches Erleben von Natur und Landschaft zu ermöglichen (aus: Augenstein 2002, S. 17). „Unter Landschaftsbild wird das gedanklich-emotional interpretierte Erscheinungsbild der Landschaft verstanden“ (Gremminger et al., S. 16). Durch den Landschaftsbeobachter gefiltertes Produkt des Landschaftserlebnisses (aus: Schüpbach 2000, S. 9).
Landschaftserlebnis	„Im persönlichen Erlebnis wird sie (die Landschaft, Anm. des Autors) für uns zum Erfahrungsraum. Dabei basiert das Landschaftserlebnis, [...], immer auch auf Empfindungen und Werten“ (Gremminger et al., S. 14).
Landschaftselement (Synonym: <i>Patch</i>)	Das kleinste, je nach Erfassungs- und Betrachtungsmaßstab als weitgehend homogen betrachtete Einzelelement der Landschaft (aus: Lang, Blaschke 2007, S. 105).
Landschaftsstruktur	„Landschaftsstruktur: Anzahl, Art und Anordnung einzelner Landschaftselemente“ (Walz 2004, S. 15).
Prädiktor	Der Begriff Prädiktor ist vergleichbar mit einem Indikator, er weist aber darauf, dass keine direkten Aussagen zum Zustand eines Phänomens gemacht werden, sondern dieser Zustand prognostiziert werden soll (aus: Augenstein 2002, S. 63).

2.2 UNESCO Nominationskriterien

Wie eingangs schon angetönt, stellt die anzustrebende Balance zwischen Schutzbemühungen und Nutzungsinteressen für das Management des Welterbe-Gebiets eine Herausforderung dar; entsprechend gilt es dieses Spannungsverhältnis in einem Monitoring- und Controlling-system abzubilden. Dazu muss geklärt werden, welche Werte respektive Gebietsmerkmale durch eine fehlgeleitete Entwicklung gefährdet würden und darum besondere Beachtung erfordern.

Im Papier zur technischen Evaluation der Welterbe Nomination JAB (IUCN - The World Conservation Union 2001) werden die Alleinstellungsmerkmale (engl. *outstanding universal value*)

des Gebiets aufgeführt und daraus geschlossen, welche der offiziellen Kriterien für die Aufnahme als Weltnaturerbe erfüllt werden. Allgemein haben sich potenzielle Kandidaten durch Erfüllen mindestens eines der folgenden vier Kriterien auszuzeichnen; gemäss Operational Guidelines (Nationales Forschungsprogramm 48 2005) müssen Naturgüter:

- „i: ausserordentliche Naturerscheinungen oder Gebiete von aussergewöhnlicher natürlicher Schönheit und ästhetischer Bedeutung darstellen oder
- ii: entweder aussergewöhnliche Beispiele bedeutender Abschnitte der Erdgeschichte samt Zeugnissen ihres Lebens, laufender geologischer Prozesse in der Entwicklung terrestrischer Formen oder geomorphologischer oder physiographischer Elemente von grosser Bedeutung sein oder
- iii: hervorragende Beispiele des ökologischen und biologischen Evolutionsprozesses und der Entwicklung von terrestrischen, Frischwasser-, Küsten- und marinen Ökosystemen sowie der Pflanzen- und Tiergemeinschaften liefern oder
- iv: die wichtigsten natürlichen Lebensräume zur Erhaltung der biologischen Vielfalt in situ enthalten, einschliesslich jener der bedrohten Arten, die aus wissenschaftlichen Gründen oder ihrer Erhaltung wegen von aussergewöhnlichem universellem Wert sind.“

Trotz Konkurrenz einer Vielzahl an Schutzgebieten und Reservaten im gesamten Alpenbogen erachtet die IUCN⁴ bei ihrer technischen Evaluation die Qualitäten des Gebiets-Perimeters⁵ als herausragend. Sie kommt zum Schluss, dass das Gebiet um Jungfrau Aletsch und Bietschhorn basierend auf den Kriterien (i), (ii) und (iii) als Weltnaturerbe ausgezeichnet wird.

Ohne auf die obigen Kriterien direkten Bezug zu nehmen, hebt sich gemäss IUCN das Gebiet neben der Bedeutung für die langjährige, wissenschaftliche Forschungstätigkeit hauptsächlich durch die folgenden vier Punkte von den übrigen Kandidaten ab:

„The scenic and aesthetic appeal of the JAB region is one of the most dramatic of the Alps, as evidenced by the long history of international visitation to the area: The impressive northern wall of the site with the panorama of the Eiger, Mönch and Jungfrau mountains provide a 25km long signature classic view of the north face of the High Alps.“ (IUCN - The World Conservation Union 2001, S. 49)



Abbildung 2.1: Blick auf Eiger, Mönch und Jungfrau (ZVG durch Trägerschaft UNESCO Welterbe).

⁴ IUCN: The World Conservation Union (<http://www.iucn.org>).

⁵ Zur Klärung der Begriffe Gebiets-Perimeter und Welterbe-Region siehe Kapitel 2.

„Glaciation within the JAB region is the most extensive in the Alps. The Aletsch is the largest glacier in Europe in terms of area (128km²), length (23km), and depth (900m). [...] Along with the extensive glacial cover of the area, an exceptionally wide suite of glacial features also occurs.“ (IUCN - The World Conservation Union 2001, S. 49)

„The extensive glaciation and rugged topography found in the JAB region as well as protection measures which date back to 1933 have resulted in it being one of the most (if not the most) undisturbed natural areas in the Alps.“ (IUCN - The World Conservation Union 2001, S. 49–50)

„The JAB region, while predominantly natural, is surrounded by outstanding historical monuments and a harmonious cultural landscape.“ (IUCN - The World Conservation Union 2001, S. 51)



Abbildung 2.2: Blick ins Lauterbrunnental (ZVG durch Trägerschaft UNESCO Welterbe).

Diese vier Punkte stellen zentrale Werte dar, und verdienen bei den folgenden Untersuchungen besondere Beachtung.

2.3 Managementplan

Den Operational Guidelines (UNESCO World Heritage Centre 2005, S. 20) ist weiter zu entnehmen, dass einem kriterienkonformen Gebiet ein herausragender universaler Wert erst dann attestiert wird, wenn auch die Bedingungen bezüglich Integrität erfüllt werden und ein adäquates Managementsystem zur Sicherung dieses universalen Werts vorliegt.

Damit wird gefordert, dass ein Gebiet respektive dessen Alleinstellungsmerkmale nicht durch eine unangepasste oder vernachlässigende Entwicklung beeinträchtigt werden. Alle Formen der Nutzung müssen sowohl ökologisch als auch kulturell nachhaltig ausgestaltet sein. Für den Fall des JAB wird in der technischen Evaluation (IUCN - The World Conservation Union 2001, S. 51) auf mögliche negative Beeinträchtigungen durch Beweidung, Forstwirtschaft und insbesondere Skitourismus aufmerksam gemacht. Abgesehen von den direkten, anthropogenen Einflüssen nennt das Papier auch den Klimawandel, welcher für augenfällige Veränderungen im Gebiet verantwortlich ist. Auch wenn der Gletscherschwund als anhaltender geomorphologischer Prozess angesehen werden kann (Kriterium ii), sind dessen Folgen sowohl aus ökologischer als auch landschaftsästhetischer Sicht als schwerwiegend einzustufen.

Eine umso gewichtigere Rolle kommt damit dem Managementplan zu, dessen formuliertes Ziel es ist, das einzigartige Weltnaturerbe langfristig zu sichern und in Bezug zur umgebenden Region in Wert zu setzen. Gemäss UNESCO Welterbe-Komitee obliegt es den jeweiligen Schutzgebietsverantwortlichen, entsprechende Planungsgrundlagen und -instrumente zu schaffen, wodurch ein effektives Gebietsmanagement im Sinne der Nominationskriterien gewährleistet wird. Diesem Anspruch ist die Trägerschaft mit der Lancierung eines partizipativen Prozesses zur Erarbeitung des Managementplans nachgekommen.

2.3.1 Zielsystem

Der Ende 2005 zu Handen des UNESCO Welterbe-Komitees eingereichte Managementplan dokumentiert ausführlich das innerhalb eines breit abgestützten Verhandlungs- und Abklärungsverfahrens erarbeitete Zielsystem sowie die zu dessen Umsetzung ausgehandelten Projektklinien – gegliedert nach den drei Aktionsbereichen Natur und Lebensraum, Wirtschaft und Kultur sowie Organisation und Kommunikation.

Es geht an dieser Stelle nicht darum, den Zielkatalog und die daran geknüpften Massnahmen in allen Einzelheiten wiederzugeben, allerdings soll durch Zitieren der erstgenannten, übergeordneten Zielsetzung erneut die Bedeutung landschaftlicher Qualität für das Gebiet verdeutlicht werden:

„Die *Vielfalt, Eigenart und Schönheit des Weltnaturerbes*, seine natürlichen und naturnahen Ökosysteme und Ökosystemkomplexe werden in ihrer gesamten Vielfalt für die heutige und für kommende Generationen bewahrt. Eine zurückhaltende, nachhaltige Nutzung und Entwicklung auch als Wirtschafts-, Kultur- und Erholungsraum ist damit in Einklang zu bringen.“ (Trägerschaft UNESCO Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn 2005, S. 47)

Diese Formulierung veranschaulicht zugleich das dem Gebiet innewohnende Spannungsfeld – das Nebeneinander von Schutzbemühungen und Nutzungsinteressen.

2.3.2 Spannungsfeld Schutz versus Nutzung

Die Herausforderung liegt insbesondere darin, mit der Bevölkerung wirtschaftliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen zu erarbeiten, die es ermöglichen, die ökologische Stabilität und Vielfalt sowie die landschaftliche Schönheit des Perimeter-Gebiets verbunden mit der Bewirtschaftung der gesamten Welterbe-Region (siehe auch Kapitel 4) zu erhalten. Das *Spannungsfeld* zwischen faszinierenden Hochgebirgs- und Kulturlandschaften stellt einen wesentlichen Wert der Welterbe-Region dar. Dabei spielt die sorgfältige Bewirtschaftung und Pflege durch den Menschen eine entscheidende Rolle, denn ohne diese wäre der Zustand der Kultur-

landschaft, die wir als „Kulturlandschaft von besonderer Schönheit und Vielfalt“ wahrnehmen, nicht stabil.

Das Ausräumen zwischen diesen beiden Polen, also dem Schutz und der Nutzung, wird durch die gebietseigene Dynamik zusätzlich erschwert: Weder die Natur- noch die Kulturlandschaft ist statisch. Im Managementplan (Trägerschaft UNESCO Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn 2005, S. 40–44) ist nachzulesen, dass vorrangig zwei Triebkräfte identifiziert werden können, die die Landschaftsqualität zu beeinträchtigen drohen:

Die erste ist in der Dynamik des Naturraums zu sehen; die daraus entstehenden Veränderungen – insbesondere der aktuelle Gletscherrückgang (siehe Kapitel 1) – hinterlassen Spuren, die nicht unbedingt zur Steigerung der Landschaftsqualität beitragen. Zwar können sich in den neu entstehenden Frei- und Lebensräumen neue Ökosysteme entwickeln und damit Nominierungskriterium (iii) zusätzlich bestärken, allerdings gehen vom Gletscherschwund neben dem Verlust von touristischen Attraktionen auch weiträumig wirksame Naturgefahren aus.

Die zweite Triebkraft kommt durch den Strukturwandel von einer bäuerlichen zu einer Dienstleistungsgesellschaft zum Ausdruck, also einem sozioökonomischen Phänomen. Brisant ist dabei, dass gerade die landwirtschaftlich geprägte Kulturlandschaft, die einen wichtigen Teil der Faszination der Welterbe-Region ausmacht, durch die Bautätigkeit, die Waldausdehnung und generell durch die Banalisierung der Landschaft stark unter Druck gerät.

Solche im UNESCO Jargon als „*adverse effects*“ (UNESCO World Heritage Centre 2005, S. 22) betitelte Prozesse sind aufgrund ihrer potentiell wertvermindernden Eigenart als kritisch einzustufen. Der Landschaftswandel muss im Auge behalten werden, denn nur das Nebeneinander bzw. der Kontrast von Natur- und Kulturlandschaften trägt zu einer nachhaltigen Regionalentwicklung bei.

2.3.3 Monitoring & Controlling

Monitoring- und Controllinginstrumente sind demnach erforderlich, um die Wirksamkeit des angepeilten Umsetzungsprozesses wie auch potenzielle Veränderungen an der natürlichen Umwelt, im sozialen und wirtschaftlichen Bereich erkennen und einschätzen zu können. Dieser allgemeinen Feststellung wird durch die Operational Guidelines der UNESCO Nachdruck verliehen: Einerseits wird in einem vollständigen Kandidaturdossier eine Auflistung jener Schlüsselindikatoren erwartet, die den Schutzstatus sowie Einflüsse darauf zu überwachen helfen (UNESCO World Heritage Centre 2005, S. 32). Andererseits wird im Rahmen des sogenannten „*Periodic Reporting*“ alle sechs Jahre ein Bericht angefordert, worin u.a. aufgezeigt werden muss, inwiefern die Alleinstellungsmerkmale (engl. *outstanding universal values*) des Gebiets langfristig gewahrt werden können (UNESCO World Heritage Centre 2005, S. 63).

Für den Umsetzungsprozess des Managementplans innerhalb der Welterbe-Region sind Monitoring- und Controllingaufgaben zudem die Basis für eine generelle Zielüberprüfung. Die beabsichtigte Wirkung der im Managementplan formulierten Umsetzungsmassnahmen ist zweistufig: In erster Linie soll auf das im Welterbe wirksame Handeln der verschiedenen Akteurguppen (z.B. Tourismus, Forst- und Landwirtschaft) Einfluss genommen werden, woraus in zweiter Linie eine insgesamt verstärkt nachhaltige Regionalentwicklung resultieren soll. Während dem Monitoring im Besonderen die Aufgabe zufällt, die Alleinstellungsmerkmale zu überwachen und daneben weitere Gebeitsgrößen zu erfassen, ist es der Auftrag des Controllings, die Resultate aus den Überwachungsprogrammen und von Umsetzungsmassnahmen anhand

von Schwell- und Grenzwerten zu bewerten und einzuordnen. Erst auf Basis dieser Erkenntnisse lässt sich überprüfen, ob die im Managementplan definierten Ziele und Umsetzungsmassnahmen geeignet sind, die Werte und Potenziale des Gebiets langfristig zu sichern.

Zusätzlich ergibt sich durch die Beteiligung von 26 Gemeinden aus zwei Kantonen eine vielschichtige politisch-administrative und rechtliche Situation der Welterbe-Region (Wallner et al. 2007, S. 19). Die gleichzeitige Berücksichtigung zahlreicher Schutzbestimmungen auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene macht die Umsetzung eines Monitoring- und Controllingsystem insgesamt zu einer anspruchsvollen Angelegenheit.

2.4 Fokus Landschaftsästhetik

Wie zu Beginn dieses Kapitels erklärt, vermag diese Arbeit kein umfassendes Monitoring- und Controllingsystem zu konzipieren. Die Ableitung eines kompletten Indikatorensets mitsamt zugehörigen Schwell- und Grenzwerten zur Überwachung einer nachhaltigen Regionalentwicklung wird folglich längere Zeit in Anspruch nehmen, respektive muss schon nur aus Ressourcengründen mit den in Ausarbeitung stehenden Ansätzen auf Bundes- und Kantonebene koordiniert werden (vgl. Kapitel 5).

Die Auseinandersetzung mit den Nominationskriterien sowie mit den Inhalten des Managementplans verdeutlicht indessen die hervorstechende Bedeutung der landschaftlichen Schönheit. „*Areas of exceptional natural beauty and aesthetic importance*“ bilden gemäss dem Papier zur technischen Evaluation (IUCN - The World Conservation Union 2001, S. 52) eines der Hauptpotenziale des Gebietes. Insofern erlangt aus Sicht dieser Arbeit die Identifizierung und Messung von Landschaftsästhetik besondere Relevanz.

Derselben Ansicht sind auch Experten von ALPARC; in einem Papier, das eine Diskussionsbasis für die Aufarbeitung zukünftiger Welterbe-Nominationsdossiers bietet, stellen sie folgendes fest: „*Natural beauty and aesthetic importance: it is not easily measured by quantitative data. Often, it is assessed by experts who base themselves on several qualitative arguments. [...] A set of indicators on exceptional landscape beauty would be useful to standardise these comparisons and IUCN has already proposed to develop such a guide*“ (Ossola, Taberlet 2006, S. 9). Der erwähnte Vorschlag seitens IUCN ist bis dato bloss Absicht geblieben; auch wird sich zeigen (Kapitel 5), dass bestehende Monitoringsysteme das Thema Landschaftsästhetik – wenn überhaupt – nur untergeordnet bearbeiten. Dies deckt sich mit einem Befund von D. Schupp (zitiert in: Lang, Blaschke 2007, S. 315), wonach die Quantifizierung von Natur und Landschaft allgemein als besonders schwierig gilt, so dass die Naturschutzindikatoren – worunter auch Indikatoren zur Landschaftsästhetik subsummiert werden können (Anm. des Autors) – unter den Umweltindikatoren in früheren Indikatorensystemen vernachlässigt wurden.

Dies ist Anlass genug, mit der vorliegenden Arbeit an dieser Stelle anzusetzen. Insbesondere sollen bei der Erarbeitung eines Lösungsansatzes Methoden der Geoinformatik ins Zentrum gerückt werden: Dadurch wird der explizite Raumbezug von Ergebnissen und somit deren Vergleichbarkeit in nachfolgenden Überwachungszyklen gewährleistet. Ferner handelt es sich um ein Werkzeugset, das effiziente und nachvollziehbare Arbeit ermöglicht. Der Stellenwert dieser Objektivität gegenüber der einer Landschaftswahrnehmung innewohnenden Subjektivität gilt es in der theoretischen Aufarbeitung zu klären (vgl. Kapitel 5).

2.5 Zusammenfassung

Die Ausgangslage respektive der Rahmen dieser Arbeit orientiert sich an folgenden Eckpunkten:

- *Nomination zum UNESCO Welterbe*: Qualitäten wie die landschaftliche Schönheit, die grossflächige Vergletscherung, die Unberührtheit sowie die dazu kontrastierenden, harmonischen Kulturlandschaften erfahren herausragende, universale Wertschätzung.
- *Managementplan*: In den übergeordneten Zielsetzungen werden die landschaftlichen Qualitäten aufgenommen sowie das Spannungsverhältnis zwischen Schutzbestrebungen und Nutzungsinteressen angesprochen. Damit wird gleichzeitig der Bedarf nach Überwachungsinstrumenten aufgezeigt, welche helfen, die langfristige Wertsicherung zu garantieren.
- *Landschaftsästhetik*: Das für das Welterbe bedeutende Thema Landschaftsästhetik erfordert dessen Quantifizierung, um dieses in (bestehende) Monitoringsystemene integrieren zu können.

Damit ist die Ausgangslage geschaffen, um für die vorliegende Arbeit konkrete Ziele formulieren zu können. Entsprechende Forschungsfragen und Hypothesen werden nach Aufarbeitung der für die betroffenen Themenbereiche relevanten Literatur aufgestellt (vgl. Kapitel 9).

3 Anspruch und Abgrenzung dieser Arbeit

3.1 Übergeordnetes Ziel

Die Arbeit hat den Anspruch, einen wichtigen Grundbaustein zur Überwachung des UNESCO WeltNaturerbe JAB beizusteuern und auf diese Weise die Sicherung der ausgewiesenen Werte sowie eine nachhaltige Regionalentwicklung respektive daraufhin zielende Ansätze zu unterstützen.

3.2 Untergeordnete Ziele

Im Rahmen der übergeordneten Zielsetzung finden die beiden folgenden Aspekte primäre Aufmerksamkeit:

Quantifizierung von Landschaftsästhetik: Der Lücke in bestehenden Monitoring- und Controllingssystemen hinsichtlich Identifizierung und Messung des landschaftsästhetischen Potentials soll ein Lösungsansatz gegenübergestellt werden. Schnittstellen sowie Gemeinsamkeiten zu bestehenden Ansätzen werden geortet und aufgezeigt.

Praxistauglichkeit und die Rolle der Geoinformatik: Der zu entwickelnde Lösungsansatz muss den limitierten Ressourcen seitens der Trägerschaft Rechnung tragen. Insofern wird beabsichtigt, Analysen weitestgehend mit bestehendem Datenmaterial zu bewerkstelligen. In gleicher Weise soll veranschaulicht werden, wie mittels Geographischer Informationssysteme räumliche Fragestellungen effizient und nachvollziehbar beantwortet werden können.

3.3 Herangehensweise und Gliederung der Arbeit

Nachdem in Teil I bereits die Aufgabenstellung sowie die Zielsetzungen dargelegt worden sind, erhält der Einleitungsteil mit der Charakterisierung der Welterbe-Region (Kapitel 4) einen weiteren Schwerpunkt. Dabei werden jene Besonderheiten des Natur- und Kulturräumens aufgezeigt, die für die Erarbeitung respektive Anpassung des Lösungsansatzes von Bedeutung sind. In Anbetracht der unter 3.1 genannten Zielsetzung sowie der dargelegten Aufgabenstellung (Kapitel 2) kristallisieren sich für die theoretische und methodische Aufarbeitung des Lösungsansatzes in Teil II folgende Schwerpunkte heraus:

Übersicht Monitoringansätze: Ausgewählte Ansätze sollen hinsichtlich der Instrumentalisierung von landschaftsrelevanten Phänomenen und Landschaftsästhetik im Speziellen beleuchtet und potenzielle Schnittstellen hervorgehoben werden.

Grundlagen zur Landschaftsästhetik: Dem Themenkomplex rund um die Fragen der Wahrnehmung von landschaftlicher Schönheit, der impliziten Subjektivität ästhetischen Empfindens, der Möglichkeiten zur Messung und Quantifizierung gebührt eine ausführliche Auseinandersetzung. Das Prädiktorenmodell nach Isabel Augenstein (2002) bildet für die Umsetzung die Grundlage.

Ansatz der quantitativen Landschaftsökologie: Auf den landschaftsstrukturellen Ansatz als Teilgebiet der Landschaftsökologie wird angesichts seines grossen Potentials bei der Beobachtung und Messung von raumstrukturellen Gegebenheiten eingegangen.

Diskretisierung des Raums: Die interessierenden Prozesse und Phänomene wirken und offenbaren sich auf spezifischen Massstabsebenen; entsprechend wichtig ist die adäquate Untergliederung des Untersuchungsgebiets.

Basierend auf den bereits erarbeiteten Erkenntnissen werden die konkreten Forschungsfragen formuliert. Die Operationalisierung des Lösungsansatzes bildet im Anschluss daran das Kernstück der Arbeit. Neben den zu treffenden Annahmen bezüglich des Landschaftserlebens, der Evaluation von einzusetzenden (Geo-)Datengrundlagen sowie der Definition von räumlichen Bezugseinheiten gehört insbesondere die Parametrisierung der Präferenzprädiktoren dazu. Deren Herleitung und Berechnung wird dokumentiert, so dass die Nachvollziehbarkeit gewährleistet ist. In Teil III folgt die Präsentation der gewonnenen Ergebnisse. Auf der einen Seite geht es darum, die Aussagekraft und Eignung der einzelnen Parameter und Indikatoren im Rahmen eines für das Welterbe zugeschnitten Monitoringsystems aufzuzeigen. Auf der anderen Seite zielt die Diskussion auf die Beantwortung der weiter hinten gestellten Forschungsfragen und damit auf die Interpretation des angewandten Prädiktorenmodells. Die so zu einer Synthese aggregierten Resultate identifizieren das landschaftsästhetische Potenzial der Welterbe-Region und machen dieses räumlich explizit.

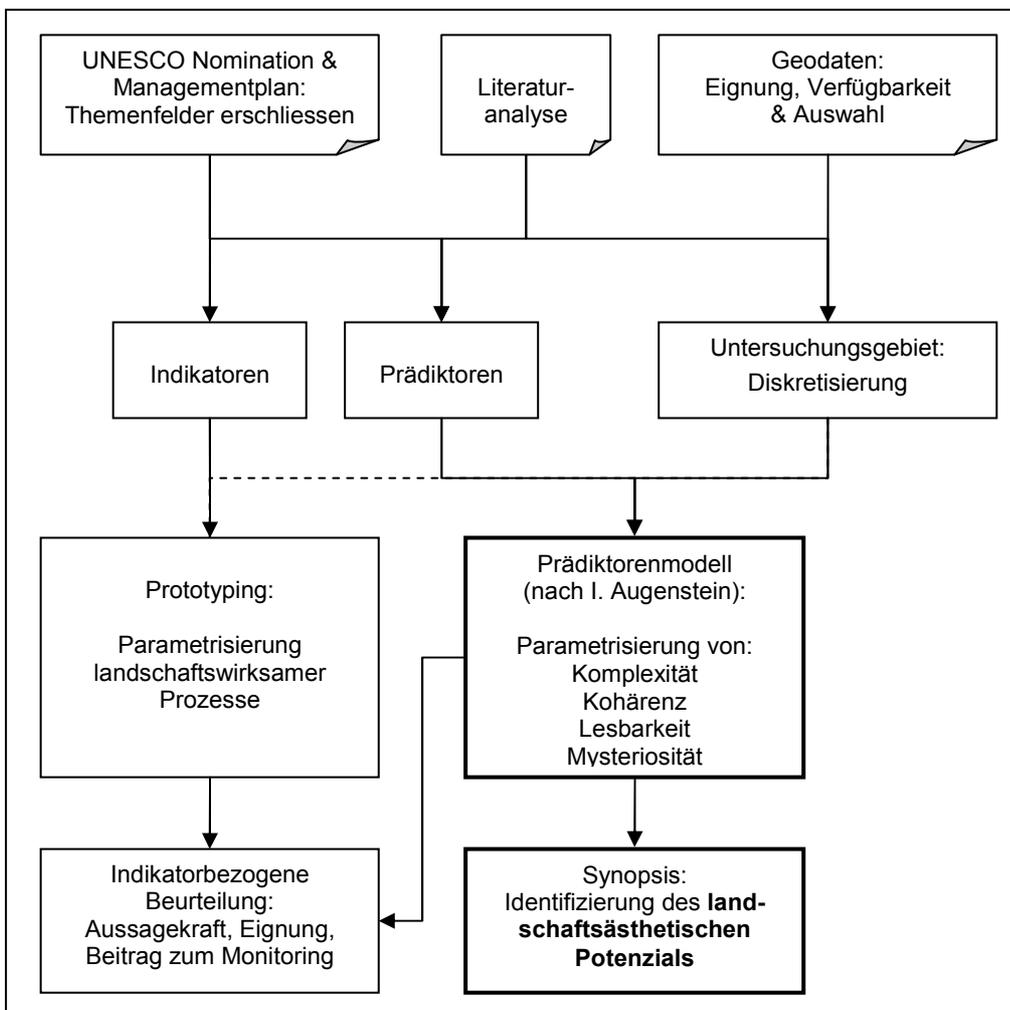


Abbildung 3.1: Lösungsansatz im Überblick.

Eine kritische Diskussion der eingesetzten Methoden sowie ein Ausblick auf deren potenzielle Weiterentwicklung runden diese Arbeit ab.

Abbildung 3.1 illustriert die Arbeitsschritte des Lösungsansatzes schematisch in ihrer Abhängigkeit; insgesamt bildet die auf die Welterbe-Region zugeschnittene Parametrisierung des Prädiktorenmodells nach I. Augenstein (2002) das Herzstück des Lösungsansatzes.

3.4 Nichtbehandelte Themen

Zwecks Abgrenzung dieser Arbeit sollen jene Themen aufgelistet werden, die im Rahmen der Untersuchung zwar angesprochen, aus Gründen des Umfangs aber nicht behandelt werden können; dazu zählen:

Über den Aspekt der Landschaftsästhetik hinausreichende Inhalte eines Monitoringsystems, die für das Welterbe JAB respektive dessen nachhaltige Entwicklung von ebenbürtigem Interesse sind.

Definition von Schwell- und Grenzwerten, welche eine inhaltliche Bewertung der erfassten Indikatoren hinsichtlich dem Status einer nachhaltigen Entwicklung erlauben würde. Diese Werte müssen vielmehr in einer politischen, wissenschaftlich fundierten Diskussion vor Ort eruiert werden.

Ermittlung von Präferenzen bezüglich der visuellen Wahrnehmung von landschaftlicher Schönheit von Einheimischen sowie Reisenden in der Region. Regional verankerte sowie individuelle Besonderheiten können somit nicht berücksichtigt werden.

Anwendung des Lösungsansatzes in einem weiteren Testgebiet zu Vergleichszwecken. Die im Welterbe JAB gewonnenen Ergebnisse können daher nur relativ zueinander beurteilt werden, nicht jedoch anhand eines absoluten Massstabs.

Anwendung des Lösungsansatzes basierend auf Daten eines anderen Zeitstandes zu Vergleichszwecken. Die Eignung der eingesetzten Indikatoren im Rahmen von Zeitreihen kann hiermit noch nicht bewiesen werden; insbesondere ist deren Sensitivität auf geringe Änderungen zu überprüfen.

3.5 Publikum

Der Anstoss für diese Untersuchung entstammt primär der Trägerschaft des Welterbe JAB, zusammen mit der für die wissenschaftliche Betreuung designierten Stelle⁶.

Die Sprache und fachliche Tiefe richtet sich daher in erster Linie an ein wissenschaftliches Publikum sowie an weitere Interessierte innerhalb der involvierten Verwaltungsstellen sowie an thematisch nahestehende Fach- und Koordinationsgremien auf nationaler und internationaler Ebene.

⁶ Das Mandat für die wissenschaftliche Betreuung des JAB liegt bei Prof. Dr. Urs Wiesmann, Centre for Development and Environment (CDE), Universität Bern.

4 Untersuchungsraum

“Kein Gebilde der Natur, das ich jemals sah, ist vergleichbar mit der Erhabenheit jener überwältigenden Bergmauer, die, scheinbar in der Luft schwebend, sich dem entzückten Auge in Lauterbrunnen und Grindelwald zeigt. Die Hügel zu ihren Füßen, stehen in einem höchst wirkungsvollen Gegensatz zur ernsten Grossartigkeit dieser Berge. Im ganzen Bereich der Alpen gibt es keinen Eisstrom, der den Adel des Aletschgletschers erreicht, wie er in einer königlichen Kurve sich herabschwingt von der Kammhöhe des Gebirges in die Wälder des Rhonetales. Und kein anderer Berg, keine der Nadeln der Montblanc-Gruppe noch selbst das Matterhorn besitzt eine schönere Linie als der Eiger, der wie ein Ungeheuer sich gen Himmel reckt.”

Leslie Stephen, Erstbegeher von Bietschhorn, Blüemlisalphorn, Schreckhorn und Zinalrothorn sowie der Übergänge Jungfraujoche, Eigerjoch und Fiescherjoch
Quelle: Der Spielplatz Europas 1942
(Original: STEPHEN, LESLIE 1871: The playground of Europe)

Die Einführung in den Untersuchungsraum stammt aus dem Einleitungskapitel des kürzlich erschienenen Titels “Welt der Alpen – Erbe der Welt” (Wallner et al. 2007); der Autor wie auch der Auftraggeber (Trägerschaft) sind der Ansicht, dass die ursprünglich für den Managementplan aufbereiteten Fachbeiträge an dieser Stelle zitiert werden sollen.

4.1 Eine grossartige Landschaft...

Eingebettet zwischen dem Rhonetal im Süden, dem Lötschberg im Westen, der Grimsel im Osten sowie dem Nordrand der Berner Hochalpen erstreckt sich rund um den Grossen Aletschgletscher eine wenig berührte Hochgebirgslandschaft aus Eis und Schnee von aussergewöhnlicher Schönheit: das UNESCO Welterbe „Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn“ in den Schweizer Hochalpen. Dieses Gebiet ist seit langem für sein ausserordentliches, spektakuläres und natürliches Landschaftsbild bekannt. Wie beeindruckend diese Landschaft auf einen Betrachter wirkt, zeigt sich im Zitat von Leslie Stephens, der bereits 1871 das Gebiet als erhaben und überwältigend bezeichnete. Diese Faszination basiert auf dem Kontrast zwischen der unwirtlichen, aber gleichzeitig beeindruckenden Hochgebirgslandschaft und der gepflegten, kleinräumigen Kulturlandschaft, die in unmittelbarer Nachbarschaft zu einander stehen. Seit dem ausgehenden 18. Jahrhundert hat diese Spannung zwischen Unzugänglichkeit und Lieblichkeit Poeten und Maler zu Kunstwerken inspiriert und Touristen aus aller Welt angezogen. Von Süden her betrachtet ist der Grosse Aletschgletscher, der grösste und längste Gletscher der Alpen, der Anziehungspunkt. Er hat Künstler und Wissenschaftler schon früh in seinen Bann gezogen und ist heute nicht nur bei den Glaziologen weltweit bekannt. Auf der Nordseite ist die Sicht auf die Gipfelkette vom Wetterhorn über Eiger, Mönch und Jungfrau bis zur Blüemlisalp eine der berühmtesten Gebirgsansichten der Welt. Diese „Skyline“ mit den eindrucksvollen Höhendifferenzen ist zum Postkartenbild der Schweiz geworden.

Die Region Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn ist ein herausragendes Zeugnis der alpinen Gebirgsbildung, geprägt von eiszeitlichen Gletschern. Die Höhenlage und der grosse Niederschlag im Hochgebirge führen zu einer starken Vergletscherung. Der Hochgebirgscharakter wird durch besonders eindrucksvolle Höhendifferenzen akzentuiert: Zwischen dem Gipfel der Jungfrau (4158 m ü.M.) und Stechelberg (910 m ü.M.) liegen auf nur 4.7 km Horizontaldistanz 3250 Höhenmeter. Am vielfältigen Formenschatz sind Spuren wichtiger geologischer und

geomorphologischer Prozesse ablesbar. Die enormen Höhendifferenzen und die grossen Unterschiede von Niederschlag und Temperatur auf kleinem Raum führen zu einer grossen Vielfalt von Lebensräumen, Vegetation und Fauna. Auf engem Raum sind hier die besten Voraussetzungen für eindrucksvolle Beispiele aktueller biologischer und ökologischer Entwicklungen gegeben, wie etwa Gletschervorfelder mit ihren verschiedenen Sukzessionsstadien. [...]

4.2 ... mit einzigartigem Hochgebirgscharakter...

Die Aufnahme in die Liste der Welterbe bezog sich im Jahr 2001 auf ein Gebiet von 539 km², an dem 15 Gemeinden Anteil hatten. Die IUCN empfahl bereits damals, das Gebiet auszuweiten. Erneute Diskussionen mit Gemeinden, Landeigentümern und Interessensverbänden führten dazu, dass ein Antrag für eine Erweiterung des Gebiets im Dezember 2005 beim UNESCO Welterbe-Komitee eingereicht werden konnte. Somit umfasst das Welterbe zukünftig eine Fläche von 824 km² (dies entspricht der Fläche des Kantons Jura), an der 18 Gemeinden auf Walliser und 8 Gemeinden auf Berner Seite beteiligt sind.



Abbildung 4.1: Blick auf die Jungfrau (ZVG durch Trägerschaft UNESCO Welterbe).

Entsprechend den erfüllten Kriterien für die Auszeichnung eines Welterbes besteht das Welterbe-Gebiet Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn hauptsächlich aus Naturlandschaften des Hochgebirges. 85 % der Fläche liegen auf einer Höhe von über 2000 m ü.M. Rund 50 Berggipfel sind höher als 3500 m, neun sogar höher als 4000 m. Der Anteil unproduktiver Vegetation und vegetationsloser Flächen beträgt fast 90 %. Die land- und forstwirtschaftliche Nutzung innerhalb des Perimeters beschränkt sich weitgehend auf die Randgebiete. Dieser Bereich trennt das eigentliche Naturerbe als schwer zugängliche, unproduktive, ursprüngliche Hochgebirgslandschaft von den anschliessenden Kulturlandschaften und Siedlungsgebieten mit Gewerbe

und Landwirtschaft, Zonen technischer Nutzung (z.B. Wasserkraftanlagen) und touristischen Einrichtungen (Seilbahnen, Hotellerie und Parahotellerie).

Das Welterbe-Gebiet zeichnet eine einzigartige Situation zwischen Bekanntheit und Unzugänglichkeit aus. „Eiger, Mönch & Jungfrau“, Eigernordwand, Jungfraujoch, Grosser Aletschgletscher, Lötschberg-Südrampe und Grimsel sind national und international bekannte Namen und Begriffe. Die Annäherung an das Gebiet ist über Strasse und Bahnen für jedermann möglich. Einige touristische Transportanlagen gewähren direkten Einblick ins Kerngebiet, so die Bahnen Oeschinensee, Gelmerbahn, Hockenhorn, Belalp, Bettmerhorn, Eggishorn, Wengernalp-Jungfraujoch. Die Bahn auf das Jungfraujoch und der Trümmelbachlift sind jedoch die einzigen touristischen Transportanlagen, die in das als Welterbe ausgewiesene Gebiet reichen. Direkten Zugang in das Welterbe-Gebiet gibt es somit bis auf einige Ausnahmen nur zu Fuss. Im Randbereich trifft man vor allem im Sommer viele Wanderer, während die hochalpine Region Bergsteigern und Tourenskifahrern vorbehalten ist. Diese erschwerte und selektive Zugänglichkeit dürfte auch in Zukunft einen wirksamen Schutz vor übermässiger Frequentierung und Belastung des Gebiets darstellen. [...]

4.3 ... und eingebettet in eine lebendige Region

Die Attraktivität der *Region* Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn ist nicht nur vom Hochgebirge und seinen eindrücklichen Naturlandschaften abhängig, sondern erhält ihre besondere Prägung vor allem durch den Kontrast mit den traditionellen Kulturlandschaften, die primär durch die jahrhundertelange landwirtschaftliche Nutzung und lokale Kultur beeinflusst sind. Somit bildet das erste UNESCO Welterbe der Alpen zusammen mit der umgebenden und kontrastierenden Kulturlandschaft eine vielseitige Lebenswelt in den Alpen.



Abbildung 4.2: Übersichtskarte des UNESCO Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn.

Die Fläche der Welterbe-Region entspricht mit 1629 km² etwa der doppelten Fläche des Welterbe-Gebiets (und ist somit flächenmässig so gross wie der Kanton Freiburg). Wirtschaftlich ist sie auf zwei regionalökonomische Zentren ausgerichtet: auf die hoch entwickelte Tourismusregion im östlichen Berner Oberland im Norden und auf den oberen Teil des Rhonetals im Süden, wo die traditionelle Landwirtschaft während der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts von einer industriellen und touristischen Entwicklung überlagert und zum Teil verdrängt wurde.

Ein grosser Teil der Wirtschaft und der rund 35'000 Einwohner der 26 Gemeinden der Welterbe-Region sind direkt oder indirekt mit dem Tourismus verbunden. Auch wenn der Grossteil des Gebietes innerhalb des Perimeters nicht direkt menschlicher Nutzung unterliegt, spielt das Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn eine wichtige Rolle als touristischer Attraktions- und Erholungsraum. Mit der Aufnahme in die Welterbeliste ist die Auflage verbunden, das Gebiet langfristig zu erhalten und einen ausreichenden Schutzstatus sicherzustellen. In Anbetracht der engen Verknüpfung von Welterbe und Umland ist es unumgänglich, bei der Planung der weiteren Entwicklung die ganze Region einzubeziehen. [...]

TEIL II: THEORIE UND METHODIK

5 Monitoring und Controlling

Anknüpfend an Kapitel 2.3.3 wird mit den nachstehenden Ausführungen aufgezeigt, in welchen konzeptionellen und inhaltlichen Rahmen ein aufzubauendes Monitoring- und Controllingssystem des JAB einzugliedern ist. Während Lang und Blaschke (2007, S. 310) unter dem englischen Begriff *Monitoring* Dauerbeobachtungen verstehen, die über eine längere Zeit verlaufen, also die in Zeitintervallen wiederkehrende Analyse (meist anhand von Indikatoren) der Veränderung eines Gebiets zur Einschätzung dessen Entwicklung meinen, wird der Begriff Controlling in diesem Kontext mit Erfolgskontrolle gleichgesetzt. Damit wird gemäss BAFU⁷ überprüft, ob die geplanten Änderungen in Natur und Landschaft erreicht wurden. Die Erfolgskontrolle dient der Überprüfung von Wirkung, Umsetzung und Verfahren eines Vorhabens; im Vordergrund steht dabei ein Soll-Ist-Vergleich.

Die beiden Funktionen bauen aufeinander auf; nur durch eine systematische und andauernde Sammlung von Grundlagedaten können Zustände verglichen und Änderungen wahrgenommen werden. Die Beurteilung von Veränderungen wiederum gibt Auskunft darüber, inwiefern konkrete Massnahmen erfolgreich umgesetzt wurden respektive wirksam waren oder ob sich Prozesse unabhängig davon fortsetzen.

5.1 Konzeptioneller Rahmen

Lange Zeit war die Umweltbeobachtung hauptsächlich medienbezogen, d.h. auf ein Umweltmedium (Wasser, Boden etc.) oder einen umweltrelevanten Sektor (Energie, Abfall etc.) fokussiert. Typische Beispiele hierfür in der Schweiz sind verschiedene Messnetze (NABEL, NABO, ANETZ etc.) sowie Inventare (Aueninventar, IVS etc.) und Rote Listen (z.B. Moose). Spätestens mit dem Umwelt- und Entwicklungsgipfel in Rio 1992 hat die Nachhaltigkeitsdiskussion Einzug gehalten und mit ihr vermehrt integrierte, umfassendere Ansätze von Umweltbeobachtung. Den in der damals verabschiedeten Agenda 21 formulierten Auftrag zur Entwicklung von Nachhaltigkeitsindikatoren griff die Kommission für Nachhaltige Entwicklung (engl. *Commission on Sustainable Development (CSD)*) auf (2001, S. 6). Dem Indikatorenkatalog der CSD liegt das international anerkannte Konzept der OECD für Umweltindikatoren zugrunde. Der sog. Pressure-State-Response (PSR) Ansatz (vgl. Abbildung 5.1) stellt einerseits eine Ordnungssystematik dar, andererseits – und dies ist entscheidend – hebt er die Ursache-Wirkungsbeziehungen hervor, in denen sich Umweltveränderungen abspielen.

⁷ vgl. <http://www.bafu.admin.ch/landschaft/00524/01676/01682/index.html?lang=de> (Mai 2007)

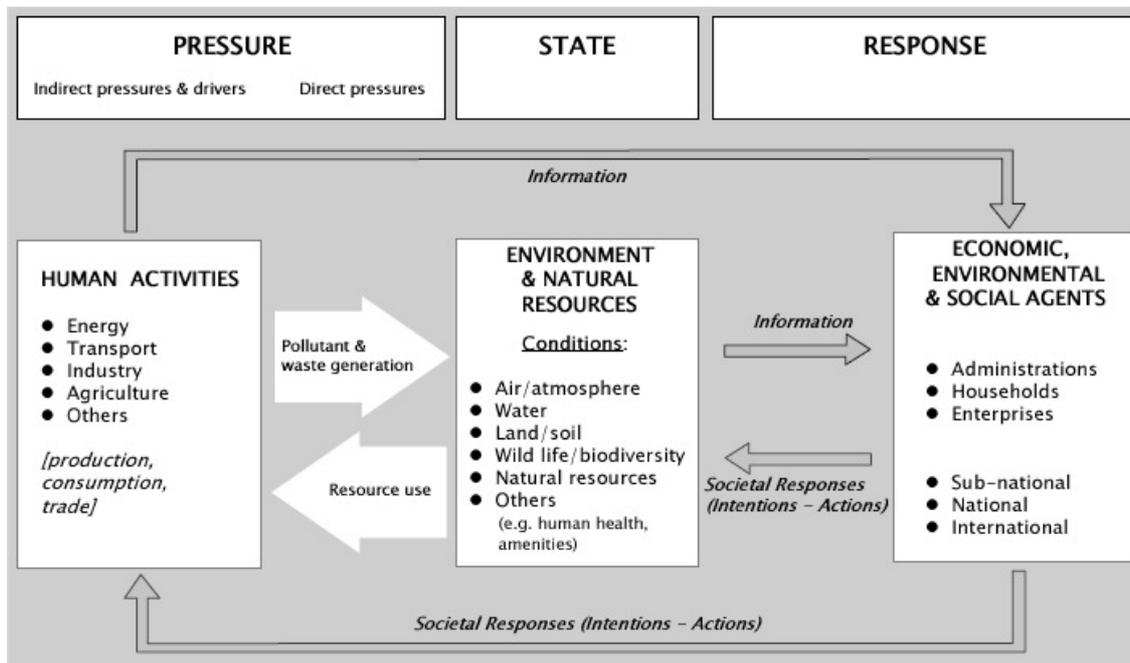


Abbildung 5.1: Pressure-State-Response (PSR) Model (Quelle: Linster 2003)

Obwohl dieser konzeptionelle Rahmen verschiedentlich angepasst und erweitert wurde – u.a. von der EEA⁸ zum DPSIR (Driving force – Pressure – State – Impact – Response Model) – stellt er für viele internationale und nationale Indikatorsysteme die Grundlage dar. Diese geschlossene kausale Kette von Einflussgrößen betont die vielfältigen Verknüpfungen von ökologischen, ökonomischen sowie gesellschaftlichen Sachverhalten und orientiert sich dabei am Informationsbedarf der Umweltpolitik; gleichzeitig eröffnet sich ein Weg, um Indikatoren aus allen relevanten Teilgebieten selektionieren zu können.

5.2 Indikatoren

Laut OECD (2003, S. 5) zeichnen sich Indikatoren durch zwei Hauptfunktionen aus:

Indikatoren reduzieren die Anzahl Messungen und Parameter, die für eine exakte Darstellung einer Situation normalerweise erforderlich wären; entsprechend ist der Detaillierungsgrad eines Indikatorensets limitiert.

Indikatoren vereinfachen die Kommunikation von Resultaten an Interessierte; dadurch genügen sie strikten, wissenschaftlichen Ansprüchen hinsichtlich der Darstellung von kausalen Ketten nicht immer vollständig.

Die wortgetreue Definition von Indikator lautet nach der OECD: „Indicator: a parameter, or a value derived from parameters, which points to, provides information about, describes the state of a phenomenon/environment/area, with a significance extending beyond that directly associated with a parameter value“ (Linster 2003, S. 5). Entsprechend dem oben dargestellten PSR-Modell können Belastungsindikatoren (Pressure), Zustandsindikatoren (State) und Massnahmeindikatoren (Response) unterschieden werden (weitere Kategorien bei Modellerweiterungen). Bei der Zusammenstellung eines Indikatorensets ist u.a. darauf zu achten, dass alle Modellbereiche gleichwertig miteinfließen. Überdies gelten folgende Anforderungen, die Indikatoren bestmöglich zu erfüllen haben und daher bei der Selektion eine Rolle spielen:

- Relevanz: Sie sind repräsentativ für einen bestimmten Sachverhalt;
- Nützlichkeit: Sie sind einfach interpretierbar, sensitiv und verfügen über einen zugehörigen Schwell-/Referenzwert;
- Analytische Stichhaltigkeit: Sie sind theoretisch fundiert und an Standards angelehnt;
- Messbarkeit: Daten zu deren Alimentierung sind in guter Qualität verfügbar und werden regelmässig nachgeführt.

Nicht zuletzt ist richtungsweisend, für welche Einheit, d.h. für welches Untersuchungsgebiet Indikatoren eine Aussage liefern. Wie Bock et al. (zitiert in Lang, Blaschke 2007, S. 316) feststellen, beruhen viele der von der OECD, der EEA oder EUROSTAT entwickelten Indikatoren explizit auf der Vergleichbarkeit von Werten, die auf Staaten oder andere administrative Einheiten aggregiert sind und sind deshalb nicht räumlich explizit. Gerade im Bereich von komplexen Mensch-Umweltbeziehungen sind die räumlichen Wirkungsradien von Prozessen und Phänomenen nicht immer eindeutig und in den wenigsten Fällen wohl kongruent mit administrativen Grenzen (vgl. auch Kapitel 8). Insofern ist stets abzuschätzen, ob bereits vorliegende, auf administrativen Einheiten basierende Daten die erhoffte Zeigerfunktion für das zu untersuchende Phänomen auszuüben vermögen.

5.3 Monitoring der Nachhaltigen Entwicklung

Der Antrieb für Umweltbeobachtung in der Schweiz entstammt nicht nur der bereits angesprochenen, seit Anfang der Neunzigerjahre laufenden Nachhaltigkeitsdebatte, sondern leitet sich ebenso aus einer Reihe von internationalen Verpflichtungen und Vertragswerken ab. In engerem Zusammenhang mit dem UNESCO Welterbe ist einerseits das Übereinkommen vom 23. November 1972 zum Schutz des Kultur- und Naturgutes der Welt⁹ zu erwähnen (UNESCO), andererseits sicherlich auch das etwas jüngere Übereinkommen vom 7. November 1991 zum Schutz der Alpen¹⁰, besser bekannt als Alpenkonvention. Ausserdem verlangen auch die Bundesverfassung¹¹, die Legislaturplanung 1999-2003 sowie die Strategie Nachhaltige Entwicklung 2002 des Bundesrats die Produktion geeigneter Indikatoren (Website MONET¹²).

Ebenso sind auf europäischer und globaler Ebene verschiedene Anstrengungen unternommen worden, um den Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung beobachten und beschreiben zu können. Den allermeisten Arbeiten liegt eine Variation des ursprünglich von der OECD entwickelten PSR-Modells sowie die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit – Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft – zugrunde.

Im Hinblick auf die der Trägerschaft obliegenden Aufgabe, die regionale Entwicklung hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit zu überwachen, besteht mit den in Tabelle 5.1 aufgelisteten Indikatorsystemen inzwischen eine vielfältige, kaum mehr überschaubare Ausgangslage. Natürlich wird es wenig sinnvoll sein, ein bestehendes Indikatorsystem einfach übernehmen zu wollen; vielmehr erfordern die spezifischen Ausgangsbedingungen und Problemschwerpunkte in den Alpen sowie die Datenlage eine individuelle, spezifische Ausgestaltung (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU); Umweltbundesamt (UBA) 2002, S. 15).

⁸ vgl. http://www.eea.europa.eu/documents/brochure/brochure_reason.html (Mai 2007)

⁹ vgl. http://www.admin.ch/ch/d/sr/0_451_41/index.html (Mai 2007)

¹⁰ vgl. http://www.admin.ch/ch/d/sr/0_700_1/index.html (Mai 2007)

¹¹ vgl. <http://www.admin.ch/ch/d/sr/101/ani1.html> (Mai 2007)

¹² vgl. http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/monet/00.html (Juni 2007)

Tabelle 5.1: Indikatorensysteme zur Nachhaltigen Entwicklung (Auswahl).

Name	Beschreibung	Indikatoren	Institution	Konzept. Modell
OECD Environmental Indicators ¹³		Core, Key, Sectoral, u.a.m.	OECD	PSR
Indicators of Sustainable Development ¹⁴	CSD Theme Indicator Framework from 2001	98	UN CSD	DSR
EEA Core Set of Indicators ¹⁵		37	EEA	DPSIR
ABIS ¹⁶	Alpenbeobachtungs- und Informationssystem	80-100	Alpenkonvention; Ständiges Sekretariat	DPSIR
DIAMONT ¹⁷	Erweitert ABIS und bildet Grundlage für SOIA (System for Observation of and Information on the Alps)	>100 nach 'Main Trends' gegliedert	INTERREG IIIB Alpine Space-Programme	DPSIR and 'Main Trends'
MARS ¹⁸	Monitoring Alpine Regions' Sustainability	44	INTERREG IIIB Alpine Space-Programme	DSR
FUNalpin ¹⁹	Nachhaltige Regionalentwicklung verstehen, messen, bewerten und steuern	9	NFP 48: Landschaften und Lebensräume der Alpen	PSR
MONET ¹²	MONET ist ein Indikatorensystem zum Monitoring der Nachhaltigen Entwicklung in der Schweiz.	120	BFS, BAFU, ARE	DPSIR
Cercle Indicateurs ²⁰	Kernindikatoren für die Nachhaltige Entwicklung in Städten und Kantonen	35	ARE, Kantone und Städte	analog MONET

Ein Blick auf die verschiedenen Indikatorensets zeigt zahlreiche Überlappungen zwischen den Ansätzen, allerdings lassen sich auch hinsichtlich der thematischen Lücken Gemeinsamkeiten orten. So werden die für die Welterbe-Region bedeutsamen Bereiche Landschaftsbild und Landschaftsästhetik in den meisten Fällen ignoriert. Nur gerade MONET und DIAMONT sehen eine Indikation dieser Thematik vor:

¹³ vgl. http://www.oecd.org/topic/0,2686,en_2649_37425_1_1_1_1_37425,00.html (Mai 2007)

¹⁴ vgl. http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isdms2001/table_4.htm (Mai 2007)

¹⁵ vgl. <http://themes.eea.europa.eu/IMS/CSI> (Mai 2007)

¹⁶ vgl. http://www.conventionalpine.org/soia_de.htm (Mai 2007)

¹⁷ vgl. <http://www.uibk.ac.at/diamond/home.htm> (Mai 2007)

¹⁸ vgl. <http://www.bakbasel.com/wDeutsch/benchmarking/interreg/indexW3DnavidW26112.shtml> (Mai 2007)

¹⁹ vgl. http://www.nfp48.ch/projekte/projects_detail.php?nfprojnum=29 (Mai 2007)

²⁰ vgl. <http://www.are.admin.ch/themen/nachhaltig/00268/00552/index.html> (Mai 2007)

MONET¹²: In der Indikatorenliste (Stand Oktober 2003) ist im Themenset Raumnutzung der Indikator „Landschaftliche Vielfalt bzw. Landschaftsbild“ aufgeführt. Allerdings fehlt dieser in der aktuellen Auflistung auf der Website, so dass angenommen werden muss, dass bis dato keine Auswertungen vorliegen.

DIAMONT¹⁷: Gegliedert nach vier Haupttrends im alpinen Raum finden u.a. folgende Phänomene Beachtung: „Loss of landscape diversity“, „Lack of recreational areas“ sowie „Damages of Alpine scenery“. Letzteres steht im Zusammenhang mit dem Bau von Infrastrukturen die eine Höhe von 10m überschreiten (z.B. Windturbinen). Wie genau die Phänomene gemessen werden sollen, wird nicht genau beschrieben.

Es mag sein, dass der Bereich Landschaftsästhetik bereits ein zu spezifisches Themenfeld an der Schnittstelle zwischen Umwelt und Gesellschaft darstellt um in Indikatorsystemen zur nachhaltigen Entwicklung Eingang zu finden. Schliesslich würde das Vereinfachungs- und Kommunikationspotenzial von Indikatoren in Frage gestellt, wenn deren Anzahl ein überblickbares Mass übersteigt. Dessen ungeachtet bleibt es für die Welterbe-Region vordringlich, auch diesen Bereich abdecken zu können. Lang und Blaschke (2007, S. 310) weisen denn auch darauf hin, dass Arbeiten diesbezüglich sehr wohl im Gang sind, wenn auch auf einer anderen Ebene: „Insbesondere über einzelne Aspekte des 'sektoralen Monitorings' (Boden, Waldzustand, Luftgüte, etc.) hinaus wird derzeit an vielen Stellen nach integrierten, holistischen Ansätzen eines Landschaftsmonitorings gesucht, die auch den Schutz typischer Kulturlandschaftselemente und des Landschaftsbildes einbeziehen.“

5.4 Landschaftsmonitoring

Insofern verlagert sich die Suche nach potenziellen Ansätzen im Bereich Landschaftsästhetik von der synoptischen Sicht einer nachhaltigen Entwicklung auf die Ebene der Landschaftsentwicklung. Im deutschsprachigen Raum gibt es einige Autoren, die sich dem Thema Landschaftsmonitoring angenommen haben. Blaschke (2002, S. 119) z.B. fordert explizit Dauerbeobachtungen zur Beschreibung des Landschaftsbildes, der landschaftlichen Diversität und des Landnutzungswandels, damit rechtlich oder politisch akzeptierte Ziele des Naturschutzes auf landesweiter, bundesweiter oder europäischer Ebene nachweislich verfolgbar sind. Leider werden keine konkreten Handlungsanweisungen gegeben, wie dies geschehen könnte. Der Ansatz der Arbeitsstelle „Naturhaushalt und Gebietscharakter“ der Sächsischen Akademie der Wissenschaften als weiteres Beispiel ist ein ökologisch-funktionaler, womit hauptsächlich auf den Landschaftshaushalt respektive auf Landschaftsfunktionen fokussiert wird (Syrbe et al. 2003). In die gleiche Richtung zielte das zum österreichisch-nationalen Forschungsprogramm "Kulturlandschaft" zählende Projekt SINUS (Wrbka et al. 2003) mit der Entwicklung von verlässlichen und in der Praxis einsetzbaren Indikatoren für die Bewertung und langfristige Beobachtung nachhaltiger Landbewirtschaftung. Im Brennpunkt stand dabei das Bestreben, Zusammenhänge zwischen den räumlichen Mustern der Landschaftsstruktur und den ihnen zu Grunde liegenden Prozessen zu erkennen und zu erklären - „*linking pattern and process*“. Die hieraus resultierende, umfangreiche Indikatorenliste zur Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Landschaften stellt aber vornehmlich auf Kategorien wie Landschaftskonfiguration, ökologische Funktionalität und Lebensraumzersplitterung ab, worin landschaftsästhetische Belange allenfalls implizit vorhanden sind. Es wird in Kapitel 7 näher auf die Landschaftsstruktur und darauf basierende Ansätze eingegangen.

Mit der Absicht, im Jahr 2007 ein Landschaftsmonitoringprojekt zu lancieren, hat sich das BA-FU in den letzten Jahren verstärkt mit Indikatoren der Landschaft bzw. Landschaftsqualität

auseinandergesetzt. Ausgelöst durch die Erarbeitung eines Leitbildes im Bereich Natur und Landschaft wurden Grundlagen und Materialien gesammelt, welche die Ausgangslage für ein Landschaftsmonitoring darstellen. Dazu gehört auch der Bericht von Iselin (2001), worin verschiedene Studien hinsichtlich landschaftsrelevanter Indikatoren und Kriterien ausgewertet wurden. Interessanterweise kristallisieren der Autor und weitere Projektmitglieder den Problembereich "Landschaftsbild, landschaftliche Vielfalt, Schönheit und Erholung" heraus. Das BAFU hat sämtliche Grundlagen zum angesprochenen Leitbild in einer Ausgabe der Schriftenreihe Umwelt (Stremlow, Thélin 2003) synthetisiert und damit einen Vorschlag geliefert, wie mittels eines Sets von Kriterien und Indikatoren eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Landschaftsentwicklung konkretisiert werden kann. Dieser Vorschlag wurde von der Eidgenössische Forschungsanstalt WSL mit Blick auf eine Operationalisierung und Parametrisierung überprüft, detailliert und komplettiert (Kienast et al. 2006). Analog der im Rahmen europäischer Naturschutzbestrebungen gemachten Feststellung von Langanke & Lang (zitiert in Lang, Blaschke 2007, S. 314), wonach sich wissenschaftlich-methodische Herausforderungen daraus ergeben, dass für die Implementierung und Operationalisierung der FFH-Richtlinie mit Ausnahme von Minimalanforderungen praktisch keine Vorgaben existieren, kritisiert auch Kienast et al. (2006) die fehlende Konkretisierung bei dem vom BAFU vorgeschlagenen Indikatorenset. Ausgehend von Resultaten aus NFP48²¹ Projekten wurden Ergänzungen empfohlen, wonach das Kriterium "Landschaftsästhetik" – wie in Tabelle 5.2 aufgelistet – operationalisiert werden könnte.

²¹ NFP48: Nationales Forschungsprogramm „Landschaften und Lebensräume der Alpen“, <http://www.nfp48.ch> (Mai 2007)

Tabelle 5.2: Vorschlag eines Indikatorensets betreffend des Kriteriums „Landschaftsästhetik“, mögliche Operationalisierungen sowie Einordnung im DPSIR Modell (Quelle: Kienast et al. 2006).

Indikator	Operationalisierung	DPSIR
Landschaftsbild	Wie sehr gefällt die Landschaft? (Präferenzurteile)	Impact
Eigenart, sowie natur- und kulturgeschichtliche Identität einer Landschaft	Zeugnisse natur- und kulturgeschichtlicher Entwicklung einer Landschaft; Ortspezifische, typische Merkmale oder Elemente in einer Landschaft; Erhalt spezifischer Charakteristika einer Landschaft auch bei Veränderungen in der Landschaft. Wie gut fügen sich neue Elemente in das Gesamtbild der Landschaft? Wie gut bilden die Elemente in einer Landschaft ein einheitliches Gesamtbild? Inwiefern wirkt das Landschaftsbild „echt“?	State
Authentizität	Anzahl „Fremdkörper“, untypische Elemente; Inwiefern „passt“ ein Landschaftselement ins landschaftliche Gesamtbild? Inwiefern wirkt es „echt“? Angemessenheit von Form und Funktion eines Landschaftselements bezüglich des landschaftlichen Gesamtbildes.	Impact
Vielfalt, Komplexität & Kohärenz	Anzahl und Vielzahl von Elementen in einer Landschaft; Ausmass, in dem die unterschiedlichen Elemente sich zu einem grösseren Ganzen fügen, zusammenhängend wirken.	State
Mysteriosität	Wie geheimnisvoll wirkt eine Landschaft? Wie viele Dinge gibt es in einer Landschaft zu entdecken, die nicht auf den ersten Blick zu erschliessen sind?	Impact
Lesbarkeit	Wie gut kann man sich in einer Landschaft zurechtfinden? Wie schnell kann man eine Landschaft erfassen oder verstehen?	Impact
Faszination	Wie viele Dinge ziehen die Aufmerksamkeit auf sich? Wie viele faszinierende Objekte oder Prozesse gibt es in einer Landschaft?	Impact

Der theoretische Hintergrund der einzelnen, in Tabelle 5.2 aufgeführten Indikatoren soll in Kapitel 5 näher beleuchtet werden. Zusammen mit den hier nicht näher betrachteten Indikatoren für die Kriterien Erholung, Finanzen, Flächennutzung, Habitat, Luft/Lärm/Licht, Struktur, Wasser sowie Wohnqualität und Identität des geplanten Landschaftsmonitoring des BAFU kommt im Bericht von Kienast et al. (2006) ausserdem klar zum Ausdruck, dass nur etwa die Hälfte aller Indikatoren mit derzeit vorliegendem Datenmaterial (Arealstatistik Schweiz²²; Topographisches Landschaftsmodell Vector25 der swisstopo²³; Schweizerisches Landesforstinventar²⁴; Biodiversitätsmonitoring²⁵; Gebäude- und Wohnungsregister²⁶) alimentiert werden kann. Für die andere Hälfte besteht weiterer landschaftsökologischer sowie sozialwissenschaftlicher Forschungsbedarf. Schliesslich bleibt der Bericht hinsichtlich des Raumbezugs

²² vgl. http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/arealstatistik/01.html (Mai 2007)

²³ vgl. <http://www.swisstopo.ch/de/products/digital/landscape/vec25/> (Mai 2007)

²⁴ vgl. <http://www.lfi.ch/index.php> (Mai 2007)

²⁵ vgl. <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/aktuell/portal.php> (Mai 2007)

²⁶ vgl. <http://www.housing-stat.ch/InformationGWR/dindex.html> (Mai 2007)

unklar; als kleinste Beobachtungseinheit wird der Begriff "Landschaftstyp" genannt – ob damit die in der Übersicht zur Raumbewertung Schweiz²⁷ aufgeführte, in Ausarbeitung befindliche "Landschaftstypologie Schweiz" gemeint ist, wird nicht beantwortet.

5.5 Zusammenfassung

Damit in der Welterbe-Region Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn die Wirksamkeit des angepeilten Umsetzungsprozesses wie auch Veränderungen an der natürlichen Umwelt, im sozialen und wirtschaftlichen Bereich erkannt und eingeschätzt werden können, sind Monitoring- und Controllinginstrumente erforderlich.

Bestehende Monitoringsysteme zur Nachhaltigen Entwicklung sind für das Welterbe dahingehend zu prüfen, ob sie die Spezifika des Untersuchungsraums sowie die im Managementplan diskutierten Themenfelder respektive Aktionsfelder adäquat zu repräsentieren vermögen. Als eine offensichtliche thematische Lücke in derartigen Indikatorensets wird die für die Nominierung des Welterbe-Gebiets bedeutsame landschaftliche Schönheit empfunden. Vorschläge seitens BAFU zu einem Landschaftsmonitoring könnten diese Lücke schliessen helfen, zumal dessen Indikatoren ebenfalls auf dem international anerkannten DPSIR Modell basieren. Hingegen bleiben Fragen zum Raumbezug und zur Datengrundlage vorläufig offen.

²⁷ vgl. <http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00246/00454/index.html?lang=de> (Mai 2007)

6 Landschaftsästhetik

„Über die Schönheit:
Schönheit ist der Übergang zwischen Chaos und Ordnung.
Schönheit hat subjektive und objektive Komponenten.
Schönheit ist für den Menschen eine existenzielle Notwendigkeit
Schönheit ist ein Wert.
Schönheit bedarf keiner Begründung.“
(Wöbse 2002, S. 127)

Bevor die Auseinandersetzung mit Landschaftsästhetik beginnen kann, muss vorweggenommen werden, mit welchem Verständnis der Begriff „Landschaft“ in dieser Arbeit verwendet wird.

6.1 Der Landschaftsbegriff

Man ist beinahe geneigt, die wohl prägnanteste Definition aller Zeiten ins Zentrum zu rücken; Alexander von Humboldt konstatierte: „Landschaft ist der Totalcharakter einer Erdgegend“ (zitiert in Wöbse 2002, S. 13). Allerdings vermag die Beschränkung auf sechs Worte nicht alle Fragen im Zusammenhang mit dem Landschaftsbegriff zu klären; nicht umsonst ist im deutschsprachigen Raum in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts ein wahrhaftiger Forschungswettbewerb um diese Definition entbrannt. Es ist aber nicht die Absicht dieser Arbeit, diese Entwicklungen nachzuzeichnen, vielmehr soll verdeutlicht werden, dass mit Landschaft nicht nur Natur gemeint ist, sondern der Mensch immer auch mitgemeint ist.

Gestützt auf das Landschaftskonzept der Schweiz definieren die Autoren eines Umwelt-Leitfadens zum Thema Landschaftsästhetik den Begriff folgendermassen: „Landschaft umfasst den gesamten Raum, innerhalb und ausserhalb von Siedlungen. Sie ist das Entstandene und Werden der natürlichen Faktoren wie Untergrund, Boden, Wasser, Luft, Licht, Klima, Fauna und Flora im Zusammenspiel mit kulturellen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Faktoren“ (Gremminger et al., S. 14).

Die Formulierung, wie sie den Unterlagen zum Nationalen Forschungsprogramm 48 (2005, S. 4)²¹ zu entnehmen ist verdeutlicht überdies die vorherrschende Bedeutung des Menschen im landschaftlichen Kontext: „Landschaft ist einerseits durch Natur und Mensch gestalteter Raum. Untersuchungsfokus ist die Landschaft als funktionales System, [...]. Andererseits ist Landschaft ein durch den Menschen wahrgenommener Raum. Landschaft gibt es in dieser Betrachtungsweise ausserhalb sozialer Kontexte nicht.“ Gleichwohl bedarf es nach Ansicht von Felber Rufer (2006, S. 190) als Grundvoraussetzung die landschaftliche Materialität, um die symbolische und die soziale Welt dinghaft zu machen.

An einer mit den oben gemachten Ausführungen übereinstimmenden Betrachtungsweise orientiert sich auch die vorliegende Arbeit. Die durch das Zusammenspiel von Geofaktoren und anthropogener Nutzung hervorgebrachte Landschaftsstruktur ist dabei ebenso von Bedeutung wie die Tatsache, dass durch die Beziehung der Menschen zur Landschaft diese auch einen Wahrnehmungsgegenstand darstellt. Insofern ist Landschaft immer auch die durch einen Filter von Ideen, Wertungen und Stimmungen gesehene Natur (Schwahn 1990, S. 29).

Fast schon einer Metapher gleich erscheint einleitend zum Leitbild "Landschaft 2020" (Bundesamt für Umwelt 2003) der Vergleich von Landschaft mit einem Gedicht. Er unterstreicht ausserdem den ganzheitlichen Charakter von Landschaft: "Ein Gedicht besteht aus Buchstaben und einzelnen Wörtern. Sie sind vergleichbar mit den einzelnen Natur- und Kulturelementen und Lebensräumen einer Landschaft. Die Gesetzmässigkeiten, mit denen die Naturprozesse und gesellschaftlichen Einflüsse wirken, entsprechen den grammatikalischen Regeln. Die Summe aller Buchstaben, Wörter und Regeln macht aber noch kein Gedicht. Das Gedicht vermittelt eine Aussage; es besitzt eine Bedeutung. Ebenso wie die Bedeutung eines Gedichtes erschliesst sich uns die Landschaft erst, indem wir Anteil nehmen und bewusst oder unbewusst interpretieren. Auf diese Weise fügen sich in unserer Wahrnehmung einzelne Elemente zu einem Ganzen zusammen." Ganzheitlichkeit ist auch für Dakin (2003, S. 194) ein bedeutendes Element, sie umschreibt den Begriff folgendermassen: „*A landscape is significant not only because its visual features are compositionally of high quality or because we like how it looks [...], but also for how it feels to be there, or what it looked like in the past, or whether it is ecologically healthy, and - most significantly - for all of these at the same time.*“

Schliesslich darf der Faktor Zeit nicht ausser Acht gelassen werden. Die Landschaft wird durch natürliche und menschliche Einflüsse laufend verändert und kann somit auch als Prozess aufgefasst werden. Dadurch haben aufgezeichnete oder wahrgenommene Zustände nur für einen bestimmten Augenblick Gültigkeit; weshalb auch landschaftliche Schönheit und deren Wahrnehmung niemals etwas Statisches sind (Wöbse 2002, S. 14). Vorsicht ist darum bei einer unkritischen Orientierung an früheren Landschaftszuständen geboten, weil hiermit vorherrschende Veränderungsprozesse als auch ein potenzieller Wandel an Wertvorstellungen ignoriert würden (Schafranski 1996, S. 73–74).



Abbildung 6.1: Blick auf Oeschinensee und Fründenhorn (ZVG durch Trägerschaft UNESCO Welterbe).

Im Kontext der Landschaftsästhetik steht die oben erwähnte (ideelle) Beziehung zwischen Mensch und Landschaft im Zentrum; sie ist gekennzeichnet durch die typisch menschliche

Fähigkeit, Sinnesreize zu bewerten – auch ästhetisches Verhalten genannt (Schwahn 1990, S. 24).

Wie der Landschaftsbegriff den Geographen lange Zeit Diskussionsstoff geliefert hat und immer noch liefert, befassen sich die Philosophen seit der Antike mit der Frage nach dem Wesen des Schönen. Die prominentesten Exponenten Platon und Kant vertreten diametral entgegengesetzte Ansichten: „Platon vertritt die Auffassung, dass jedem Ding, jedem Gegenstand eine Idee zugrunde liegt, und dass derselbe für uns umso schöner ist, je mehr von der ihm innewohnenden Idee in seiner Erscheinung zutage tritt. Das heisst, die Schönheit liegt ausschliesslich im ästhetischen Objekt“ (Wöbse 2002, S. 115) und ist damit unabhängig von der Betrachtung des Menschen wirksam. Kant hingegen vertritt in der Epoche der Aufklärung die Auffassung, dass schön ist, was allgemein gefällt. *Allgemein* bezieht sich auf die Mehrheit der Wahrnehmenden; das *Gefallen* weist auf die subjektive Verortung des Schönen (Wöbse 2002, S. 115). Diese beiden Auffassungen stehen exemplarisch für zwei Herangehensweisen zur Erfassung der ästhetischen Qualität der Landschaft. Ehe näher darauf eingegangen wird, soll vom Schönen etwas abgerückt werden, da „schön“ als Synonym für „ästhetisch“ zu kurz greifen würde. Ästhetik bedeutet nach Lemcke (1890; zitiert in: Schafranski 1996, S. 12) die „Lehre von den sinnlichen Wahrnehmungen und Empfindungen“, welche „das ganze Reich der Erscheinungen umfasst, soweit dieselben durch ihre Gestaltung und Erscheinungsweise unser Wohlgefallen oder Missfallen erregen.“

6.2 Objekt-Subjekt-Modell der Wahrnehmung

Die Ästhetik steht also gewissermassen vermittelnd oder integrierend zwischen dem Objekt (hier: Landschaft), welches ästhetisches Erleben auslöst und dem Subjekt (Mensch), bei dem sich ästhetisches Erleben abspielt (Wöbse 2002, S. 18). Wie in Abbildung 6.2 angedeutet, kommt dabei dem Landschaftsbild eine Scharnierfunktion zu. Aus Sicht der Objektebene ist das Landschaftsbild ein Potenzial, das die Fähigkeit einer Landschaft beschreibt, sinnliches Erleben von Natur und Landschaft zu ermöglichen (Augenstein 2002, S. 17). Aus Sicht der Subjektebene entspricht das Landschaftsbild dem durch den Landschaftsbeobachter gefilterten Produkt des Landschaftserlebnisses (Schüpbach 2000, S. 9). Die Problemstellung der Landschaftsästhetik liegt also darin, zwischen der objektiv vorhandenen Landschaft in ihren entsprechenden Ausprägungen und deren subjektiver Beurteilung durch den Menschen Regelmäßigkeiten aufzudecken (Schwahn 1990, S. 62).

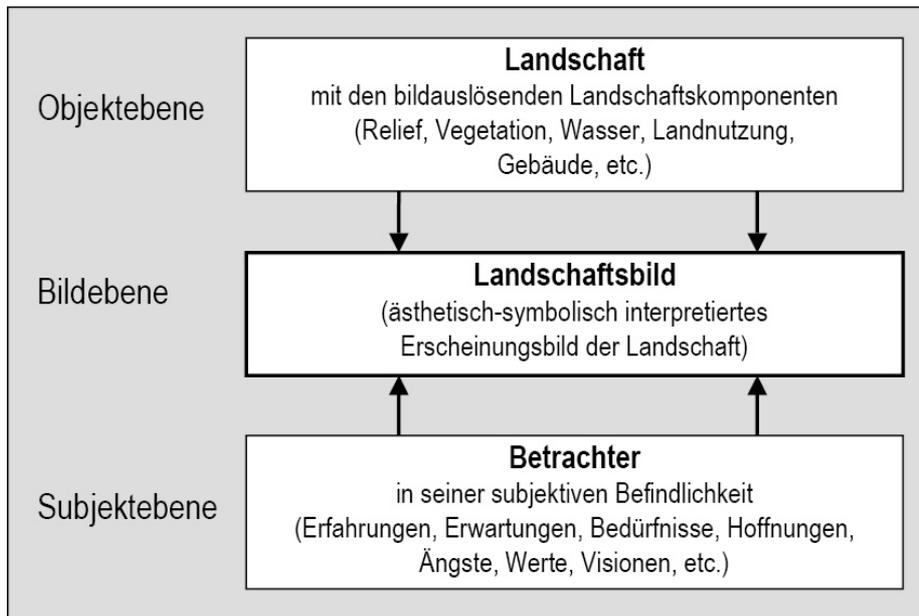


Abbildung 6.2: Objekt-Subjekt-Modell der Wahrnehmung (aus: Roth, Gruehn 2005).

Begriffe wie Vielfalt, Eigenart und Schönheit, welche auch in der Deutschen Rechtsprechung verwendet werden, versuchen den Brückenschlag zwischen materieller Gegebenheit und ideellem Wert und besitzen demzufolge eine Sach- und eine Wertdimension (Schwahn 1990, S. 43). Währenddem sich die Sachdimension objektiv erfassen lässt, muss die Erfassung der Wertdimension auf subjektiver oder intersubjektiver Ebene stattfinden. Daraus lässt sich die Gefahr ableiten, dass die Konstrukte auf ihre Sachdimension reduziert werden. Wenngleich Werthaltungen und Erfahrungen in der Persönlichkeit des Einzelnen verankert sind, so ist ein Dialog über sie möglich. Einzelne Studien legen denn auch die Vermutung nahe, dass ebenfalls die Wertdimension zu einem gewissen Grad objektivierbar ist. Augenstein (2002, S. 78) ergründet: „Bei den hoch geschätzten und den wenig präferierten Landschaften, welche die entgegengesetzten Enden der Präferenzskala markieren, zeigen Studienteilnehmer eine sehr hohe Übereinstimmung in der Einschätzung dieser Szenen. Daraus ist eine gewisse Universalität bei der menschlichen Umweltwahrnehmung zu folgern [...]“. Die in Lang und Blaschke (2007, S. 83) zitierten Ergebnisse von Hard erlauben einen analogen Schluss, wonach „offenbar ein individuen- und gruppen-, ja sogar z.T. kulturübergreifendes (sozialisiertes) Bild davon“ existiert, „was eine (Natur-)Landschaft ausmacht, ab welchem Mindestinventar wir eine Landschaft als eine solche empfinden und was dieses Bild von einer intakten Landschaft stören könnte“. Schliesslich vermögen die Resultate von Roth und Gruehn (2005) diesen Umstand zu quantifizieren. Anhand eines statistischen Modells können sie die Varianz der Einschätzungen von Studienteilnehmern zur Qualität von Landschaftsbildern zu 65% (Vielfalt), 48% (Eigenart) respektive 41% (Schönheit) erklären.

Dem Objektivitätsideal der Wissenschaft kann insofern entsprochen werden, als versucht wird, aus subjektiven Erfahrungen über das Schönheitsempfinden und die sie auslösenden Faktoren eine Schnittmenge zuverlässiger Aussagen zu formulieren (Schafranski 1996, S. 29). Dieses Entgegenkommen hat aber auch Grenzen, denn über das Empfinden des erlebenden Subjekts sind nur sehr bedingt Aussagen möglich. Dies begründet sich darin, dass Wahrnehmungen durch das Individuum immer in einen Kontext eingeordnet werden, der aus angeborenen Assoziations- und Reaktionsmustern sowie aus erlernten, durch den Prozess der Sozialisation erworbenen Vorstellungen, Symbolen und Zusammenhängen besteht (Köhler 2000, S. 20).

Ein Beispiel derartiger gesellschaftlicher Prägung und Überlieferung sind die "inneren Alpenbilder", womit im Rahmen des NFP48²¹ ausgedrückt wird, dass sich die Wahrnehmung der Alpen nicht nur an den objektiven Landschaftsfaktoren und -prozessen orientiert, sondern wesentlich auf kultureller Vermittlung basiert (Nationales Forschungsprogramm 48 2005, S. 4). Die Sozialisation bietet somit einen Ansatzpunkt für die zur Operationalisierung von landschaftsästhetischen Ansätzen unabwendbaren Verallgemeinerungsschritte (bezüglich des Schönheitsempfindens). Solche Schritte sind dann zulässig, wenn sich ästhetische Empfindungen eben nicht nur auf das Individuum beschränken, sondern von bestimmten Gruppierungen getragen werden und deren ästhetische Wertvorstellungen bestimmen, die deshalb durchaus mit materiellen Wertvorstellungen vergleichbar sind (Schwahn 1990, S. 10). Es bleibt dann noch abzuklären, inwiefern der räumliche Geltungsbereich eines Wertsystems (Vorherrschaft einer Kultur in einem Raumausschnitt) mit der Ausdehnung der zu untersuchenden Landschaft übereinstimmt.

6.3 Filter der Sinneswahrnehmung

Neben dem bereits diskutierten gesellschaftlichen, sozio-kulturellen Einfluss auf die Wahrnehmung (von Landschaft) lässt sich eine Reihe weiterer Filter aufführen, eingeteilt nach den von Schwahn (1990, S. 19) vorgeschlagenen Kategorien *immanent* und *extern*.

Zur Kategorie *immanent* zählen die physiologischen Einschränkungen der menschlichen Sinnesorgane. Es kann nur ein individuell variabler Ausschnitt aus der Gesamtheit optischer, akustischer, olfaktorischer, gustatorischer und haptische-taktiler Umweltreize empfangen werden.

Die Kategorie *extern* umfasst mehrheitlich Grössen aus der natürlichen Umwelt: Während Reliefformen grundsätzlich die Begrenzung des Sichtraums definieren, setzen atmosphärische Zustände in Abhängigkeit von Jahres- und Tageszeit die physischen Landschaftselemente unterschiedlich in Szene. Die Art und Stärke der empfangbaren Sinneseindrücke sind ausserdem abhängig davon, ob sich der Beobachter im Freien aufhält oder aber von einer absorbierenden Hülle (Haus, Auto, etc.) umgeben ist.

Zwar limitieren solche Filter häufig die Art und Weise, wie Landschaft wahrgenommen werden kann. Gleichwohl werden die in der zweiten Kategorie aufgeführten, natürlichen Grössen auch als wichtiger Teil des Landschaftserlebnisses aufgefasst. Dakin (2003, S. 196) z.B. zeigt auf: „*The experiential study revealed that dynamic and ephemeral conditions were themselves important aspects of landscape experience, rather than confounding factors, [...] Variations in the conditions of the sky - with time of day, for instance - were part of the appeal and character of the Cariboo for inhabitants.*“

6.4 Der Zweck von Landschaftsästhetik

Gestützt auf die vorangehenden Ausführungen und insbesondere auf das Objekt-Subjekt-Modell der Ästhetik lässt sich Landschaftsästhetik also als ein Teilgebiet der Ästhetik definieren, das sich mit Landschaft als ästhetisches Objekt und dem ästhetischen Erleben des Menschen (als Subjekt) befasst (Schafranski 1996, S. 14). Landschaftsästhetik ist dabei mehr als nur die Auseinandersetzung mit der Schönheit der Natur; es ist auch der Mensch und das Mass seines Einflusses zu berücksichtigen (Wöbse 2002, S. 21). Der menschliche Eingriff ist dem landschaftsästhetischen Wert keineswegs immer abträglich – er kann auch zu dessen Steigerung beitragen; so der Fall im Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn. Nicht zuletzt

wurde das Gebiet von der UNESCO aufgrund der zur naturbelassenen Bergwelt kontrastierenden Kulturlandschaft ausgezeichnet. Entscheidend sind aber immer die Art und das Ausmass der Eingriffe; dabei gilt es herauszufinden, wo und warum eine Grenze überschritten wird, ab der eine Landschaft nicht mehr als schön empfunden wird.

Vierorts wird dieser Grenze zuwenig Respekt gezollt, oder das Bewusstsein dafür fehlt(e). Wie weiter oben beschrieben, kann Landschaft aufgrund der immerwährenden Veränderungen an ihrer Gestalt auch als Prozess aufgefasst werden, gesteuert durch die sich beschleunigende Entwicklung von Gesellschaft und Wirtschaft. Iselin (Iselin 2001, S. 98) erörtert, dass Landschaft heute vielerorts nicht mehr das Abbild lokaler Realitäten ist, geprägt vom Zusammenspiel natur- und kulturhistorischer Gegebenheiten, sondern durchdrungen wird von übergeordneten Strukturen und Nutzungen. Infrastruktur, Verbindungswege und Transportkapazitäten sind auf den Austausch von Gütern und Dienstleistungen eines überregionalen, globalen Marktes ausgerichtet. Funktionen sind räumlich getrennt. Raum wird zum Flickenteppich einzelner Funktionen, deren Kommunikationsnetze wie Strassen, Verteil- und Sammelnetze die natürliche Integration ökologischer Funktionen stört oder gar zerstört. Dass insbesondere auf lokaler Ebene die Landschaft, die Integrität der ökologischen und landschaftlichen Funktionen, die Verbundenheit und Identität der Bewohner Schaden nimmt, ist unvermeidlich.

Wenngleich diese Darstellung für die Welterbe-Region nur beschränkt zutrifft, manifestieren sich in den randlichen Gebieten durchaus Auswüchse dieser Entwicklung. Dazu gehören der Besiedlungsdruck, auch ausserhalb der Bauzonen, die Erschliessung mit touristischen Transportanlagen und nicht zuletzt die Hochspannungsleitungen der ortsansässigen Wasserkraftwerke. Also Grund genug, um sich auch im Kontext des Welterbe mit dem Gegenstand der Landschaftsästhetik auseinanderzusetzen und anhand von sensitiven Indikatoren den menschlichen Einfluss auf das Schutzgut Landschaftsbild langfristig überwachen zu können.

Damit stellt sich die fundamentale Frage dieser Arbeit: Wie sieht konkret die Identifizierung und Messung des landschaftsästhetischen Potenzials aus?

6.5 Spektrum an methodischen Ansätzen

Um es gleich vorwegzunehmen: Der angestrebte Umfang dieser Arbeit erlaubt es nicht, eine detaillierte Diskussion aller in den letzten drei bis vier Jahrzehnten entwickelten Ansätze zur Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes zu führen. Es wird daher versucht, mittels einer knappen Kategorisierung das Spektrum zwecks Einordnung des ausgewählten Ansatzes aufzuzeigen, um dann dessen theoretischen Hintergrund näher zu beleuchten. Ausserdem liegt der Fokus – immer auch im Hinblick auf eine Bearbeitung mittels geographischer Informationssysteme – dabei auf den Aspekten des Erfassens und Analysierens des Landschaftsbildes. Bewertungsaspekte wurden bei der Abgrenzung dieser Arbeit bewusst ausgeklammert (vgl. 3.4).

Gestützt auf das oben eingeführte Objekt-Subjekt-Modell lässt sich die Mehrheit aller Ansätze zur Analyse und Bewertung des ästhetischen Potenzials der Landschaft entweder der objektiven oder aber der subjektiven Ästhetik zuordnen. Während sich anhand der Ansätze objektiver Ästhetik Experten damit beschäftigen, was in einer bestimmten Landschaft vorhanden ist und wie hoch deren Wert bei einer bestimmten Werthaltung des Menschen ist, verschreiben sich die Ansätze subjektorientierter Ästhetik anhand empirischer Sozialforschung den Gesetzmässigkeiten und Präferenzen der menschlichen Wahrnehmung von Landschaft (Schüpbach 2000, S. 10). Quasi dazwischen reiht sich der humanistische Ansatz ein, dessen Hauptaugenmerk auf der Kontextabhängigkeit des Landschaftserlebens (Mensch-Landschaft-

Interaktion) liegt. Diese drei Hauptkategorien lassen sich, wie in Tabelle 6.1 ansatzweise darlegen, weiter untergliedern.

Tabelle 6.1: Kategorisierung von Ansätzen zur Erfassung des ästhetischen Potenzials der Landschaft (Quellen: Augenstein 2002, S. 34; Hunziker 2000, S. 28–29).

Objektbezogen (Nutzerunabhängig)	↔	Subjektbezogen (Nutzerabhängig)
Expertenansatz - physiognomischer Ansatz; - ökologischer Ansatz; - formal-ästhetischer Ansatz	Humanistischer Ansatz - Aktionsforschung; - phänomenologischer Ansatz	Verhaltensansatz - Psychophysischer Ansatz; - Kognitiver Ansatz
Grosjean, Wiesmann 1986	Buchecker 1999	Augenstein 2002 Hunziker 2000 Hoisl et al. 1987 Shafer et al. 1969

Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den einzelnen Ansätzen ist u.a. folgenden Werken zu entnehmen: Zube (1984), Daniel, Vining (1983), Augenstein (2002).

Anhand einer Erläuterung von Kaplan (zitiert in: Augenstein 2002, S. 41) soll verdeutlicht werden, dass im Kontext von Landschaftsästhetik objektbezogene Verfahren möglicherweise zu kurz greifen: „*Humans, after all, respond not only to the „things“, but also to their arrangement, and not merely to the arrangement, but also to the inference of what such arrangement makes possible. However, even that is not complex enough. Humans respond differently to these aspects depending on their prior experience and their current situation.*“ Allerdings, und dieser Punkt wird später nochmals aufgegriffen, bergen vorwiegend die objektbezogenen Ansätze den Vorteil einer rationelleren Anwendbarkeit und damit bessere Voraussetzungen, das Verfahren auch auf andere Räume zu übertragen.

6.6 Theoretisches Gerüst zur Landschaftsästhetik von Bourassa

Buhyoff et al. (1994, S. 3) kritisieren zu Recht, dass viele Arbeiten nur darauf abzielten, die visuell wirksame Qualität von Landschaft bestmöglichst vorherzusagen. Sie unterlassen dabei jedoch, dies(e) ausreichend zu erklären. Insofern fordern sie einen theoretischen Unterbau, woraus sich die menschlichen Präferenzen bei der Wahrnehmung von Landschaft ableiten liessen. Ein Versuch, dies zu tun, stammt von Bourassa (1991). Die wichtigsten Inhalte dieses Werks sind von Hunziker (2000, S. 30–37) verständlich zusammengefasst worden; die für die vorliegende Arbeit relevanten Teile sollen hier in kürzester Form wiedergegeben werden:

Bourassa's Strukturierung der Landschaftsästhetik nach biologischen Gesetzen, sozialen Regeln und persönlichen Strategien gründet auf der Entwicklung des menschlichen Verhaltens, das anhand der biologischen Evolution, der kulturellen Geschichte sowie der individuellen Entwicklung erklärt werden kann. Im Hinblick auf die ästhetische Erfahrung von Landschaft spielen in diesen drei Dimensionen unterschiedliche Aspekte eine Rolle:

Biologische Gesetze bestimmen den evolutiven Prozess, wonach nur unter ganz bestimmten Umwelt-Bedingungen die Menschwerdung stattfinden konnte. Daraus ergeben sich beim modernen Menschen angeborene, instinktive und damit universelle Präferenzen für Landschaften, die solche überlebenswichtigen Bedingungen erfüllen.

Soziale Regeln definieren das Verhältnis zu anderen Menschen und sind für die Herausbildung einer gesellschaftlichen Identität sowie deren Sicherung durch Stabilität zentral. Solche Regeln existieren auch für das ästhetische Verhalten, im Unterschied zu den biologischen Gesetzen sind sie aber nicht universell, sondern kultur- respektive gruppenspezifisch.

Persönliche Strategien erlauben dem Individuum, mittels Intelligenz und Kreativität seine spezifische Lebenssituation zur grösstmöglichen Zufriedenheit zu gestalten. Dies gilt auch für die ästhetische Erfahrung (von Landschaften), so dass sich ein Individuum gewissermassen seine eigene Landschaftsästhetik zurecht legen kann.

In Anbetracht des Untersuchungsfokus' dieser Arbeit trägt die dritte Dimension kaum zur Lösungsfindung bei, schliesslich ist es das Ziel, individuelle Einflüsse auf das Verfahren zwecks Allgemeingültigkeit der Ergebnisse zu vermeiden. Die zweite Dimension erweist sich diesbezüglich vorteilhafter, ist aber abhängig von der Gruppengrösse und deren räumlichen Dominanz. An dieser sozialen Dimension der Landschaftsästhetik erscheint insbesondere der Aspekt der Stabilität erwähnenswert: Aufgrund gesellschaftlicher Werte kann Landschaftselementen soziale Bedeutung zukommen und damit gesellschaftliche Identität hergestellt werden. Diese Identität wird in Zeiten raschen und tiefgreifenden Wandels zu stabilisieren gesucht; eine Möglichkeit besteht im Schutz oder wenigstens kontrollierten Veränderung solcher Landschaftselemente. Landschaft dient dadurch nicht nur als Werkzeug zur Konstruktion sondern auch als Mittel zur Stabilisierung von gesellschaftlicher Identität (Hunziker 2000, S. 35). Wie sehr also beispielsweise an einem Zustand der traditionellen Kulturlandschaft festgehalten werden soll und kann, muss in einem politisch-partizipativen Prozess entschieden werden.

Schliesslich bietet die biologische Dimension des Landschaftserlebens eine brauchbare theoretische Basis für den zu wählenden Lösungsansatz; neben der Savanna-Theorie von Orians und der Prospect-Refuge-Theorie von Appeltion gilt die Information-Processing-Theorie von Kaplan & Kaplan (alle zusammengefasst in Hunziker 2000, S. 31–33) als die empirisch meist geprüfte und verwendete; sie soll im nächsten Unterkapitel vorgestellt werden.

6.7 Information-Processing-Theory von Kaplan & Kaplan

Die menschheitsgeschichtlich überlebenswichtigen Umwelt-Bedingungen bzw. die Überlebens-Bedürfnisse der Urmenschen sind Ausgangspunkt dieser Theorie. Kaplan & Kaplan (1989) zählen zu diesen Bedürfnissen nicht nur das Vorhandensein von physischen Landschaftseigenschaften wie u.a. Überblick, Schutz und Zugang zu Wasser, sondern auch jenes zur Beschaffung von Informationen über die Umwelt. Dank der Fähigkeit, solche Informationen zu sammeln und zu verarbeiten, wurden die Menschen den Tieren überlegen. Vor diesem Hintergrund und geleitet von einem kognitiven Ansatz konzentrieren sich die Untersuchungen der Kaplan's auf die Identifikation der ausschlaggebenden Wahrnehmungsdimensionen sowie deren Korrelation zur Präferenzierung jener Landschaften, die das Informationsbeschaffungsbedürfnis am besten befriedigen können (Hunziker 2000, S. 34).

Aus diversen Studien mit Präferenzmessungen leiten sie inhaltsbezogene und raumbezogene Dimensionen oder Kategorien ab. Bei ersteren liegt die bedeutendste Unterscheidung in der Differenzierung nach dem Grad der menschlichen Beeinflussung. Naturnähe vermittelnde Landschaftsbilder wurden generell vorgezogen. Anhand der raumbezogenen Kategorien lassen sich die Landschaftsbilder weiter untergliedern und aufzeigen, dass auch die räumliche Organisation der Landschaftselemente für die Landschaftspräferenz von wesentlicher Bedeu-

tion ist (Kaplan & Kaplan, zitiert in: Augenstein 2002, S. 52–53). Daraus ergibt sich der aufschlussreiche Befund, dass sowohl

- der Landschaftsgehalt (Landschaftselemente), als auch
- die Landschaftsstruktur (räumliche Anordnung, Konfiguration)

zu den wichtigsten Determinanten von Landschaftspräferenz zählen. Neben diesen eher generellen Befunden haben die Kaplan's auch Wahrnehmungsdimensionen herausgearbeitet, die speziell den in der Information-Processing-Theorie fundierten, menschlichen Grundbedürfnissen nach Beschaffung (Erkundung) und nach Verarbeitung (Verständnis) von Information Rechnung tragen. In einer sog. Präferenz-Matrix (vgl. Tabelle 6.2) führen sie die vier Prädiktoren Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität und Mysteriosität auf; deren Anordnung verweist zudem auf die Möglichkeit, die Bedürfnisse zu verschiedenen Zeitpunkten zu befriedigen: Informationen sind sofort erhältlich oder aber vorauszusehen (Hunziker 2000, S. 34).

Tabelle 6.2: Präferenzmatrix nach Kaplan & Kaplan (1989, S. 53)

Zeitpunkt der Befriedigung	Informationsbedürfnis	
	VERSTÄNDNIS	ERKUNDUNG
unmittelbar	Kohärenz	Komplexität
vorhersehbar	Lesbarkeit	Mysteriosität

Der Begriff Prädiktor ist dabei vergleichbar mit einem Indikator (Definition *Indikator* siehe Kapitel 5.2), er verweist aber darauf, dass keine direkten Aussagen zum Zustand eines Phänomens gemacht werden, sondern *prognostiziert* werden soll, welche Präferenz die visuell wahrgenommene Landschaft beim Beobachter finden wird (Augenstein 2002, S. 63). Im Folgenden soll, gestützt auf die Arbeiten von Augenstein und Hunziker, auf diese vier Prädiktoren kurz eingegangen und erklärt werden, wie sie zur Präferenzprognose beitragen.

Kohärenz: Der innere Zusammenhang einer Landschaft, der durch klare, einfache und wiederkehrende Elemente und Strukturen zustande kommt, erlaubt das Erkennen von Regelmässigkeiten und dadurch ein unmittelbares Verständnis der Umgebung. Allerdings darf Kohärenz nicht im Übermass vertreten sein, da sonst die Landschaft als langweilig empfunden wird.

Lesbarkeit: Ein gut strukturierter Raum mit deutlich unterscheidbaren Elementen prägt sich einfach ins Gedächtnis ein und erleichtert damit die Orientierung. Lesbarkeit kann somit als Synonym verstanden werden für die Leichtigkeit, eine mentale Landkarte zu generieren. Im Unterschied zur Kohärenz erfordert Lesbarkeit die Auseinandersetzung mit der Landschaft.

Diese beiden Prädiktoren tragen gemeinsam zum Zurechtfinden und Orientieren im Raum bei und vermitteln dadurch das Gefühl von Sicherheit.

Komplexität: Der Reichtum an Landschaftselementen und ihre Konfiguration sorgen für den Aufforderungscharakter, dieses Informationspotenzial zu erkunden. Eine zu komplexe Landschaft kann durch die zahlreichen, visuellen Reize den Betrachter aber auch überfordern – das Gegenteil von einem Übermass an Kohärenz.

Mysteriosität: Landschaftsausschnitte, die aufgrund von Vegetation oder Reliefformen nicht vollständig zu überblicken sind, aber durch einen Standortwechsel neue Ausblicke ver-

sprechen, erhöhen die Attraktivität einer Landschaft und wirken einer zu einfachen Durchschaubarkeit entgegen. Analog zur Lesbarkeit, verlangt Mysteriosität vom Betrachter die Auseinandersetzung mit der Landschaft, oder eben ein weiteres Erkunden.

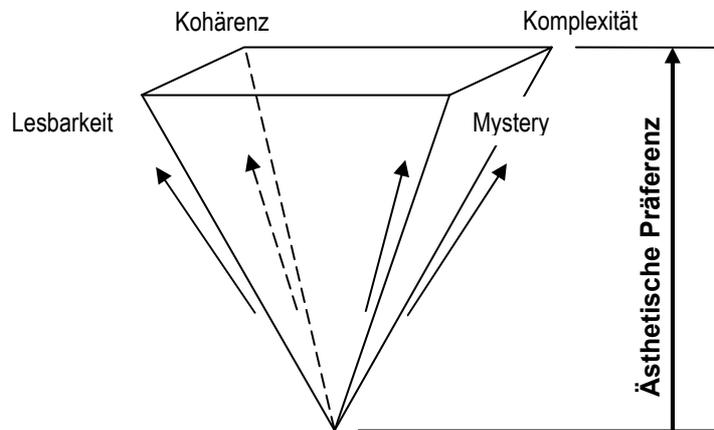


Abbildung 6.3: Visuelle Landschaftspräferenz wird proportional zum Volumen der umgekehrten Pyramide gedacht (Quelle: Augenstein 2002, S. 114).

Nach Aussage von Bourassa (zitiert in: Hunziker 2000, S. 34) ist bezüglich Kohärenz und Komplexität nur ein bestimmtes Mass der landschaftlichen Schönheit zuträglich, währenddem Lesbarkeit und Mysteriosität immer vorteilhaft sind. Sinngemäss spricht Augenstein davon, dass sich Prädiktoren derselben Wahrnehmungsdimension in ihrer Wirkung unterstützen und gleichzeitig regulierend auf die Prädiktoren der anderen Dimension wirken. Wie in Abbildung 6.3 veranschaulicht, muss eine Landschaft zur Erreichung einer hohen ästhetischen Präferenz beide (Ur-)Bedürfnisse befriedigen; mit anderen Worten müssen die Präferenzprädiktoren im Kontext zueinander ansteigen, so dass sowohl Kohärenz und Lesbarkeit (Verständnis) als auch Komplexität und Mysteriosität (Erkundung) stark ausgeprägt sind (Augenstein 2002, S. 113–114).

6.8 Kombinerter Ansatz nach Augenstein

Das Modell der Kaplan's bezweckt folglich, die Wahrscheinlichkeit einzuschätzen, mit der eine Landschaft beim Betrachter ästhetisches Erleben ermöglicht; und damit gehört dieser Ansatz klar zu den subjektbezogenen. Obwohl den in der biologischen Evolution begründeten Prädiktoren von Landschaftspräferenz Allgemeingültigkeit attestiert wird, wirft deren nachvollziehbare Operationalisierung in einem beliebigen Landschaftsraum weiterhin Fragen auf. Somit kann vorläufig nur die erste Hälfte der weiter oben gestellten Frage nach der Identifizierung und Messbarmachung des landschaftsästhetischen Potenzials beantwortet werden.

Um unter der Bedingung eines effizienten und praxistauglichen Lösungsansatzes ebenfalls auf den zweiten Aspekt, die Messbarmachung oder Operationalisierung, eine befriedigende Antwort geben zu können, bedarf es eines Brückenschlags zur Seite der objektbezogenen Ansätze. In Kapitel 6.2 war davon bereits mit den Begriffen Vielfalt, Eigenart und Schönheit in ihrer Funktion als Bindeglied zwischen Sach- und Wertdimension die Rede. Aufgrund der Tatsache, dass im Unterschied zum Deutschen Bundesnaturschutzgesetz diese drei Termini im Schweizerischen Bundesrecht nur unscharf herauszulesen sind und sich daher der gesetzli-

che Auftrag²⁸ nicht primär nach diesem „Dreiklang“ richtet, spielen sie im zu wählenden Lösungsansatz auch nur implizit eine Rolle. Der Ansatz von Syrbe (vgl. Tabelle 6.3) wäre indes ein Beispiel für eine Bewertungsmethode, die sich an diesen drei Kriterien orientiert; zugleich schlägt er eine Zuordnung der beiden Begriffsets vor, wonach:

- *Vielfalt* am ehesten der *Komplexität* entspricht,
- *Eigenart* durch die *Kohärenz* abgedeckt wird, und
- *Schönheit* sowohl durch *Lesbarkeit* als auch *Mysteriosität* beschrieben wird.

Demzufolge wird hier vorgeschlagen, der etwas verschiedenen, dafür theoriegleiteten Terminologie der Kaplan's zu folgen. Der Brückenschlag zwischen Objekt- und Subjektebene vollzieht sich dann in enger Anlehnung an die Arbeit von Augenstein (2002) dahingehend, dass die Ergebnisse von subjektbezogenen Studien in objektbezogene Verfahren integriert werden, um deren Vorteile der rationelleren Anwendbarkeit mit jenen einer validen Bewertungsgrundlage zu verbinden. Ein solcher Kombi-Ansatz erlaubt die Integration von empirisch abgesicherten Wahrnehmungsdimensionen in ein GIS-basiertes Analysesystem.

Entsprechend der Vielzahl an theoretischen und methodischen Ansätzen, existiert mittlerweile eine kaum überschaubare Fülle an angewandten Arbeiten, die sich unter verschiedenen Titeln mit vergleichbaren Fragestellungen auseinandersetzen; eine kleine Auswahl zeigt Tabelle 6.3 in chronologischer Reihenfolge ihres Erscheinungsdatums.

²⁸ Art. 78, Abs. 2 der Bundesverfassung lautet: „Der Bund nimmt bei der Erfüllung seiner Aufgaben Rücksicht auf die Anliegen des Natur- und Heimatschutzes. Er schont Landschaften, Ortsbilder, geschichtliche Stätten sowie Natur- und Kulturdenkmäler; er erhält sie ungeschmälert, wenn das öffentliche Interesse es gebietet.“ Neben dem Natur- und Heimatschutzgesetz wird die Landschaft respektive deren Schönheit speziell im Raumplanungsgesetz und im Bundesgesetz über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte explizit erwähnt; vgl. <http://www.admin.ch/ch/d/sr/index.html> (Juni 2007).

Tabelle 6.3: Auswahl an angewandten Arbeiten zum Themenkomplex Landschaftsästhetik.

Referenz	Untersuchungsgegenstand	Untersuchungsmethode
(Shafer et al. 1969)	Natural Landscape Preference	Regressionsanalyse anhand von Variablen, abgeleitet aus Landschaftsfotografien und bewertet durch Interviews mit Laien.
(Grosjean, Wiesmann 1986)	Landschaftliche Schönheit	Expertenbasierte Inventarisierung und gruppenspezifische Gewichtung von Landschaftselementen innerhalb von Einheitsflächen.
(Buhyoff et al. 1994)	Landscape Visual Assessment	Regelbasiertes Expertensystem, basierend auf Forschungsergebnissen zu Landschaftscharakteristika und deren menschlicher Wahrnehmung.
(Köhler 2000)	Landschaftsbild	Aufarbeitung, Bewertung und Kartierung anhand expertenbasierter Kriterien und Indikatoren.
(Schüpbach 2002)	Landscape Aesthetics	Quantifizierung von „Variety“ und „Naturalness“ anhand digitaler Landnutzungsdaten.
(Augenstein 2002)	Ästhetik der Landschaft	Theorie- und empiriegestütztes, in GIS integriertes Prädiktorenset zur Ableitung von Landschaftspräferenz.
(Dakin 2003)	Landscape Assessment	Empirische Erfassung des Landschaftserlebens von Einheimischen mittels Fotos, Journal und Interviews.
(Palmer 2004)	Scenic Perception	Korrelations- und Regressionsanalyse zwischen Einschätzungen Einheimischer und Landscape Metrics derselben Sichträume.
(Roth, Gruehn 2005)	Scenic Quality	Nachbildung der von Laien bewerteten Landschaftsfotografien in einem GIS, darauf basierend ein erklärendes, statistisches Modell.
Syrbe 2005 ²⁹	Landschaftsbild	Differenzierte Bewertung mit Hilfe von Strukturmassen, basierend auf den Kriterien Vielfalt, Eigenart und Schönheit.

Vor dem Hintergrund dieses grossen Spektrums haben vor allem folgenden Punkte zur Entscheidung geführt, dem Verfahren von Augenstein (2002) zu folgen:

- Empirisch abgesichertes, theoretisches Gerüst;
- Einzelne Prädiktoren, respektive ihre Parametrisierung, lassen neben einer Gesamtaussage zum landschaftsästhetischen Potenzial auch isolierte Betrachtungen zu, so dass ...
- ... sie als unabhängige Indikatoren in ein Monitoring- und Controllingsystem einer Nachhaltigen Regionalentwicklung integriert werden können;
- Bearbeitung mittels verfügbarer Datengrundlage und damit Verzicht auf aufwändige empirische Erhebungen;
- Einbezug von Indizes der quantitativen landschaftsökologischen Forschung, wodurch eine gewisse Nähe zu ökologischen Analysen gewährleistet wird;
- Möglichkeit der Integration in ein GIS, das nachvollziehbare und räumlich explizite Resultate liefert.

²⁹ Arbeit im Rahmen des Workshops „Dynamik der Landschaftsstruktur“, IALE-D Arbeitsgruppe Landschaftsstruktur, 03.06.2005 im Leipziger Kubus.

Als gewichtigster Nachteil des Verfahrens scheint bereits im Vorherein die fehlende lokale Verankerung zu sein. Zwar wurde die Bedeutung der zu messenden Prädiktoren für das Landschaftsempfinden empirisch abgesichert, jedoch ist denkbar, dass sich diesbezüglich örtliche „Anomalien“ einstellen könnten. Ebenfalls kritisch erweist sich der Umstand, dass die Methode für grundsätzlich reliefarme Räume ausgelegt wurde; die Autorin weist darauf hin, dass das Verfahren andernfalls zu modifizieren respektive die Reliefvielfalt stärker zu berücksichtigen ist.

6.9 Prädiktorenmodell

Zur quantitativen Erfassung, also zur Operationalisierung der theoretisch und empirisch hergeleiteten Prädiktoren, verknüpft Augenstein diese mit messbaren und veränderlichen, physischen Landschaftsmerkmalen. Bei der Auswahl berücksichtigt sie primär Variablen, die sich bereits in Präferenzstudien zur Beschreibung der Prädiktoren bewährt haben.



Abbildung 6.4: Weiterentwicklung der Präferenzmatrix zum Prädiktorenmodell; mit ♦ markierte Parameter beschreiben auch ‚wahrgenommene Naturnähe‘ (Quelle: Augenstein 2002, S. 64).

Wie in Kapitel 6.7 festgehalten, zählt neben der Landschaftsstruktur auch deren Gehalt zu den Determinanten von Landschaftspräferenz, wobei die wahrgenommene Naturnähe in umweltsychologischen Studien als signifikantester Prädiktor hierfür auserkoren wurde. Augenstein (2002) integriert nun die Parametrisierung von wahrgenommener Naturnähe gleich in jene von Landschaftsstruktur, mit der Begründung, dass sich die jeweiligen Parameter mehrheitlich überschneiden würden. Somit steht ein Parameterbündel (alle mit ♦ markierten Parameter in Abbildung 6.4) zur Quantifizierung von wahrgenommener Naturnähe bereit, das neben dem auf Hemerobiestufen beruhenden Parameter *Natürlichkeitsgrad* auch jene zur Berechnung des *Freiraumanteils* (Abwesenheit von Bebauung), der *Flächenform* (gerade und rechteckige

Formen gelten als unnatürlich) sowie der *Kammerung* (ausgeräumte Landschaften wirken unnatürlich) umfasst. In Ergänzung dazu verwendet Augenstein zur Parametrisierung von Landschaftsstruktur, respektive der zugeordneten Prädiktoren, einige der aus der quantitativen Landschaftsökologie (vgl. Kapitel 7) stammenden Strukturmasse. Einzelne davon modifiziert sie nach den Bedürfnissen des Verfahrens.

Aufgrund des Transfers der Methodik in einen Hochgebirgsraum muss das eben dargestellte Prädiktorenmodell modifiziert werden. Ausserdem erfordert die unterschiedliche Datengrundlage zusätzliche Anpassungen am Modell. In Kapitel 10.6 erfolgt deshalb eine ausführliche Beschreibung zur Herleitung der in dieser Arbeit verwendeten Parameter.

6.10 Zusammenfassung

Die Beziehung des Menschen zur Landschaft steht im Zentrum der Landschaftsästhetik; dabei nimmt der Mensch als ästhetisch wahrnehmendes Subjekt die Landschaft als ästhetisches Objekt wahr. Diese Wahrnehmung ist überprägt von Umwelteinflüssen, von gesellschaftlichen Werten sowie von individuellen Erfahrungen.

Neben der Auseinandersetzung mit der Schönheit der Natur berücksichtigt Landschaftsästhetik auch das Mass des menschlichen Einflusses auf das Landschaftsbild. Zur Analyse und Bewertung des Landschaftsbildes existiert eine Reihe von methodischen Ansätzen, die entweder stärker objekt- oder subjektbezogen ausgerichtet sind. Für die vorliegende Untersuchung wird daraus ein sogenannt kognitiver Ansatz gewählt, der in der Information-Processing-Theorie der Kaplan's begründet ist. Das Ziel ist, anhand der empirisch hergeleiteten Prädiktoren Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität und Mysteriosität die Wahrscheinlichkeit von Landschaftspräferenz zu prognostizieren.

Zwecks rationeller Anwendung des Verfahrens werden diese theoretischen Erkenntnisse in ein objektorientiertes Verfahren integriert; dies erfolgt indem den einzelnen Prädiktoren die sie beschreibenden und in der Landschaft messbaren Parameter zugewiesen werden. Ein hohes landschaftsästhetisches Potenzial liegt dann vor, wenn alle Prädiktoren zueinander ansteigen, d.h. hohe Ausprägungen aufweisen. Diese Wirkungsweise wird in einem Prädiktorenmodell zusammengefasst.

7 Quantitative Landschaftsökologie

Wie sich bei der Illustration des Prädiktorenmodells im vorangehenden Kapitel gezeigt hat, finden Landschaftsstrukturmasse aus dem Forschungsansatz der quantitativen Landschaftsökologie Eingang in die Parametrisierung einzelner Prädiktoren. In Anbetracht der theoretischen Fundierung dieses Modells liegt der inhaltliche Fokus dabei nicht auf dem Erfassen und Erklären von ökologisch-funktionalen Zusammenhängen, sondern vielmehr auf der ästhetischen Wirkungsweise landschaftlicher Elemente und Strukturen. Insofern wird auf den theoretischen Hintergrund dieser Fachrichtung nur soweit eingegangen, als es für das Verständnis der Anwendung von Strukturmassen behilflich ist. Dem interessierten Leser seien Werke u.a. der folgenden Autoren für eine eingehendere Auseinandersetzung mit diesem Ansatz empfohlen: Forman, R.T.T.; Godron, M.; McGarigal, K.; Riitters, K.; Turner, M.; Wiens, J.A. u.v.a.m.

7.1 Landschaftsverständnis

Der sogenannte landschaftsstrukturelle Ansatz bedient sich in Abweichung zur Umschreibung des Begriffs Landschaft in Kapitel 6.1, einer mehr mechanistischen Sichtweise von Landschaft; deren Wahrnehmung durch den Menschen ist nicht von Relevanz. Hingegen ist die Rolle des Menschen als Akteur respektive Ge- und Umgestalter von Landschaft sehr wohl von Bedeutung. Landnutzung als räumliche Äusserungsform des menschlichen Einflusses kann als eine Art Überlappungs- oder Integrationsbereich zwischen den natürlichen und sozio-ökonomischen Systemen aufgefasst werden (Messerli & Messerli, zitiert in Lang, Blaschke 2007, S. 100). In ähnlichen Worten beschreibt auch Lutze (2004, S. 1) diese Sichtweise und deutet damit bereits die Zeigerfunktion von Landschaftsstruktur an: „Die aktuelle Landschaftsstruktur ist das Ergebnis der räumlichen und zeitlichen Wechselwirkung zwischen den Geofaktoren sowie der anthropogen bedingten Land(schafts)nutzung und kann als integrierender Indikator für [...] Folgewirkungen dieses Wechselspiels im Landschaftsmassstab aufgefasst werden.“ Neben dem Menschen ist mit dem Begriff Geofaktoren (u.a. Boden, Relief, Klima, Wasser) bereits der zweite Mechanismus genannt, welcher, überlagert durch natürliche Störgrößen wie Naturgefahren, nach Forman (1995) für die Ausbildung von Mustern in der Landschaftsstruktur verantwortlich ist. Unter Mustern (engl. *Pattern*) versteht er genauer Patch-Mosaik (oder *Patchiness*), die durch die spezifische Verteilung und Anordnung von Landschaftselementen zum Ausdruck kommen. In dem von ihm entwickelten Patch-Matrix-Konzept abstrahiert er solche Strukturelemente in die Kategorien Patches, Korridore und Matrix. Während die Matrix der dominierenden Landnutzung entspricht, heben sich daraus einzelne Patches (Landschaftselemente) hervor, gegebenenfalls (funktional) verbunden durch eher lineare Korridorformen.

Der landschaftsstrukturelle Ansatz geht also von der Annahme aus, dass erwähnte Muster (*Pattern*) der raum-zeitliche Ausdruck von Prozessen sind, welche auf unterschiedlichen Massstabsebenen stattfinden; umgekehrt lassen sich diese von vorherrschenden Strukturen leiten und stehen damit in einem gegenseitigen Wechselspiel (Lang, Blaschke 2007, S. 96). Dieses Wechselspiel, angetrieben von den oben genannten Mechanismen, schafft grundsätzlich räumliche Heterogenität, deren Quantifizierung das Ziel des Ansatzes ist.

7.2 Landschaftsstrukturmasse

Landschaftsstrukturmasse (engl. *landscape metrics*) stellen das Mittel zur Quantifizierung von Landschaftsstruktur dar. Sie vermitteln zwischen den sichtbaren Mustern in der Landschaft und den darin ablaufenden Prozessen respektive werden mit verschiedenen Landschaftsfunktionen in Beziehung gebracht (vgl. Abbildung 7.1).

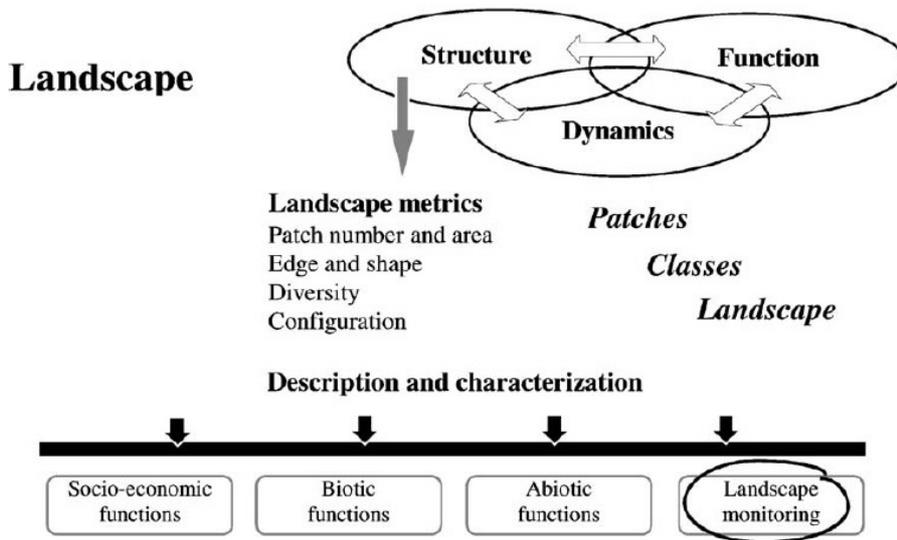


Abbildung 7.1: Anwendung von Landschaftsstrukturmassen (Quelle: Lausch, Herzog 2002, S. 4).

Wie bereits angesprochen, interessieren im Rahmen dieser Untersuchung weniger die ökologischen Funktionen als vielmehr die Informationsfunktion, also der Informationsgehalt der Landschaft hinsichtlich seiner räumlich-inhaltlichen Diversität sowie seiner Strukturiertheit (Lang, Blaschke 2007, S. 101). Unabhängig davon, mit welchen Prozessen oder Funktionen die Landschaftsstruktur korreliert wird, bedingt eine Quantifizierung derselben die scharfe Abgrenzung von Einheiten auf unterschiedlichen Aggregationsstufen. Im Kontext der Landschaftsstrukturmasse hat sich für die je nach Untersuchungsmaßstab kleinste und als weitgehend homogen zu betrachtende Einheit die englische Bezeichnung *Patch* durchgesetzt. Burnett und Blaschke schreiben dazu: „*The interwoven patterns of heterogeneity and homogeneity have as their basic units the landscape element or patch. Patches may be defined as areas surrounded by a matrix, and may be connected by corridors (Forman, 1995) or as conceptual groupings of spatial heterogeneity, that are ubiquitous and which vary at different scales (Wu, 1999). It is important to emphasize that patches are ephemeral and to a degree arbitrary, gentle compartmentalisations of continuums of ecological processes that defy crisp boundary placement*“ (Burnett, Blaschke 2003, S. 235). Die Problematik, die sich aus einer solchen scharfen und mitunter zufälligen Grenzziehung innerhalb einer sich kontinuierlich verändernden Landschaft ergibt, wird in Kapitel 8 näher beleuchtet.

Die Berechnung und Analyse von Landschaftsstrukturmassen vollzieht sich in der Regel auf drei Ebenen: Ebene der Patches, der Klasse und schliesslich auf der Ebene der gesamten Landschaft (vgl. Abbildung 7.2). Während die Masszahlen auf der untersten Ebene geometrische und topologische Eigenschaften von einzelnen Patches beschreiben, leiten solche der höheren Ebenen aggregierte Informationen daraus ab oder beziffern spezifische Konfigurationen von Patch-Kollektiven (z.B. Patches nur einer Landnutzungsklasse).

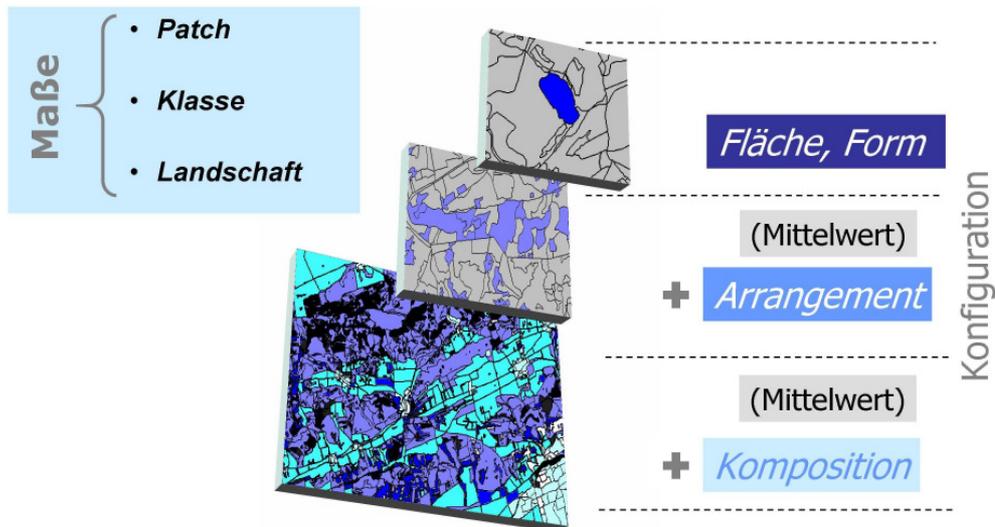


Abbildung 7.2: Drei Ebenen der raumstrukturellen Analyse (Quelle: Lang, Blaschke 2007)

Die Aussagekraft bzw. die Interpretation der verschiedenen Masszahlen ist wiederum von einer Reihe von Einflussfaktoren und dem jeweiligen, inhaltlichen Kontext abhängig; erwähnenswert sind die folgenden Punkte:

- **Datenmodell:** Je nach dem, ob Raster- oder Vektordaten den Auswertungen zugrunde liegen, wird von einer unterschiedlichen digitalen Repräsentation der realen Welt ausgegangen. Fallweise kann dies zu einer beschränkten Vergleichbarkeit von Untersuchungen führen (Lausch, Herzog 2002, S. 13).
- **Untersuchungsmassstab:** „Get the scale right“ schreibt Gustafson (1998, S. 153) und empfiehlt, geostatistische Methoden einzusetzen, um den passenden Massstab zur vorliegenden Patchiness und hierarchischen Struktur eruieren zu können.
- **Lineare Elemente:** Lausch und Herzog (2002, S. 5) betonen den erheblichen Einfluss linearer Landschaftselemente auf die Berechnungsergebnisse und regen an, immer auch Verkehrs-, Gewässer- und anderweitig relevante Netzwerke in die Daten einzubeziehen.
- **Aggregation:** Die Aggregation von Ergebnissen zu Aussagen auf höherer Ebene (z.B. Mean Patch Size Index) durch Mittelwertbildung, Summierung o.ä. birgt die Gefahr, dass aufgrund schiefer oder asymmetrisch verteilter Ausgangswerte die Interpretation erschwert wird (Lang, Blaschke 2007, S. 213).
- **Mapping:** Eine zentrale Herausforderung liegt im Umstand, die zunächst wertfreien Masszahlen als Indikatoren für konkrete Phänomene (Landschaftsfunktionen, Schutzziele, Wahrnehmungsdimensionen) zu verwenden (Lang et al. 2002). In der verallgemeinerungsfähigen Zuordnung von Strukturparametern zu ökologischen Funktionen orten auch Lutze et al. (2004, S. 9) Defizite. Die Selektion geeigneter Strukturmasse bedarf daher vertiefter Abklärungen; insbesondere muss beurteilt werden können, ob durch eine gegebene Variabilität der Masszahl wirklich auch relevante Unterschiede in der Landschaftsstruktur angezeigt werden (Lang, Blaschke 2007, S. 211), die auf Änderungen des untersuchten Phänomens schliessen lassen.

An dieser Stelle soll in Bezug auf praktische Anwendungen das Projekt SPIN³⁰ erwähnt werden, während dem nicht nur verschiedene Strukturmasse einer Eignungsprüfung für Monitoringaufgaben im Natura2000-Kontext unterzogen wurden, sondern auch eine Datenbank na-

³⁰ vgl. <http://www.spin-project.org/> (Juni 2007)

mens IDEFIX³¹ aufgebaut wurde. Darin wird eine Zusammenstellung bewährter Landschaftsstrukturmasse geführt. Für detailliertere Informationen zu den einzelnen Masszahlen sei auf ebendiese Übersicht sowie auf jene in Lang und Blaschke (2007, S. 223–228) verwiesen. Es ist anzumerken, dass sich die Kategorisierung abgesehen von den drei Hierarchiestufen (Patch, Class, Landscape) oft zusätzlich nach raumstrukturellen und ökologischen Gesichtspunkten wie z.B. Vernetzung/Isolation, Zerschneidung, Kernflächen oder etwa Verklumpungsgrad richtet.

Nach Jaeger (2006, S. 161) besteht ein grosser Vorteil dieses quantitativen Ansatzes darin, dass leistungsfähige Auswertungsmethoden anwendbar sind. Angesichts heutiger Umweltprobleme erhofft er sich aus der Verbindung quantitativer *und* qualitativer Aussagen den grössten Lösungsbeitrag, dies indem die Quantifizierung die qualitativen Überlegungen im Sinne einer Schärfung, Klärung, Differenzierung unterstützt und damit die Nachprüfbarkeit von Zieldefinitionen zum Schutz von Landschaften erhöht. Landschaftsstrukturmasse gewährleisten gemäss Jaeger (S. 163) diese unterstützende Funktion aber nur, wenn sie einer Reihe von Anforderungen genügen:

- Nachvollziehbarkeit und Anschaulichkeit ihrer Definition und Berechnung;
- Korrektheit, Wohldefiniiertheit und zuverlässige Reproduzierbarkeit der Mess- und Berechnungsergebnisse;
- Wiedergabe struktureller Eigenschaften der Landschaft, die in bestimmter Hinsicht relevant sind (z.B. ökologisch oder ästhetisch);
- Monotonie hinsichtlich einer zunehmenden Ausprägung der berücksichtigten Struktureigenschaften, d.h. eine Zunahme der gemessenen Eigenschaften sollten sie konsistent durch einen monoton steigenden (oder sinkenden) Wert wiedergeben;
- Stetigkeit der Messwerte bei kontinuierlichen Veränderungen des Landschaftsmusters;
- Effizienz und Praktikabilität: begrenzter Aufwand für Erhebung und Verarbeitung der Daten bei möglichst grosser Aussagekraft relevanter Strukturindikatoren.

Der an dritter Stelle aufgelistete Punkt hinsichtlich der Wiedergabe relevanter, struktureller Eigenschaften leitet zum nächsten Unterkapitel über. Abschliessend ist festzuhalten, dass Landschaft als komplexes hierarchisches System betrachtet werden kann, das durch eine begrenzte Menge von Zustandsvariablen bzw. Indikatoren [sowie Triebkräften] in einer für Nachhaltigkeitsbetrachtungen hinreichenden Weise identifizier- und beschreibbar ist (Lutze et al. 2004, S. 3).

7.3 Die dritte Dimension

Verschiedene Autoren (wie z.B. Lutze et al. 2004, S. 5; Hoehstetter, Walz 2006, S. 235) werten die in der Regel zweidimensionale Betrachtungsweise als gewichtigen Nachteil. Bedeutsame dreidimensionale Strukturen wie die Geländeform oder Höhe und Volumen von Landschaftselementen (*Patches*), die erfahrungsgemäss wesentlich zur Ausprägung charakteristischer Muster in der Landschaft beitragen, bleiben in gebräuchlichen Landschaftsstrukturmassen weitgehend unberücksichtigt. Zudem ist in Gebieten mit ausgeprägtem Relief die Projektion der Patches in die Kartenebene mit einem Informationsverlust respektive mit einem systematischen Fehler behaftet; denn „mit zunehmender Hangneigung werden die tatsächlichen Flächen und Distanzen unterschätzt“ (Hoehstetter, Walz 2006, S. 238).

³¹ Indicator Database for Scientific Exchange: vgl. <http://www.geo.sbg.ac.at/larg/idefix.htm> (Juni, 2007)

Als eine naheliegende Abhilfe erweist sich die Berechnung gängiger 2D-Strukturmasse mit realen (d.h. aus einem Höhenmodell abgeleiteten) Geometrien. Daneben sind eine Reihe weiterer methodischer Ansätze gediehen, welche sich dieser Problematik annehmen. Dazu gehören der Einsatz von Parametern aus der Oberflächen-Messtechnik sowie ein Transfer der Lakenaritätsanalyse (Mass für Heterogenität bzw. Textur) auf Geländeoberflächen (beide erläutert in: Hoehstetter, Walz 2006). Ferner operieren jüngere Ansätze anstelle von diskret abgegrenzten Patches neu mit ökologischen Gradienten (McGarigal & Cushman, zitiert in: Hoehstetter, Walz 2006), wodurch der im nachfolgenden Kapitel diskutierten Diskretisierung eines Landschaftskontinuums ausgewichen werden kann.

8 Diskretisierung des Raums

8.1 Ansätze der Raumgliederung

Eine Auseinandersetzung mit der Landschaft, wie sie anhand der im vorangehenden Kapitel beschriebenen Methodik zu vollziehen ist, setzt grundsätzlich eine explizit räumliche Abgrenzung voraus. Damit ist nicht nur die äussere Grenzziehung des Untersuchungsgebietes gemeint, sondern insbesondere auch die weitere Untergliederung in Teilgebiete unterschiedlicher Massstabsstufen; die konstituierenden Elemente (*Patches*) am untersten Ende der Skala seien vorläufig noch ausgeklammert. Dieser Arbeitsschritt ist nicht trivial, da einerseits die Landschaft als solche ein komplexes, kontinuierliches Gebilde darstellt, andererseits die Operationalisierung von Landschaftsästhetik ihre wahrnehmungsgeliteten Anforderungen an die Abgrenzung von zu untersuchenden Landschaftseinheiten stellt.

Aus der Literatur und der Praxis sind verschiedene methodische Ansätze zur Raumgliederung bekannt, die meisten davon lassen sich in folgende vier Kategorien einteilen:

Ökologische Raumgliederung: Nach Schafranski (1996, S. 125) zielen ökologisch-*funktionale* oder landschaftsökologische Raumgliederungen darauf ab, die Abgrenzung von Räumen auf der Grundlage des bestehenden ökologischen Wirkungsgefüges im Raum vorzunehmen. Im Vordergrund steht die Ausscheidung homogener Funktionseinheiten.

Zur selben Kategorie ist der *physiognomische* Ansatz zu zählen, der auf den visuell erfassbaren Merkmalen von Landschaftsausschnitten beruht und damit das Erscheinungsbild ins Zentrum stellt. Schafranski (1996, S. 126) führt in diesem Zusammenhang die Arbeit von Winkelbrandt und Peper auf, worin anhand spezifischer Merkmalsausprägungen der Vegetationsstrukturen Landschaftsbildeinheiten sowie die sich aus ihnen zusammensetzenden Landschaftsbildräume definiert wurden. Weiter nennt er die im Zusammenhang mit landschaftsästhetischen Beurteilungen eingebrachten Raumkategorien, so z.B. die auf Flächennutzung und Relief basierenden visuellen Landschaftseinheiten (Hoisl et al. 1987) oder den zur Beurteilung der Fernwirkung eines Eingriffs in Nah-, Mittel- und Fernzone gegliederte Erlebnis- und Sichtraum (Adam et al. 1986).

Topographisch-orientierte Untergliederung: Lang und Blaschke (2007, S. 130) umschreiben diese Kategorie als Versuch, die reale Welt massstabsgetreu und in getrennten thematischen Ebenen wiederzugeben.

Dazu zählen in der Schweiz die digitalen Landschaftsmodelle, woraus die Produkte VECTOR25 und VECTOR200 resultieren (siehe Kapitel 10.4). Die neun respektive sechs thematischen Ebenen (z.B. Primärflächen, Einzelobjekte, Strassennetz usw.) verfügen über georeferenzierte Punkt-, Linien- und Flächenobjekte, deren thematische Differenzierung nicht für alle Anwendungsfälle genügen mag.

Administrativ-politische Raumeinteilung: Zahlreiche, meist sozioökonomische Masszahlen beziehen sich auf administrative Einheiten wie Zählsprenkel, Quartiere, Gemeinden, Bezirke oder Kantone. Darin liegt ein grosses Potenzial für vergleichende Analysen, hingegen stellt sich das u.a. von Lausch und Herzog (2002, S. 14) erkannte Problem, dass sich sowohl Umweltphänomene wie auch die Art und Weise der Wahrnehmung von Landschaften ungeachtet solcher Abgrenzungen manifestieren.

Künstlich-erzeugte Raumeinheiten: Mit dem Vorteil, einheitliche und damit vergleichbare Einheiten zu schaffen, bedienen sich gewisse Studien und Programme künstlich erzeugter Einheiten, wie z.B. das Hektarraster der Schweizerischen Arealstatistik²². Im Hinblick auf die Berechnung von Landschaftsstrukturmassen stellt die Konstruktion neuer, in der Realität nicht anzutreffender Grenzlinien aber ein Nachteil dar.

Mit Blick auf die übergeordnete Zielsetzung, einen Beitrag zur Überwachung der Alleinstellungsmerkmale des UNESCO Welterbes JAB zu leisten und dabei im Speziellen die Belange der Landschaftsästhetik zu berücksichtigen, muss bereits an dieser Stelle von der vierten Kategorie Abstand genommen werden. Die künstliche Grenzziehung birgt die Gefahr, Landschaftsstrukturmasse zu verfälschen, ausserdem entsprechen regelmässige Raster nicht dem, wovon sich die menschliche Wahrnehmung von Landschaft leiten lässt. Letzteres gilt auch für die dritte Kategorie, obgleich hier bereits definierte Grenzlinien verwendet würden. Vielmehr ist im Schnittbereich der ersten beiden Kategorien der passende Raumgliederungsansatz für diese Arbeit zu suchen. Gemäss Syrbe (1999, S. 149) bieten geoökologische Raumeinheiten eine geeignete Basis, um die variablen Merkmale der Raumnutzung mit den stabileren natürlichen Potentialen in Beziehung zu setzen. Auch Schafranski (1996, S. 125) findet, dass geologisch-morphologische Merkmale für landschaftsästhetische Analysen geeignet sind, da Oberflächenformen als das gestalterische Grundgerüst einer Landschaft angesehen werden können.

8.2 Morphometrische Bänder

Den eben skizzierten Fokus auf physiognomische und topographisch orientierte Raumgliederungen im Kontext der Landschaftsanalyse untermauern Blaschke und Strobl (2003, S. 106) mit der Aussage: „*In everyday language, our understanding of landscape is closely tied to terrain features. When delineating landscape entities we will intuitively draw boundaries at any prominent change in topography like ridgelines, breaks in slope or curvature*“. Sie empfehlen sog. *morphometric bands* bei der Bildung von Raumeinheiten hinzuzuziehen; darunter verstehen sie die aus digitalen Höhenmodellen abgeleiteten Informationsebenen wie z.B. die Hangneigung, die Exposition oder die Krümmung. Schliesslich verleihen sie der topographischen Heterogenität mit folgender Bemerkung Gewicht: „*Glacially vs. fluvially formed landscapes will differ substantially on the typical forms and shapes of homogeneous units. We believe - but yet have not proved empirically - that topographic heterogeneity is an important factor for many functions and processes*“ (Blaschke, Strobl 2003, S. 112).

Im JAB sind die Oberflächenformen nicht bloss das gestalterische Grundgerüst, sondern vielmehr der alles überprägende Einflussfaktor, so auch für die visuellen Wahrnehmungsprozesse. Findet nun bei der Ableitung von Raumeinheiten eine derart dominante Grösse keine Beachtung, ist bei der Berechnung von Landschaftsstrukturmassen mit verzerrten Resultaten zu rechnen (vgl. hierzu Kapitel 7.3). Demzufolge ist die zweidimensionale Betrachtungsweise, wie sie das Patch-Matrix-Konzept vorsieht, unbedingt mit topographischen Aspekten zu ergänzen (Blaschke, Dragut 2003).

8.3 Masstab und Auflösung

Damit scheint sich zu klären, nach welchen Kriterien der Untersuchungsraum untergliedert wird. Noch offen ist aber die Frage, in welcher Grösse und hierarchischer Abfolge solche Landschaftseinheiten gebildet werden sollen. Nach der bildhaften Beschreibung von Burnett

und Blaschke (2003, S. 236) offenbart sich dem Betrachter einer Landschaft, welcher sich in einem aufsteigenden Ballon von der Erde entfernt, eine ungleichmässige Abfolge von Bildsequenzen: Während es Phasen gibt, in denen sich die Heterogenität der Erdoberfläche mehr oder weniger gleich darstellt, treten unvermittelt immer auch Brüche auf, die sich in markanten Änderungen des Bildinhalts manifestieren; z.B. verfließen einzelne Baumgruppen zu einem Waldstück oder fallen unterschiedliche Feldfruchtkulturen zu einer Landwirtschaftsfläche zusammen. Solche Brüche können auch räumliche Schwellwerte genannt werden, allerdings suggeriert dieser Begriff scharfe Übergangsgrenzen, die es in der Realität nicht gibt.

Diese Vorstellung verdeutlicht den kontinuierlichen Charakter von Landschaft, hervorgebracht durch die Heterogenität in zeitlicher, funktionaler und räumlicher Dimension. Implizit kommt damit auch ein Massstabskontinuum zum Ausdruck, worin sich Untersuchungen von Phänomenen zu orientieren haben, die in der Landschaft ihren Ausdruck finden. Blaschke et al. (2005, S. 2879) befinden hierzu: „*Although there is no single correct scale to describe a system, not all scales serve equally well*“. Ein Untersuchungsmaßstab wird bestimmt durch die Parameter Auflösung und Ausdehnung; während letzterer sich hier am Umriss der Welterbe-Region orientiert, muss das Hauptaugenmerk auf ersteren gerichtet werden: Wie gross soll die kleinste zu unterscheidende Einheit (*Patch*) sein, und auf welche Weise sollen diese Einheiten zu Objekten höherer Ordnung aggregiert werden? Die Frage nach der Auflösung ist ferner nicht nur in räumlicher, sondern auch in zeitlicher und thematischer Hinsicht zu beantworten; die Antwort zur Patchgrösse erfolgt nach weiteren theoretischen Überlegungen in Kapitel 10.5, zur thematischen Auflösung finden sich in Kapitel 10.4 nähere Angaben.

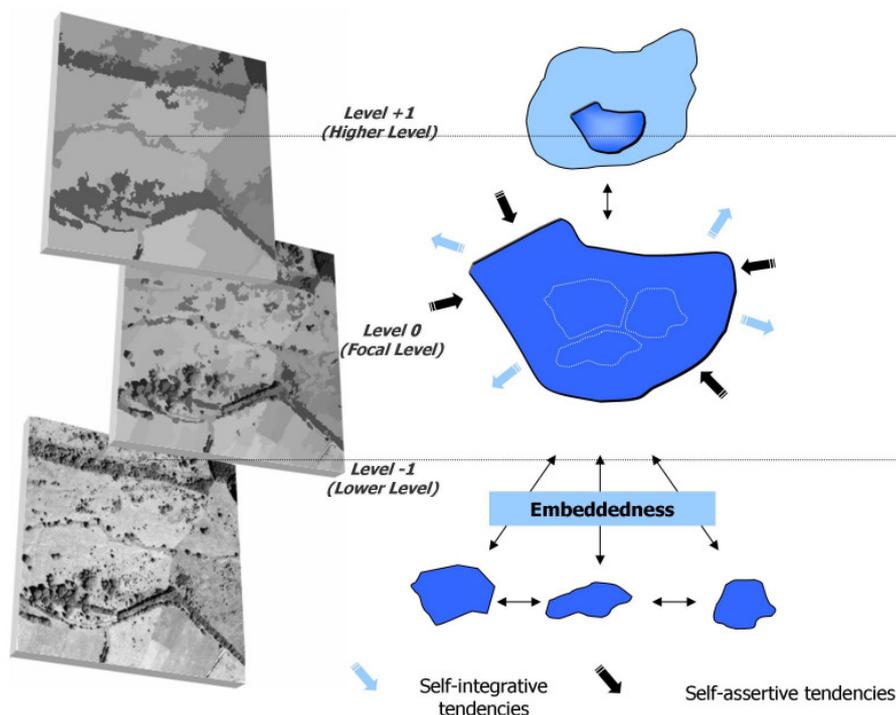


Abbildung 8.1: Patch-Hierarchie über mehrere Levels (Quelle: Lang, Blaschke 2007).

Verschiedene Arbeiten im Kontext der Landschaftsanalyse (Baatz, Schäpe 2000; Blaschke, Dragut 2003; Burnett, Blaschke 2003; Hay et al. 2003 u.a.m.) versuchen, die durch das Patch-Matrix-Konzept etwas limitierte Sichtweise zu überwinden. Patches sind nicht a priori offensichtlich, je nach Untersuchungsgegenstand und eingenommener Perspektive ist eine unterschiedliche Grössenordnung optimal, um eine gewisse Sinnhaftigkeit zu gewährleisten. Mit der sich kontinuierlich ändernden Heterogenität im Raum ergeben sich daraus verschiedene

Aggregationsstufen (engl. *multi-scale* bzw. *nested scales*) von Landschaftselementen, die untereinander sowohl in hierarchisch vertikaler wie horizontaler Richtung in Beziehung stehen (siehe Abbildung 8.1). Burnett und Blaschke (2003) sprechen solche Stufen als Levels an, beginnend mit **Level -1** als mechanistische, unterste Stufe, gefolgt vom **Focal Level** (0) als Hauptuntersuchungsmassstab und komplettiert mit **Level +1**, welcher der untersuchten Landschaft entspricht. Wu (1999) etablierte unter Einbezug der Hierarchietheorie das „*Hierarchical Patch Dynamics Paradigm*“, das davon ausgeht, dass Patches nur unter bestimmten Bedingungen und in einem bestimmten Betrachtungsmassstab als homogen zu erachten sind. Wenn dieser Massstab wechselt und z.B. grösser wird, werden die vormals homogenen Patches zu heterogenen Gebilden, die ihrerseits aus homogenen Einheiten aufgebaut sind (Lang, Blaschke 2007, S. 119).

8.4 Segmentierung und objekt-orientierte Bildanalyse

Neuere technologische Entwicklungen erlauben die Umsetzung dieser theoretischen Ansätze innerhalb von Bildverarbeitungs- respektive Geographischen Informationssystemen. In Erweiterung traditioneller pixelbasierter Analyseansätze können benachbarte Bildelemente (Pixel) zu Pixelgruppen (Regionen, Segmenten, Bildprimitiven) aufgrund von Ähnlichkeitskriterien gruppiert werden. Solche Segmentierungsverfahren fassen die Pixel nicht ausschliesslich aufgrund ihrer Ähnlichkeit im Merkmalsraum (Spektralsignatur) zusammen, sondern es wird gleichzeitig dem räumlichen Zusammenhang Rechnung getragen (Neubert, Blaschke 2004, S. 92–93). Die Segmentierung stellt damit einen Bearbeitungsschritt zwischen Vorverarbeitung und Klassifikation dar, da hierdurch lediglich die Geometrie (vgl. Abbildung 8.2) der später zu klassifizierenden Objekte geschaffen wird (Neubert 2006, S. 26).

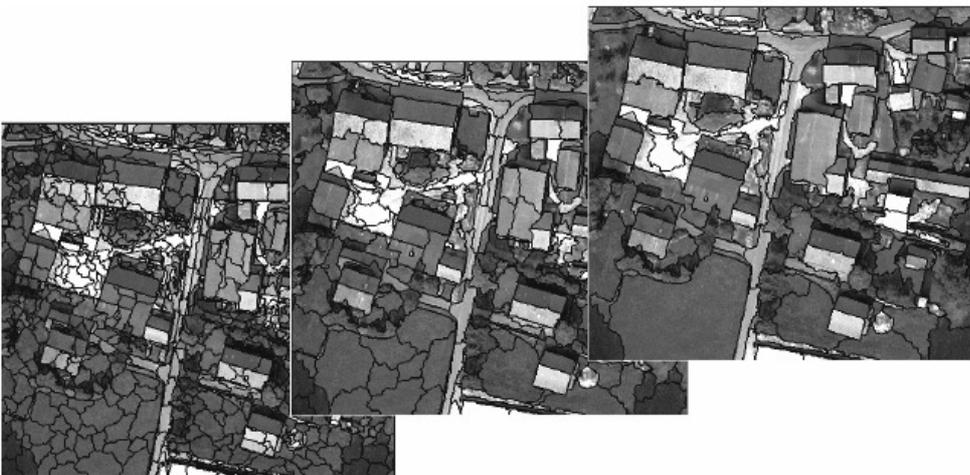


Abbildung 8.2: Hierarchie von Bildobjekten auf drei Stufen (Quelle: Definiens Professional 5, User Guide, S. 16)

Natürlich existieren derzeit verschiedene Segmentierungsverfahren, worunter im interessierenden Kontext v.a. die multiskalare Segmentierung nach Baatz und Schäper (2000) relevant erscheint. Diese auch als hierarchisch bezeichnete Segmentierung bietet die Möglichkeit – ähnlich der menschlichen Wahrnehmungsfähigkeit – verschiedene Objektgrössen parallel zu erfassen. Zwischen den einzelnen Bildobjekten bestehen semantische Verbindungen, d.h. jedes Bildobjekt kennt seine Subobjekte sowie sein Superobjekt (Neubert, Blaschke 2004, S. 94–95).

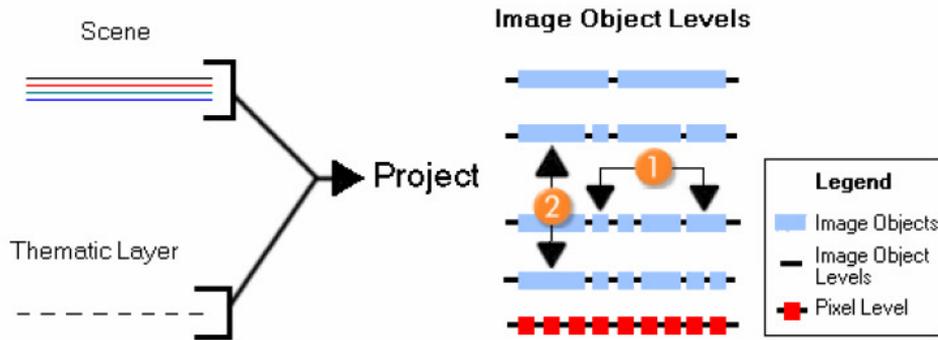


Abbildung 8.3: Ableitung einer Hierarchie von Bildobjekten aus Rasterdaten und optionalen, thematischen Ebenen. 1: Räumliche Distanz; 2: Level-Distanz (Quelle: *Definiens Professional 5, User Guide*, S. 80)

Der konkrete Berechnungsvorgang mittels “region growing”-Verfahren startet mit der Betrachtung eines jeden Pixels als Bildobjekt. Ausgehend von solchen Wachstumskernen (engl. *seeds*) werden alle benachbarten Pixel basierend auf lokalen Homogenitätskriterien hinsichtlich der potenziellen “Fusionskosten” untersucht. Je nach Parametrisierung der maximal erlaubten Fusionskosten (oder engl. *least degree of fitting*) werden benachbarte Pixel verschmolzen oder es wird eine Segmentsgrenze gezogen; somit ist von dieser Parametrisierung auch die Grösse der resultierenden Bildobjekte abhängig (Baatz, Schäpe 2000, S. 15; Neubert 2006, S. 29). Dem weiter oben angesprochenen Massstabskontinuum trägt dieses Verfahren insofern Rechnung, als dass jede Fusionsentscheidung auf Homogenitätsberechnungen zwischen Bildobjekten der aktuellen Massstabsstufe basiert (Baatz, Schäpe 2000). Der erläuterte Berechnungsvorgang wird wiederholt angewendet, um Bildobjekte höherer Hierarchiestufen abzuleiten; anstelle der Pixel werden dazu die bereits vorliegenden Bildobjekte der unteren Stufe beigezogen.

Während eine Segmentierung die Geometrien der Bildobjekte liefert und diese in eine Hierarchie einbettet, bedarf es schliesslich einer Klassifizierung, um den Bildobjekten auch eine inhaltliche, semantische Dimension zu verleihen. Auch ist es durchaus denkbar, dass die interessierenden Objekte (Focal Level) oft aus mehreren Objektprimitiven aggregiert werden. Daher sollten die initialen Objektprimitive nur einer Klasse zuordenbar sein und keinesfalls Klassengrenzen überschreiten (Neubert 2006, S. 74). Nicht nur bei der Segmentierung, sondern auch in diesem zweiten Schritt stehen neben der Spektralinformation eine Reihe weiterer Unterscheidungsmerkmale zur Klassifizierung zur Verfügung; dazu gehören Nachbarschaftsbeziehungen (auch Level-übergreifend), Formkenngrössen, Textur usw. Insgesamt erlaubt die objektbasierte Bildanalyse „an der Schnittstelle von Fernerkundung und GIS eine Modellierung und Klassifikation auch komplexerer, strukturell definierter Zielklassen” (Lang & Langanke: zitiert in Lang, Blaschke 2007, S. 319). Damit ist dieser Ansatz laut Blaschke (2003, S. 46–47) auch geeignet, um holistische Landschaftskonzepte umzusetzen, welche die menschliche Wahrnehmungsdimension mitberücksichtigen: “*The perspective dimension in landscape is fundamental as the concept ‘landscape’ embraces both a piece of land with all the objects it contains and also its appearance (Antrop 2002). The multi-level segmentation approach utilizes the possibilities of an object-oriented software environment and allows a flexible, semantic-based classification and exploration procedure*”. Die Einbindung von Expertenwissen in Regelwerke (Klassifikationsschlüssel) erhöht zudem die Transparenz und Übertragbarkeit der Methodik. Die konkrete Anwendung eines multiskalaren Segmentierungsverfahrens wird in Kapitel 10.5.3 näher erläutert.

Hiermit ist die Analyse relevanter Literatur abgeschlossen; auf Basis der in den Kapiteln 5 bis 8 erarbeiteten Erkenntnissen werden im Folgenden die Forschungsfragen aufgeführt und jeweils eine aus der Theorie hergeleitete Hypothese formuliert.

9 Forschungsfragen und Hypothesen

In Bezug auf die der Trägerschaft obliegenden Aufgabe, die Alleinstellungsmerkmale des Welterbe-Gebiets zu überwachen und zu sichern sowie vor dem Hintergrund der aufgezeigten Forschungslücken im Bereich der Operationalisierung von Landschaftsästhetik, ergeben sich vorderhand folgende Fragen:

Frage nach der Messbarkeit: Auf welche Weise lässt sich angesichts limitierender gebietsweiter Geodatengrundlagen Landschaftsstruktur und -gehalt parametrisieren, damit das landschaftsästhetische Potenzial (räumlich explizit) erfasst werden kann? Ist eine solche Operationalisierung im Rahmen langjähriger Monitoringaktivitäten genügend sensibel, um Veränderungen daran zu erkennen?

Hypothese_M: Der auf der Verknüpfung von subjekt- und objektbezogenen Ansätzen der Landschaftsästhetik beruhende Ansatz von Augenstein (2002) erlaubt, die Wahrscheinlichkeit von Landschaftspräferenz zu prognostizieren und räumlich zu verorten. Die empirisch hergeleiteten Prädiktoren Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität und Mysteriosität gelten auch für die Welterbe-Region, so dass sich der Ansatz insbesondere unter Berücksichtigung von dominanten Reliefeinflüssen auf das vorliegende Untersuchungsgebiet transferieren lässt. Landschaftsstrukturmasse, die auf räumlich und thematisch limitiert aufgelösten Daten basierenden, vermögen es nicht, kleinräumige, schleichende und auf die Landschaftspräferenz wirkende Veränderungen zu erfassen.

Frage nach der Diskretisierung: Welches ist angesichts der menschlichen Wahrnehmungsdimensionen der passende Untersuchungsmaßstab und inwiefern lässt sich die sich prinzipiell kontinuierlich verändernde Gebirgslandschaft in Elemente und Bezugsräume verschiedener Aggregationsstufen sinnvoll untergliedern?

Hypothese_D: Jüngere Ansätze der multiskalaren Segmentierung erlauben eine flexible Untergliederung des Untersuchungsgebiets. Diese hat sich an der Perspektive des sich in der Landschaft aufhaltenden und – vorab visuell – wahrnehmenden Menschen sowie an den dominierenden Landschaftsformen zu orientieren. Massgeblichen Einfluss bei der Identifizierung der kleinsten, konstituierenden Landschaftselemente hat auch die Qualität der zugrunde liegenden Daten

Frage nach der Praktikabilität: Gelingt es, relativ komplexe Auswertungsroutinen so aufzubereiten, dass Standard-GIS-User diese in nachfolgenden Monitoringzyklen nachvollziehen können? Stellen die zur Verfügung stehenden Daten eine hinreichende Grundlage für landschaftsästhetische Untersuchungen dar?

Hypothese_P: Während bei ausreichender Dokumentation die Nachvollziehbarkeit von Berechnungsvorgängen innerhalb geographischer Informationssysteme kaum je ein Problem darstellt, gestaltet sich bspw. die Integration von Berechnungsroutinen in einem Graphischen User Interface (GUI) als aufwändig. Der zum jetzigen Zeitpunkt erst als Vorschlag zu wertende Lösungsansatz (inkl. Datengrundlage) und die nur alle paar Jahre durchzuführenden Erhebungen im Rahmen des Monitorings rechtfertigen die Entwicklung einer Benutzeroberfläche noch nicht.

Der im Ressourcenmangel begründete Verzicht auf Felderhebungen bedeutet eine lokal unzureichende Verankerung des übertragenen Lösungsansatzes. Die zur Verfügung stehenden Daten bilden die der Wahrnehmung zugrunde liegenden gesellschaftlichen Werte

kaum ab, so dass mithilfe eines partizipativen Dialogs eine Ergänzung sowie Bewertungsskalen festgelegt werden müssen.

10 Operationalisierung des Prädiktorenmodells

In diesem Kapitel geht es primär darum, das von Augenstein (2002) entwickelte Prädiktorenmodell (vgl. Abbildung 6.4) zur Prognose von Landschaftspräferenz auf die Welterbe-Region zu übertragen. Dabei spielt insbesondere der Einfluss des Hochgebirgsreliefs eine tragende Rolle, ausserdem basiert im Unterschied zur Arbeit von Augenstein (Augenstein 2002) die Berechnung der Parameter nicht auf einem regelmässigen Raster, sondern auf Raumeinheiten, die anhand eines Bildsegmentierungsverfahren von topographischen Eingangsdaten abgeleitet werden (vgl. Kapitel 10.5). Zu Beginn wird kurz auf die Rahmenbedingungen eingegangen, welche dem zu prognostizierenden Landschaftserlebnis zugrunde gelegt werden, respektive dieses im zeitlichen Verlauf modifizieren können. Ebenso sollen die eingesetzte Software und die verwendeten Eingangsdaten vorgestellt werden.

10.1 Annahmen zum Landschaftserleben

Dem Prädiktorenmodell liegt die Annahme zugrunde, dass der Mensch (Subjekt) an verschiedenen Landschaftsausschnitten (Objekt) abhängig von deren Ausstattung mit Elementen und deren Konfiguration unterschiedlich stark Gefallen findet. Ebenfalls wird angenommen, dass die menschliche Wahrnehmung von Landschaft immer ein Produkt von Filtereinwirkungen ist, die sich u.a. durch die Sinnesorgane, durch sozialisierte und individuelle Erfahrungen sowie durch atmosphärische Einflüsse begründen.

Damit sich die Verfahrensanwendung nicht allzu stark verkompliziert, werden in diesem zweiten Punkt ziemlich restriktive Einschränkungen festgelegt:

Sinnesorgane: Von den fünf menschlichen Sinnen wird „nur“ der visuelle berücksichtigt. Zwar ist die Bedeutung der restlichen Sinne für die Wahrnehmung von Landschaft nicht zu leugnen, allerdings kommt dem Gesichtssinn die wohl ausschlaggebende Wirkung zu. Das dem mindestens heutzutage so ist, bestätigt folgende Textpassage zur Motivverschiebung im Tourismus der Welterbe-Region: „Während im 18. Jahrhundert die wissenschaftliche Motivation noch deutlich sichtbar gewesen war, wurde diese im 19. Jahrhundert durch ein ästhetisches Motiv überlagert und verdrängt. Verdeutlichen lässt sich dies am Beispiel des Faulhorns: Während im 18. Jahrhundert die Reisenden in Grindelwald den Gletscher aufsuchten, um das Eis mit eigener Hand zu berühren, unternahmen die Besucher des 19. Jahrhunderts einen Ausflug auf das Faulhorn, weil sich hier ein schönes Panorama über das Hochgebirge entfaltet. Die Erfahrung des Hochgebirges wechselte von der taktilen zur visuellen Wahrnehmung, die bis heute das touristische Interesse prägt“ (Wallner et al. 2007, S. 179). Es dürfte deshalb nicht zufällig sein, dass eine bestimmte Landschaft nicht in erster Linie mit einer bestimmten Klangkulisse oder einem bestimmten Duft in Verbindung gebracht wird, sondern mit einem Bild, allenfalls verbunden mit einer bereichernden oder störenden Klangkulisse und bereichernden oder störenden Düften (Schüpbach 2000, S. 9). Bezogen auf die Welterbe-Region können solch störende Klangkulissen aber durchaus zu einer beträchtlichen Schmälerung des Landschaftserlebnisses führen, dabei sind speziell der touristische und militärische Flugverkehr sowie die militärischen Schiessübungen auf der walliser Seite zu erwähnen.

Erfahrungen: Während individuelle Erfahrungen aus Gründen der Verallgemeinerbarkeit von Verfahrensergebnissen nicht berücksichtigt werden können, ist das Prädiktorenmodell bezüglich der gesellschaftlichen Werte so ausgelegt, dass diese bereits bei der empirischen

Herleitung der Prädiktoren von Landschaftspräferenz in genereller Form einfließen bzw. eingeflossen sind.

Atmosphärische Einflüsse: Obwohl sich eine Landschaftsszenerie durch wechselnde Beleuchtungsverhältnisse im Tagesverlauf, durch Sichtfeldvariationen bedingt durch Wetterphänomene sowie durch die unterschiedlichen phänologischen Zustände in Abhängigkeit der Jahreszeiten – nicht zu vergessen die Schneebedeckung in der Wintersaison – ungemein mannigfaltig darstellt, so muss aufgrund der verfügbaren Datengrundlage und handelbaren Datenmenge das Variationsspektrum auf genau einen Zustand eingefroren werden.

10.2 Wandel der Landschaft

Die bevorstehende Parametrisierung des Prädiktorenmodells nach Augenstein (2002) zielt hauptsächlich darauf ab, das landschaftsästhetische Potenzial aufgrund des in den verwendeten Daten repräsentierten Zustandes einmalig zu erfassen. Neben diesem Versuch, eine Charakterisierung der Welterbe-Region hinsichtlich des ersten Nominationskriteriums seitens UNESCO zu bewerkstelligen, sollen an dieser Stelle jene landschaftsrelevanten Prozesse in Erinnerung gerufen werden, die gemäss Managementplan (Trägerschaft UNESCO Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn 2005) als Haupttriebkkräfte des Landschaftswandels angesehen werden.

Wie eingangs bereits aufgeführt (siehe Kapitel 2.3.2) kommt dem *Klimawandel* bereits heute grosse Bedeutung zu. Speziell der Gletscherschwund schmälert die touristische Attraktivität gewisser Landschaftsausschnitte, daneben ergeben sich aber auch neue Gefahrensituationen, wie sie mit dem Felssturz an der Eigerostflanke im Jahr 2006 ihre jüngste Ausprägung gefunden haben.

Ebenso zentral für Veränderungen im Landschaftsbild ist der aktuelle *Strukturwandel* von einer bäuerlichen zu einer Dienstleistungsgesellschaft, belegt in einem Bericht des ARE zum Monitoring im ländlichen Raum (Bellwald et al. 2005): Darin ist nachzulesen, dass die alpinen Tourismuszentren, wovon einige in der Welterbe-Region liegen, bezüglich der allgemeinen Wirtschaftsstruktur ihre Spezialisierung im dritten Sektor (u.a. Hotellerie, Gastgewerbe; Bergbahnen, Sport) weiter verstärkt haben. Der Anstieg des Anteils der landwirtschaftlichen Nebenerwerbsbetriebe verdeutlicht diesen steten Wandel. Der im Vergleich zu anders gelagerten Regionen in der Schweiz höchste Anteil (20%) an ökologischen Ausgleichsflächen kann als weiteres Anzeichen für die Marginalisierung von Nutzflächen auf der einen und der Intensivierung auf der anderen Seite gewertet werden. Nicht zuletzt scheint der Befund erwähnenswert, dass in keinem anderen Raum der Beschäftigungsanteil des Baugewerbes so hoch ist wie in den alpinen Tourismuszentren.

Egli (zitiert in: Wallner et al. 2007, S. 219) umschreibt den Problemkreis folgendermassen: „Die lokale oder regionale Gemeinschaft, die sich durch kollektive Entscheide und gemeinsames Handeln für die Erhaltung, Pflege und Weiterentwicklung (der Kulturlandschaft; Anm. des Autors) verantwortlich fühlt und sich entsprechend verhält, verliert zunehmend an Bedeutung.[...] Die sich überlagernden Entwicklungen in der Landwirtschaft und in der Bevölkerungsverteilung haben die weitgehende Entkoppelung von Siedlung und Flur zur Folge.[...] Die Auswirkungen dieser soziokulturellen Veränderungen sind allerdings wegen des hohen Beharrungsvermögens der Landschaft vielfach erst nach Jahren sichtbar.“

Schliesslich bedroht der für die regionale Wirtschaft überlebenswichtige *Tourismus* sein eigenes Kapital durch die immer weiträumigere Inanspruchnahme von Landschaft gleich selbst. Von Rütte beschreibt dieses Phänomen wie folgt: „Im Rückblick auf die touristische Entwicklung kann festgestellt werden, dass der Sport das touristische Motiv erneut in erheblichem Masse verändert hat. Neben das ästhetische Motiv, dem visuellen Erleben einer schönen Naturlandschaft, gesellte sich das Motiv der physisch-körperlichen Erfahrung durch die aktivsportliche Betätigung. [...] Die Verbindung von Alpinismus und Wintersport öffnete den Hochgebirgsraum und erlaubte die Okkupation der Bergwelt. Die Indienstnahme der bislang ausserhalb des menschlichen Lebensraums liegenden Hochgebirgszonen für Sport war möglich geworden [...]. Sie bedeutete die definitive Überwindung und Aufhebung der alten, traditionellen Grenze des menschlichen Anwesenheitsraumes, die bis anhin durch die Vegetationsgrenze klar festgestanden hatte“ (zitiert in: Wallner et al. 2007, S. 82).

Es sind primär diese Aspekte, die im Hinblick auf ein Nebeneinander von Natur- und Kulturlandschaft im Auge behalten werden müssen. Sollten mithilfe des Prädiktorenmodells die Entwicklung dieser oben genannten Gesichtspunkte zu wenig präzise verfolgt werden können, so lieferte es mindestens die Einschätzungsgrundlage dafür, welche Teilräume als besonders empfindlich auf ästhetisch „schwer verdauliche“ Eingriffe einzustufen sind: jene mit einem hohen landschaftsästhetischen Potenzial.

10.3 Eingesetzte Soft- und Hardware

Für die Entwicklung, Operationalisierung und Auswertung des vorgestellten Lösungsansatzes kommen folgende Software(-pakete) zum Einsatz:

- Definiens Professional 5.0:
Desktop-Software zur objekt- und kontextorientierten Bildanalyse, die hier zur Ableitung der räumlichen Bezugseinheiten verwendet wird (multiskalare Segmentierung; http://www.definiens.com/products/eiis_definiensprofessional.php (Juni, 2007).
- ESRI ArcGIS ArcView 9.0:
Desktop-GIS-Softwarepaket, das im Rahmen dieser Arbeit zur Ableitung der „morphometrischen Bänder“, zur Entwicklung und Berechnung der verschiedenen Parameter des Prädiktorenmodells, zur Clusteranalyse sowie zur Visualisierung der Ergebnisse benutzt wird. (Bemerkung: Die Funktion „Smooth Line“ erfordert eine ArcInfo-Lizenz; der entsprechende Arbeitsschritt wurde am Arbeitsplatz des Autors, Amt für Geoinformation des Kantons Bern, durchgeführt.)
<http://www.esri.com/software/arcgis/arctview/index.html> (Juni, 2007).
- V-LATE 1.1 (Vector-based Landscape Analysis Tools Extension):
Erweiterung für ArcGIS 9.x, programmiert von Dirk Tiede (Z_GIS, Salzburg), zur Berechnung von Landschaftsstrukturmassen auf Basis von Vektordaten;
<http://www.geo.sbg.ac.at/larg/vlate.htm> (Juni, 2007).
- ET GeoWizards 9.6:
Dieses Toolset (Shareware) von ET Spatial Techniques erweitert den Funktionsumfang von ArcView um Werkzeuge, die sonst den Lizenzstufen ArcEditor/ArcInfo vorbehalten sind. In dieser Arbeit betrifft dies v.a. die Konvertierung zwischen verschiedenen Geometrietypen (Punkt – Linie – Polygon).
<http://www.ian-ko.com/> (Juni, 2007).

- Python 2.1 :
ArcGIS wird mit einer integrierten Entwicklungsumgebung (IDE) für die objekt-orientierte Programmiersprache ausgeliefert. Damit können Berechnungsvorgänge innerhalb ArcGIS automatisiert und u.a. mit Loops ergänzt werden, was für die vorliegende Arbeit unabdingbar ist.
<http://www.python.org/> (Juni, 2007).
- IDEFIX 1.0 (Indicator Database for Scientific Exchange):
Diese von Hermann Klug (Z_GIS, Salzburg) aufgebaute Datenbank liefert einen Überblick zu bewährten Landschaftsstrukturmassen; alle Metrics sind mit Formeln, Literatur- und Softwarehinweisen hinterlegt.
<http://www.geo.sbg.ac.at/larg/idefix.htm> (Juni, 2007).
- Add-in StatistiXL für MS Excel:
Als Erweiterung (Demo-Version) für Microsoft Excel bietet StatistiXL eine Fülle an statistischen Auswertungsmethoden, wovon u.a. die Korrelationsanalyse nach Spearman und Mann-Whitney-Tests bei den Auswertungen herangezogen werden.
<http://www.statistixl.com/default.aspx> (Juni, 2007).

Abgesehen von dem einen, ArcInfo-voraussetzenden Arbeitsschritt können alle Berechnungen mithilfe eines Standard-Laptops (Pentium 1.6 GHz Prozessor, 1 GB RAM, Windows XP professional mit SP2) durchgeführt werden. Einzig die auf Viewshed-Analysen fussenden Pythonskripts führen zu langen Berechnungszeiten (maximal 50h für den Parameter Tiefenstaffelung).

10.4 Datengrundlage

Gemäss Zielsetzung dieser Arbeit besteht ein Anspruch auf Praxistauglichkeit und Effizienz des zu entwickelnden Lösungsansatzes: Dem ist jedoch nur mit dem Zugrundelegen von schon bestehendem Datenmaterial Rechnung zu tragen. Zu aufwändig würden sich Felderhebungen oder z.B. die Ableitung von Bildobjekten aus Fernerkundungsdaten (vgl. Kapitel 10.5.2) gestalten, wie sie u.a. im Projekt HABITALP³² realisiert wurden. Insofern reduziert sich die Auswahl an potenziellen Eingangsdaten mehrheitlich auf die Produkte von swisstopo, da diese im Gegensatz zu kantonalen Grundlagedaten - sofern vorhanden – homogen für das gesamte Untersuchungsgebiet vorliegen. Die einzelnen Datenprodukte werden im Folgenden kurz charakterisiert.

10.4.1 DHM25 (swisstopo)

Das digitale Höhenmodell DHM25 ist ein Rasterdatensatz, welcher die dreidimensionale Form der Erdoberfläche ohne Bewuchs und Bebauung mit einer Maschenweite von 25m beschreibt. Er wurde im Wesentlichen aus der Höheninformation der Landeskarte 1:25'000 (LK25) abgeleitet und basiert im Wesentlichen auf deren Genauigkeit: Die mittlere Abweichung von photogrammetrisch bestimmten Kontrollpunkten beträgt in den Alpen 3m.

³² vgl. <http://www.habitalp.de/deutsch/seiten/homedeutsch.htm> (Juni 2007)

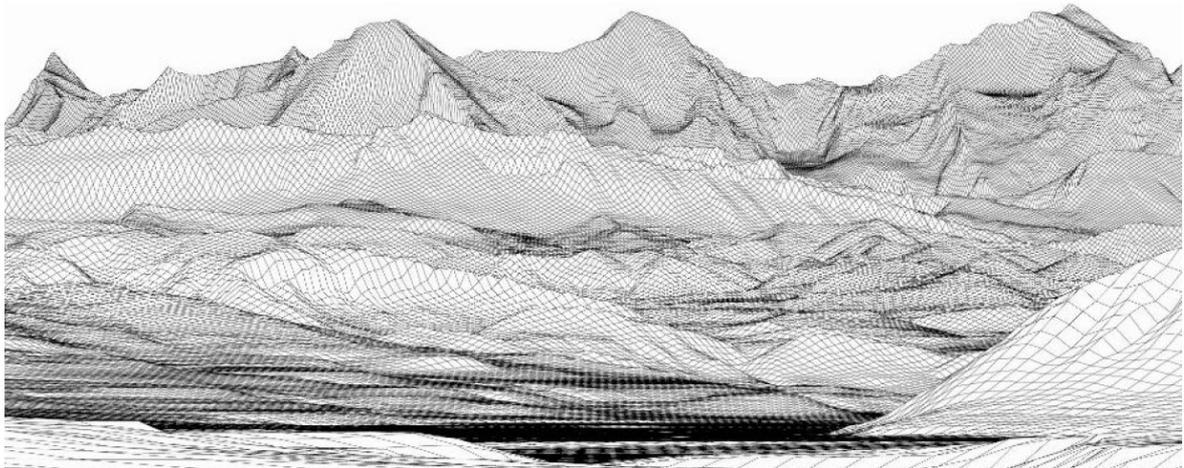


Abbildung 10.1: Perspektivdarstellung von Finsteraarhorn, Eiger, Mönch und Jungfrau (v.l.n.r.);
Quelle: <http://www.swisstopo.ch/de/products/digital/height/dhm25>.

Das DHM25 dient in dieser Untersuchung einerseits zur Herleitung der räumlichen Bezugseinheiten (siehe Kapitel 10.5) und andererseits zur Berechnung von Parametern (insbesondere Viewsheds) des Prädiktorenmodells (vgl. Kapitel 10.6).

10.4.2 VECTOR25 (swisstopo)

VECTOR25²³ ist das digitale Landschaftsmodell der Schweiz, welches inhaltlich und geometrisch auf der Landeskarte 1:25'000 basiert und entsprechend im Zyklus von 6 Jahren auf den neusten Stand gebracht wird. Es beschreibt rund 8.5 Millionen natürliche und künstliche Objekte mit Lage, Form und ihren Nachbarschaftsbeziehungen (Topologie) sowie der Objektart und weiteren Sachattributen.

VECTOR25 zeichnet sich durch folgende Qualitätsmerkmale aus:

- flächendeckend in homogener Qualität und Form;
- blattschnittfrei über den gesamten Perimeter;
- Lagegenauigkeit: 3-8 m (entsprechend der Kartengenauigkeit);
- Objekte haben geometrische Minimal- und Maximaldimensionen;
- eindeutige und stabile Objektidentifikation.

Aktuell ist das Produkt in 9 thematische Ebenen strukturiert, wovon jede einzelne verschiedene Topologietypen umfassen kann (vgl. Tabelle 10.1). VECTOR25 verfügt insgesamt über rund 150 Objektarten; sofern relevant, werden einzelne davon bei der Parametrisierung der Prädiktoren in Kapitel 10.6 näher beschrieben. Die Frage nach der thematischen Auflösung ist speziell bei der Berechnung jener Landschaftsstrukturmasse von Bedeutung, welche die Vielfalt zu quantifizieren versuchen.

Tabelle 10.1: Thematische Ebenen in VECTOR25 (Quelle: swisstopo)

Thematische Ebene	Beschreibung	Topologietypen	Anzahl Objektarten
STRASSENNETZ	Strassen- und Wegnetz	Linie	35
EISENBAHNNETZ	Eisenbahnnetz	Linie	9
ÜBRIGER VERKEHR	Fähren, Seilbahnen usw.	Linie	5
GEWÄSSERNETZ	Gewässerachsen und Uferlinien	Linie	13
PRIMÄRFLÄCHEN	Primäre Bodenbedeckung (Wald, See usw.)	Polygon, Linie	43
GEBÄUDE	Diverse Gebäudearten	Polygon, Linie	13
HECKEN UND BÄUME	Diverse Objektarten der Vegetation	Linie, Punkt	5
ANLAGEN	Künstliche Areale und Anlagen	Polygon, Linie	3
EINZELOBJEKTE	Diverse künstliche Objekte	Linie, Punkt	29

VECTOR25 ist damit die einzige Datengrundlage, welche für das gesamte Untersuchungsgebiet homogen und in zweckdienlicher räumlicher und thematischer Auflösung vorliegt. Vor dem Hintergrund von Monitoringaufgaben erscheint das Nachführungsintervall von 6 Jahren als weiterer Pluspunkt, negativ könnten sich Änderungen am Datenmodell auswirken.

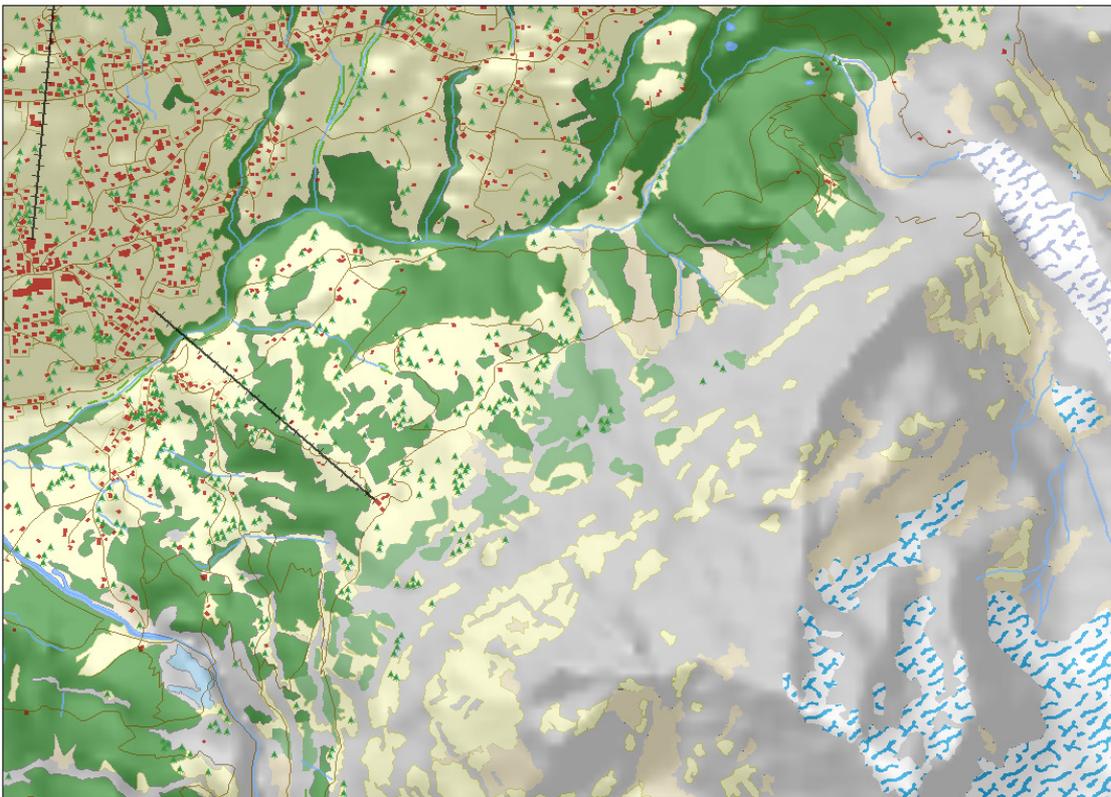


Abbildung 10.2: Ausschnitt aus VECTOR25 von Grindelwald, hinterlegt mit Reliefschattierung aus DHM25 (Quelle: Eigene Kartendarstellung).

Dieser Datensatz wird bei den folgenden Analysen immer dann herangezogen, wenn Informationen zum Landschaftsgehalt sowie zur Landschaftsstruktur benötigt werden – also bei der Berechnung von neun der zwölf Parameter sowie bei zwei zusätzlichen Prototyp-Indikatoren.

10.4.3 SWISSIMAGE (swisstopo)

SWISSIMAGE³³ ist ein digitales Orthophotomosaik, das die gesamte Schweiz abdeckt. Es weist eine räumliche Auflösung von 50cm auf (Pixelgrösse am Boden), eine radiometrische von 24Bit, die spektrale beschränkt sich auf RGB während die zeitliche einem Nachführungsrythmus von 6 Jahren entspricht. Die Lagegenauigkeit in topographisch schwierigen Gebieten liegt bei 4-10 Metern, andernorts bei 1 Meter.



Abbildung 10.3: Ausschnitt aus SWISSIMAGE von Grindelwald, hinterlegt mit Reliefschattierung aus DHM25.

SWISSIMAGE wird im Rahmen dieser Arbeit lediglich für visuelle Kontrollarbeiten sowie zur Orientierung verwendet, würde allerdings aufgrund der genannten Eigenschaften insgesamt eine geeignete Datengrundlage für Monitoringaufgaben bilden.

10.4.4 PK25 (swisstopo)

Analog zum Einsatz von SWISSIMAGE werden die digitalen Pixelkarten³⁴ (entsprechen den konventionellen Landeskarten im Rasterformat) vereinzelt zu Orientierungszwecken eingesetzt.

³³ vgl. <http://www.swisstopo.ch/de/products/digital/ortho/swissimage> (Juni 2007)

³⁴ vgl. <http://www.swisstopo.ch/de/products/digital/maps/pixel/> (Juni 2007)

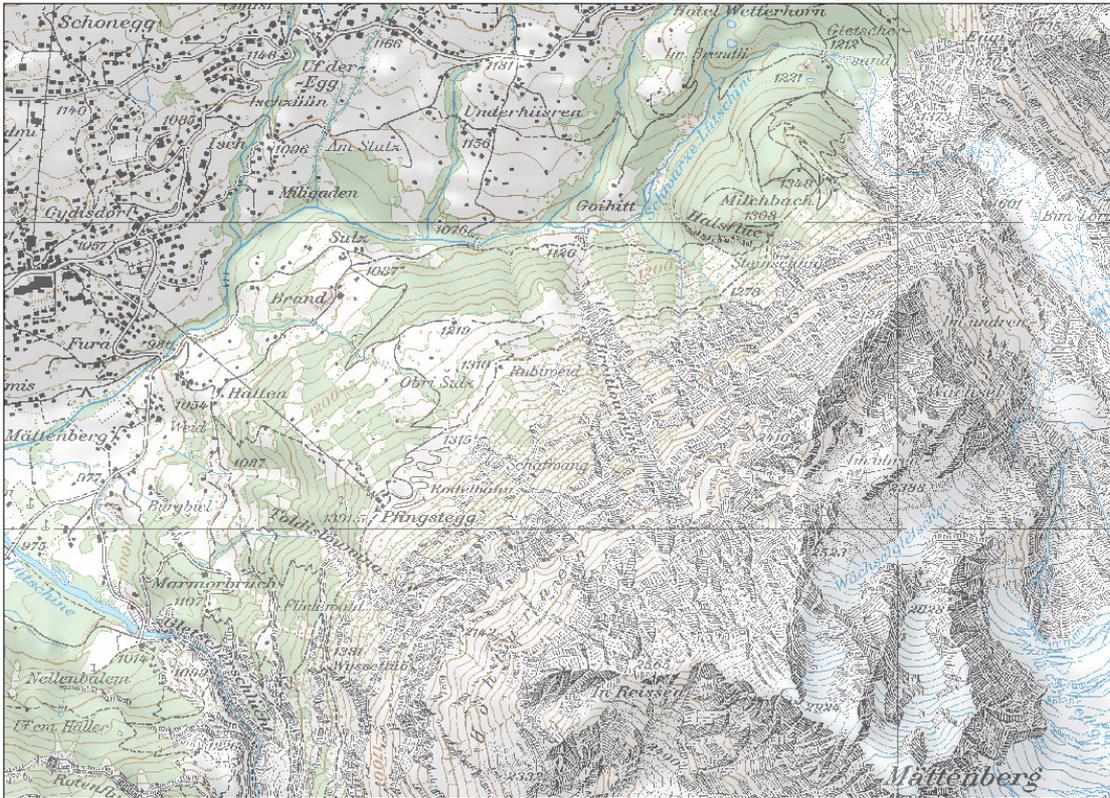


Abbildung 10.4: Ausschnitt aus PK25 von Grindelwald, hinterlegt mit Reliefschattierung aus DHM25.

10.4.5 GIS-Datenpool der Trägerschaft

Neben den Produkten von swisstopo finden vereinzelt Daten aus dem GIS-Datenpool der Trägerschaft Eingang in die Auswertungen, dazu gehören:

Hochspannungsleitungen im Kanton Wallis: Es werden bloss jene Liniensegmente übernommen, die nicht in VECTOR25 enthalten sind;

Exkursionen in der Welterbe-Region: Dieser Datensatz enthält in Ergänzung zum Wegnetz von VECTOR25 einige alpine Bergwanderwege im hochalpinen Bereich;

Inventardaten des BAFU: Bundesinventare für Hochmoore, Flachmoore, Auengebiete sowie Jagdbanngebiete;

Inventardaten der Kantone Bern und Wallis: kantonale Naturschutzgebiete.

Wo nicht anders vermerkt, dienen diese Datensätze als Grundlage für die Analysen sowie die kartographische Darstellung; die Daten wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit von der Trägerschaft UNESCO Welterbe zur Verfügung gestellt. Für die hauptsächlich verwendeten Daten gelten folgende Lizenzverträge mit swisstopo:

DHM25: Geländedaten: DHM25 © 2004 Bundesamt für Landestopographie (DV002234);

VECTOR25: Kartendaten: VECTOR25 © 2006 swisstopo (DV002232.1).

10.5 Festlegung räumlicher Bezugseinheiten: Segmentierung

Abgestützt auf die Ausführungen in Kapitel 8 sowie auf die Charakterisierung des Untersuchungsraumes weiter vorne, bietet der Ansatz einer multiskalaren Segmentierung für diese Untersuchung eine geeignete Methode zur Diskretisierung der Landschaft. Aufgrund der Tatsache, dass sämtliche zu berechnenden Parameter auf dieser Struktur aufbauen, sollen die Anforderungen an diese nochmals kurz aufgegriffen werden.

10.5.1 Wahrnehmungsebenen

„As each image analysis problem deals with structures of a certain spatial scale, the average image object size must be free adaptable to the scale of interest“ (Baatz, Schäpe 2000, S. 12). Diese Forderung lösen die beiden Autoren mit dem multiskalaren Segmentierungsansatz ein; jedoch verbleiben im konkreten Anwendungsfall zwei Fragen offen:

- 1) Welcher spezifische Massstab oder welche Massstabsdomäne unterliegt einer Analyse des landschaftsästhetischen Potenzials?
- 2) Wie gross sollen die konstituierenden Bildobjekte in den verschiedenen Untersuchungsebenen sein?

Eine allgemeine Antwort auf die erste Frage liefern Burnett und Blaschke (2003, S. 235): „*Scale is the spatial and temporal parameterization of our perspective window on reality*“. Der im Zitat betonte Blickwinkel, woraus die vorliegende Arbeit die reale Welt untersucht, ist jener der Landschaftsanalyse; folglich ist die Arbeit dem Landschaftslevel zuzuordnen, der nach Lang (2007, S. 150–151) „nicht zuletzt durch eine sozialisierte Wahrnehmung von Landschaftsästhetik manifestiert ist. Sie ist auf dem Level angesiedelt, auf dem der Mensch agiert, [...] Europäische Ansätze der Landschaftsforschung und die deutschsprachige Landschaftsökologie gehen davon aus, dass der Landschaftsmassstab durch menschliche Interaktion definiert und typischerweise durch eine Gebietsgrösse von einigen Kilometern bis wenigen Zehnern von Kilometern Durchmesser bestimmt ist.“ Insofern ist eine Grössenordnung für den ersten, bestimmenden Parameter – die *Ausdehnung* – von „Landschaftsmassstab“ vorgegeben; damit übereinstimmend sind die Dimensionen des Untersuchungsraums, dessen Durchmesser von minimal etwa 25 km bis maximal ungefähr 65 km variiert.

Wie sieht nun aber die Beantwortung der zweiten Frage und damit die Parametrisierung von *Auflösung* aus?

Grundsätzlich besteht der Anspruch, Landschaftseinheiten abzugrenzen, die sich an den Massstäben der visuellen Wahrnehmung orientieren. Für Wöbse (2002, S. 255) ist Überschaubarkeit ein entscheidendes Kriterium für die Abgrenzung der Landschaftsbildeinheiten, welche zu wesentlichen Teilen durch das reliefbedingte Mosaik der Landschaft sowie die Vegetation bestimmt wird. Nach Wöbse überschreitet die Fläche der einzelnen Räume – etwa 250 bis 500 Meter vom ideellen Mittelpunkt des Betrachters aus gerechnet – selten einen Quadratkilometer. Neben der Definition von räumlicher Auflösung gibt er gleichzeitig Anhaltspunkte dazu, wie sich je nach Abstand des Betrachters vom Objekt und dessen Grösse drei Wahrnehmungsebenen unterscheiden lassen. Auch andere Autoren (z.B. Grosjean, Wiesmann 1986; Augenstein 2002; Roth, Gruehn 2005) operieren mit einer hierarchischen Unterteilung des Landschaftskontinuums, vgl. hierzu Tabelle 10.2.

Tabelle 10.2: Definitionen von Wahrnehmungsebenen und ihre Grössenordnung

	nach Wöbse (2002)	nach Grosjean et al. (1986)	nach Augenstein (2002)	nach Roth und Gruehn (2005)
Level +1	Makrotop	Fernbereich	Hintergrund	Hintergrund
Grössenordnung	„Ist eine weite, bis zum Horizont reichende Landschaft, ein Bild, bei dessen Betrachtung der Anteil des Himmels einen grossen bis überwiegenden Teil der Fläche einnimmt.“	> 12-15 km	bis 10 km	keine Angabe
Level 0	Mesotop	Mittelbereich	Mittelgrund	Mittelgrund
Grössenordnung	„Stellt eine Landschaftseinheit (ca. 1 km ²) dar, in der einzelne Strukturelemente klar erkennbar sind, ein Landschaftsbild, das als Einheit in Erscheinung tritt und vom Betrachter in relativ kurzer Zeit zu Fuss erkundet werden kann, eine Einheit, die unter Zugrundelegung menschlichen Masses erfahrbar ist und am ehesten das Gefühl von Geborgenheit vermittelt.“	bis 12-15 km	bis 1500 m	bis 5km
Level -1	Mikrotop	Nahbereich	Vordergrund	Vordergrund
Grössenordnung	„Reicht von dem mit blossem Auge deutlich erkennbaren Detail bis zu dem, was der Fotograf als Vordergrund bezeichnen würde.“	bis 3 km	bis 500 m	keine Angabe

Die drei herangezogenen Konzepte stimmen in ihrer Struktur überein, indessen zeigen sich bei der Bemessung der ersten und zweiten Ebene deutliche Unterschiede. Nichtsdestotrotz kann diese Abstufung auch als Pendant zu der in Kapitel 8.3 vorgestellten Level-Hierarchie angesehen und entsprechend implementiert werden.

10.5.2 Herleitung der Untersuchungslevels

Es würde den zeitlichen Aufwand dieser Arbeit bei weitem übersteigen, an dieser Stelle ein eigenes Verfahren zur Ableitung von Bildobjekten des Levels -1 (*Patches*) basierend auf Fernerkundungsdaten entwickeln zu wollen. Zwar lägen mit dem Produkt SWISSIMAGE³³ von swisstopo Orthophotos als geeignete Datengrundlage vor, jedoch ist das Untersuchungsgebiet zu gross (rund 1500 km²) und zu komplex, um schon nur mit einem einzigen expertenbasierten Regelwerk (Klassifikationsschlüssel) daraus Bildprimitiven extrahieren zu können. Anstelle dessen muss das digitale Landschaftsmodell VECTOR25²³ von swisstopo herangezogen werden (vgl. Kapitel 10.4). Demzufolge sind die einzelnen Objekte aus dem Landschaftsmodell den *Patches* auf Level -1 gleichzusetzen.

Der Übergang zu Level 0 kann entgegen den theoretischen Ausführungen nicht direkt von den *Patches* in Level -1 ausgehen, zu unterschiedlich sind deren Grössen, begründet u.a. in ausgedehnten Gletscher-, Wald und Wiesenflächen (wenige Quadratmeter bis 192 km²; nach Entfernen von Hilfsgrenzen). Überdies ist VECTOR25 ein zweidimensionales Landschaftsmodell; der in Kapitel 8.2 formulierten Forderung nach Einbezug von topographischen Aspekten wäre damit noch nicht Folge geleistet. In Anlehnung an die Arbeit von Blaschke und Dragut

(2003) werden die Landschaftselemente von Level 0 (und +1) anhand einer multiskalaren Segmentierung hergeleitet, die ihrerseits auf sog. morphometrischen Bändern basiert (siehe Kapitel 10.5.3). Ein iteratives Verfahren hilft dabei die geeigneten Einstellungen zu finden, damit die resultierenden Raumeinheiten von Level 0 im Durchschnitt der oben skizzierten Grössenordnung von 1 bis ca. 5 km² nahe kommen (Anmerkung: Die von Grosjean 1986 vorgeschlagenen Dimensionen der Levels -1 und 0 erscheinen im Kontext der vorliegenden Arbeit als zu gross). Dadurch dass diese Raumeinheiten im Unterschied zu jenen des Levels -1 einem anderen, rasterbasierten Datensatz entstammen, sind die Grenzen der beiden Levels nicht kongruent, d.h. die Umgrenzung eines Polygons von Level 0 setzt sich nicht exakt aus den Grenzlinien derjenigen Polygone von Level -1 zusammen, welche dieses mindestens konzeptionell konstituieren. Diesem Umstand ist bei der Berechnung der Landschaftstrukturmasse Rechnung zu tragen.

Wie es der Begriff "multiskalare Segmentierung" schon antönt, liefert diese Methode nicht nur Raumeinheiten oder Segmente eines Levels, sondern erlaubt die Bildung beliebig vieler Abstufungen respektive Aggregationen. Weil innerhalb der Segmentierungsberechnungen immer derselbe Datensatz zugrunde liegt, liegen die Grenzlinien der jeweiligen Levels lagegenau übereinander. Neben dem Level 0 werden für diese Untersuchung auch die Levels +1 und +2 auf diese Weise gebildet, wobei Level +2 einfach dem gesamten Untersuchungsraum, also der äusseren Umgrenzung aller Objekte in Level 0 bzw. +1 entspricht.

Tabelle 10.3: Übersicht der in dieser Arbeit verwendeten Untersuchungslevels.

Level	Datengrundlage	Datenmodell	Beschreibung
+2	DHM25	Raster	Diese Ebene entspricht der umfassenden Hülle aller Objekte von Level +1 (Landscape Level).
(+1.5)	DHM25 & Level 0	Raster	Diese Zwischenebene entsteht aus der Berechnung von Viewsheds je Beobachtungspunkt der Raumeinheiten in Level 0.
+1	DHM25	Raster	Diese Raumeinheiten bauen auf Level 0 auf respektive sind eine Aggregation davon, ebenfalls abgeleitet durch Segmentierung.
0	DHM25	Raster	Diese Raumeinheiten werden durch Segmentierung der Rasterlayer Hangneigung, Exposition, Hangkrümmung, Höhe ü.M. abgeleitet; sie entsprechen dem Focal Level.
-1	VECTOR25	Vektor	Ebene der Patches; diese entsprechen den einzelnen Objekten im VECTOR25-Datensatz.

Nach Wöbse (2002, S. 66) allerdings stellt das „Makrotop“, also die oberste Wahrnehmungsebene, eine weite „bis zum Horizont reichende Landschaft“ dar. Dies stimmt nun nicht ganz mit den vorliegenden Segmentierungsergebnissen überein. Gleichwohl kann dieser Ansicht mittels GIS-Werkzeugen zur Generierung von Sichtbereichen (engl. *viewshed*) Rechnung getragen werden. Wie später in Kapitel 10.6 erklärt, werden zur Parametrisierung einzelner Prädiktoren diese zusätzlichen Raumeinheiten eingeführt – sie passen nicht direkt ins Levelkonzept, entsprechen durchschnittlich aber etwa der Rangfolge +1.5. Dabei ist erwähnenswert, dass derartige Viewsheds durch die Gebietsabdeckung der zugrundeliegenden Analysedatensätze limitiert sein können, denn an klaren Tagen macht die spektakuläre Aussicht vom Jungfrau-Joch auch an der westlichen Landesgrenze nach weit über 100 Km noch nicht Halt.

10.5.3 Multiskalare Segmentierung

Dieses Unterkapitel erläutert das angewandte Segmentierungsverfahren detaillierter. Dies scheint umso wichtiger, als dass sowohl die Auswahl einzubeziehender Inputdaten, deren Gewichtung als auch die Bestimmung von Massstabsparametern und Homogenitätskriterien einen entscheidenden Einfluss auf die Resultate haben (Blaschke, Strobl 2003, S. 112).

In Anlehnung an die beiden bereits eingeführten Arbeiten von (Blaschke, Strobl 2003 und Blaschke, Dragut 2003) werden mittels Werkzeugen des Spatial Analyst von ESRI ArcGIS Informationsebenen aus dem digitalen Höhenmodell (DHM25³⁵) abgeleitet. Tabelle 10.4 führt diese fortan „morphometrische Bänder“ genannten Informationsebenen auf. Der jeweils identische Berechnungsausschnitt (Extent) im Höhenmodell wird begrenzt durch die folgenden Eckkoordinaten: Nord: 177'000; Ost: 672'000; Süd: 125'000; West: 610'000 (Schweizer Landeskoordinaten).

Tabelle 10.4: Morphometrische Bänder als Inputdaten für die Segmentierung.

Ebene [Einheit vor Umrechnung]	Zellgrösse [m]	Min	Max	Stdev
Exposition [°]	25	0	36'000	10'392
Krümmung hangparallel [1/100 m]	25	0	79'079	7'337
Krümmung in der Falllinie [1/100 m]	25	0	118'260	1'458
Höhe über Meer [dm]	25	5387	42'275	10'214
Hangneigung [°]	25	0	8'939	2'260

Alle Inputdaten werden auf ganze positive Zahlen umgerechnet, so dass die Wertebereiche ungefähr in derselben Grössenordnung zu liegen kommen; dadurch erhalten sie bei der Segmentierung in etwa dasselbe Gewicht und sind so vergleichbar.

Innerhalb der Software Definiens Professional 5 lässt sich die Segmentierung anhand verschiedener, in Abhängigkeit stehender Parameter konfigurieren (vgl. Abbildung 10.5); dazu gehören:

- Gewichtung der Inputebenen: Der jeweilige Einfluss der einzelnen Bänder kann gesteuert werden.
- Scale Parameter: Damit wird definiert, wie gross die interne Heterogenität der resultierenden Bildobjekte sein darf; je höher der Wert, desto grösser die Objekte. Diese Stellschraube ist zentral; denn sie gibt vor, an welcher Stelle des Kontinuums das Landschaftsmosaik gewissermassen „eingefroren“ und diskretisiert wird.

Zusammensetzung des Homogenitätskriteriums, worauf der Scale Parameter basiert:

- Farbe versus Form: Der Einfluss der Spektralinformation und jener von Formeigenschaften ist additiv und kann justiert werden.
- Kompaktheit versus Glättung: Sofern dem Formkriterium Gewicht beigemessen wird, lässt sich steuern, inwiefern kompakte oder mehr geglättete Objekte resultieren sollen.

³⁵ vgl. <http://www.swisstopo.ch/de/products/digital/height/dhm25> (Juni 2007)

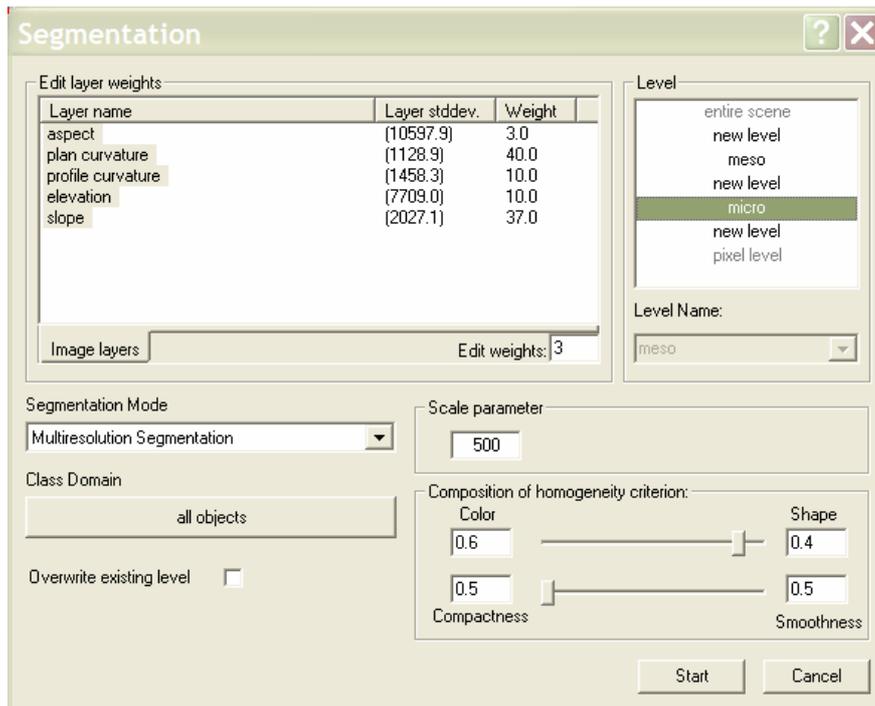


Abbildung 10.5: Dialogfenster zur multiskalaren Segmentierung innerhalb Definiens Professional 5.

In einem aufwändigen Trial- & Error-Verfahren werden die für die bezweckte Untersuchung geeigneten Objekte respektive Raumeinheiten abgeleitet. Insbesondere der Scale Parameter muss so gewählt werden, dass die resultierenden Objekte im Schnitt etwa 1 bis 5 km² ausmachen. Die Wirkungsweise des Scale Parameter ist generell abhängig von der in den Bildkanälen enthaltenen Heterogenität, d.h. implizit auch von deren Gewichtung. Insofern resultieren bei konstant gehaltenem Scale Parameter unterschiedlich grosse Objekte, je nach Gewichtung der Inputlayer sowie Verhältnis von Form- zu Farbkriterium.

Die Grösse des Untersuchungsgebietes erlaubt es kaum, eine absolute Optimierung zu erreichen. Vielmehr muss der bestmögliche Kompromiss angestrebt werden. Von den fünf morphometrischen Bändern sind die beiden folgenden speziell zu beachten:

Exposition: In flachen Gebieten (ja, die gibt es ...) führt die vorgängige Berechnung dieser Ebene zu Artefakten und dadurch zu feinstgliedrigen Objekten. Der Einfluss von Exposition muss also so gering wie möglich gehalten werden, aufgrund der Notwendigkeit zur korrekten Abgrenzung von Kreten aber auch nicht zu gering.

Krümmung in der Falllinie: Diese hat einen hohen Einfluss auf die hangparallele Bänderung; die u.U. zu lang resultierenden Raumeinheiten eignen sich nur bedingt im Rahmen von Analysen zur visuellen Wahrnehmung ausgehend von Beobachtungsstandorten.

Gestützt auf die Erfahrungen von Neubert (2006, S. 73) wird das Formkriterium bei der Generierung der unteren Objektebene (hier: Level 0) weniger gewichtet, hingegen bei der Aggregation zur höheren Ebene maximal möglich berücksichtigt. Baatz und Schäpe (2000, S. 20) weisen indessen darauf hin, dass das Formkriterium hinsichtlich Optimierungsbestrebungen weniger gut abschneidet als jenes für die Spektralwerte und infolge dessen die Reproduzierbarkeit von Segmentierungsergebnissen verringert wird. Das in Tabelle 10.5 aufgelistete Parameterset erfüllt die Erwartungen sowie die visuelle Qualitätskontrolle am besten. Die unterschiedlichen Gewichtungswerte begründen sich darin, dass sich bei der Aggregation von Level 0 zu +1 möglichst kompakte Formen ergeben sollten.

Tabelle 10.5: Verwendetes Parameterset zur Herleitung der Raumeinheiten.

Definiens Parameter	Level 0	Level +1
Scale	500	1000
Color	0.6	0.1
Shape	0.4	0.9
Compactness	0.5	1.0
Smoothness	0.5	0
Gewichtung:		
Exposition	3	5
Krümmung hangparallel	40	40
Krümmung in der Falllinie	10	10
Höhe über Meer	10	10
Hangneigung	37	35
Anzahl Segmente	853	64
Mittelwert [km ²]	1.783	23.759
Minimalfläche [km ²]	0.066	0.139
Maximalfläche [km ²]	11.7	107.969
Standardabweichung	1.357	22.973

Neben den aufgeführten Inputlayern, die allesamt kontinuierliche Daten darstellen, würde die Software zusätzlich das Einbinden von thematischen, also diskreten Layern erlauben, um bereits existierende Abgrenzungen übernehmen zu können. Im Prinzip könnten damit die Objektgrenzen aus VECTOR25 miteinbezogen werden, allerdings würden diese hierzu von Definiens gerastert werden. Weder eine Rasterung von VECTOR25 auf Zellgrösse 25 m noch ein "entgegenkommendes" Resampling der morphometrischen Bänder auf bspw. 5 m macht hier Sinn; beides führte entweder zu Informationsverlust oder unhandlicher Dateigrösse.

Schliesslich werden von den anhand des rechteckigen Höhenmodell-Ausschnitts generierten Raumeinheiten nur jene beibehalten, welche das hier interessierende Untersuchungsgebiet abbilden (vgl. Abbildung 10.6). Dieses umfasst neben dem eigentlichen Welterbe-Perimeter auch grosse Teile der angrenzenden Region; weil sich die Raumuntergliederung an der visuellen Wahrnehmung orientiert, dienen nicht administrative Grenzen als Abgrenzungskriterium, sondern das Relief resp. Einzugsgebiete, Fliessgewässer sowie Objektgrenzen aus dem Level höherer Ordnung (+1). Vor dem Hintergrund von Orthofotos (SWISSIMAGE³³), Pixelkarten (PK25³⁴) und Reliefdarstellungen (DHM25³⁵) werden überflüssige Objekte in Level 0 ermittelt, allenfalls werden solche unterteilt, zusammengefasst oder geringfügig in ihrer Geometrie angepasst.

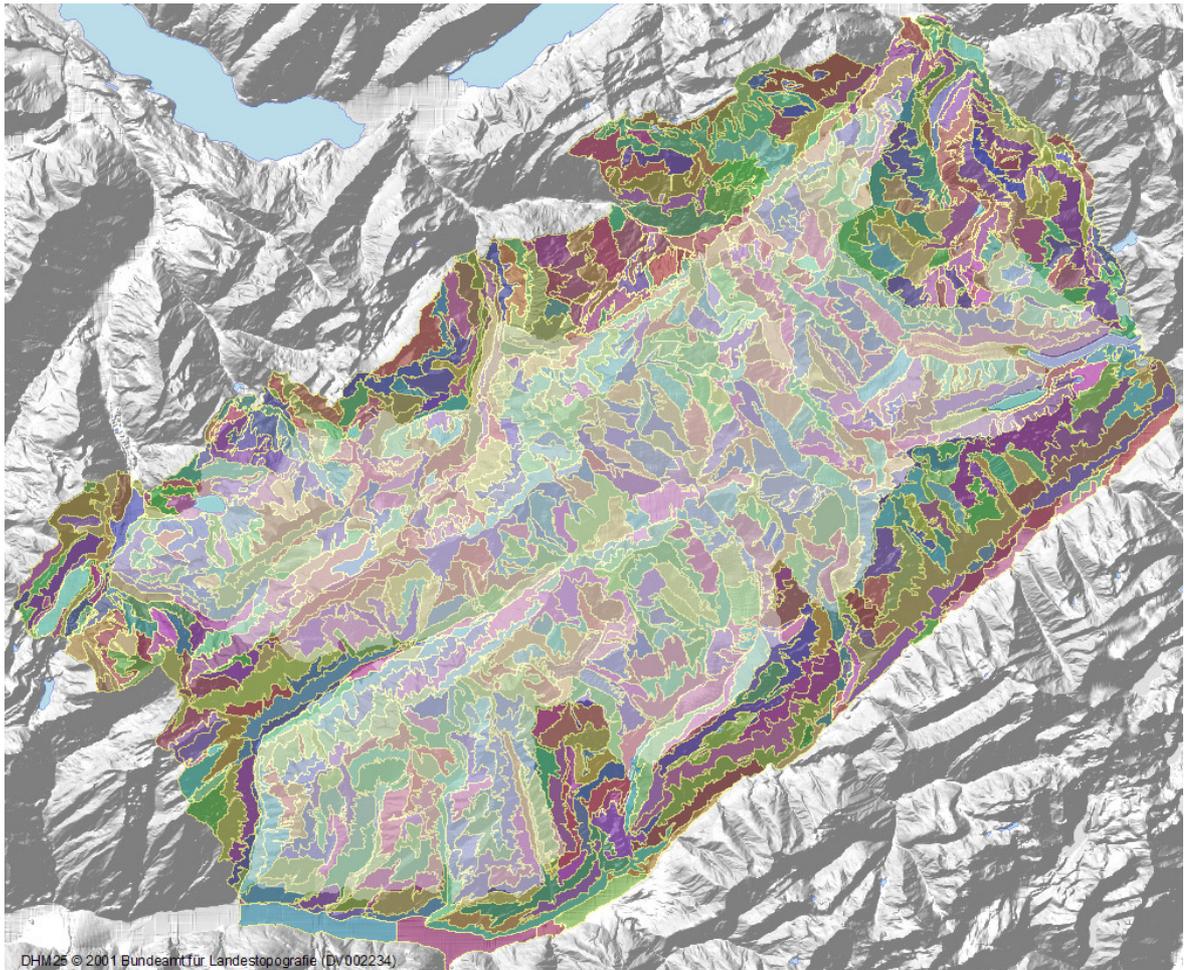


Abbildung 10.6: Segmentierungsergebnis: das Untersuchungsgebiet in Level 0.

Die beiden Layer werden als Polygon-Shapefiles aus Definiens Professional exportiert, damit ist eine Weiterbearbeitung in ESRI ArcGIS gewährleistet. Sämtliche Objekte aus Level 0 verfügen in ihrer Attributtabelle über einen eindeutigen Identifikator sowie über die ID des Superobjekts im höheren Level.

10.5.4 Glättung der Grenzverläufe

Der Verlauf der Polygon-Grenzlinien entspricht vorläufig noch dem 25 m - Raster des Höhenmodells, ist also treppenförmig. Diese künstliche Verlängerung des jeweiligen Umfangs ist unnötig respektive wirkt bei späteren Berechnungen auf Patch Level verzerrend. Das Werkzeug „Smooth Line“ (ArcInfo-Lizenz) erlaubt eine Glättung von Linien: Der Algorithmus „*Polynomial Approximation with Exponential Kernel*“ glättet die Linien mittels einer distanzabhängigen Gewichtung der Nachbarstützpunkte, so dass der neue Linienvverlauf nicht notwendigerweise durch die Quellstützpunkte führen muss. Aufgrund der grundsätzlichen Unschärfe durch das 25 m-Raster stellt diese Glättung keine Qualitätseinbusse dar, im Gegenteil zeichnen die Linien die Geländeform natürlicher nach (vgl. Abbildung 10.7 und Abbildung 10.8). Durch diesen Bearbeitungsschritt reduziert sich die Umfanglänge der einzelnen Polygone (Raumeinheiten) im Mittel um ca. 35%.

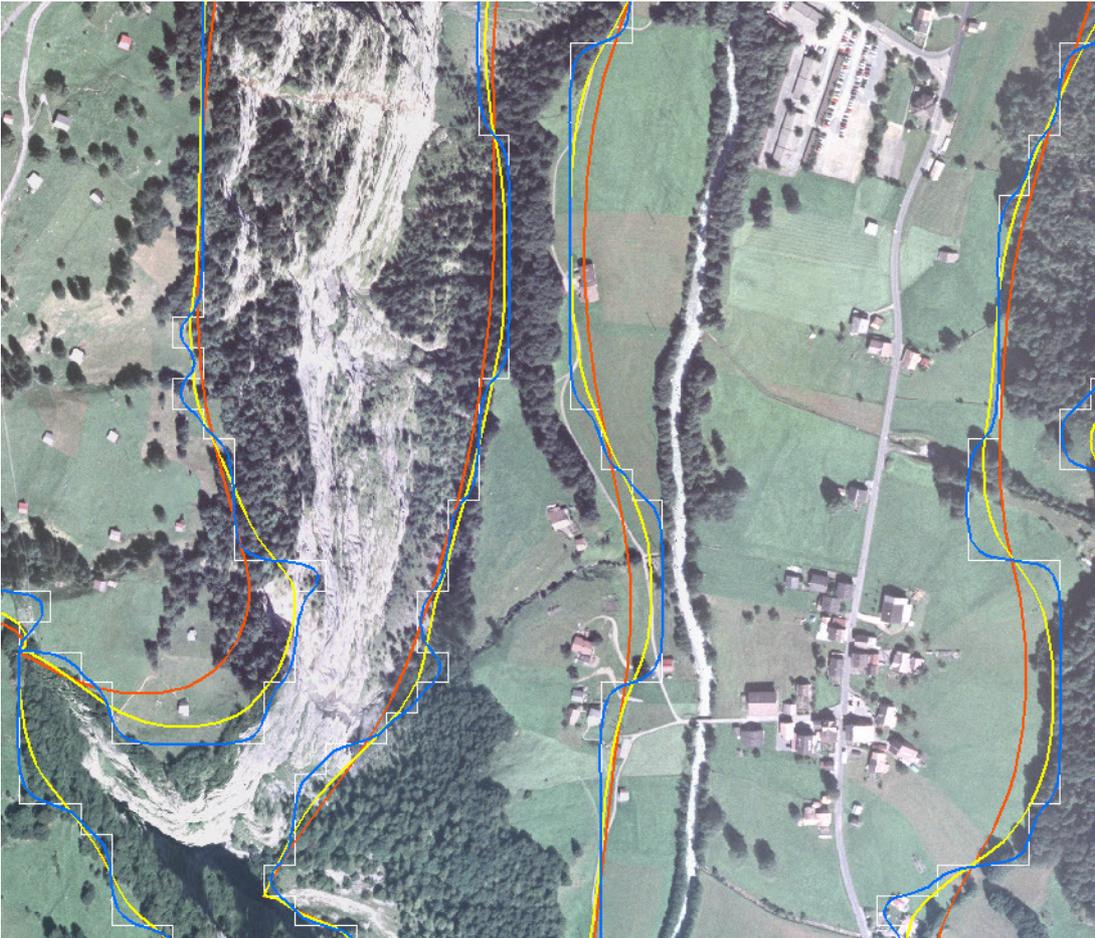


Abbildung 10.7: Drei unterschiedlich parametrisierte Glättungsversuche
(Hintergrundbild: Stechelberg im Lauterbrunnental, Quelle: SWISSIMAGE)



Abbildung 10.8: Drei unterschiedlich parametrisierte Glättungsversuche
(Hintergrundbild: Lauteraarhorn 4042 m.ü.M., Quelle: SWISSIMAGE)

Verglichen mit dem eigentlichen Welterbe-Perimeter umfasst der so hergeleitete Untersuchungsraum fast die doppelte Fläche (Perimeter: 823.577 km²; UR: 1'520.603 km²). Abschliessend sei dieser sehr theoretisch-technischen Vorgehensweise ein Zitat aus Alexander von Humboldt gegenübergestellt (aus: Wöbse 2002, S. 13):

„Es ist ein gewagtes Unternehmen, den Zauber der Sinnenwelt einer Zergliederung seiner Elemente zu unterwerfen. Denn der grossartige Charakter einer Gegend ist vorzüglich dadurch bestimmt, dass die eindruckreichsten Naturscheinungen gleichzeitig vor die Seele treten, dass die Fülle von Ideen und Gefühlen gleichzeitig erregt wird.“

Dieser Ansicht ist grundsätzlich nichts entgegen zu halten; trotzdem soll hier das Wagnis eingegangen werden, den Zauber der Sinnenwelt etwas zu objektivieren und damit einen Beitrag dazu leisten, die eindruckreichsten Naturscheinungen, deren es im Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn einige gibt, langfristig zu sichern.

10.6 Herleitung und Parametrisierung von Präferenzprädiktoren

Dieses Kapitel geht auf die modifizierte Parametrisierung der in Kapitel 6.9 eingeführten Präferenzprädiktoren ein. Die Welterbe-spezifischen Anpassungen begründen sich auf der einen Seite im vorherrschenden Einfluss des hochalpinen Reliefs auf die menschliche Wahrnehmung von Landschaft. Wie Augenstein (2002, S. 145) selbst anführt, ist die Methode nicht für spektakuläre Landschaften wie Hochgebirge und Meeresküsten ausgelegt, welche stark durch ihre erhabene Eigenart wirken. Demzufolge muss diesem Aspekt Rechnung getragen werden, wodurch auch der Forderung nach dem Einbezug der dritten Dimension bei der Berechnung von Landschaftsstrukturmassen ansatzweise nachgekommen wird.

Auf der anderen Seite bedingen die im Vergleich zu den Analysen von Augenstein verschiedenen strukturierten Grundlagedaten andere Berechnungswege. Neben diesen beiden Argumenten müssen bei der Operationalisierung des Ansatzes weitere Punkte mitberücksichtigt werden:

- Anforderungen an Indikatoren respektive an Landschaftsstrukturmasse, wie sie in Kapitel 5.2 respektive 7.2 aufgeführt worden sind, sollten bestmöglich erfüllt werden; dazu gehören insbesondere Kriterien wie Messbarkeit und Nachvollziehbarkeit.
- Eigenschaften der Landschaft, welche gemäss IUCN Technical Evaluation (2001) für die Nomination zum Welterbe ausschlaggebend waren, sind bei der Parametrisierung speziell zu berücksichtigen (vgl. Tabelle 10.6). Sinngemäss lautet die Empfehlung von Schafranski (1996, S. 61–63): „Dabei kommt es darauf an, die Eigenschaften der vorhandenen Umwelt zu erfassen, die sich in besonderer Weise im subjektiven Abbild, d.h. im Landschaftsbild (= erlebte Umwelt) wiederfinden und das ästhetische Erleben bestimmen.“

Vor diesem Hintergrund ergibt sich in Anlehnung an Abbildung 6.4 folgendes, modifiziertes Prädiktorenmodell:

PROGNOSE VON LANDSCHAFTSPRÄFERENZ			
VERSTÄNDNIS		ERKUNDUNG	
Prädiktor	Parameter	Prädiktor	Parameter
KOHÄRENZ	Gleichmässigkeit <i>Authentizität</i> <i>Zerschneidungsgrad</i>	KOMPLEXITÄT	<i>Reliefausprägung</i> Flächenform Diversität
LESBARKEIT	Natürlichkeitsgrad Leitstrukturen <i>Aussicht</i>	MYSTERY	Tiefenstaffelung Kammerung durch teil- transparente Sicht- beschränkung <i>Begehbarkeit</i>

Abbildung 10.9: Modifiziertes Prädiktorenmodell für die Untersuchungen in der Welterbe-Region; Parameter in kursiver Schrift unterscheiden sich vom ursprünglichen Modell (Eigene Darstellung in Anlehnung an Augenstein 2002).

Die Herleitung sowie die Beschreibung allfälliger Modifikationen der einzelnen Parameter sind den jeweiligen Unterkapiteln zu entnehmen. Die Übersicht auf der nachfolgenden Seite beschreibt die Parametrisierung und umreisst die technische Umsetzung mithilfe geographischer Informationssysteme auf dem jeweiligen Untersuchungslevel. Ferner findet sich als Ergänzung eine nicht immer eindeutige Zuordnung der einzelnen Parameter zu den DPSIR-Kategorien (siehe auch Kapitel 5.1) nach OECD.

Tabelle 10.6: Übersicht zur Parametrisierung der Präferenzprädiktoren.

Prädiktor	Parameter	Beschreibung & Argumente IUCN	Umsetzung mit GIS	Level	DPSIR
KOHÄRENZ	Gleichmäßigkeit	Wiederkehrende Strukturen und Elementfolgen „Most extensive glacial cover“	Shannon's Evenness Index (SHEI)	0	State
	Authentizität	Dominanz visueller Störquellen wie Antennen, Hochspannungseleitungen, verkehrsreiche Strassen etc.	Viewshed pro Objekt; je Einheit Anzahl sichtbare Objekte bestimmen	0	Impact
	Zerschneidungsgrad	Ver-, Versorgungsinfrastruktur; Transportanlagen „One of the most undisturbed natural areas“	Mesh Size	+1	Impact / State
LESBARKEIT	Natürlichkeitsgrad	Landnutzungen mit unterschiedlichem Grad menschlicher Beeinflussung	Flächengewichtete Summe basierend auf Hemerobiegrad	0	Impact / State
	Leitstrukturen	Hecken, Waldränder, Gewässer, Böschungskanten, Infrastruktur	Summierte Objektlänge	0	Impact / State
	Aussicht	Potenzial zur Gewährung von Aussicht „Extensive Views; collection of spectacular peaks“	Projizierte Fläche des Viewsheds	+1.5	Impact / State
KOMPLEXITÄT	Reliefausprägung	Intensität des Reliefeinflusses „Impressive northern wall; relative elevation differences and gradients“	Quotient reale Fläche zu projizierter Fläche	0	State
	Flächenform	(Un-)Regelmässigkeit der Flächenform	Shape Index	0	State
	Diversität	Vielfalt resp. Abwechslung im Landnutzungsmuster „Harmonious blend of pastoral uses, historical routes and small villages“	Shannon's Diversity Index (SHDI)	0	State
MYSTERY	Tiefenstaffelung	Abfolge lokaler Horizonte (Raumfolgen) „Signature classic views“	Auswertung lokaler Horizonte pro Himmelsrichtung	+1.5	State
	Kammerung durch teiltransparente Sichtbeschränkung	Raumgliedernde, lineare Vegetationsstrukturen wie Hecken, Baumreihen	Summierte Objektlänge	0	Impact / State
	Begehbarkeit	Begehbarkeit in Abhängigkeit von Wegnetz, Hangneigung und	Verrechnung von Weglängen und be-	0	Impact /

Die folgenden zwölf Unterkapitel stützen sich auf die Ausführungen von Augenstein (2002, S. 102–112); sofern Modifikationen an ihrem Ansatz stattfinden, wird speziell darauf hingewiesen.

10.6.1 KOHÄRENZ – Gleichmässigkeit

Das unmittelbare Verständnis von Landschaft beruht zu einem grossen Teil auf ihrer Ordnung und dem inneren Zusammenhang – also der *Kohärenz*. Die Informationsverarbeitung wird durch wiederkehrende Muster und Landschaftselemente erleichtert, die sich in einer harmonischen Komposition von Landnutzungen zu einem grösseren Ganzen zusammenfügen.

Der Parameter *Gleichmässigkeit* erfasst den wahrgenommenen Zusammenhang der Landschaft, indem er die Flächenverteilung der verschiedenen Landnutzungen misst. Als Mass wird Shannon's Evenness Index (SHEI) verwendet, welcher einen Wertebereich von 0 bis 1 aufweist; 1 bedeutet eine Gleichverteilung.

$$SHEI = \frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \cdot \ln P_i)}{\ln m}$$

Anhand der obenstehenden Formel wird auf Level 0 pro Raumeinheit die Berechnung durchgeführt; dabei entspricht P dem Flächenanteil der i -ten Bodenbedeckungskategorie aus VECTOR25 und m der Anzahl der verschiedenen Bodenbedeckungskategorien (vgl. Tabelle 10.7) innerhalb der betrachteten Raumeinheit.

Tabelle 10.7: 24 Bodenbedeckungskategorien aus VECTOR25; solche in kursiver Schrift kommen im Untersuchungsraum nicht vor.

Objektart	Beschreibung	Objektart	Beschreibung
Z_BaumS	Baumschule	Z_ObstAn	Obstanlage
Z_Fels	Fels	Z_Reben	Reben
Z_Fluss	Fluss	Z_See	See
Z_Gebue	Gebüsch	Z_Siedl	Siedlung
Z_GerGeb	Geröll mit Gebüsch	Z_StauDa	Staudamm
Z_GerGle	Geröll auf Gletscher	Z_StauMa	Staumauer
Z_Geroel	Geröll	Z_SteBru	Steinbruch
Z_GerWa	Geröll in Wald	Z_SumGeb	<i>Sumpf und Gebüsch</i>
Z_GerWaO	Geröll in offenem Wald	Z_Sumpf	Sumpf
Z_Glet	Gletscher	Z_SumWa	Sumpf in Wald
Z_GsPist	<i>Graspiste</i>	Z_SumWaO	<i>Sumpf in offenem Wald</i>
Z_HaPist	Piste mit Hartbelag	Z_Uebrig	Übriges Gebiet
Z_KiGrub	Kiesgrube	Z_Wald	Wald
Z_LeGrub	<i>Lehmgrube</i>	Z_WaldOf	Wald offen

Wird ein Bezugsraum aus Level 0 vollständig durch nur eine Bodenbedeckungskategorie eingenommen, ist zwar der Index nicht definiert, jedoch kann dieser gleich eins gesetzt werden, da die wahrgenommene Gleichmässigkeit die maximal mögliche ist. Da wie weiter oben angemerkt die geometrischen Grenzverläufe der Objekte auf Level -1 und jener auf Level 0 nicht

identisch sind, setzt die Berechnung des SHEI ein Verschneiden (Intersect) der beiden Datensätze voraus. Dies ist bedenkenlos, da nur die Flächenanteile, nicht aber die Grenzen in die Berechnung einfließen. Da V-LATE (ArcGIS-Extension; siehe Kapitel 10.3) über keinen Batchmodus verfügt, wird für die 853 Berechnungsvorgänge auf Excel ausgewichen.

10.6.2 KOHÄRENZ – Authentizität

Die Wahrnehmung des Zusammenhangs von Landschaft setzt voraus, dass diese keine starken visuellen Brüche bzw. möglichst wenig störende Objekte aufweist. Der Parameter *Authentizität* identifiziert solche Fremdkörper, welche verhindern, dass eine Landschaft als "echt" erlebt werden kann (Kienast et al. 2006, S. 17). Es geht also grundsätzlich um die Angemessenheit von Form und Funktion von Landschaftselementen; ist diese nicht gegeben, wird das Mosaik als nicht harmonisch empfunden. Während sich Augenstein mit der Kompatibilität benachbarter Landnutzungen behilft, gestützt auf thematisch fein aufgelöste Daten zum Hemerobiegrad, soll hier der Fokus mehr auf die visuell und z.T. auch akustisch hervortretenden Fremdkörper in der Landschaft gerichtet werden. Diese üben ihren mindernden Einfluss nicht nur im Nahbereich aus, sondern wirken im gesamten Sichtfeld; insofern führt der Weg zur Bestimmung deren Einwirkung über die jeweiligen Viewsheds (Sichtbereiche).

Ausgehend von den Objektarten in VECTOR25 werden jene ausgewählt, von denen angenommen werden kann, dass sie das ästhetische Erlebnis eines Durchschnittsbetrachters schmälern (siehe Tabelle 10.8). Diese Auswahl entspricht der Einschätzung des Autors und muss für künftige Anwendungen kritisch überprüft werden. Die Berechnung der Viewsheds erfordert Punktgeometrien als Beobachtungsstandorte, weshalb für Objekte des Typs Linie oder Polygon vorab Stützpunkte berechnet werden. Gestützt auf die Überlegungen zur visuellen Wahrnehmung soll sichergestellt werden, dass jeder einzelne Fremdkörper im Intervall eines Kilometers (Level 0 - Dimension) mindestens einmal die Berechnung eines Viewsheds auslöst. Somit werden die Viewsheds wie folgt berechnet:

- für Punktobjekte generell mit ihrer Standortkoordinate;
- für Linienobjekte durch Intervallpunkte im Abstand von 1000 m;
- für Flächenobjekte durch Intervallpunkte im Abstand von 500 m auf ihrer Aussengrenze sowie durch den Zentrumspunkt; das dichtere Intervall soll den höheren Dimensionslevel – Fläche statt Linie – kompensieren.

Bei Objekten, deren Ausdehnung in Z-Richtung grösser ist als eine normale Gebäudehöhe (ca. 10m), erfolgt die Berechnung unter Berücksichtigung eines Offsets (vertikale Distanz über Basishöhe).

Ausgehend von allen Stützpunkten einer thematischen Ebene summiert der Algorithmus für jede Rasterzelle (räumliche Auflösung: 25 m) des Höhenmodells, wieviele Fremdkörper von dort sichtbar sind. Sämtliche Ergebnistraster werden anschliessend addiert (FocalSum), dann pro Raumeinheit in Level 0 die Zellwerte dieser Raster summiert (ZonalSum). Weil diese Bezugsräume unterschiedlich gross sind, muss die resultierende Summe durch die Anzahl Rasterzellen der jeweiligen Raumeinheit dividiert werden. Schliesslich muss bei der Normierung der Werte auf den Bereich von null bis eins darauf geachtet werden, dass die Werte von eins subtrahiert werden, denn es muss gelten: je mehr störende Objekte, desto geringer die Parameterausprägung.

Tabelle 10.8: Zusammenstellung der störenden Objekte.

Ebene V25	Geometrie	Objektarten	Offset	Bemerkungen
Strassennetz	Linie	Autobahn Autostrasse Ein-/Ausfahrt Autobahnzufahrt 1. und 2. Klass Strasse		Dimension und Verkehrsbelastung sind für Auswahl entscheidend. Tunnelstrecken nicht berücksichtigt, dafür die sichtbaren Galerien.
Eisenbahnnetz	Linie	Industriegeleise Normalspurbahn mehrgleisig		Tunnelstrecken nicht berücksichtigt, dafür die sichtbaren Galerien.
Übriger Verkehr	Linie	Luftseilbahn Materialbahn Skilift	20 m 20 m 20 m	
Gewässernetz	Linie	Druckleitung einfach		Verbaute Fliessgewässer sowie Restwasserstrecken ³⁶ , die ihr natürliches Antlitz verloren haben, müssten dem Datensatz Ökomorphologie der Fliessgewässer entnommen werden.
Primärflächen	Polygon	Kiesgrube See Staudamm/-mauer Steinbruch		Nur Stauseen werden berücksichtigt.
Gebäude	Polygon	Lagertank Wasserbecken (ARA) Exponierte Gebäude	20 m	Ein Gebäude ist dann exponiert, wenn dieses im Umkreis von 50m eines Geländepunkts mit maximaler Curvature liegt.
Anlagen	Polygon	Flughafenareal		
Einzelobjekte	Punkt	Antenne Elektrizitätswerk Hochkamin	20 m 20 m	
Einzelobjekte	Linie	Hochspannungsleitung	20 m	Datensatz ergänzt um Leitungsdaten aus Kanton VS.

Hauptsächlich aus rechentechnischen Gründen (Laptop) wird die Analyse prinzipiell auf das Untersuchungsgebiet eingeschränkt. Dies wirkt sich u.a auf die nördlichen Talseiten des Rhotenals positiv aus, da störende Objekte auf der gegenüberliegenden Talseite (insbes. Strassen) nicht miteinfließen, weil diese nicht zum Untersuchungsgebiet gehört. Ferner wäre es denkbar, angesichts der mit der Distanz abnehmenden visuellen Einwirkung eine entsprechende Gewichtung einzuführen: z.B. könnten die Berechnungen für drei Distanzstufen (Vorder-, Mittel-, Hintergrund) durchgeführt werden und die resultierenden Zellen verschieden gewichtet werden.

10.6.3 KOHÄRENZ – Zerschneidungsgrad

In Abweichung zu Augenstein wird anstelle des Freiraumanteils – siedlungsfreie Gebiete – innerhalb eines Bezugsraums dessen *Zerschneidungsgrad* erhoben. Je grösser die verbleibenden, noch unzerschnittenen Räume sind, desto grösser ist der landschaftliche Zusammenhang und entsprechend höher fällt die wahrgenommene Naturnähe aus. Im Unterschied

zum Zerschneidungsgrad sagt der Freiraumanteil nichts darüber aus, ob die Freiflächen noch zusammenhängend oder auf viele kleine Fragmente verteilt sind. Weil unbesiedelte, hochalpine Gebiete einen grossen Teil der Welterbe-Region ausmachen, vermag der Parameter Zerschneidungsgrad die weiter oben skizzierten Triebkräfte der Landschaftsentwicklung besser nachzuzeichnen.

Jaeger et al. (2001) befassen sich seit einiger Zeit mit dem Phänomen der Landschaftszerschneidung, die ein Zerreißen von gewachsenen ökologischen (und ästhetischen) Zusammenhängen durch Verdichtung des Verkehrsnetzes und die Ausdehnung der bebauten Fläche bezeichnet. Die Quantifizierung von Zerschneidung darf sich nicht bloss auf das Auszählen und Aufsummieren von Linienobjekten (Strassen, Siedlungsgrenzen usw.) beschränken, weil damit wenig über die Grösse und Anordnung der verbleibenden Flächen ausgesagt wird. Jaeger et al. propagieren daher die Ermittlung der effektiven Maschenweite (engl. *effective mesh size*), welche „ein Ausdruck für die Möglichkeit ist, dass sich zwei Tiere, die zufällig (und unabhängig voneinander) im betrachteten Gebiet ausgesetzt werden, begegnen können. Je mehr Barrieren in die Landschaft eingefügt werden, umso geringer wird die Begegnungswahrscheinlichkeit“ (2001, S. 3). Bezogen auf den Untersuchungsfokus dieser Arbeit kann die effektive Maschenweite auch als die durchschnittliche Grösse übrig bleibender Freiflächen aufgefasst werden, worüber man seinen Blick ohne Störung durch anthropogene Elemente schweifen lassen kann. Die Bezeichnung des Parameters „Zerschneidungsgrad“ ist insofern etwas verwirrend, als dass hohe Werte grosse Freiflächen andeuten, was einem geringen Zerschneidungsgrad entspricht.

Die Berechnung der effektiven Maschenweite soll auch den Indikatoren 9 und 10 (Zerschneidungsgrad) des BDM zugrunde liegen; bis dato liegen gemäss Website³⁷ noch keine Auswertungen vor. Die Operationalisierung bedingt in der vorliegenden Arbeit einen Polygon-Datensatz, der sich aus allen für die visuelle Wahrnehmung relevanten, menschengemachten Landschaftsobjekten zusammensetzt; dazu gehören das Verkehrs- und Versorgungsnetz, aber auch Grenzlinien von Siedlungsgebieten und anderen Bebauungsformen (vgl. Tabelle 10.9). Ausgehend von VECTOR25, ergänzt um Hochspannungsleitungen des Kantons Wallis und die alpinen Wanderwege (Welterbe-Datensatz Exkursionen), werden solche Objekte selektiert und in einen neuen Datensatz mit Polygon-Topologie zusammengeführt (Objektart Hilfsgrenze muss dazu aufgehoben werden). In das nun vorliegende Bebauungsgrenzlinien-Geflecht müssen zusätzlich die Begrenzungen der zu charakterisierenden Bezugsräume eingearbeitet werden. In Anbetracht der etwa 850 Raumeinheiten auf Level 0 würden durch diesen Schritt aber zu viele künstliche Grenzlinien in die Analyse eingeführt, weshalb die Berechnung der effektiven Maschenweite auf Level +1 vollzogen wird (64 Einheiten). Dadurch wird gleichzeitig die nicht nur im Nahbereich auftretende visuelle Einwirkung der meisten anthropogenen Elemente miterfasst.

³⁶ Siehe auch BDM Indikatoren E11 „Wasserentnahmen aus Gewässern“ sowie E12 „Anteil beeinträchtigter Fliessgewässerabschnitte“: <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/e11.php> resp. <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/e12.php> (Juni 2007)

³⁷ vgl. <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/e15.php> (Juni 2007); laut einem Hinweis seitens BAFU untersucht Jaeger (ETHZ) in einem seiner Projekte die Landschaftszerschneidung in BLN Gebieten, Moorlandschaften und potenziellen Naturparks.

Tabelle 10.9: Zusammenstellung aller Objekte anthropogenen Ursprungs.

Ebene V25	Geometrie	Objektarten	Bemerkungen
Strassennetz	Linie	Autobahn Autostrasse Ein-/Ausfahrt Autobahnzufahrt 1.-6. Klass Strasse Quartierstrasse Wanderweg	Tunnelstrecken nicht berücksichtigt, dafür die sichtbaren Galerien. Wanderwege versinnbildlichen die „Okkupation der Bergwelt“.
Eisenbahnnetz	Linie	Güterbahn Industriegeleise Museumsbahn Normalspurbahn ein- und mehrgleisig Schmalspurbahn eingleisig Geleise in Bahnhofareal	Tunnelstrecken nicht berücksichtigt, dafür die sichtbaren Galerien.
Übriger Verkehr	Linie	Luftseilbahn Materialbahn Skilift	
Gewässernetz	Linie	Druckleitung einfach	Verbaute Fliessgewässer sowie Restwasserstrecken ³⁶ , die ihr natürliches Antlitz verloren haben, müssten dem Datensatz Ökomorphologie der Fliessgewässer entnommen werden.
Anlagen	Polygon	Bahnhofareal Flughafenareal	
Gebäude	Polygone	alle	Bufferflächen (Bufferdistance = $\sqrt{(\text{Area})}$) von Gebäuden werden anstelle von Siedlungsgebieten (\rightarrow viele Streusiedlungen) verwendet.
Primärflächen	Polygon	Kiesgrube See Staudamm/-mauer Steinbruch	Nur Stauseen werden berücksichtigt.
Einzelobjekte	Punkt	Antenne Bildstock/Wegkreuz Denkmal Lok-Drehscheibe Kapelle	Bufferung der Objekte (Drehscheibe: 20m, Kapelle: 10m, Rest: 5m)
Einzelobjekte	Linie	Hochspannungsleitung Ruine	Böschungskanten können nicht systematisch in natürlich bzw. künstlich untergliedert werden.

Mittels “Subdivision Analysis” in V-LATE wird basierend auf untenstehender Formel die effektive Maschenweite ermittelt; n entspricht der Anzahl verbleibender Freiflächen, a der Flächen-grösse des j -ten Bezugsraumes und A der Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets.

$$MESH\text{SIZE} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A}$$

Zwecks Standardisierung der Resultate wird die effektive Maschenweite durch die Fläche der jeweiligen Raumeinheit dividiert. Dieser Schritt drängt sich auf, weil der Untergliederungslevel entscheidenden Einfluss auf die maximale Grösse der verbleibenden Freiräume hat; insofern resultieren bei kleineren Raumeinheiten (hier: Level +1) trotz geringer Fragmentierung kleinere Maschenweiten als bei grösseren Raumeinheiten.

10.6.4 LESBARKEIT – Natürlichkeitsgrad

Die *Lesbarkeit* einer Landschaft trägt wie der Prädiktor Kohärenz zum Verstehen der dargebotenen Rauminformation bei. Ein gut strukturierter Raum mit deutlich unterscheidbaren Elementen gewährleistet die Orientierung und erleichtert einer Person damit das Zurechtfinden.

Wie Augenstein feststellt, ist in den anthropogen überformten Landschaften Mitteleuropas der *Natürlichkeitsgrad* für die Identifizierbarkeit des Standortes ein wesentlicher Indikator – je natürlicher die Landschaft, desto einfacher identifizier- und lesbar ist diese. Sie bedient sich zur Ermittlung des Natürlichkeitsgrades des Hemerobiestufen-Konzeptes, womit der Grad des anthropogenen Einflusses abgeschätzt wird. Ohne näher auf entsprechende Arbeiten (z.B. von Bornkamm und Sukopp) eingehen zu können und mangels besserer Quellen für den Untersuchungsraum werden die Bodenbedeckungskategorien aus VECTOR25 den folgenden sechs Hemerobiestufen versuchsweise zugeordnet (vgl. Tabelle 10.10):

- (1) a-hemerob/ *natürlich* (unbeeinflusst);
- (2) oligo-hemerob/ *naturnah* (gering beeinflusst, wie z.B. sehr gering besiedelte Gebiete, Arktis, Wüsten, Hochgebirge);
- (3) meso-hemerob/ *halbnatürlich* (mäßig beeinflusst, wie z.B. dünn besiedelte Kulturlandschaften);
- (4) eu-hemerob/ *naturfern* (stark beeinflusst, wie z.B. Agrarlandschaften, Siedlungen);
- (5) poly-hemerob/ (sehr stark beeinflusst, z.B. teilbebaute Flächen, Deponien);
- (6) meta-hemerob/ *naturfremd* (Ökosysteme weitgehend zerstört: wie z.B. Kerngebiete der Innenstädte und Industrieanlagen).

In eine ähnliche Richtung zielt die Auswertungsmethode nach dem Grad der Naturnähe, welche im Rahmen des Programms Raumbewertung Schweiz (vgl. Anhang C in: Koepfel 1991) angewendet wird. In deren Auswertungsmatrix zur Bestimmung der Hemerobiestufen fließen neben der Flächennutzung Aspekte (u.a. Erschliessung, Besiedlung, Strukturen) ein, die hier mit weiteren Parametern erfasst werden. Insofern ist der Begriff *Natürlichkeitsgrad* enger gefasst, als diesen z.B. Dakin auffasst: „*For example, naturalness, as others have found, is based not solely or even primarily on the presence of vegetation or the absence of human artifice, as much of the literature implies, but rather on the way a landscape has grown organically - so old farms and dirt roads are seen as natural (Coeterier 1995)*“ (2003, S. 193). Einen noch engeren Fokus nimmt der Indikator E3³⁸ (Fläche der naturüberlassenen Gebiete) des BDM ein, indem nur die Gebiete ohne direkten menschlichen Einfluss von Interesse sind, also die niederrangigen Hemerobiestufen.

Die Aggregation der patchweise vorliegenden Hemerobiestufen zu einem Wert pro Bezugsraum erfolgt über das flächengewichtete Mittel der im jeweiligen Bezugsraum vorkommenden Hemerobiestufen. Die auf den Wertebereich von null bis eins normierten Resultate werden von eins subtrahiert, so dass die Aussage gilt: je positiver die Ausprägung, desto höher der Index.

³⁸ vgl. <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/e3.php> (Juni 2007)

Tabelle 10.10: Versuchsweise Einstufung der Bodenbedeckungskategorien aus VECTOR25 nach Hemerobiestufen.

Objektart	Hemerobiestufe	Potenzielle Beeinflussungsart
Fels	2	Alpinismus
Fluss	3	Wasserbau, Stromwirtschaft
Gebüsch	2	Unerheblich, weil unzugänglich
Geröll mit Gebüsch	2	Unerheblich, weil unzugänglich
Geröll auf Gletscher	2	Alpinismus
Geröll in Wald	3	Forstwirtschaft
Geröll in offenem Wald	3	Forst(-wirtschaft)
Geröll	2	Alpinismus
Gletscher	2	Alpinismus
Piste mit Hartbelag	6	Versiegelung
Kiesgrube	5	Materialumschlag
Obstanlage	4	Intensivnutzung
Reben	4	Intensivnutzung
See	2	Wassersport, Fischerei
Siedlung	5	Bebauung
Staudamm	6	Bebauung
Staumauer	6	Bebauung
Steinbruch	5	Materialumschlag
Sumpf in Wald	2	Unerheblich, weil unzugänglich
Sumpf	2	Unerheblich, weil unzugänglich
Übriges Gebiet	3	Unklar weil Sammelkategorie
Wald	3	Forstwirtschaft
Wald offen	3	Forstwirtschaft, Weide

10.6.5 LESBARKEIT – Leitstrukturen

Leitstrukturen in der Landschaft tragen zur besseren Orientierung bei, d.h. sie sind dazu geeignet, Personen durch den Raum zu leiten – dies ungeachtet ihrer sonstigen ästhetischen Wirkung. Insofern kommen folgende Leitstrukturtypen für diesen Parameter in Frage:

- Reliefbedingte: z.B. Hangkanten, Gewässerläufe und –ufer;
- Vegetationsbedingte: z.B. Hecken, Baumreihen, Waldränder, Feldgehölzränder;
- Infrastrukturbedingte: z.B. Strassen aller Kategorien, Eisenbahn, Ortsränder, Hochspannungsleitungen.

Ausgehend von den thematischen Ebenen in VECTOR25, wiederum ergänzt um Hochspannungsleitungen des Kantons Wallis und die alpinen Wanderwege (Welterbe-Datensatz Exkursionen), werden die in Tabelle 10.11 aufgelisteten Objektarten miteinbezogen.

Tabelle 10.11: Zusammenstellung aller Objekte mit Leitcharakter.

Ebene	Geometrie	Objektarten	Bemerkungen
Strassennetz	Linie	Autobahn Autostrasse Ein-/Ausfahrt Autobahzufahrt 1.-6. Klass Strasse Quartierstrasse Wanderweg	Tunnelstrecken nicht berücksichtigt, dafür die sichtbaren Galerien.
Eisenbahnnetz	Linie	Güterbahn Industriegeleise Museumsbahn Normalspurbahn ein- und mehrgleisig Schmalspurbahn eingleisig Geleise in Bahnhofareal	Tunnelstrecken nicht berücksichtigt, dafür die sichtbaren Galerien.
Übriger Verkehr	Linie	Luftseilbahn Materialbahn Skilift	
Gewässernetz	Linie	Bach Bisse Druckleitung einfach Fluss See	
Anlagen	Polygon	Flughafenareal	
Primärflächen	Polygon	Siedlung	Die Ortsränder stellen auch Leitstrukturen dar (Siedlungsfläche anstelle von Einzelgebäuden).
Primärflächen	Linie	Waldrand	
Hecken und Bäume	Linie	Obstbaumreihe Baumreihe Hecke	
Einzelobjekte	Linie	Stein-, Böschungsoberkante Hochspannungsleitung	

Alle Objekte werden in einem neuen Datensatz mit Linien-Topologie zusammengefasst, welcher anschliessend mit den Polygonen der Bezugsräume (Level 0) verschnitten wird (Intersect). Schliesslich lässt sich die Länge der Leitstrukturen pro Bezugsraum aufsummieren. Weil die Bezugsräume unterschiedlich gross sind, muss die resultierende Summe durch die Fläche der jeweiligen Raumeinheit dividiert werden.

10.6.6 LESBARKEIT – Aussicht

„Berge und Täler berühren die Seele. [...] Die Höhen eröffnen wunderbare Fernsichten, verschaffen Übersicht, lassen Weite als Kontrast zur Enge erlebbar werden, machen Schwerkraft spürbar“ (Wöbse 2002, S. 190). Das Potenzial zur Gewährung von *Aussicht* respektive Überblick entscheidet darüber, wie leicht man sich in Landschaften orientieren kann, vorausgesetzt, genügend Leitstrukturen sind vorhanden. In umgekehrter Blickrichtung bedeutet hohe Einsehbarkeit von Landschaft auch eine grössere visuelle Empfindlichkeit gegenüber Eingriffen; d.h. das Landschaftsbild ist um so verletzlicher, je geringer die Relieffierung des Geländes

ist – mindestens bis zu einem bestimmten Grad. Hierzu sind ebenfalls die Aspekte Strukturvielfalt und Vegetationsdichte einzubeziehen.

Da der Rechenaufwand für Sichtbarkeitsberechnungen (Viewsheds) beim vorliegenden Untersuchungsgebiet und der räumlichen Auflösung des Höhenmodells sehr hoch ist, wird stellvertretend für jede Raumeinheit auf Level 0 (exkl. jenen, die einen See repräsentieren) ein Beobachtungspunkt ermittelt, welcher eine maximale Aussicht gewähren sollte. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Potenzial jenen Rasterzellen des Höhenmodells innewohnt, die:

- möglichst hoch gelegen sind
- und einen möglichst hohen, positiven (konvexen) Krümmungswert aufweisen.

Somit bleibt die Bodenbedeckung vorläufig unberücksichtigt, obwohl für den Umkehrschluss – also die Einsehbarkeit eines Landschaftsausschnitts – die vertikale Ausdehnung der Vegetation oder Bebauung entscheidend ist. Anhand des in Abbildung 10.10 dargestellten Modells werden die beiden Rasterebenen (Elevation & Curvature) multipliziert, innerhalb der Raumeinheiten das maximale Produkt eruiert (Zonal Statistics) und dann in einen Punktdatensatz konvertiert.

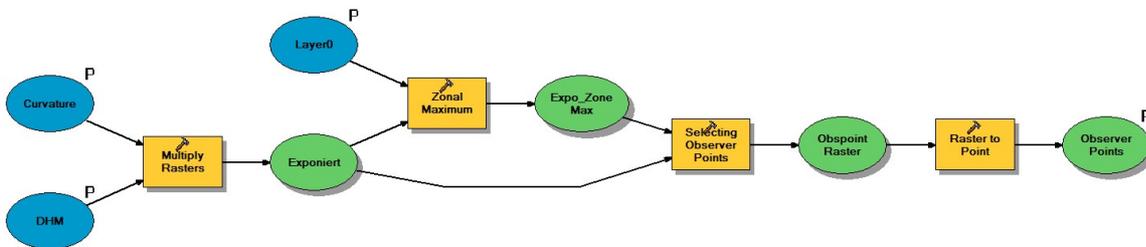


Abbildung 10.10: ESRI ArcGIS Model Builder – Modell zur Ermittlung der Beobachtungspunkte.

Mithilfe des ET Geo Wizards werden die Punkte, meist auf einer Kuppe oder einem Kamm liegend, in gesonderte Datensätze abgelegt, um danach jeden einzelnen als Ausgangspunkt für die Viewshed-Berechnung (vgl. auch Parameter *Tiefenstaffelung*) in einem Pythonskript abfragen zu können. Die resultierenden, sichtbaren Flächen werden je Bezugsraum bestimmt und auf den Wertebereich eins bis null normiert. Wie eingangs erläutert, steht diese Flächenberechnung stellvertretend für das Potenzial des jeweiligen Bezugsraumes zur Gewährung von Aussicht. Das Verfahren könnte durch den Einbezug weiterer Beobachtungspunkte verfeinert werden, allerdings bedürfte deren Selektion weiterer Überlegungen.

10.6.7 KOMPLEXITÄT – Reliefausprägung

Als regulierendes Pendant zu Kohärenz tritt der Prädiktor *Komplexität*: Hier geht es darum, die räumliche Heterogenität (γ -Diversität) anhand der strukturellen Komplexität zu beziffern, welche auf der Zusammensetzung und Konfiguration der einzelnen Patches beruht.

Die Anordnung von und der Kontrast zwischen einzelnen Patches fusst massgeblich auf den Einwirkungen der Topographie, entsprechend ist auch der Einfluss auf die visuelle Wahrnehmung; Wöbse formuliert ihn so: „Noch mehr als vom Boden wird das Landschaftsbild von der Gestalt der Erdoberfläche, vom Relief, geprägt. Es wird in erster Linie mit dem Auge, dann aber auch über den Gleichgewichts- oder Erschütterungssinn sowie kinästhetische Empfindungen erlebt. Neben der Vegetation ist das Relief der stärkste raumbildende Faktor, seine Ausprägung ist entscheidend für den Landschaftscharakter“ (2002, S. 189). Aufgrund der zum Untersuchungsraum von Augenstein diametral verschiedenen topographischen Verhältnissen in der Welterbe-Region wird anstelle des Parameters Höhenkontrast (misst Höhendifferenz

aneinandergrenzender Bodenbedeckungen) die *Reliefausprägung* herangezogen. Ein potenzielles Mass zur Bestimmung dieser Einwirkung bietet der Quotient aus realer Fläche einer Raumeinheit und deren projizierter Fläche. Je grösser der Quotient, desto ausgeprägter die Reliefform.

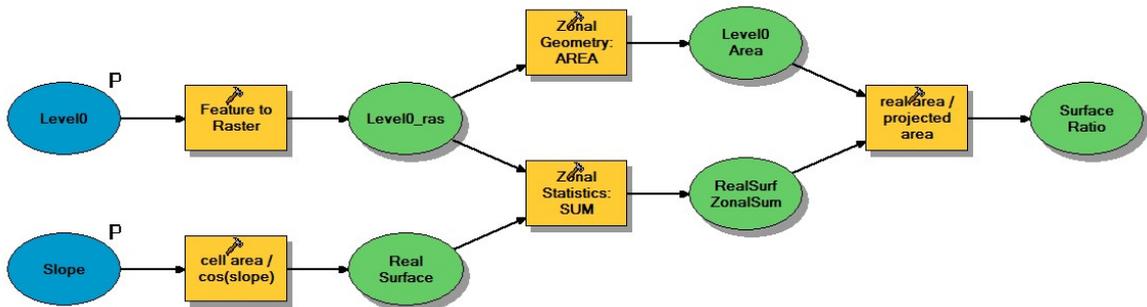


Abbildung 10.11: ESRI ArcGIS Model Builder – Modell zur Berechnung des Quotienten aus realer und projizierter Oberfläche.

Die reale Oberfläche eines Polygons ergibt sich nach der Beschreibung von Hoehstetter & Walz annäherungsweise durch den Kehrwert des Cosinus der Hangneigung multipliziert mit der projizierten Fläche (2006, S. 238). Innerhalb ArcGIS ist darauf zu achten, dass standardmässig in Radiant gerechnet und eine Umrechnung auf Degree also erforderlich wird. Die Berechnung vollzieht sich anhand des in Abbildung 10.11 dargestellten Modells, wonach in Level 0 für jede Raumeinheit der Quotient ermittelt wird.

10.6.8 KOMPLEXITÄT – Flächenform

Zur Bestimmung des Einfluss der *Flächenform* auf die Komplexität des visuellen Eindrucks zieht Augenstein den Shape Index heran, der von Forman & Godron als ein standardisiertes Gestaltsmass in die landschaftsökologische Forschung eingeführt wurde (Lang, Blaschke 2007, S. 242). Die ursprüngliche Absicht bestand darin, den Randeffect eines Patches, also das Verhältnis des Randbereichs zu seinem Inneren zu erfassen. Mithilfe des folgenden Formelausdrucks wird die Formkomplexität eines Patches durch den Vergleich mit einer maximal kompakten Standardgestalt (Kreis bei Vektordaten) eingeschätzt; dabei entspricht p dem Umfang und a der Fläche eines Patches.

$$SHAPE = \frac{p}{2\sqrt{\pi \cdot a}}$$

Der Shape Index nimmt umso grössere Werte an, je unregelmässiger die Form ist und deutet damit eine entsprechend komplexe und unübersichtliche Gestalt an. Die Werte sind dimensionslos und können daher nur relativ zueinander gewertet werden. Weil durch die zusätzlichen Grenzlinien der Raumeinheiten keine Artefakte geschaffen werden sollen, wird der Shape Index mittels V-LATE auf Patch-Niveau berechnet. Im Anschluss daran erfolgt je Raumeinheit eine Aggregation der berechneten Werte, indem die aufsummierten Shape Index-Werte durch die Anzahl der in einer Raumeinheit enthaltenen V25-Patches dividiert werden. In Anlehnung an das Verfahren von Augenstein werden die Werte bei jenen Bezugsräumen gleich eins gesetzt, die bloss von einem oder zwei grossflächigen Landschaftselementen überlagert werden sowie bei jenen, die plus-minus einer See-Oberfläche entsprechen. Der Grund hierfür liegt in der grossen Ausdehnung eines solchen Patches, wodurch die Formkomplexität innerhalb der Raumeinheit kaum wahrgenommen werden kann.

10.6.9 KOMPLEXITÄT – Diversität

Nicht zuletzt wird die wahrgenommene Komplexität einer Landschaft durch ihre Nutzungsdiversität bestimmt. Die Diversität einer Landschaft entspricht in Analogie zu der Informationstheorie nach Shannon & Weaver dem Informationsgehalt einer Landschaft (Lang, Blaschke 2007, S. 248). Dabei wird angenommen, dass in einer gegebenen Raumeinheit die visuelle Diversität der Bodenbedeckung so ansteigt, wie sich die Anzahl der unterschiedlichen Bodenbedeckungskategorien erhöht und je weniger sich die Flächenanteile dieser Kategorien unterscheiden (Augenstein 2002, S. 105). Insofern geht es hier nicht um die konkrete räumliche Anordnung der Landschaftselemente, sondern um die Zusammensetzung (engl. *composition*) der Landschaft.

Als Mass dient übereinstimmend mit den Auswertungen von Augenstein der Shannon's Diversity Index (SHDI), dessen Berechnung auf folgender Formel basiert:

$$SHDI = -\sum_{i=1}^m P_i \cdot \ln P_i$$

P bezeichnet den Flächenanteil der i -ten Bodenbedeckungskategorie aus VECTOR25 und m die Anzahl der verschiedenen Bodenbedeckungskategorien (vgl. Tabelle 10.7) innerhalb der betrachteten Raumeinheit. Die Analogie zur Formel des Shannon Evenness Index ist augenfällig, identisch ist darum auch die Aufbereitung der Datensätze sowie die effektive Berechnung. Anzumerken ist, dass unbedingt die thematische Tiefe der zugrunde liegenden Daten berücksichtigt werden muss; ebenso von Bedeutung ist, dass sämtliche Kategorien mit gleicher Wertigkeit in die Analyse einfließen.

Einen etwas anderen Weg schlägt das BDM mit dem Indikator E5³⁹ ein: Zur Bestimmung der Nutzungs- und Bedeckungsvielfalt des Bodens vergleicht der Indikator die mittlere Anzahl Wechsel pro Quadratkilometer von einer Nutzungs- oder Bedeckungsart zur anderen. Damit sind für jeden Quadratkilometer zwischen 0 und 200 Wechsel möglich, Quelle ist die Arealstatistik. Die Vorbehalte bezüglich der thematischen Auflösung sind aber auch hier von Belang.

10.6.10 MYSTERIOSITÄT – Tiefenstaffelung

Der vierte und in vielen empirischen Studien der einzige Prädiktor, der immer einen positiven Einfluss auf die Landschaftspräferenz gezeigt hat (Hunziker 2000, S. 34), ist die *Mysteriosität*. Sie verspricht, dass noch mehr Wissenswertes über die Landschaft in Erfahrung zu bringen ist und weckt damit die Neugier des Menschen.

Es ist primär die Kammerung, die in einer Landschaft den Eindruck von Mysteriosität hinterlässt. Es kommt dabei auf die Menge und die Wirkungsweise sichtbeschränkender Strukturen an, die den Raum gliedern. In der Welterbe-Region geschieht dies auf zwei Skalenebenen: Generell sorgt die ausgeprägte Topographie für das gestalterische Grundgerüst der Landschaft (Level 0 bis +2), während im visuellen Nahbereich (Level 0) insbesondere die (teiltransparenten) Vegetationsstrukturen diesbezüglich Akzente setzen. Im Unterschied zu Augenstein (2002), die aufgrund des schwach reliefierten Geländes den Parameter "Kammerung durch totale Sichtbeschränkung (Vegetation)" einsetzt, soll hier der raumgliedernden Wirkung des Reliefs, speziell der *Tiefenstaffelung*, Gewicht beigemessen werden. Die Bedeutung dieses Parameters lässt sich auch aus folgendem Zitat herauslesen: "Der Erlebniswert wird allein durch Raumfolgen und Tiefenstaffelung erzeugt. [...], denn Raumfolgen ergeben sich aus ei-

³⁹ vgl. <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/e5.php> (Juni 2007)

ner Vielfalt unterschiedlicher Räume. Auch die Tiefenstaffelung wird um so reizvoller empfunden, je vielfältiger sie erfolgt“ (zitiert in Schwahn 1990, S. 168 nach Werbeck/Wöbse).

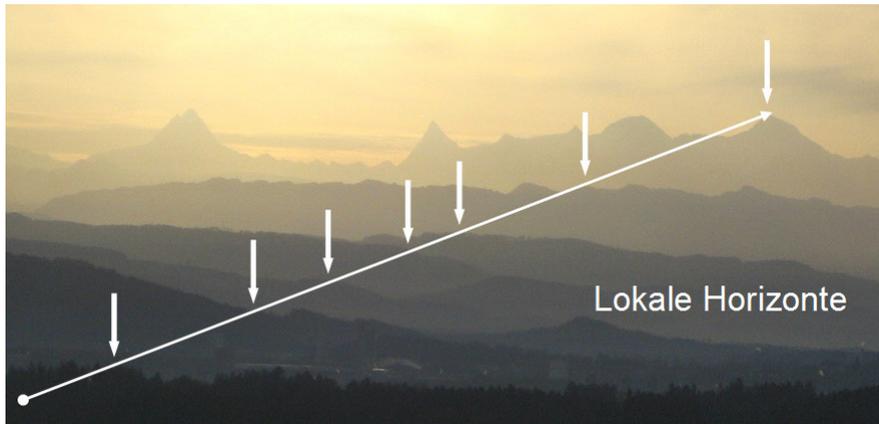


Abbildung 10.12: Raumgliederung durch unterbrochene Sichtlinien

Die Idee dahinter ist, dass die Vielfalt und Qualität der anhand des Parameters „Aussicht“ berechneten, sichtbaren Fläche ermittelt wird. Es wird angenommen, dass die reliefbedingte Raumgliederung umso ausgeprägter ist, je mehr lokale Horizonte sich im Blickfeld eines Beobachters ausmachen lassen (vgl. Abbildung 10.12). Lokale Horizonte entstehen dadurch, dass sich eine auf der Erdoberfläche gedachte Sichtlinie durch Einwirkungen der Topographie in sichtbare und verdeckte Abschnitte unterteilt. Die verdeckten Abschnitte vermitteln beim Beobachter einen lokalen Horizont, indem z.B. hinter dem Hügel gleich ein noch höherer Berg auftaucht, das dazwischen liegende Tal aber verborgen bleibt.

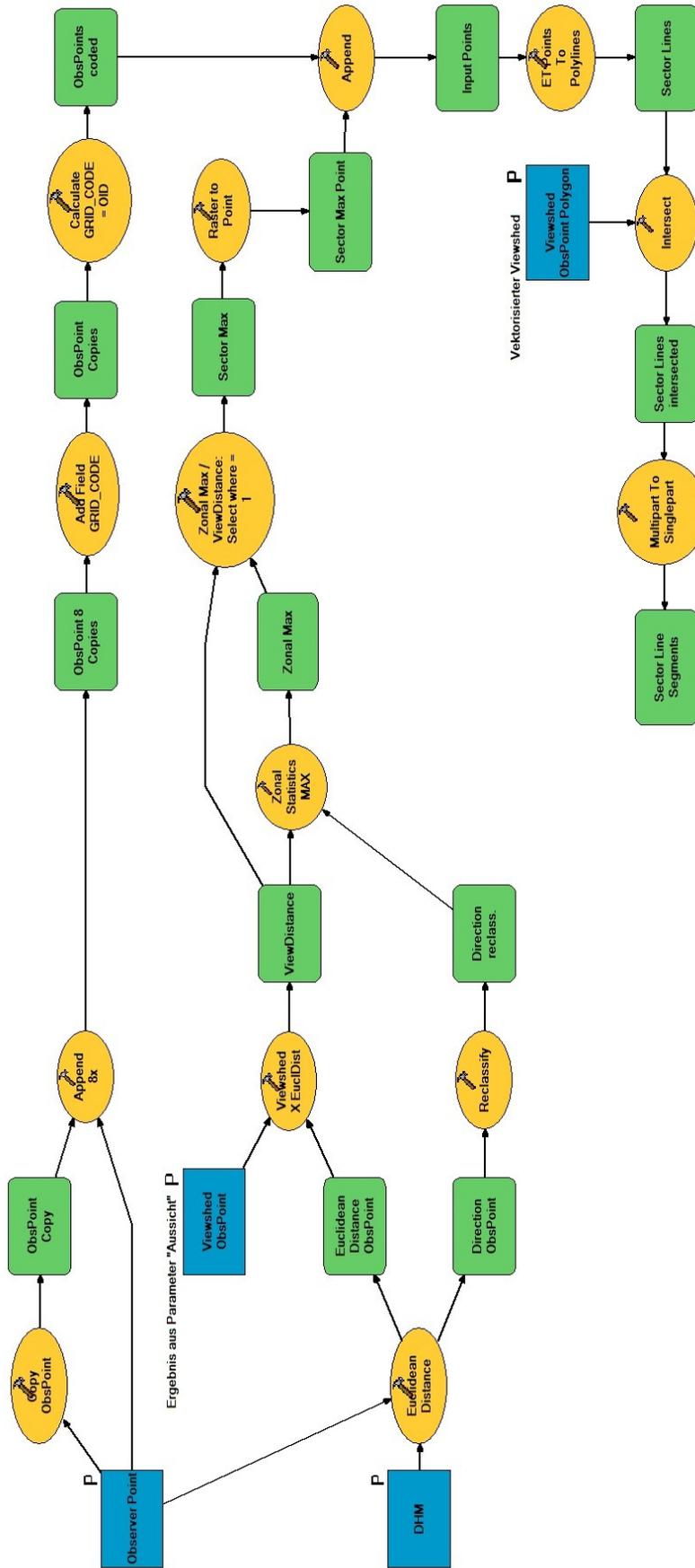
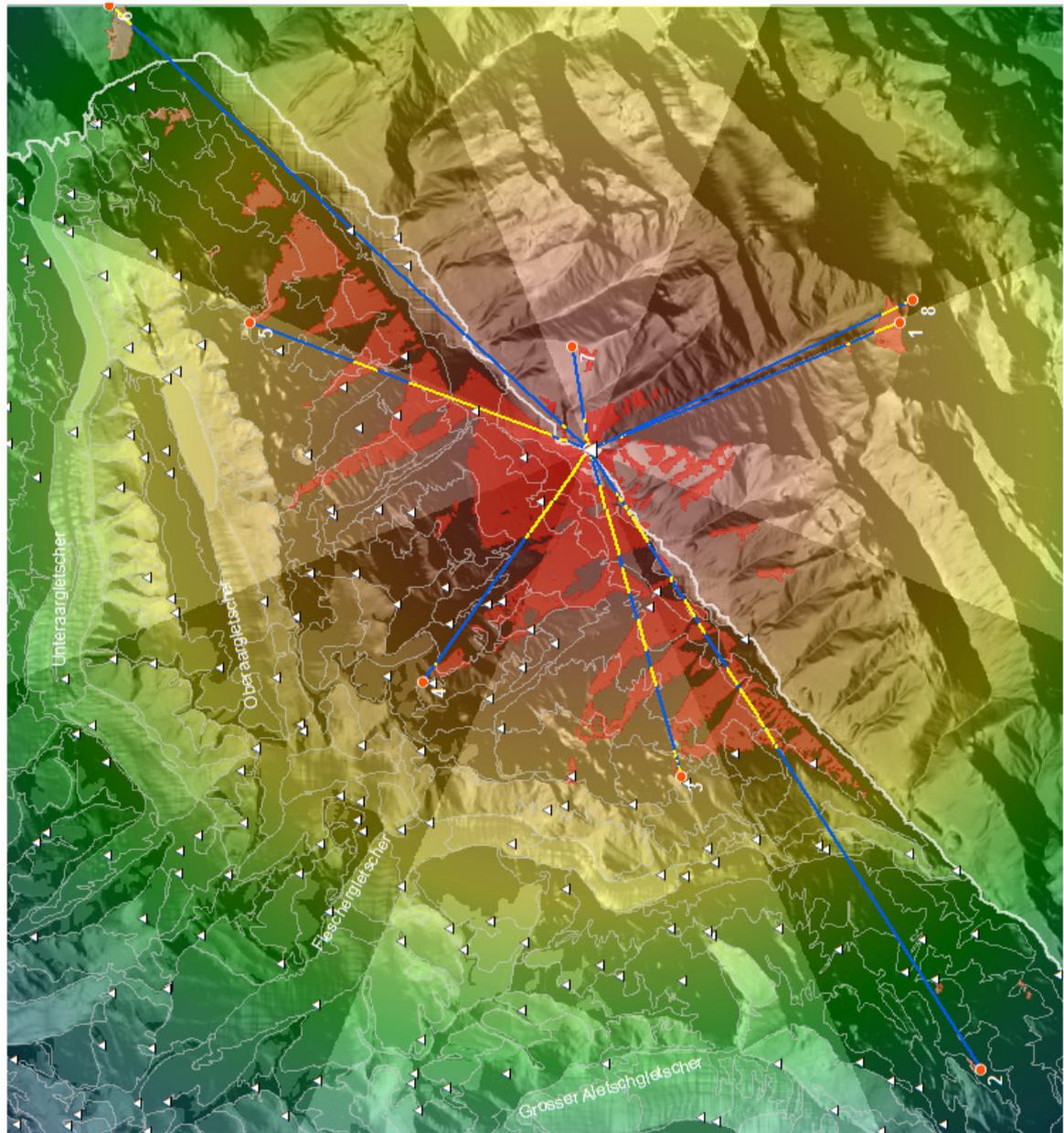


Abbildung 10.13: ESRI ArcGIS Model Builder – Modell zur Ermittlung der Tiefenstaffelung.



**Tiefenstaffelung
aufgrund lokaler Horizonte**

Line of Sight pro Himmelsektor

- Beobachtungspunkt
- Endpunkte je Sektor
- Line of Sight
 - sichtbar
 - abgedeckt
- Landschaftseinheiten
- Sichtbereich - Distanz [m]
 - Max: 15489
 - Min: 0
- Entfernung von Beobachtungspunkt [m]
 - Max: 20'000
 - Min: 0

Meter
 0 1000 2000 3000 4000

DHM25 © 2001 Bundesamt für Landestopografie (DVG00234)

Datum: 18.04.2007

Marcel Droz, UNIGIS

Abbildung 10.14: Erfassung lokaler Horizonte mittels Viewshed und Lines of Sight.

Ausgehend von den bereits in Kapitel 10.6.6 definierten Beobachtungspunkten wird jeweils in acht Himmelsrichtungen (N / NE / E / SE / S / SW / W / NW) die Tiefenstaffelung durch das Auszählen der lokalen Horizonte quantifiziert und pro Raumeinheit aus Level 0 aufsummiert. Die einzelnen Berechnungsschritte sind dem Modell in Abbildung 10.13 zu entnehmen, die Visualisierung eines Zwischenstandes der Berechnungen findet sich in Abbildung 10.14. Allgemein wird der Auswertungsradius durch eine Maximaldistanz von 20 Km ab Beobachterstandort eingegrenzt.

10.6.11 MYSTERIOSITÄT – Teiltransparenz

Wie gesagt erfährt die reliefbedingte Kammerung im visuellen Nahbereich eine durch Vegetationsstrukturen modulierte Ergänzung. Es sind speziell die *teiltransparenten* Elemente wie Hecken und Baumreihen, die Durchblicke auf dahinter liegende Bereiche zulassen und dadurch die Spannung aufrecht erhalten. Es gilt hier darauf hinzuweisen, dass bei diesem Aspekt der jahreszeitliche Wandel besonders zur Geltung kommt: der Grad von Teiltransparenz ändert sich markant in Abhängigkeit der Belaubung (Schüpbach 2000, S. 9). Trotzdem werden diese wichtigen, raumbildenden Vegetationsstrukturen zur Parametrisierung herangezogen; es sind dies folgende Objektarten aus VECTOR25:

Tabelle 10.12: Zusammenstellung der teiltransparenten Vegetationsstrukturen.

Ebene V25	Geometrie	Objektarten	Bemerkungen
Primärflächen	Polygon	Geröll in offenem Wald Wald offen	Die Perimeterlängen dieser Patches werden stellvertretend für die Flächen berücksichtigt.
Hecken und Bäume	Linie	Obstbaumreihe Baumreihe Hecke	Die Objektlängen fließen in die Berechnung ein.

Obwohl es eigentlich um das Aufsummieren der Länge von linearen Objekten geht, finden, wie aus Tabelle 10.12 zu entnehmen ist, auch offene Waldformen Eingang in diese Berechnung; dazu wird die Länge des Umfanges solcher Landschaftselemente als Mass verwendet. Aufgrund der verschieden grossen Bezugsräume müssen schliesslich die aufsummierten Längen anhand der jeweiligen Fläche dieser Räume standardisiert werden.

Aus Sicht der Artenvielfalt ermittelt auch Indikator E4⁴⁰ des BDM die Länge linearer Landschaftselemente. Weil es dort aber nicht primär um den Aspekt der Teiltransparenz geht, erlangen weitere Landschaftselemente wie Gewässerläufe und Waldränder darin auch Bedeutung; allerdings liegen derzeit weder Daten noch Auswertungen vor.

10.6.12 MYSTERIOSITÄT – Begehbarkeit

Die Neugier des Menschen, die durch Kammerung und partielle Verdeckung geweckt wird, erreicht im Unterschied zur Wahrnehmung von Komplexität kaum je eine Sättigung. Jedoch erfordert das Einlösen des Versprechens nach weiterer Information, also die Fortbewegung im Raum, grundsätzlich Zugänglichkeit respektive Begehbarkeit. Diese ist aber aus mehreren Gründen eingeschränkt:

⁴⁰ vgl. <http://www.biodiversitymonitoring.ch/deutsch/indikatoren/e4.php> (Juni 2007)

- Wegnetz: Im stark reliefierten Gelände sind hauptsächlich Wege, die nicht als Fahrstrassen ausgelegt sind, für die Erkundung angrenzender Landschaftselemente massgebend.
- Betretbarkeit der Fläche: Vom Wegnetz nicht erschlossene Patches sind in Abhängigkeit von
 - nutzungsspezifischen und jahreszeitlichen Umständen,
 - Geländeeigenschaften und
 - rechtlichen Bestimmungen im Fall von Schutzgebieten (z.B. Wegegebot) unterschiedlich gut zugänglich.

Demzufolge wird zur Quantifizierung von Begehbarkeit neben dem Wegnetz auch die Qualität der Betretbarkeit berücksichtigt. Das interessierende Wegnetz umfasst jene Objektarten aus VECTOR25, die in Tabelle 10.13 aufgelistet sind. Die Objektlängen werden je Raumeinheit aufsummiert und durch die entsprechende Fläche standardisiert.

Tabelle 10.13: Zusammenstellung aller von Strassenverkehr ungefährdeten Wegarten.

Ebene	Geometrie	Objektarten	Bemerkungen
Strassennetz	Linie	4.-6. Klass Strasse Wanderweg	Inkl. Tunnelstrecken und Galerien
Exkursionen im Welterbe	Linie		Wichtige Ergänzung im inneralpinen Bereich zu VECTOR25 Strassennetz (Lage nicht eindeutig): nur zusätzliche Segmente werden übernommen.

Dann wird in einem nächsten Schritt allen Patches anhand ihrer Landnutzung eine von vier allgemeinen Betretbarkeitskategorien zugewiesen; diese Zuordnung basiert auf Aspekten wie generelle Betretbarkeit, jahreszeitliche Einschränkungen (Landwirtschaft) und vegetationsbedingte Unwegsamkeiten. Es handelt sich hierbei um eine Einschätzung des Autors, die für künftige Anwendungen nochmals zu plausibilisieren ist.

Tabelle 10.14: Einstufung der Bodenbedeckungskategorien aus VECTOR25 nach ihrer grundsätzlichen Betretbarkeit.

Objektart	Betretbar	Bemerkung zu Einstufung
Fels	kaum	Unwegsamkeit ⁴¹
Fluss	nicht	Unbegehbarkeit ⁴¹
Gebüsch	kaum	Unwegsamkeit
Geröll mit Gebüsch	kaum	Unwegsamkeit
Geröll auf Gletscher	kaum	Unwegsamkeit
Geröll in Wald	meistens	Fortbewegung möglich
Geröll in offenem Wald	meistens	Fortbewegung möglich
Geröll	meistens	Fortbewegung möglich
Gletscher	kaum	Unwegsamkeit ⁴¹
Piste mit Hartbelag	nicht	Zutrittsverbot
Kiesgrube	nicht	Zutrittsverbot
Obstanlage	nicht	Landwirtschaftsfläche
Reben	nicht	Landwirtschaftsfläche
See	nicht	Unbegehbarkeit ⁴¹
Siedlung	immer	Dichtes Wegnetz
Staudamm	kaum	Oft Zutrittsverbot
Staumauer	kaum	Oft Zutrittsverbot
Steinbruch	nicht	Zutrittsverbot
Sumpf in Wald	kaum	Unwegsamkeit
Sumpf	kaum	Unwegsamkeit
Übriges Gebiet	meistens	Meist ohne hohen Bewuchs
Wald	meistens	Oft Wegnetz
Wald offen	meistens	Kein Dickicht

Ferner werden alle Patches, die in Schutzgebieten (Bundesinventare für Hochmoore, Flachmoore, Auengebiete, Jagdbanngebiete sowie kantonale (BE, VS) Naturschutzgebiete) mit Wegegebot liegen, generell als nicht betretbar eingestuft.

Im nächsten Schritt erfolgt in Anlehnung an Augenstein eine Reklassifizierung der Betretbarkeit jener Landschaftselemente, die nicht von Schutzauflagen betroffenen sind. Je nach geländebedingten Unwegsamkeiten muss die Betretbarkeit also weiter eingeschränkt werden. In der nachfolgend dargestellten Matrix (vgl. Tabelle 10.15) werden dazu der generellen Begehbarkeit fünf Hangneigungsklassen gegenübergestellt. Fällt ein Patch in eine der beiden steilsten Hangneigungsklassen, wird seine generelle Betretbarkeit anhand der Matrix zurückgestuft.

⁴¹ Nur mit Zusatzausrüstung wie Seil, Skier, Boot o.ä. kann Einschränkung überwunden werden.

Tabelle 10.15: Geländebedingte Einschränkung der generellen Betretbarkeit.

Generelle Begehbarkeit	Hangneigung: $\geq 60^\circ$	Hangneigung: $\geq 30^\circ$ bis $<60^\circ$	Hangneigung: $\geq 15^\circ$ bis $<30^\circ$	Hangneigung: $\geq 5^\circ$ bis $<15^\circ$	Hangneigung: $< 5^\circ$
IMMER	nicht	meistens	immer	immer	immer
MEISTENS	nicht	kaum	meistens	meistens	meistens
KAUM	nicht	nicht	kaum	kaum	kaum
NICHT	nicht	nicht	nicht	nicht	nicht

Für die Auswertungen interessieren nur jene Patches, die „immer“ oder „meistens“ betretbar sind und damit grundsätzlich die Begehbarkeit erlauben. Je Bezugsraum werden die Flächen solcher Patches aufsummiert und zwecks Standardisierung durch die Fläche des Bezugsraums dividiert.

Schliesslich stellt die Summe aus standardisierter Weglänge und standardisierter Flächen-summe ein Begehbarkeitsindex dar, dessen Werte auf den Bereich von null bis eins normiert werden. Implizit erhalten damit die beiden Teilparameter (Weglänge und Flächensumme) das-selbe Gewicht.

10.7 Multivariate Analyse

Nach der Parametrisierung aller vier Präferenzprädiktoren stehen somit für jede Raumeinheit (Level 0) zwölf Parameter bereit, anhand deren Ausprägung das landschaftsästhetische Potenzial ermittelt werden kann.

Vorab erfordern die nachfolgenden Berechnungsschritte einen Check der Verteilungen der einzelnen Parameter sowie ihre Normierung auf einen gemeinsamen Wertebereich von null bis eins anhand der Formel: $(Parameter - MIN(Parameter)) / (MAX(Parameter) - MIN(Parameter))$. Weil die ArcGIS-Werkzeuge zur Clusteranalyse und Klassifizierung Integerwerte voraussetzen, werden die normierten Parameter mit dem Faktor 1'000'000 multipliziert, so dass sechs Dezimalstellen mitberücksichtigt werden. Es zeigt sich, dass die wenigsten aller Parameter normalverteilt sind. Weitere Ausführungen zu den statistischen Auswertungen folgen im Ergebniskapitel (12.2).

10.8 Prototyping weiterer Indikatoren

Neben der eigentlichen Parametrisierung der Modellprädiktoren sind im Laufe der Arbeit sowie vor dem Hintergrund des skizzierten Landschaftswandels zwei weitere Indikatoren entwickelt worden, die hier eher den Status eines Prototyps erhalten und als solche einen Input für ein potenzielles Monitoringsystem liefern können.

10.8.1 Siedlungsstruktur

Die durch den Strukturwandel fortschreitende Entkopplung von Siedlung und Flur ist aufgrund des hohen Beharrungsvermögens der Landschaft erst längerfristig ablesbar. Hingegen vermag eine Analyse der anthropogenen Landschaftselemente, insbesondere die Siedlungsstruktur, relativ rasch den sich anbahnenden Wandel aufzuzeigen. Was dies in alpinen Regionen bedeuten kann, umschreibt Hunziker folgendermassen: „Während diese Entwicklung (Bau von

Gebäuden, Anm. des Autors) in Gebieten mit vorherrschender Streusiedlung in erster Linie räumliche Verdichtung und Geometrisierung der Siedlung bedeutete, drückte sich derselbe Prozess in Gebieten mit Haufensiedlungen hauptsächlich durch Überdimensionierung der Gebäude und durch Hinzufügen von Parahotelleriekomplexen oder -quartieren aus“ (2000, S. 24).

Mithilfe des Proximity Index (PX), einem Landschaftsstrukturmass zur Operationalisierung von “Nähe” respektive Nachbarschaft, soll versucht werden, diese Geometrisierung, Überdimensionierung und Verdichtung der Siedlungsstruktur zu quantifizieren. Die zu untersuchende Landnutzungs-kategorie stellt dabei die Gebäudeebene aus VECTOR25 dar. Der Proximity Index in der Umsetzungsvariante von Fragstats⁴² summiert bezogen auf das Fokalpatch (hier: Gebäudepolygon) alle Flächen- (A) / Entfernungsverhältnisse (d) zu weiteren Patches p derselben Klasse in einem wählbaren Suchradius auf:

$$PX = \sum_{i=1}^n \frac{A_p}{d}$$

Eine reduzierte Betrachtung lediglich des nächstgelegenen Nachbarn würde für die visuelle Analyse der Siedlungsstruktur zu kurz greifen. Der Proximity Index berücksichtigt somit nicht nur die Isolation im Sinne der minimalen euklidischen Distanz zum nächstgelegenen Patch, sondern unterscheidet zusätzlich zwischen einer räumlich dispersen (\rightarrow Streusiedlung) und einer eher geclusterten (\rightarrow Haufendörfer) Verteilung (Gustafson & Parker; zitiert in Lang, Blaschke 2007, S. 263). Der Proximity Buffer kann dabei als Versuch angesehen werden, die individuelle, artspezifische (hier: visuelle Wahrnehmung des Menschen) Perzeption des Lebensraumes umzusetzen.

Die Berechnung mit V-LATE erfolgt vorerst auf Level -1 (Patch Level);. dadurch wird verhindert, dass Gebäude im Grenzbereich von Raumeinheiten aufgrund ihrer unterschiedlichen Zugehörigkeit unberücksichtigt bleiben. Die gewählte Suchdistanz (Proximity Buffer) beträgt 500 m; dieser Radius ergibt in etwa die Kreisfläche eines knappen Quadratkilometers – eine Größenordnung, die im Rahmen der visuellen Wahrnehmung dem Nahbereich entspricht. Die Aggregation zu einem Wert auf Level 0 erlaubt schliesslich eine Einschätzung darüber, ob die Siedlungsstruktur verzettelt ist (tiefere Werte) oder eine eher kompakte Anordnung aufweist (hohe Werte). Wenn zu einem späteren Zeitpunkt für dieselbe Raumeinheit beispielsweise ein höherer PX-Wert resultiert als es heute der Fall ist, so spricht dies für eine Verdichtung der Gebäudestruktur und/oder vergrösserte Grundrisse derselben.

10.8.2 Sichtbare Gletscherflächen (Faszination)

Eine für die Welterbe-Region Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn ausdrucksvolle Grösse ist die von jeweils bestimmten Stellen aus sichtbare Gletscherfläche. Speziell in Zeiten beschleunigter klimatischer Veränderungen muss dem Umstand Rechnung getragen werden, dass die Attraktivität gewisser Aussichtspunkte analog den Gletscherflächen schwinden kann und dadurch die Faszination in Mitleidenschaft gezogen wird. Dieses Phänomen kann neben dem Grossen Aletschgletscher (siehe Kapitel 2.3) speziell auch am Oberen Grindelwaldgletscher wahrgenommen werden. Während noch vor knapp hundert Jahren die Gletscherzungen fast bis ins Dorf reichten, musste in den letzten Jahren die zur Besichtigung der Gletscherzunge gebaute Treppe immer wieder verlängert werden.

⁴² FRAGSTATS ist eine Software zur Berechnung von Landschaftsstrukturmassen, vgl. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html> (Juni 2007)



Abbildung 10.15: Besuchertreppe am Oberen Grindelwaldgletscher (Quelle: http://www.herbert-osterrieder.de/Fotos_Schweiz/Grindelwald/Oberer_Gletscher.htm).

Während für glaziologische Untersuchungen genaue Daten zum Gletscherstand beim Schweizerischen Gletschermessnetz⁴³ oder generell beim World Glacier Monitoring Service⁴⁴ nachgefragt werden können, sollen in der vorliegenden Arbeit einmal mehr die Informationen aus VECTOR25 herangezogen werden; genauer sind es aus der Ebene Primärflächen die Objektarten „Gletscher“ und „Geröll auf Gletscher“. Es handelt sich also um einen Sommerzustand, worin Schneeflächen keine Beachtung finden. Würden anstelle von VECTOR25 Orthofotos als Grundlage dienen, wäre die Abgrenzung zwischen Schnee- und Gletscherflächen in Abhängigkeit der Jahreszeit relativ trickreich; es sei denn, im Kontext der visuellen Wahrnehmung sei diese Unterscheidung unerheblich.

Basierend auf den Vorarbeiten zur Parametrisierung von „Aussicht“ und „Tiefenstaffelung“ dienen die bereits berechneten Viewsheds dazu, den Gletscherflächenanteil innerhalb derselben zu bestimmen. Pro Beobachtungspunkt bzw. Raumeinheit (Level 0) resultiert damit eine Flächenangabe der sichtbaren Gletscherareale.

⁴³ vgl. <http://glaciology.ethz.ch/messnetz/index.html> (Juni 2007)

⁴⁴ vgl. <http://www.geo.unizh.ch/wgms/index.html> (Juni 2007)

TEIL III: AUSWERTUNGEN

11 Ergebnisse

Der erste Teil dieses Kapitels zeigt die pro Parameter isolierten Ergebnisse. Die jeweils drei Parameter, welche einen Modellprädiktor beschreiben, werden gruppiert in ihrer räumlichen Differenzierung dargestellt. Nach einer Beschreibung der statistischen Auswertungsmethoden widmet sich der zweite Teil des Kapitels der multivariaten Analyse der Ergebnisse und versucht in einer Synthese das landschaftsästhetische Potenzial in seiner räumlichen Verteilung zu charakterisieren. In den Worten von Augenstein (2002, S. 123) geht es darum, aus der Kombination der Parameterwerte auf den Zustand des Gesamtsystems, also auf das ästhetische Potenzial der Landschaft zu schliessen.

11.1 Indikatorbezogene Auswertungen

Das quasi kontinuierliche Spektrum an Merkmalsausprägungen (0 – 1'000'000) wird für die Kartendarstellung in meist vier bis maximal sieben Klassen unterteilt. Weil es dabei weniger auf die absoluten Werte als vielmehr auf deren Verteilung ankommt, basiert die Klasseneinteilung auf Einheiten der Standardabweichung (Std. Dev.). Die jeweils aufgeführten Statistiken zur Klassifikation der Darstellung zeigen die Lage des Mittelwerts an und beziffern die Standardabweichung. Pro Parameter werden die auffälligsten Muster kurz beschrieben.

Das Farbschema ist stets dasselbe:

-  Gebiete mit höherer Parameterausprägung (gegen 1'000'000 strebend)
-  symbolisiert den Bereich um den Mittelwert
-  Gebiete mit niedriger Ausprägung (gegen null strebend)

Es wird darauf verzichtet, in jeder der folgenden Karten eine Legende einzufügen. Die Karten basieren jeweils auf den in Kapitel 10.4 referenzierten Daten.

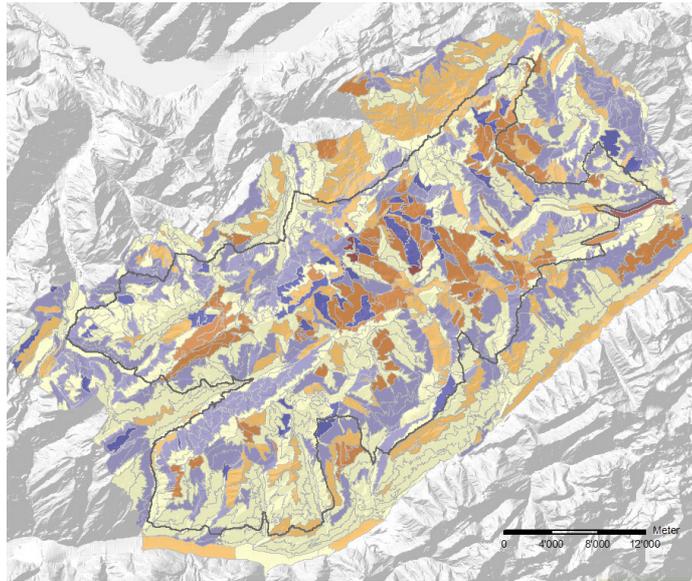
PRÄDIKTOR KOHÄRENZ

Gleichmässigkeit

Level 0

- +1.50 - +1.91 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- 1.50 - -0.50 Std. Dev.
- 2.50 - -1.50 Std. Dev.
- < -2.50 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	+34.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+484'246'331.00
Mean:	+567'697.93
Standard Deviation:	+226'778.88

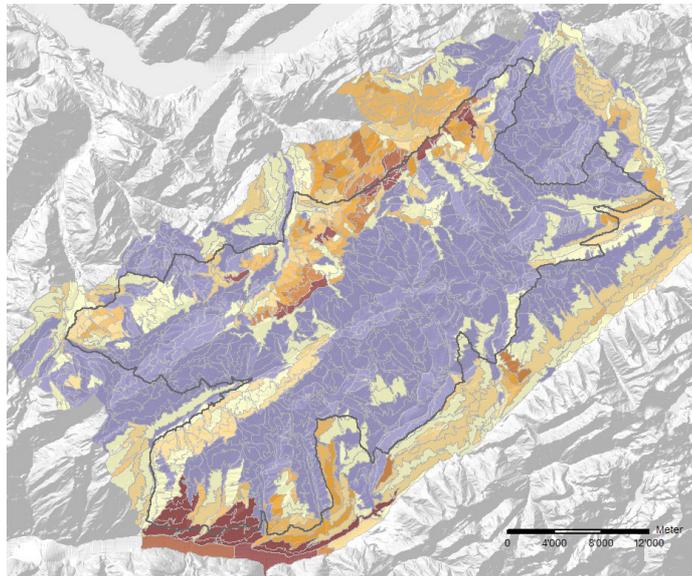


Authentizität

Level 0

- +0.25 - +0.71 Std. Dev.
- 0.25 - +0.25 Std. Dev.
- 0.75 - -0.25 Std. Dev.
- 1.25 - -0.75 Std. Dev.
- 1.75 - -1.25 Std. Dev.
- 2.25 - -1.75 Std. Dev.
- 2.75 - -2.25 Std. Dev.
- < -2.75 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+766'939'775.00
Mean:	+899'108.76
Standard Deviation:	+141'199.47

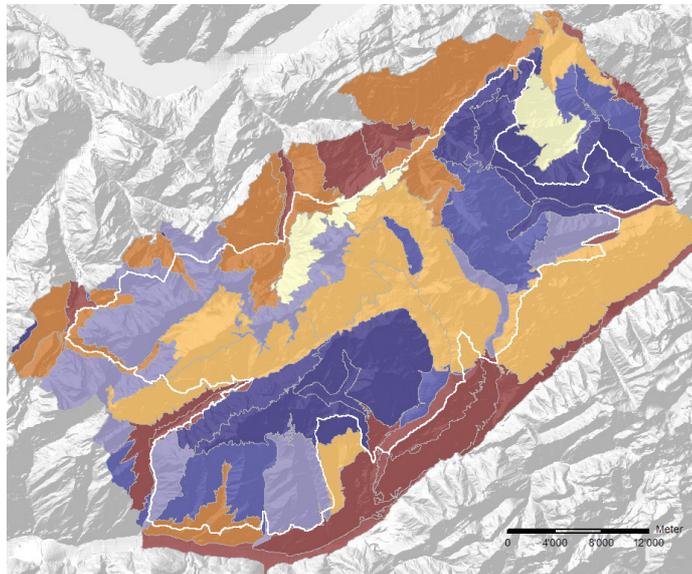


Zerschneidungsgrad

Level +1

- +1.25 - +1.62 Std. Dev.
- +0.75 - +1.25 Std. Dev.
- +0.25 - +0.75 Std. Dev.
- 0.25 - +0.25 Std. Dev.
- 0.75 - -0.25 Std. Dev.
- 1.25 - -0.75 Std. Dev.
- < -1.25 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+400'793'514.00
Mean:	+469'363.44
Standard Deviation:	+326'092.45



Gleichmässigkeit Auf den ersten Blick mag erstaunen, dass Raumeinheiten mit Ausprägungen beider Skalenenden (minimal und maximal) in den hochalpinen Gipfelregionen anzutreffen sind. Dies erklärt sich durch das Vorhandensein sehr grosser Eisflächen (Patches). Entweder überdecken sie eine gesamte Raumeinheit aus Level 0, so dass deren Wert gleich eins gesetzt wird, oder es sind im Gegensatz dazu marginale Flächen anderer Bodenbedeckungsklassen, z.B. Fels, in der betreffenden Raumeinheit mitenthalten, so dass durch die sehr ungleichmässigen Flächenanteile ein tiefer Eveness-Index entsteht.

Daneben weisen die Alplagen die gleichmässigste Verteilung auf, die vermutlich durch den vorherrschenden Mix aus Wald und Weide zustande kommt. In den Tallagen kommen weitere, nicht immer flächenintensive Bodenbedeckungsklassen dazu, so dass sich insgesamt eine weniger gleichmässige Aufteilung ergibt.

Authentizität Dieses Kartenbild stellt keine Überraschung dar: die hochalpinen Gebiete sind mehrheitlich von visuell störenden Landschaftselementen verschont – einzig die Skiregionen wie Grindelwald, Lauterbrunnental und Lötschental heben sich deutlich davon ab. Insbesondere beim Lötschental ist darauf hinzuweisen, dass besonders die dem Skigebiet Lauchernalp gegenüber liegende Seite visuell stärker von der touristischen Infrastruktur betroffen ist als das Skigebiet selbst.

Im Rhonetal und im Oberhasli sind v.a. Leitungs- und Strasseninfrastrukturen für die verminderte Authentizität verantwortlich.

Zerschneidungsgrad Weil diese Auswertung auf einem höheren Level (+1) ausgeführt wurde, ergibt sich primär ein etwas geklumptereres Bild. Es zeigt sich, dass es im Untersuchungsgebiet primär zwei Teilräume mit noch grossflächigen Einheiten gibt, wo der Blick des Betrachters nicht von störenden Elementen beeinflusst wird.

Eine ganz andere Situation herrscht in den randlichen Gebieten der Welterbe-Region vor; dort schränken bebaute Gebiete, Strassen und Hochspannungsleitungen das ungestörte Sichtfeld massiv ein.

Etwas überraschend reiht sich das Gebiet um den Konkordiaplatz nur im unteren Mittelfeld ein. Einziges zerschneidendes Element sind die dort zusammenlaufenden, alpinen Routen. Obschon dadurch die „Okkupation der Bergwelt“ manifestiert wird und sich die Abgeschiedenheit reduziert, bleibt zu diskutieren, ob es sinnvoll ist, sie bei diesen Auswertungen zu berücksichtigen.

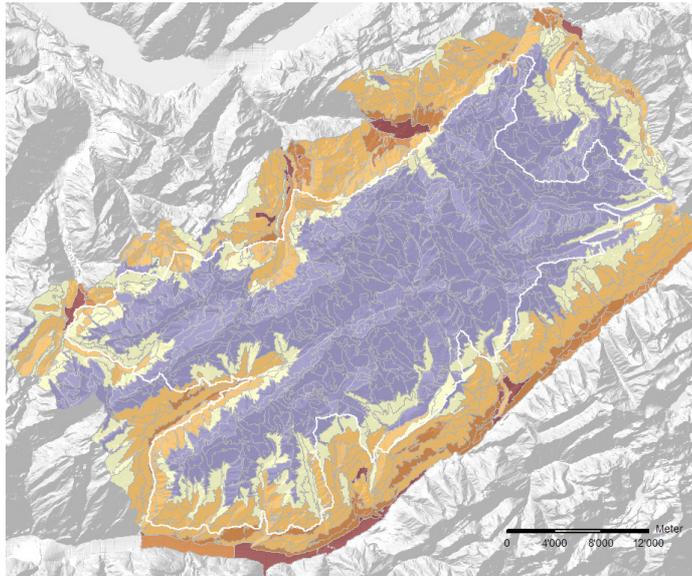
PRÄDIKTOR LESBARKEIT

Natürlichkeitsgrad

Level 0

- > +1.50 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- 1.50 - -0.50 Std. Dev.
- < -1.50 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+736'650'415.00
Mean:	+863'599.55
Standard Deviation:	+170'165.26

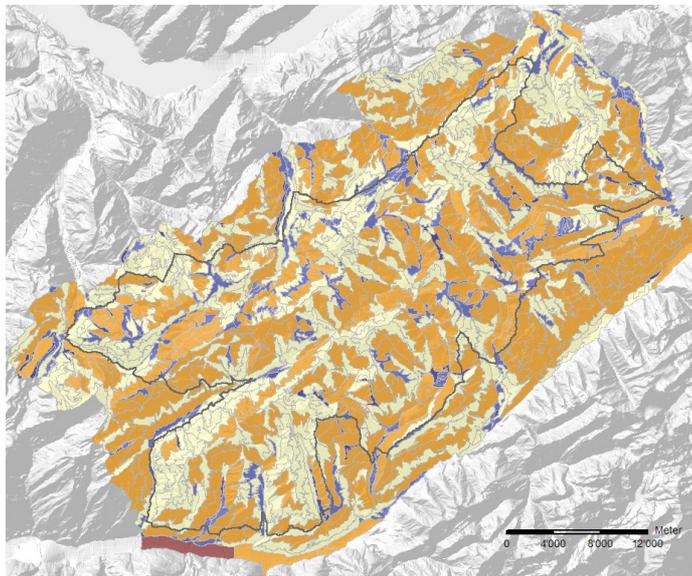


Leitstrukturen

Level 0

- > +1.50 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- 1.50 - -0.50 Std. Dev.
- < -1.50 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+122'948'164.00
Mean:	+144'018.95
Standard Deviation:	+31'864.34

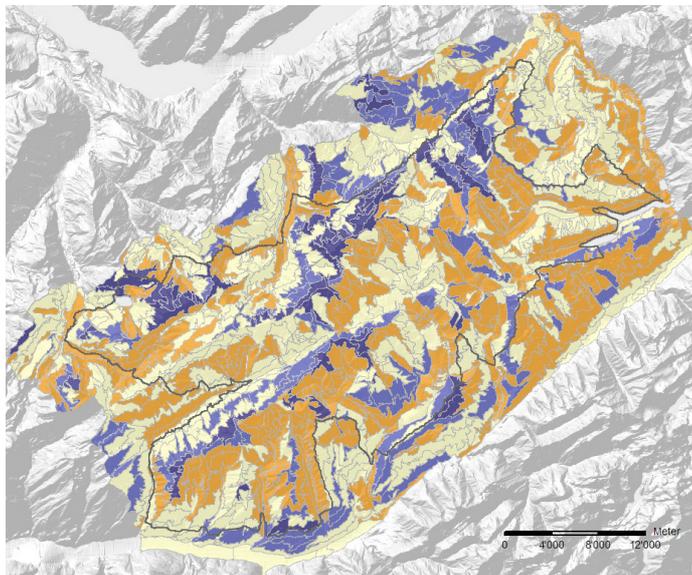


Aussicht

Level 0

- > +1.50 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- < -0.50 Std. Dev.
- Keine Berechnung (Seen)
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	845
Minimum:	+1'019.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+116'548'859.00
Mean:	+137'925.28
Standard Deviation:	+127'189.91



Natürlichkeitsgrad Fast übereinstimmend mit dem Parameter „Authentizität“ offenbart sich hier ein gleiches Muster. Die Bodenbedeckungskategorien niedriger Hemerobiestufen konzentrieren sich im Hochgebirge. Quasi konzentrisch nimmt der Einfluss des Menschen gegen aussen hin zu.

Im Unterschied zu Authentizität fusst die Berechnung nicht auf weitherum sichtbaren Objekten, sondern auf der lokal vorliegenden (Land-)Nutzung. Insofern manifestiert sich hier die menschliche Überprägung an Ort und Stelle, ohne Einwirkung einer solchen, die z.B. auf der gegenüber liegenden Talseite liegt (Ein gutes Beispiel für diesen Unterschied zwischen dem Parameter Authentizität und Natürlichkeitsgrad bietet das Lötschental).

Leitstrukturen Aufgrund der Tatsache, dass in diese Berechnung sowohl natürliche als auch anthropogene Strukturen einfließen, kommt kein deutliches Muster zum Ausdruck. Es scheint, als ob über alle Teilräume hinweg stets der eine oder andere Strukturtyp vorhanden ist und somit ein schlecht differenzierbares Gefüge entsteht.

Diesbezüglich am schlechtesten ausgestattet sind Tallagen im Rhonetal (ausgeräumte Landschaft mit Siedlungsbrei) sowie einzelne Gipfelregionen.

Aussicht Erwartungsgemäss bietet die nördlichste Gipfelkette (*Northern Wall*) die weitläufigste Aussicht in das zu Füßen liegende Mittelland. Natürlich hat der pro Raumeinheit einzige Beobachtungspunkt einen grossen Einfluss auf den möglichen Sichtbereich.

Erstaunlich ist, dass die Verteilung des Aussichtspotenzials nicht bloss die Kammlagen nachzeichnet; offensichtlich eröffnen sich einem Betrachter auch in tieferen Lagen mitunter weitreichende Ausblicke.

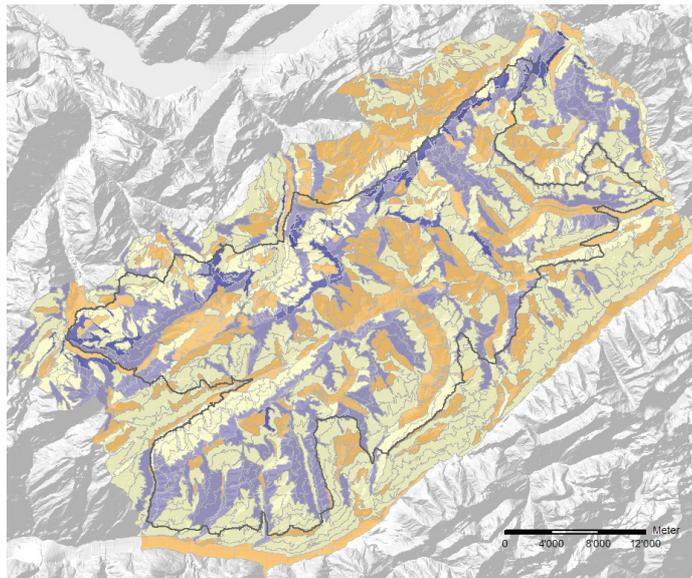
PRÄDIKTOR KOMPLEXITÄT

Reliefausprägung

Level 0

- > +2.50 Std. Dev.
- +1.50 - +2.50 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- < -0.50 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+104'702'957.00
Mean:	+122'746.73
Standard Deviation:	+90'475.92

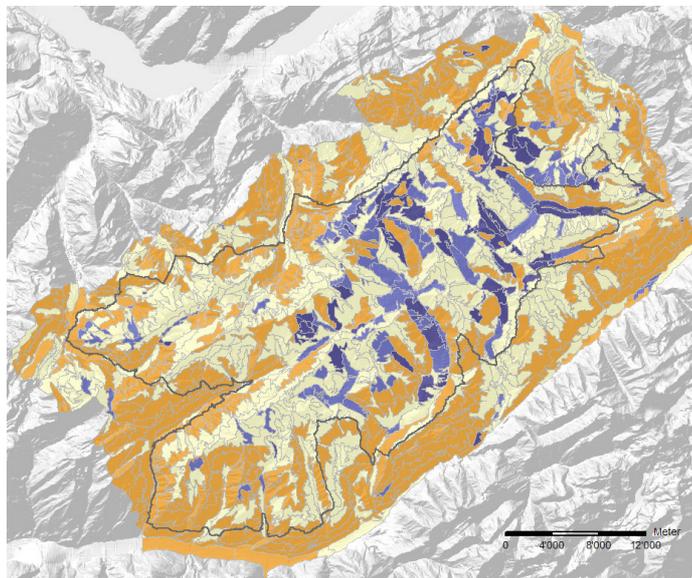


Flächenform

Level 0

- > +1.50 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- < -0.50 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+114'825'445.00
Mean:	+134'613.65
Standard Deviation:	+117'055.00

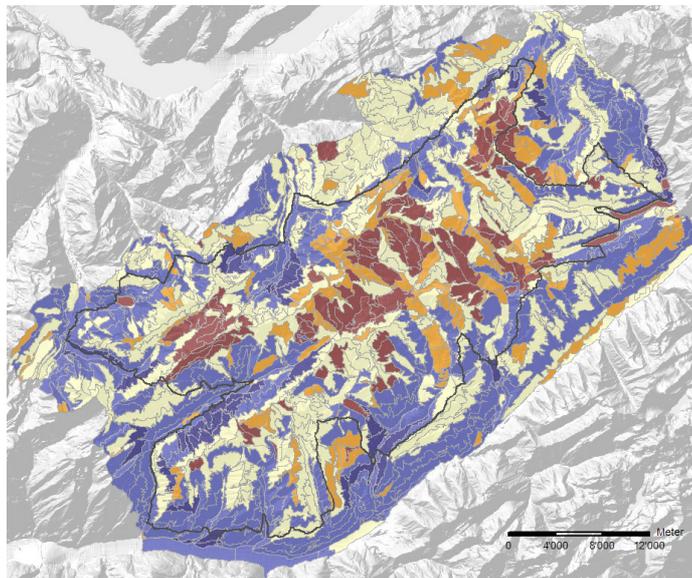


Diversität

Level 0

- +1.50 - +2.27 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- 1.50 - -0.50 Std. Dev.
- < -1.50 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1'000'000.00
Sum:	+413'393'531.00
Mean:	+484'634.85
Standard Deviation:	+226'658.30



Reliefausprägung Einmal mehr kommt die auch von der IUCN kommentierte, spektakuläre Nordwand zum Ausdruck, die sich wie eine Gerade von Nordost nach Südwest über die Welterbe-Region spannt. Die dunkelblauen Flächen veranschaulichen, wie auf kürzester horizontaler Distanz mehrere Tausend Höhenmeter zu überwinden sind.

Dazu kontrastieren die am anderen Ende der Skala angesiedelten, mehrheitlich flachen Gletscherbecken, vorab jenes des Grossen Aletschgletschers.

Wenngleich die Südseite der Welterbe-Region generell einen weniger schroffen Eindruck vermittelt, finden sich mit den tief eingeschnittenen Tälern der Sonnigen Halden am Lötschberg auch schroffe Gebiete.

Flächenform Im gleichen Stil wie der Parameter „Natürlichkeitsgrad“ finden sich die höchsten Werte und damit komplexesten Formen in den zentralen Gebieten der Welterbe-Region; mit zunehmendem Einfluss des Menschen konvergiert der Wert gegen null, welcher kompakte Formen andeutet.

Es ist darauf hinzuweisen, dass ein grosser Teil der ausgedehnten Gletschergebiete durch einen ununterbrochenen, extrem zerlappten Patch in VECTOR25 repräsentiert wird. Dessen Shape Index fliesst damit in eine Vielzahl von Raumeinheiten ein und hat deshalb massgeblichen Einfluss auf das Gesamtbild.

Diversität Beinahe umgekehrt erweist sich die Situation bei der erfassten Diversität der Bodenbedeckung. Die mit Fels- und Gletscherflächen überzogenen Gipfelregionen vermitteln ein wenig abwechslungsreiches Bild. Durch die allmähliche Vermischung mit Vegetations- und Siedlungseinheiten warten die Alplagen sowie die gegen die Tallagen hinabreichenden Gebiete mit der höchsten Bodenbedeckungsvielfalt auf, was der Ausprägung der strukturreichen, traditionellen Kulturlandschaft entspricht.

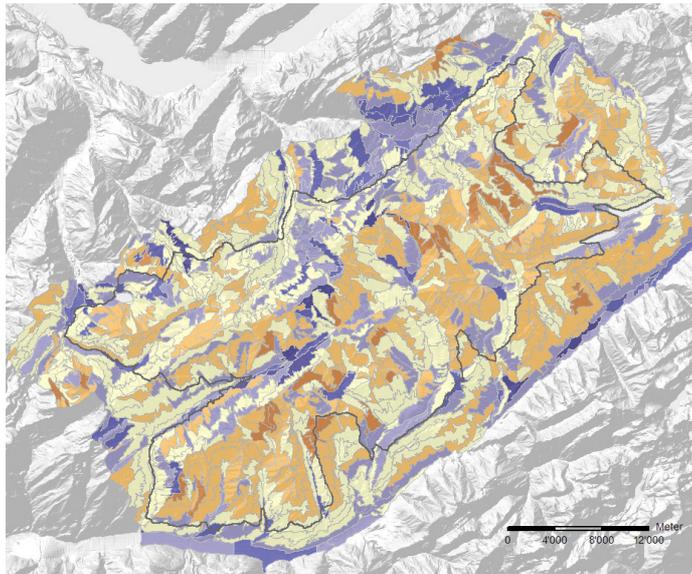
PRÄDIKTOR MYSTERIOSITÄT

Tiefenstaffelung

Level 0

- > +2.50 Std. Dev.
- +1.50 - +2.50 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- 1.50 - -0.50 Std. Dev.
- < -1.50 Std. Dev.
- Keine Berechnung (Seen)
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	845
Minimum:	+91463.00
Maximum:	+1000000.00
Sum:	+267865448.00
Mean:	+317000.53
Standard Deviation:	+113001.42

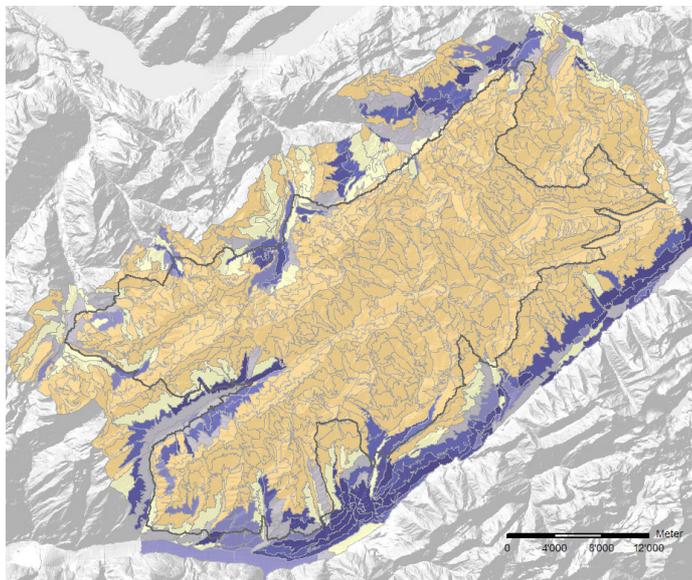


Teiltransparenz

Level 0

- > +2.25 Std. Dev.
- +1.75 - +2.25 Std. Dev.
- +1.25 - +1.75 Std. Dev.
- +0.75 - +1.25 Std. Dev.
- +0.25 - +0.75 Std. Dev.
- 0.25 - +0.25 Std. Dev.
- < -0.25 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1000000.00
Sum:	+37960919.00
Mean:	+44502.84
Standard Deviation:	+104533.44

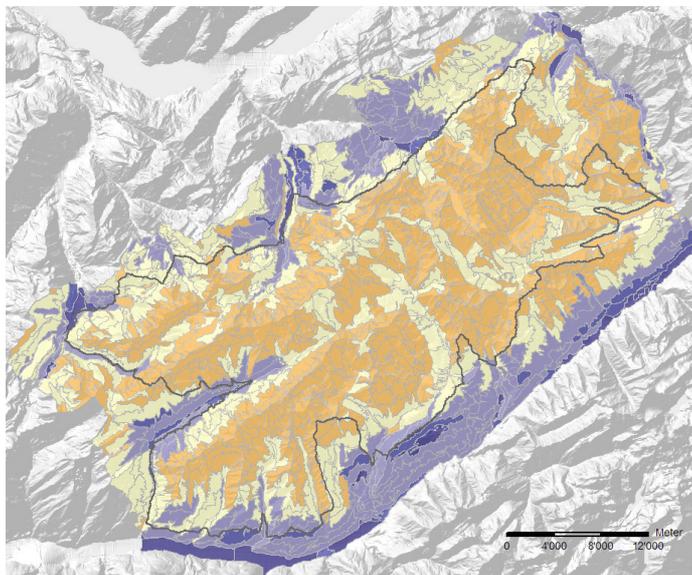


Begehbarkeit

Level 0

- > +2.50 Std. Dev.
- +1.50 - +2.50 Std. Dev.
- +0.50 - +1.50 Std. Dev.
- 0.50 - +0.50 Std. Dev.
- < -0.50 Std. Dev.
- Welterbe Perimeter

Classification Statistics	
Count:	853
Minimum:	0.00
Maximum:	+1000000.00
Sum:	+74040255.00
Mean:	+86799.83
Standard Deviation:	+131372.04



Tiefenstaffelung Eine gewisse Ähnlichkeit zum Parameter „Aussicht“ ist festzustellen, obwohl sich bei der Tiefenstaffelung eine grössere Anzahl Raumeinheiten mit starker Ausprägung auszeichnet. Insbesondere die Tallagen des Goms weisen im Parameter „Aussicht“, nur einen durchschnittlichen Wert aus, versprechen aber angesichts der Werte im Parameter „Tiefenstaffelung“ sehr vielfältige Ausblicke mit ausgeprägter Raumgliederung.

Auch hier ist auf die Abhängigkeit vom definierten Beobachtungspunkt hinzuweisen. Allgemein ist festzuhalten, dass eine abwechslungsreiche Aussicht nicht notwendigerweise weitläufig sein muss.

Teiltransparenz Der grosse Anteil an hochalpinen und damit unproduktiven Flächen ist verantwortlich für das homogene Bild in den zentralen Gebieten. Wo keine Vegetation wächst, fehlen jene Strukturen, die teiltransparente Sichtbeschränkungen bewirken. Diese sind ausschliesslich in Lagen unter der Baumgrenze zu finden und repräsentieren die Gebiete mit wertvoller kleinstrukturierter Kulturlandschaft. Demzufolge liefert dieser Parameter nur dann einen wertvollen Beitrag, wenn neben dem eigentlichen Perimeter auch die umliegenden Gebiete in die Untersuchung miteinflüssen.

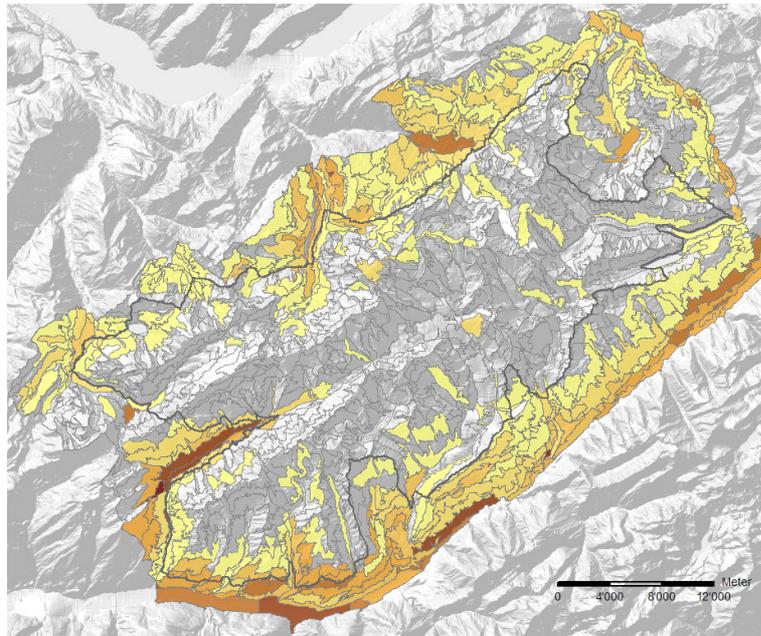
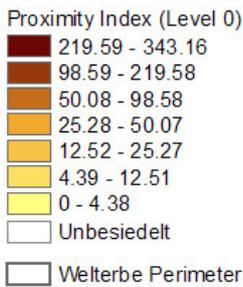
Begehbarkeit Ein zum Parameter „Teiltransparenz“ analoges Muster ergibt sich auch hier: Die hochalpine Umwelt verunmöglicht die Begehbarkeit für Nicht-Alpinisten zu weiten Teilen; diese ist auf tiefer liegende Gebiete mit besser oder gut ausgebauten Wegnetzen beschränkt.

Allerdings passen die Ausprägungen dieser beiden letzten Parameter insofern gut zueinander, als dass jene Gebiete, die weniger einfach zugänglich sind, auch keine Vegetations-Strukturen aufweisen, welche zu einer Erkundung der teilverdeckten Gebiete animieren könnten.

INDIKATOR-PROTOTYPEN

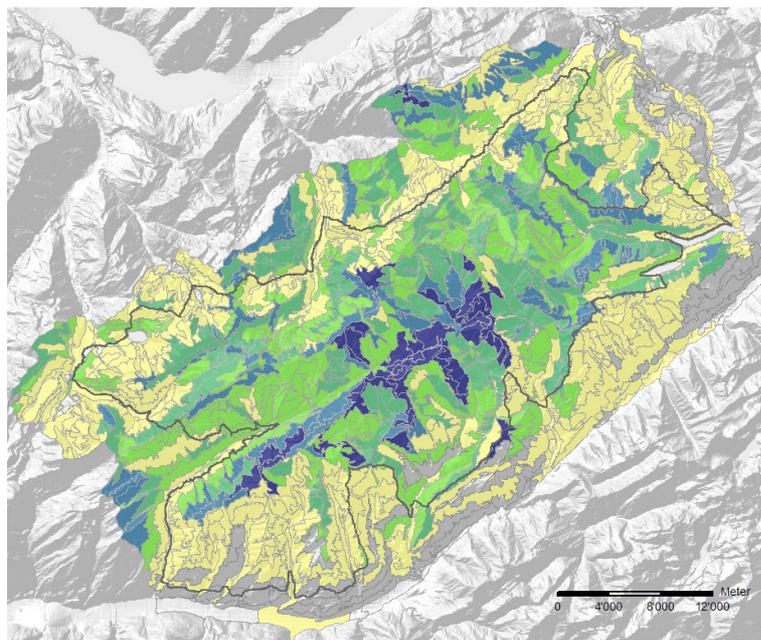
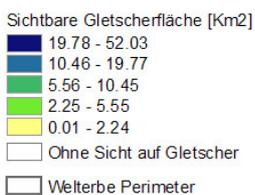
Siedlungsstruktur

Erwartungsgemäss werden die Siedlungsschwerpunkte durch hohe Werte des Proximity Index verdeutlicht. Hingegen können die zwischen Alpennord- und Alpensüdseite ursprünglich verschiedenen Siedlungstypen (Streusiedlung versus Haufendörfer) kaum nachgezeichnet werden. Dies liegt nicht an der mangelnden Sensitivität des Index (z.B. reichen die drei Gebäude der SAC-Hütte am Konkordiaplatz für die Einordnung in die bloss zweitniedrigste Kategorie), sondern vielmehr an der ausgleichenden Wirkung innerhalb der Raumeinheiten.



Sichtbare Gletscherfläche

Die Tatsache, dass derzeit noch aus fast allen Raumeinheiten ein Blick auf die Gletscher möglich ist, erscheint tröstlich. Die künftige Klimaentwicklung dürfte speziell die gelb eingefärbten Bereiche betreffen, welche wohl bald dieser Attraktivität beraubt werden. Dies führt dazu, dass aus namhaften Bereichen des Welterbe-Perimeters kein ewiges Eis mehr sichtbar sein wird. Spätestens dann werden zahlreiche Postkartenansichten historischen Wert erlangt haben...



11.2 Korrelationsanalyse der Parameterausprägungen

Die zwölf in Kapitel 10.6 ermittelten Parameter erklären die menschliche Landschaftspräferenz umso besser, je weniger die einzelnen Parameter untereinander korrelieren. Mit anderen Worten müssten jene Parameter als überflüssig angeschaut werden, deren Anteil an der erklärten Varianz bereits durch andere, stark korrelierte Parameter abgedeckt wird. Anhand einer Korrelationsmatrix sollen allfällige Abhängigkeiten aufgedeckt werden. Aufgrund der schiefen oder mehrgipfligen Verteilung muss auf eine Korrelationsanalyse nach Pearson verzichtet werden und an deren Stelle der Rang-Korrelationskoeffizient nach Spearman berechnet werden (dazu wird eine Testlizenz von „statistiXL“, ein Add-On für Excel eingesetzt, vgl. Kapitel 10.3). Dabei zeigt sich folgendes Bild:

Tabelle 11.1: Matrix des Rang-Korrelationskoeffizienten nach Spearman von allen Parameterausprägungen in den Raumeinheiten von Level 0.

Layer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	DIVERS	SHAPE	SURFR	EVEN	AUTH	MESH	NATUR	LEIT	AUSBL	HORIZ	TRANSP	ZUGANG	AREA
1	1.000	-0.351	0.248	0.617	-0.241	-0.175	-0.459	0.001	0.003	0.141	0.511	0.353	0.214
2		1.000	-0.046	-0.185	0.162	0.241	0.430	0.208	0.035	-0.012	-0.156	-0.277	-0.370
3			1.000	0.297	-0.292	0.240	0.129	0.200	0.293	-0.130	0.086	-0.311	0.083
4				1.000	-0.067	0.076	0.006	0.060	0.039	-0.001	0.121	-0.053	-0.055
5					1.000	0.250	0.373	-0.028	-0.480	-0.237	-0.100	-0.213	-0.132
6						1.000	0.612	-0.043	-0.013	-0.276	-0.266	-0.567	-0.019
7							1.000	-0.014	0.002	-0.292	-0.446	-0.737	-0.102
8								1.000	0.049	0.072	0.125	0.004	-0.611
9									1.000	0.462	0.168	-0.009	0.072
10										1.000	0.394	0.341	-0.004
11											1.000	0.698	0.293
12												1.000	0.111
13													1.000

Neben den zwölf Parametern wird zusätzlich die Variable "Fläche" der 853 Raumeinheiten aus Level 0 mitgetestet, um allfällige Abhängigkeiten der Einheitsgrösse auf die Parameterausprägung enthüllen zu können. Insgesamt darf festgestellt werden, dass generell nur niedrige Rang-Korrelationskoeffizienten gemessen werden; dies spricht für einen bedeutsamen Erklärungsanteil aller Parameter. Nur sieben Werte sind grösser als 0.5, bloss zwei erreichen die Grössenordnung von 0.7, was auf eine gewisse Abhängigkeit hindeutet. Ferner spielt die Flächengrösse mit einer Ausnahme kaum eine Rolle.

Der positive Zusammenhang zwischen den Parametern Begehbarkeit und Teiltransparenz liegt vermutlich in der Einwirkung der Bodenbedeckungskategorien "Wald offen" und "Geröll in offenem Wald" begründet, weil diese in beiden Berechnungen in gleicher Form einfließen. Der deutlich negative Zusammenhang zwischen Begehbarkeit und Natürlichkeitsgrad kommt sehr wahrscheinlich auch durch die, in beiden Fällen verwendeten Bodenbedeckungskategorien zustande. insbesondere bei den häufig vorkommenden Kategorien sind jene mit einem hohen Natürlichkeitsgrad schlecht begehbar. Immerhin stimmt die Richtung der gemessenen Zusammenhänge – positives Vorzeichen bei Parametern zur Beschreibung derselben Wahrnehmungsdimension (unterstützende Wirkung von Prädiktoren), negatives Vorzeichen und damit regulierende Wirkung bei Parametern aus der jeweils anderen Dimension.

11.3 Multivariate Auswertung: Clusteranalyse

Die in Kapitel 11.1 parameterweise betrachteten Ergebnisse geben bereits Aufschluss über verschiedene Aspekte der Landschaftsstruktur. Das Ziel dieser Arbeit liegt allerdings darin,

das landschaftsästhetische Potenzial insgesamt zu identifizieren und auf der Stufe von Raumeinheiten messen zu können. Dem Prädiktorenmodell von Augenstein (2002) folgend, erlaubt die Zusammenführung aller zwölf Parameter eine solche synthetische Aussage. Die visuelle Landschaftspräferenz wird umso grösser, je stärker ausgeprägt die vier Prädiktoren (Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität, Mysteriosität) sind (siehe Abbildung 6.3). Wie den Kartendarstellungen in Kapitel 11.1 zu entnehmen ist, variieren die Parameterausprägungen zwischen den Raumeinheiten mehr oder weniger stark. Um schliesslich die Raumeinheiten (Level 0) anhand einer Rangfolge einstuft zu können, müssen diese basierend auf ihren Parameterausprägungen gruppiert respektive klassiert werden.

Die Clusteranalyse als multivariates Analyseverfahren ermöglicht eine Aufteilung der untersuchten Objekte (hier: Raumeinheiten) in Klassen, welche in sich möglichst homogen sind und sich gleichzeitig gegenüber anderen Klassen bestmöglich abgrenzen lassen. Die Ähnlichkeit der Objekte wird im vorliegenden Fall über deren Distanz im zwölfdimensionalen Merkmalsraum zueinander bestimmt. ESRI ArcGIS stellt in der Spatial Analyst Toolbox das Werkzeug „Iso Cluster“⁴⁵ zur Verfügung, das ausgehend von einer vom Benutzer zu definierenden Anzahl resultierender Klassen eine bestmögliche Separierung der Objekte anstrebt. Die Schwierigkeit besteht darin, bereits im Vorhinein festlegen zu müssen, wieviele Klassen sinnvollerweise entstehen sollen. Ein iteratives Herantasten ist unumgänglich, da neben der Klassenzahl weitere Grössen wie die minimale Klassengrösse (Anzahl zugehöriger Objekte) und die Anzahl Iterationen bei der Berechnung optimiert werden müssen. Ferner ist darauf hinzuweisen, dass die Berechnung auf euklidischen Distanzen beruht, weshalb die einflussenden Datenebenen alle ungefähr den gleichen Wertebereich (hier: immer zwischen null und einer Million) aufweisen sollten, um nicht eine ungewollte Gewichtung herbeizuführen. Obgleich in anderen Software-Paketen weitere Clusteralgorithmen zur Verfügung stehen würden, soll hier der Vorteil genutzt werden, die Auswertungen in der GIS-Umgebung weiterzuführen und unkompliziert visualisieren zu können.

Um die Rasterfunktionalität in ArcGIS nutzen zu können, werden je Polygon (Level 0) Zentrumsunkte definiert, die zu Rasterlayern konvertiert werden. Es entstehen also zwölf Rasterlayer, worin jeweils die (lage-)gleichen 853 Zellen mit Merkmalsausprägungen der zwölf Parameter versehen sind, die restlichen weisen „No Value“ auf. Wie schon erwähnt, wird die Clusteranalyse mit verschiedenen Konfigurationsparametern durchgeführt; die Qualität und Interpretierbarkeit der Ergebnisse kann anhand von Dendrogrammen (schematische Darstellung der Klassenabstände) sowie einer kartographischen Visualisierung eingeschätzt werden. Während ein Dendrogramm direkt aus den Ergebnissen der Clusteranalyse abgeleitet werden kann, bedarf die Visualisierung vorab der Zuordnung der einzelnen Raumeinheiten zu den ermittelten Klassen; beide Aspekte werden im Folgenden näher beleuchtet. Das eigentliche Resultat des Iso Data-Werkzeugs ist ein Signature File, das die ermittelten Klassen basierend auf Kovarianzen und Klassenmittelwerten beschreibt.

11.4 Klassifikation der Clusterergebnisse

Nachdem durch die Clusteranalyse eine bestimmte Anzahl Klassen charakterisiert worden ist, werden durch den Klassifikationsvorgang die einzelnen Raumeinheiten diesen Klassen zugeordnet. Das passende ESRI-Werkzeug heisst „Maximum Likelihood Classification“. Ausgehend vom Merkmalsvektor der jeweiligen Raumeinheit wird die Wahrscheinlichkeit der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Klasse berechnet. Die definitive Zuteilung erfolgt zu jener Klas-

⁴⁵ Iso steht für ISODATA: Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique

se, für welche die grösste Wahrscheinlichkeit berechnet wurde. Die A-priori-Wahrscheinlichkeit für diese Zuteilung ist immer die gleiche; mit anderen Worten wird angenommen, dass alle Klassen gleich häufig vorkommen.

Aus diesem Arbeitsschritt resultiert eine weitere Rasterebene, welche die Klassenzuordnung für die 853 Zellen enthält. Diese Information wird an die Polygone (Level 0) übertragen, so dass die klassierten Raumeinheiten visualisiert werden können.

11.5 Theoriegeleitete Rangierung

Der Schritt von der rechnergestützten Klassierung zur inhaltlichen Interpretation der resultierenden Klassen sowie deren Einordnung hinsichtlich des landschaftsästhetischen Potenzials erweist sich als äusserst anspruchsvoll und zugleich ausschlaggebend. Wie in Kapitel 3.4 dargestellt, hat die vorliegende Arbeit nicht den Anspruch, die Ergebnisse abschliessend zu bewerten. Mangels Einbezug und Kenntnis an lokalen Wertvorstellungen könnte dieser Anspruch auch nicht eingelöst werden. Hingegen soll gestützt auf den theoretischen Rahmen versucht werden, ein optimales Clustering in Anbetracht des Prädiktorenmodells inhaltlich zu interpretieren und damit eine semantische Rangfolge der gebildeten Klassen herzuleiten.

Wie schon erwähnt, bedarf es eines iterativen Vorgehens, um anhand der Clusteranalyse eine geeignete, inhaltlich interpretierbare Klasseneinteilung zu erhalten. Nicht immer resultieren so viele Klassen wie vordefiniert, da temporäre Klassen während des Berechnungsvorgangs vereinigt werden können, sofern ihre Mittelwerte im Merkmalsraum zu nahe beieinander liegen. Die Separierbarkeit der ermittelten Klassen kann mithilfe eines Dendrogramms (vgl. Abbildung 11.1) nachvollzogen werden. Unter Einbezug von Mittelwerten und Varianzen wird die attributive Distanz von Klassen im Merkmalsraum paarweise verglichen. Zur Berechnung des Dendrogramms werden immer die ähnlichsten unter den verbleibenden (inkl. die bereits vereinigten) Klassen fusioniert, bis nur mehr eine übrigbleibt. Auf der X-Achse sind schliesslich die Klassenabstände ablesbar.

Empfehlenswert erscheint, die Vorgänge des Clustering sowie der inhaltlichen Interpretation der resultierenden Klassen zu einem späteren Zeitpunkt zu wiederholen. Dereinst müssten vor dem Hintergrund lokal abgefragter Landschaftspräferenzen sowie im Rahmen eines umfassenden Monitorings genauere Vorstellungen darüber bestehen, in welche bzw. wieviele Klassen die Analysen zum landschaftsästhetischen Potenzial münden sollten.

Bis dahin muss sich die Einordnung der Ergebnisse an den theoretischen Grundlagen orientieren; insofern beziehen sich das eben erläuterte Dendrogramm wie auch die folgenden Ausführungen auf das in Abbildung 11.2 visualisierte Clustering-Ergebnis. Dieses zeichnet sich durch eine übersichtliche Anzahl an Klassen aus, deren Unterschiede zudem hinsichtlich landschaftlicher Präferenz interpretierbar sind. Ferner ist dem Dendrogramm zu entnehmen, dass die Trennschärfe ausreichend ist, um mit den resultierenden Klassen weiterarbeiten zu können. Schlussendlich erweist sich dieses Ergebnis als besonders geeignet, da die in Tabelle 11.2 aufgeführten Summen der Parametermittelwerte von Klasse zu Klasse gleichmässig ansteigen, was als stets höheres landschaftsästhetisches Potenzial im Vergleich zur voranstehenden Klasse verstanden werden kann.

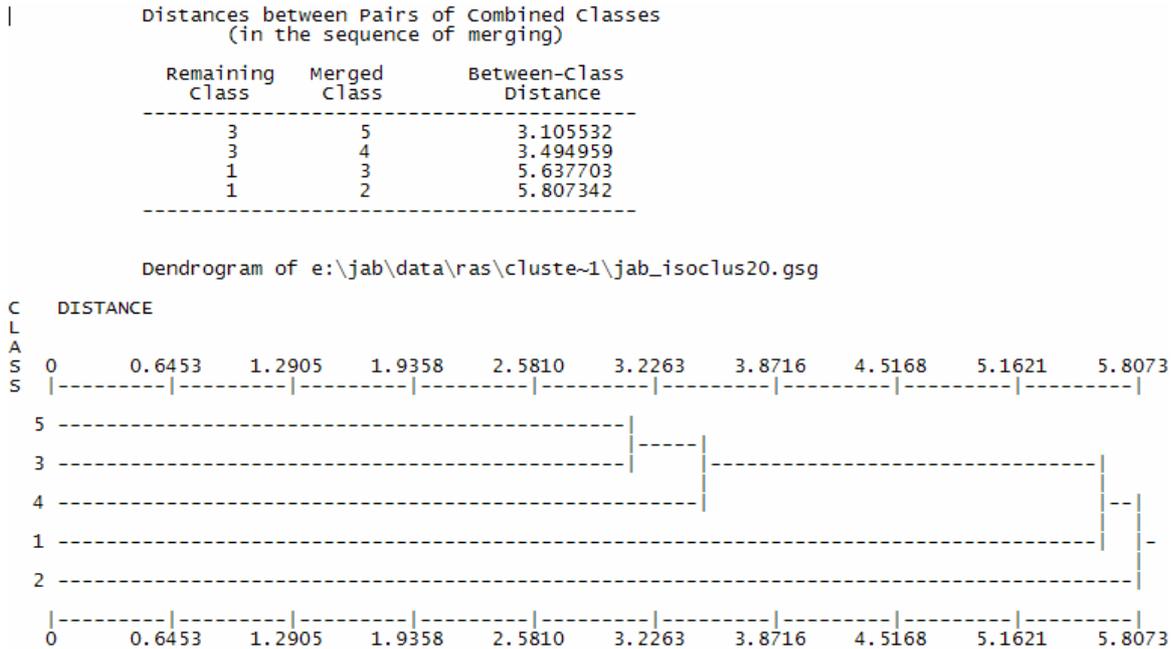
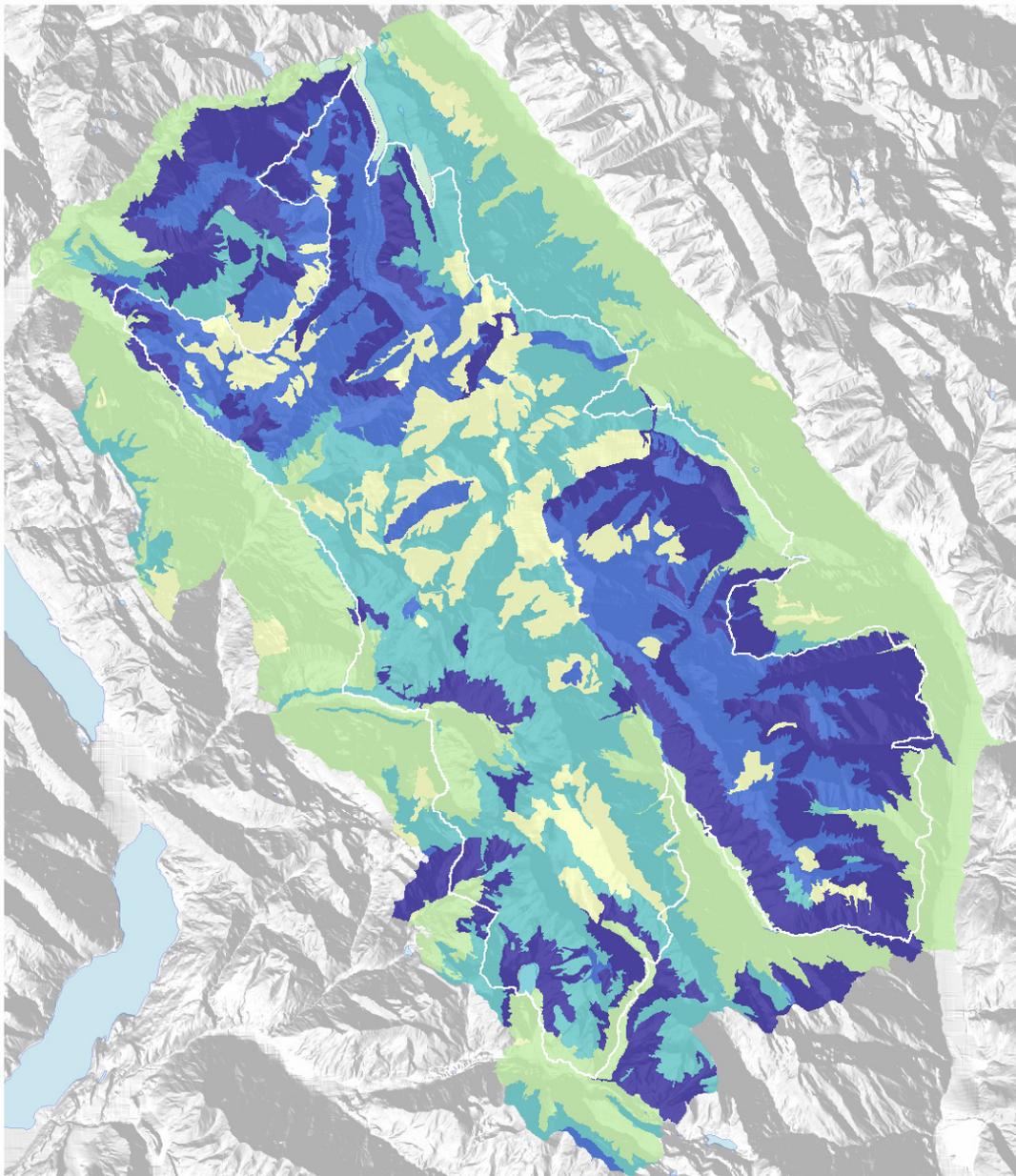


Abbildung 11.1: Dendrogramm; Darstellung der Klassenabstände.

Als sehr aufschlussreich erweist sich die Analyse der eben angesprochenen Parameternittelwerte je Klasse: Die in einer Klasse zusammengefassten Raumeinheiten können anhand der Ausprägung ihrer zwölf Parameternittelwerte charakterisiert werden. Um eine Klassen-Rangfolge bezüglich des landschaftsästhetischen Potenzials ableiten zu können, werden die zwölf Mittelwerte je Klasse aufsummiert. Je höher die Summe, desto ausgeprägter sind die Präferenzprädiktoren ausgebildet und entsprechend höher ist das landschaftsästhetische Potenzial der entsprechenden Klasse, respektive der ihr zugehörigen Raumeinheiten. Die dadurch zustande gekommene Rangfolge ist in Tabelle 11.2 abgebildet, wobei in Klasse 1 die niedrigste Summe aus den Mittelwerten resultiert und folglich das Minimum der Skala darstellt. Die Aufreihung der Parameter in den Histogrammen folgt der gleichen Struktur wie bis anhin, d.h. die Prädiktoren Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität und Mysteriosität (v.l.n.r.) werden je durch drei Parameter repräsentiert. Die analog aufgebaute Tabelle 11.3 nimmt Bezug auf die wichtigsten inhaltlichen Aspekte.

Inwiefern die Einteilung der Klassen– *wenig ausgeprägt* bis *stark ausgeprägt* – dem Untersuchungsgebiet gerecht wird, soll im Diskussionsteil geklärt werden.



**Landschaftsästhetisches Potenzial
in der Welterbe-Region
Jungfrau - Aletsch - Bietschhorn**

- Welterbe Perimeter
- Seen
- Landschaftsästhetisches Potenzial**
- stark ausgeprägt
- deutlich ausgeprägt
- ausgeprägt
- eher ausgeprägt
- wenig ausgeprägt



DHM25 © 2001 Bundesamt für Landestopografie
(DV000234)

Datum: 28.06.2007

Marcel Droz, UNIGIS

Abbildung 11.2: Das landschaftsästhetische Potenzial in der Welterbe-Region, klassiert basierend auf einer Clusteranalyse der Parameterausprägungen.

Tabelle 11.2: Charakterisierung der Klassen aus Abb. 11.2 anhand ihrer Parametermittelwerte.

Klasse	Anzahl	Summe	Parametermittelwerte im Histogramm			
			Kohärenz	Lesbarkeit	Komplexität	Mysteriosität
stark ausgeprägt (5)	160	4'895'343				
deutlich ausgeprägt (4)	124	4'582'553				
ausgeprägt (3)	241	4'333'585				
eher ausgeprägt (2)	230	3'932'318				
wenig ausgeprägt (1)	98	3'474'436				

Tabelle 11.3: Bezeichnung der Klassen und Beschreibung ihrer Merkmale aus Abb. 11.2.

Klasse	Bezeichnung	Beschreibung & Erklärung
stark ausgeprägt (5)	Steile und wilde Lagen der (sub-)alpinen Stufe (Wildnisgebiete)	Gemäss Theorie schlummert in Klasse 5 das höchste landschaftsästhetische Potenzial; der Grund hierfür liegt in der hohen Diversität der Bodenbedeckung, die zudem gleichmässig verteilt ist. Weiterer Pluspunkt ist das Fehlen von zerschneidenden Elementen bei gleichzeitig relativ guter Begehbarkeit. Vegetationsstrukturen sorgen für sichtbeschränkende Konfigurationen. Die im Vergleich zu den anderen Klassen am stärksten ausgeprägten Prädiktoren Kohärenz und Lesbarkeit erleichtern das Verständnis und die Orientierung im Raum; ausserdem sind die Teilräume genügend vielfältig ausgestattet um beim Betrachter eine gewisse Neugier zu wecken.
deutlich ausgeprägt (4)	Unberührte Lagen der nivalen Stufe	Nur wenige Punkte unterscheiden Klasse 4 von Klasse 3; ausschlaggebend ist der generell höchste Wert im Parameter „Zerschneidung“. Weil dieser die effektive Maschenweite beschreibt, ist dieser hohe Wert als positiv zu werten und deutet also auf die noch unberührtesten Teilräume hin. Entsprechend hoch ist auch der Natürlichkeitsgrad. Einzig der Prädiktor Mysteriosität ist wenig ausgeprägt, weshalb es „nur“ für den zweiten Platz reicht.
ausgeprägt (3)	Ausblickstarke Gipfel- und Kammlagen	Es handelt sich hier weniger um die gletschergefüllten Mulden, als vielmehr um die mit etwa gleichem Anteil an Fels und Firn bedeckten Gipfellagen. Stark ausgeprägt ist der Reliefeinfluss, der insbesondere durch „the North Face“ zustande kommt. Ebenso zeichnet sich diese Klasse durch die weitreichendsten Ausblicke aus. Vermutlich stammen die etwas geringere Authentizität sowie die zahlreicheren Leitstrukturen von den Skistationen in diesen Bereichen.
eher ausgeprägt (2)	Kulturlandschaften und Siedlungsgebiete (anthropogen geprägte Gebiete)	Zwar weist diese Klasse bezüglich Diversität, Tiefenstaffelung, teiltransparenten Sichtbeschränkungen sowie Begehbarkeit die höchsten Werte aus und verfügt damit über die besten Möglichkeiten, das Bedürfnis nach Informationsbeschaffung (Erkundung) zu befriedigen. Allerdings wird dieses Potenzial durch die geringe Natürlichkeit und v.a. durch die massive Zerschneidung der Landschaft (kleinste verbleibende Maschenweite) erheblich geschmälert. Mit anderen Worten kann dem Bedürfnis nach Informationsverarbeitung (Verständnis) teilweise schlecht nachgekommen werden, viele störende Einflüsse wirken ein.
wenig ausgeprägt (1)	Homogene (Gletscher-)Gebiete	Der dominierend hohe Anteil an Gletscherflächen und eher flacheren sowie homogenen Gebieten erweckt einen eintönigen Eindruck. Durch das Fehlen von anderen Bodenbedeckungen oder Strukturelementen wirkt die Landschaft wenig komplex und ist damit fast zu gut lesbar.

Aus der Sicht des Autors entspricht die eben vorgestellte fünfstufige Klassierung einer facettenreichen Diskussionsbasis hinsichtlich der Evaluation des eingesetzten Verfahrens. Selbstverständlich würde der gewonnene Datenpool weitere Klassierungsvarianten erlauben.

11.6 Vergleich Welterbe-Perimeter – Welterbe-Region

Eine weitere Klassierungs-Variante besteht z.B. darin, anhand einer Clusteranalyse mit nur zwei resultierenden Gruppen zu prüfen, wie gut sich die landschaftsästhetisch hochwertigen Teilräume mit der Grenzziehung des Welterbe-Perimeters überlagern. Die Arbeitsschritte betreffend Clustering und Klassifikation sind dieselben wie in Kapitel 11.3 und 11.4 beschrieben; das Ergebnis wird in Abbildung 11.3 präsentiert.

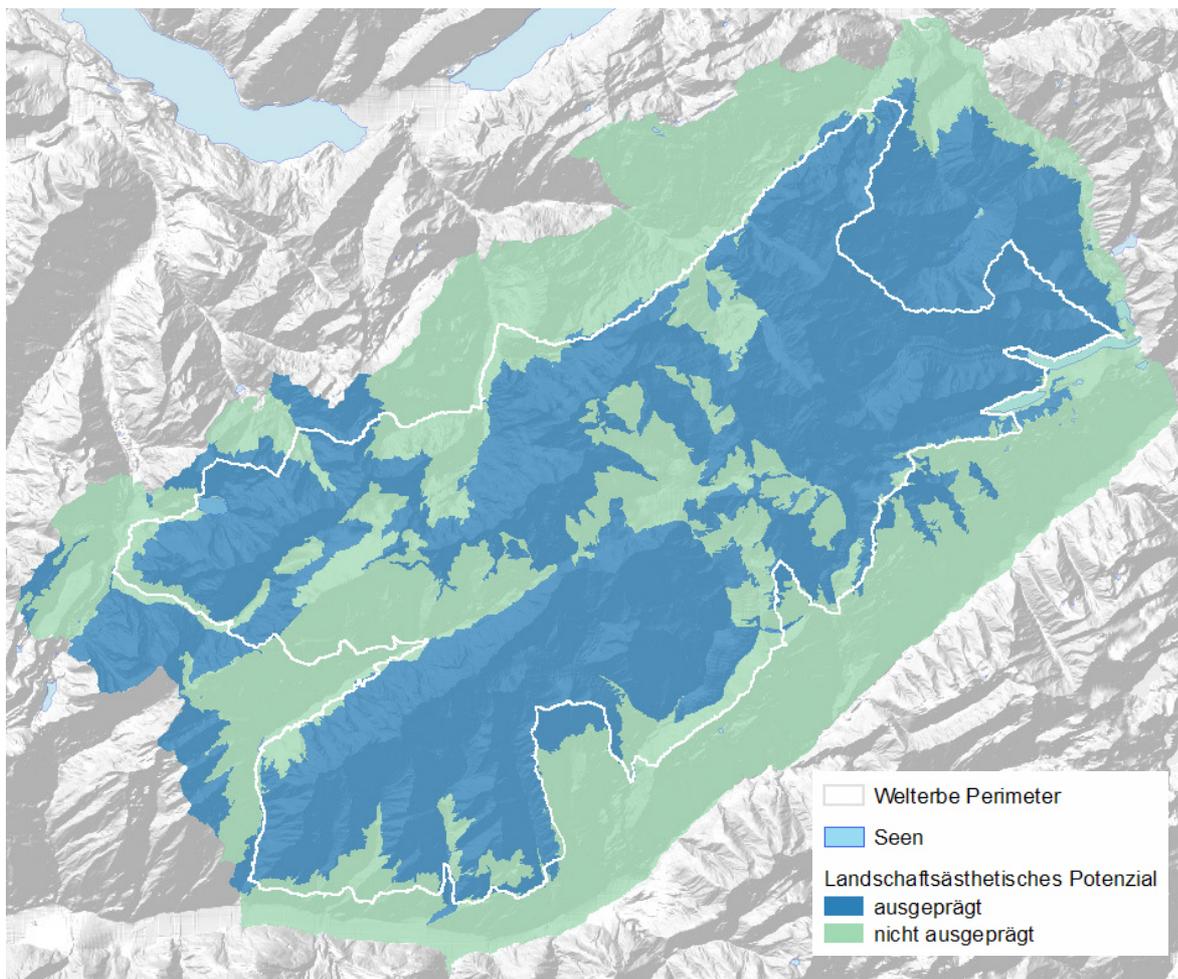


Abbildung 11.3: Lagevergleich zwischen Welterbe-Perimeter und Teilräumen mit hohem landschaftsästhetischem Potenzial.

Rein optisch fällt auf, dass die überwiegende Mehrzahl an Raumeinheiten mit einem ausgeprägten landschaftsästhetischen Potenzial innerhalb des Perimeters liegt. Gleichzeitig muss aber angefügt werden, dass insbesondere das Einzugsgebiet des Gauligletschers und des Urbachtals im Nordosten des Untersuchungsgebiets als hochwertige Teilräume nicht zum Perimeter zählen. Weil diese Gebiete unmittelbar an landschaftsästhetisch ausgeprägte Räume innerhalb des Perimeters grenzen, würde sich durch deren Einbezug in den Welterbe-Perimeter aus der hier eingenommenen Perspektive eine ideale Ergänzung respektive Erweiterung ergeben.

Neben dieser rein optischen Einschätzung erlauben statistische Tests auch eine numerische Beurteilung. Weil davon ausgegangen wird, dass ein hohes landschaftsästhetisches Potenzial mit durchwegs hohen Ausprägungen der Parameter zustande kommt, besteht eine einfache Test-Möglichkeit im Vergleich der Parametersummen pro Raumeinheit. Anstelle der Clusteranalyse werden manuell zwei Gruppen gebildet - eine mit den Raumeinheiten, die innerhalb des Perimeters liegen (Summe_In) und eine mit jenen ausserhalb (Summe_Out). Je Raumeinheit werden die Parameter-Ausprägungen aufsummiert. Anhand eines U-Tests nach Mann/Withney (siehe Tabelle 11.4) wird geprüft, ob die eine Gruppe insgesamt höhere Werte liefert als die andere (vgl. Bahrenberg et al. 1990, S. 130–133). Dieser Test ist dem t-Test aufgrund der zugrunde liegenden, nicht normalen Verteilungen vorzuziehen, er beruht bloss auf der Rangordnung der Variablenwerte. Zu Vergleichszwecken wird trotzdem ein t-Test berechnet; dies ist haltbar, da die Stichprobengrösse ($n = 853$) genügend umfangreich ist.

Tabelle 11.4: Gruppenvergleich der Parameter nach Mann/Withney.

Mann-Whitney Test Results for:				
Set 1 Range = Perimeter_InOut!\$A\$1:\$A\$367				
Set 2 Range = Perimeter_InOut!\$B\$1:\$B\$488				
Descriptive Statistics				
	Value		Rank	
	SUMME_OUT	SUMME_IN	SUMME_OUT	SUMME_IN
Median	4118890.000	4402280.000	322.500	504.000
Sum	1501246488.000	2139567125.000	130407.000	233824.000
N	366	487	366	487
2-tailed Test				
U	DF 1	DF 2	P	
114996.000	366	487	0.000	

Der P-Wert (probability value) ist in beiden Fällen null, also kleiner als 0.05, so dass die Nullhypothese (beide Zufallsvariablen sind insgesamt gleich gross) verworfen wird und also eine signifikante Differenz zwischen den beiden Gruppen vorliegt. Dieses Resultat stimmt insofern zuversichtlich, als dass sich der Gebietsperimeter schon nur gegenüber den randlichen Gebieten der Welterbe-Region signifikant abhebt. Obschon es bei dieser Auswertung nicht auf die einzelne Raumeinheit ankommt, bestätigt das Prädiktorenmodell damit, dass die Perimeter-Grenzziehung aus landschaftsästhetischer Sicht grundsätzlich richtig ist.

12 Diskussion der Ergebnisse und Überprüfung der Hypothesen

Nachdem die Ergebnisse sowohl aus Sicht der einzelnen Parameter als auch in ihrem Zusammenwirken präsentiert worden sind, gilt es diese sowohl in methodischer als auch inhaltlicher Hinsicht kritisch zu betrachten. Danach soll der Bogen nochmals zurück zu den Forschungsfragen geschlagen und die dort aufgestellten Hypothesen überprüft werden.

12.1 Theoretische & Methodische Aspekte

Das Prädiktorenmodell nach Augenstein (2002) stellt eine gut handhabbare Methodik dar, um das landschaftsästhetische Potenzial einer Region zu ermitteln. Die Fundierung respektive Verknüpfung mit theoretisch und empirisch erhärteten Präferenzprädiktoren verleiht dem Verfahren die nötige Legitimität. Ausserdem gewährleistet die eingesetzte Clusteranalyse eine objektive Herleitung eines visuell-ästhetischen Gesamteindrucks der Landschaft.

Natürlich hat der gewählte Lösungsansatz auch seine Grenzen und kennt Nachteile, wovon einzelne in den folgenden Absätzen angesprochen werden; der positive Gesamteindruck soll deswegen aber nicht grundsätzlich in Frage gestellt werden.

Soziale Dimension von Landschaftsästhetik: Generell muss festgehalten werden, dass vermutlich mit keinem Ansatz alle ästhetisch wirksamen Eigenschaften einer Landschaft erfasst werden können (Schafranski 1996, S. 23). Obwohl das eingesetzte Verfahren dank dem Brückenschlag zwischen objektiven und subjektiven Aspekten das ästhetische Subjekt (der wahrnehmende Mensch) bewusst mitberücksichtigt, findet der symbolische Gehalt von Landschaftselementen bislang kaum Eingang in die Analyse. Nach Hunziker (2000, S. 118) ist aber in vielen Fällen diese soziale Dimension von Landschaftsästhetik dafür verantwortlich, dass Landschaftsveränderungen bisweilen Identitätsverlust auslösen. Demnach können Landschaftselemente mit grosser visueller Ähnlichkeit aufgrund unterschiedlichem symbolischen Gepräge völlig verschieden wahrgenommen werden.

Ästhetisches Empfinden erfolgt nicht nur visuell, sondern ebenfalls über die anderen vier Sinnesorgane. Insofern ignoriert das Modell substantielle Teile des Landschaftserlebnisses. Im Welterbe kann besonders die akustische Kulisse durchaus dominant werden: Sei es das Rauschen der zahllosen Wasserfälle, das Rumpeln und Donnern von Eisabbrüchen, oder sei es der negativ konnotierte Lärm touristisch oder militärisch motivierter Flugaktivität. Denkbar ist, Geräusch- bzw. Lärmquellen zu orten und z.B. mit einem Buffer in die Analyse einfließen zu lassen.

Adäquatheit der Präferenzprädiktoren: Gemäss den Ausführungen von Augenstein (2002, S. 59) entwickelten Kaplan & Kaplan die auf der Information Processing Theory basierende Präferenzmatrix (vgl. Tabelle 6.2) vor dem Hintergrund einer alltäglichen, unspektakulären Landschaft. Da mit höchster Wahrscheinlichkeit weder Einheimische noch Touristen die Welterbe-Region mit diesen Adjektiven beschreiben würden, sind die für die vorliegende Untersuchung massgebenden Prädiktoren Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität und Mysteriosität umso kritischer zu betrachten. Indessen zeigen die Resultate aber ein meist plausibles Bild, weshalb die Präferenzmatrix grösstenteils Teil auch für spektakuläre Landschaften ihre Validität manifestiert. Vorbehalte diesbezüglich werden in Kapitel 12.2 aufgegriffen und weiter diskutiert.

In Bezug auf die Prädiktoren von Landschaftspräferenzen ist zu ergänzen, dass sich ihre Bedeutung in Abhängigkeit der zu beurteilenden Landschaft (z.B. Landschaften, die durch Vergandung und Wiederbewaldung geprägt sind, oder anthropogen stark genutzte Landschaften) verändern kann. Diese im Rahmen des NFP48²¹ gemachte Erkenntnis verdeutlicht ausserdem die begrenzten Möglichkeiten, universelle Faktoren landschaftlicher Ästhetik zu formulieren (Kienast et al. 2006, S. 16). Demnach erscheint es fast unumgänglich, die Prädiktoren mittels einer empirischen Überprüfung vor Ort zu plausibilisieren; daneben beeinflussen lebenssituations- bzw. personenbezogene Abhängigkeiten die Bewertung von Landschaft.

Abhängigkeit von der Datengrundlage: Nicht nur das Prädiktorenmodell an und für sich sondern auch dessen Operationalisierung birgt potenzielle Limitierungen; dazu zählen sowohl die Datengrundlage als auch die Parametrisierung der Prädiktoren. Die Datenqualität, worunter die räumliche, thematische und zeitliche Auflösung der Daten zu verstehen ist, entscheidet darüber, ob die für das ästhetische Empfinden relevanten Eigenschaften der Landschaft im Modell repräsentiert und ab welchem Intensitätsgrad deren Veränderungen registriert werden.

VECTOR25 stellt angesichts der Ansprüche dieser Arbeit nicht die perfekte, dennoch aber eine gute Grundlage dar. Grosse Vorteile sind in der Homogenität des Datensatzes sowie im sechsjährigen Nachführungsrhythmus zu sehen. Ein gewichtiger Nachteil liegt in der begrenzten thematischen Auflösung; beispielsweise die Bodenbedeckungskategorie „Übrige Gebiete“ verschleiert die effektive Landnutzungsart auf jenen Flächen, die vom Prozess der Vergandung besonders betroffen sind. In VECTOR25 schlägt sich dieser Prozess erst dann nieder, wenn die Fläche als Wald taxiert wird. Weiteres Manko ist die nur eingeschränkte Wiedergabe von Einzelobjekten und Kleinstrukturen; so finden u.a. Trockenmauern, Lawinenverbauungen, Findlinge keinen Eingang in den Datensatz, ebenso wenig die Mehrzahl an Einzelbäumen. Nicht zuletzt würde die dritte Dimension von Gebäuden der akkurateren Erfassung von Authentizität dienen.

Mit dem DHM25 kommt ein digitales Höhenmodell zum Einsatz, welches den Sichtbarkeitsanalysen vollauf gerecht wird. Eine Zellgrösse kleiner als 25 m würde nur zusätzlichen Rechenaufwand generieren, jedoch keinen konkreten Beitrag leisten. Von Nutzen wäre einzig eine zusätzliche Oberfläche, welche die vertikale Ausdehnung der Vegetation und Bebauung beschreiben würde; damit könnten Sichtbeziehungen eins zu eins nachempfunden werden.

Die kombinierte Nutzung der beiden Datensätze wird durch die unterschiedlichen Datenmodelle erschwert: Vektor versus Raster. Am deutlichsten offenbart sich dieser Umstand beim Versuch, das landschaftliche Kontinuum in einerseits hierarchische, andererseits kongruente Untersuchungslevel zu diskretisieren: Während Level -1 (Patchebene) durch die einzelnen Objekte aus VECTOR25 repräsentiert wird, leiten sich die Raumeinheiten der übergeordneten Levels aus dem Höhenmodell (morphometrische Bänder) ab. Somit kommt es beim Übergang von Level -1 zu Level 0 gezwungenermassen zu einem Bruch. Sofern anstelle von VECTOR25 eigens klassifizierte Fernerkundungsdaten treten würden, könnte hier durch Ansätze der objekt-orientierten Bildanalyse Abhilfe geschaffen werden; die Objekte auf unterster Ebene müssten „bloss“ zu solchen höherer Ebene aggregiert werden. Als Überleitung zum nächsten Punkt ist an dieser Stelle erneut die Kritik von Lausch und Herzog (2002, S. 13) angebracht, wonach die Abhängigkeit vom Datenmodell ein gewichtiger Nachteil bei der Anwendung von Landschaftsstrukturmassen ist und demzufolge die Vergleichbarkeit verschiedener Studien erschwert.

Zweckmässigkeit der Parametrisierung: Der kreativste und zugleich heikelste Schritt der gesamten Auswertung liegt in der bereits erwähnten Operationalisierung der Präferenzprädiktoren. Wie schon dargelegt, erfolgen in der vorliegenden Arbeit gewisse Abweichungen zur Implementierungsvariante von Augenstein: Die von ihr auferlegte Einsatzbeschränkung des Lösungsansatzes auf wenig spektakuläre Landschaften sowie die unterschiedlichen Datengrundlagen. Die Faszination der Welterbe-Region liegt neben der Vergletscherung im ausgeprägten Hochgebirgs-Relief begründet; wie verschiedentlich in der Literatur empfohlen, wird hier der raumgestaltenden Funktion des Reliefs verstärkt Nachdruck verliehen. Mit Bezug auf die Anforderungsliste an Indikatoren generell (vgl. Kapitel 5.2) und an Landschaftsstrukturmasse im speziellen (siehe Kapitel 7.2) darf behauptet werden, dass Nachvollziehbarkeit, Reproduzierbarkeit und auch Praktikabilität überwiegend gewährleistet sind. Schwieriger gestaltet sich die Einschätzung bezüglich Relevanz und Sensitivität der Masszahlen. Während erst anhand der Ermittlung lokaler Wertvorstellungen abschliessend beurteilt werden kann, ob die Parameter hinsichtlich landschaftsästhetischer Aspekte relevant und repräsentativ sind, besteht betreffend Sensitivität mit höher auflösenden Grundlagedaten noch Steigerungspotenzial. Weitere Gedanken zur Sensitivität folgen im übernächsten Abschnitt.

Die während der Auswertung gemachten Erfahrungen und die daraus abgeleiteten Verbesserungsvorschläge sind in Tabelle 12.1 parameterweise zusammengestellt. Es soll ausserdem auf die nachträglich erkannte Problematik hingewiesen werden, dass einzelne Objektarten aus VECTOR25 in gleicher Form zur Bemessung verschiedener Prädiktoren eingesetzt wurden; dies wurde auch bereits bei der Korrelationsanalyse der Parameter (vgl. Kapitel 11.2) angesprochen. Weil für „Leitstrukturen“ dort kein starker Zusammenhang mit anderen Parametern ermittelt und deshalb noch nicht kommentiert wurde, soll in Bezug auf deren Operationalisierung folgende Kritik angebracht werden: Die Parametrisierung von „Leitstrukturen“ fusst mehrheitlich auf den gleichen Objektarten wie sie für „Authentizität“ und „Zerschneidungsgrad“ auch verwendet werden. Während deren Bedeutung bei den zur Beschreibung von „Kohärenz“ eingesetzten Parametern die gleiche ist – je mehr Objekte desto grösser die störende bzw. zerschneidende Wirkung – kommt ihnen im Kontext der Leitstrukturen eine entgegengesetzte Bedeutung zu – je mehr Strukturen, desto besser das Orientierungsvermögen im Raum. Obschon die Augenstein (2002, S. 108) zugrunde liegende Annahme gilt, dass sich eine Person auch anhand von Landschaftselementen orientieren kann, die visuell stören (z.B. Hochspannungsleitung), erscheint der widersprüchliche Einsatz derselben Landschaftselemente zur Beschreibung der gleichen Wahrnehmungsdimension (hier: Landschaftsverständnis) als ungünstig. Es ist zu überlegen, ob zur Parametrisierung von „Leitstruktur“ die visuell störenden Objekte wie verkehrsreiche Strassen, Hochspannungsleitungen oder Druckleitungen nicht einfach weggelassen werden.

Tabelle 12.1: Verbesserungspotenzial bei der Parametrisierung der Prädiktoren.

Parameter der vier Prädiktoren		Verbesserungsvorschläge
Kohärenz	Gleichmässigkeit	Für die Berechnung von Shannon's Evenness Index müsste angesichts der teilweise sehr ausgedehnten Gletscherpatches evtl. ein räumlich grösserer Zusammenhang hergestellt werden – sprich: Auswertung auf Level +1. Vermutlich würde in Ergänzung zu Gleichmässigkeit auch die Beschreibung von Dominanz (z.B. anhand der Masszahl ‚single largest patch index‘) wertvolle Hinweise über die Landschaftszusammensetzung geben.
	Authentizität	Die Analyse sollte räumlich über das Untersuchungsgebiet hinaus erweitert werden, um störende Objekte in unmittelbar angrenzenden Gebieten auch erfassen zu können (bsp. von gegenüberliegenden Hängen). Ausserdem wäre es denkbar, angesichts der mit der Distanz abnehmenden visuellen Einwirkung von störenden Objekten eine entsprechende Gewichtung einzuführen.
	Zerschneidungsgrad	Die Auswahl an Landschaftselementen, welche den über die Landschaft schweifenden Blick einengen, muss mittels Erhebungen vor Ort getroffen werden. Möglicher Streitpunkt sind dabei die alpinen Routen und je nach Jahreszeit bzw. Planierungsintensität auch die Skipisten. Der Parameter sollte eher eff. Maschenweite heissen.
Lesbarkeit	Natürlichkeitsgrad	Die Zuordnung der Bodenbedeckungskategorien zu Hemerobiestufen sollte nochmals kritisch überprüft und allenfalls angepasst werden.
	Leitstrukturen	Um einerseits die widersprüchliche Verwendung von Objektarten aus VECTOR25 zu vermeiden und andererseits ein differenzierteres Muster in den Ergebnissen erkennen zu können, wird empfohlen, die visuell störenden Objekte hier nicht zu berücksichtigen.
	Aussicht	Die hier vorgenommene Parametrisierung ist in zweierlei Hinsicht limitiert: Erstens fehlt dem Parameter die Dynamik; erst mit dem Einbezug von Bodenbedeckungshöhen reagiert dieser auch auf Veränderungen und können Verdeckungseffekte (z.B. durch Vegetation) modelliert werden. Zweitens würden die Resultate durch das Hinzuziehen weiterer, systematisch oder zufällig verteilter Beobachtungspunkte verfeinert.
Komplexität	Reliefausprägung	Das Verhältnis aus realer und projizierter Oberfläche ist eine statische Masszahl, die bei der Bestimmung des landschaftsästhetischen Potenzials einen fast zu hohen Einfluss hat; sie ist für Monitoringaufgaben nicht geeignet ist.
	Flächenform	Die Aussage des ‚Shape Index‘ gewinnt an Bedeutung, wenn die Patches geometrisch präziser repräsentiert werden; dies bedingt räumlich höher auflösende Grundlagedaten.
	Diversität	Hauptkritikpunkt an Shannon's Diversity Index liegt in der direkten Abhängigkeit der thematischen Datentiefe. Sofern andere Datensätze zugrunde gelegt werden, sind die Ergebnisse nicht mehr vergleichbar.
Mysteriosität	Tiefenstaffelung	Hier gelten dieselben Befunde wie für den Parameter „Aussicht“. Die Aussagekraft könnte zudem verstärkt werden, wenn in Ergänzung zu den aufsummierten lokalen Horizonten auch z.B. die Landnutzungstypen im sichtbaren Bereich hinsichtlich ihres Kontrasts zueinander erfasst würden.
	Teiltransparenz	Die Neugier zur Erkundung nächstgelegener Gebiete hängt auch auf Level 0 stark vom Relief ab (vgl. Kapitel 10.6.10). Mancher Wanderer kann das Erklimmen einer Pass- oder Geländehöhe kaum erwarten, weil er auf die sich eröffnenden Ausblicke gespannt ist. Insofern müssten auch auf dieser Skalenebene die entsprechenden Reliefformen berücksichtigt werden. Dies würde ein markant anderes Bild dieses Parameters in den zentralen Gebieten des Welterbes liefern. Ferner ist an die jahreszeitliche Abhängigkeit der visuellen Wirkung von Vegetationsstrukturen zu denken.
	Begehbarkeit	Die Parametrisierung ist von zwei Einstufungen sowie zwei Selektionen abhängig, die für weitere Auswertungen nochmals kritisch überdacht werden sollten; dies sind die Einstufungen für die generelle und geländebedingte Betretbarkeit sowie die Selektionen von Wegarten und Schutzgebieten.

Berücksichtigung der vierten Dimension (Zeit): Während das Hauptaugenmerk dieser Untersuchung auf der Erfassung des landschaftsästhetischen Potenzials liegt, ist im Hinblick auf die Monitoringaktivitäten gleichzeitig die Frage zu stellen, wie gut sich die eingesetzten Parameter eignen, um Veränderungen an diesem Potenzial nachzuzeichnen. Da in dieser Arbeit noch keine vergleichenden Analysen aufeinanderfolgender Zeitstände gemacht werden konnten, handelt es sich im Folgenden um eher theoretische Einschätzungen.

Dadurch dass sich Phänomene unterschiedlich schnell verändern, lassen sie sich unterschiedlich gut messen. Ein vorgegebenes Monitoringintervall von z.B. fünf Jahren kann entweder zu kurz sein, um gewisse Veränderungen feststellen zu können, oder die zugrunde liegenden Daten bieten nicht die dazu erforderliche Auflösung. Daneben besteht aber auch die Gefahr, dass die zur Messung eingesetzten Indikatoren entweder einen systematischen Bias aufweisen oder grundsätzlich in einem bestimmten Kontext nicht adäquat sind. Lang und Blaschke schreiben dazu: „Die Selektion geeigneter Strukturmasse bedarf daher vertiefter Abklärungen; insbesondere muss beurteilt werden können, ob durch eine gegebene Variabilität der Masszahl wirklich auch relevante Unterschiede in der Landschaftsstruktur angezeigt werden“ (2002, S. 211), die auf Änderungen des untersuchten Phänomens schliessen lassen. Bevor also andere Datengrundlagen in einem aufwändigen Verfahren evaluiert werden, sollte zu Testzwecken ein dieser Untersuchung vor- oder nachgelagerter Zeitstand von VECTOR25 ausgewertet werden. An Stellen, wo bekannterweise Veränderungen aufgetreten sind, müssten die Parameter exemplarisch auf ihre Sensitivität hin geprüft werden.

12.2 Interpretation der Rangierung

Gestützt auf die Information Processing Theory von Kaplan & Kaplan (1989) und die darin begründete Präferenzmatrix (vgl. Kapitel 6.7) ergibt sich ein Bild davon, welche Teilgebiete innerhalb der Welterbe-Region speziell geeignet sind, die menschlichen Bedürfnisse nach Beschaffung und Verarbeitung von Informationen zu befriedigen. Im Unterschied zu den Urmenschen geht es in Anbetracht der heutigen Bewohner respektive Besucher der Region weniger um Überlebensstrategien (es sei denn, die Touristen seien auf der Flucht vor der zermürbenden Alltagsbelastung), als vielmehr um die bewusste oder unbewusste Auseinandersetzung mit der Landschaft. Auf Basis jener Landschaftseigenschaften (Gehalt und Struktur), die zu Urzeiten die Voraussetzungen zur Sesshaftigkeit boten, wird hier prognostiziert, ob und wie stark ein bestimmtes Landschaftsbild beim Betrachter sinnliches Erleben von Natur und Landschaft ermöglicht. Gemäss der Theorie haben Betrachter genau dann eine hohe Präferenz für eine bestimmte Landschaft, wenn diese zugleich kohärent und lesbar sowie komplex und mysteriös wirkt.

Der Blick auf die Karte zum landschaftsästhetischen Potenzial (siehe Abbildung 11.2) offenbart nun sowohl überraschende als auch vorherzusehende Erkenntnisse. Wenig erstaunlich, dafür umso plausibler, erscheint das in den randlichen Gebieten der Welterbe-Region eher geringe Potenzial. Zu dominant und unangepasst ist dort der menschliche Einfluss, als dass aus visuell-ästhetischer Sicht ein verträgliches Nebeneinander von Mensch und Natur gedeihen könnte. Allerdings überrascht die Breite dieses Randbereichs, denn neben den dicht besiedelten Talbereichen fallen ebenfalls die noch relativ intakten, traditionellen Kulturlandschaften in dieselbe Klasse. Das Modell respektive dessen Implementierung ist sichtlich nicht in der Lage, diesen Bereich zu differenzieren. Ebenfalls zu erwarten war, dass sich mit zunehmender Abgeschiedenheit der Teilräume das landschaftsästhetische Potenzial steigern würde. Dies trifft für einen Grossteil der Perimeterfläche zu, nicht aber für die grossflächig verglet-

scherten Gebiete – und das ist, zumindestens vordergründig, eine Überraschung. Ebenfalls die eigenen Erfahrungen des Autors vor Ort stehen im Widerspruch zu dieser Einstufung. Ganz zu schweigen von den Millionen von Touristen und Alpinisten. Besonders die Gletscherwelt um den Konkordiaplatz ist in ihrer Eigenart und majestätischen Erscheinung kaum zu übertreffen und löst allgemein grosse Faszination aus. Offensichtlich vermag der gewählte Lösungsansatz diese Konstellation nicht adäquat zu erfassen. Es fragt sich bloss, ob die Ursache in den Prädiktoren selbst oder in deren Parametrisierung zu suchen ist⁴⁶? Angesichts der in Kapitel 12.1 aufgezeigten Kritikpunkte und Verbesserungsvorschläge stehen beide Quellen in Verdacht.

Die Schwachstelle auf Seite der Präferenzmatrix dürfte deren ursprüngliche Bestimmung für alltägliche, unspektakuläre Landschaften sein. Wenngleich bei der Parametrisierung der Präferenzprädiktoren darauf geachtet wird, dass die Gebietscharakteristika verstärkt Beachtung finden, lässt sich damit die Zulänglichkeit des Modells nicht vollständig erreichen. Es mangelt an einer Dimension, die das im Gegensatz zur Alltagslandschaft „exotische“, das seltene und das „Aufmerksamkeit erregende“ misst; ein passender Begriff hierfür ist „Faszination“. Wie weiter vorne Tabelle 5.2 zu entnehmen ist, empfehlen auch Kienast et al. (2006, S. 16) für das künftige Monitoring der Landschaftsqualität der Schweiz das Indikatorenset zur Beschreibung von Landschaftsästhetik um „Faszination“ zu ergänzen. Sie verstehen unter dem Begriff die unfreiwillige, anstrengungslose Aufmerksamkeit durch faszinierende Objekte und Prozesse. Interessant erscheint ebenfalls, die Begriffsdeutung um den Aspekt der *Seltenheit* zu erweitern. Wie Wöbse (2002, S. 61) erklärt, neigen wir dazu, „auch unter ästhetischen Gesichtspunkten das hoch zu bewerten und als schön zu bezeichnen, was begehrt und nicht im Überfluss vorhanden ist. Insofern bewerten wir reine Naturlandschaft oder Einsamkeit heute anders als unsere Vorfahren“. Vermutlich liegt genau hier der springende Punkt: Die Faszination für die einsame, monotone Gletscherwelt beruht massgeblich auf dem seltenen und immer seltener werdenden Anblick des ewigen Eises.

Demzufolge ist es prüfenswert, den Prädiktor „Faszination“ als Ergänzung des Prädiktorenmodells zu operationalisieren. Wahrscheinlich kommt man auch hier nicht um die Befragung Einheimischer oder von Touristen herum um zu erfahren, welche Landschaftselemente besonders intensiv Faszination auslösen. Generell werden es Elemente sein, die sich im grossflächigen Vergleich aufgrund ihrer Dimension (z.B. Berggipfel), ihrer Art (z.B. die „exotische“ Bodenbedeckungskategorie wie Gletscher) oder ihrer Anordnung (z.B. monotone Weite) markant abheben und unterscheiden. Analog zu den anderen Prädiktoren würde „Faszination“ in die kombinierte Verrechnung mit einfließen, vorzustellen als zentrale Achse in der kopfstehenden Pyramide (siehe Abbildung 6.3), wobei das landschaftsästhetische Potenzial umso grösser würde, je mehr faszinierende Landschaftselemente vorhanden sind. Die Vorstellung als zentrale Achse rührt daher, dass „Faszination“ Aufforderungscharakter zur Landschaftserkundung hat und gleichzeitig die Orientierung im Raum durch markante respektive grossräumig-kohärente Strukturen unterstützt.

Auf Seite der Parametrisierung sind die erkannten Unzulänglichkeiten bereits in Kapitel 12.1 mehrheitlich diskutiert worden. Zur Erklärung des geringen landschaftsästhetischen Potenzials in den zentral gelegenen, weitläufigen Gletschergebieten kann die Operationalisierung von Mysteriosität als hauptverantwortlich bezeichnet werden, weil bislang nur Vegetationsstrukturen in den Parameter „Teiltransparenz“ eingeflossen sind. Der Spannung versprechende Formenschatz von unzähligen Gipfeln und Passübergängen muss zusätzlich unbedingt auch mit-

⁴⁶ Interessanterweise zeigen mehrere Clustering-Durchläufe mit unterschiedlicher Klassenanzahl dasselbe Grundmuster; daraus wird geschlossen, dass die Ursache für die niedrige Ausprägung in den zentralen Gebieten nicht in der Clusteranalyse liegt.

berücksichtigt werden. Das Unvermögen des gewählten Lösungsansatzes, reichstrukturierte, traditionelle Kulturlandschaft vom Siedlungsbrei unterscheiden zu können, liegt sowohl in der Parametrisierung als auch in der Clusteranalyse begründet. Einerseits beruht die Ermittlung des Zerschneidungsgrads auf Raumeinheiten von Level +1, so dass oft Talbereiche und Alplagen zusammen verrechnet werden. Andererseits leiden höher gelegene und somit ausblickstärkere Gebiete unter der bislang nicht distanzgewichteten Einwirkung von störenden Objekten (Parameter „Authentizität“). Ausserdem scheint der Parameter „Reliefausprägung“ ein sehr hohes Gewicht zu haben, weshalb etwa die flacheren Alplagen kaum je ein stark ausgeprägtes Potenzial aufweisen. Trotz dieser Limitierungen gelingt es aber in Clustering-Durchläufen mit mehr resultierenden Klassen, den erwähnten Randbereich besser zu differenzieren – allerdings z.T. „auf Kosten“ anderer Klassenabgrenzungen. Es ist anzunehmen, dass einerseits durch den Einbezug des Prädiktors „Faszination“ und andererseits durch Anpassungen insbesondere der Prädiktoren „Kohärenz“ und „Mysteriosität“ das Kartenbild zum landschaftsästhetischen Potenzial ein deutlich anderes wäre, mit markant höheren Werten in den zentralen Gebieten des Welterbes und mehr Variabilität in dessen Randbereichen.

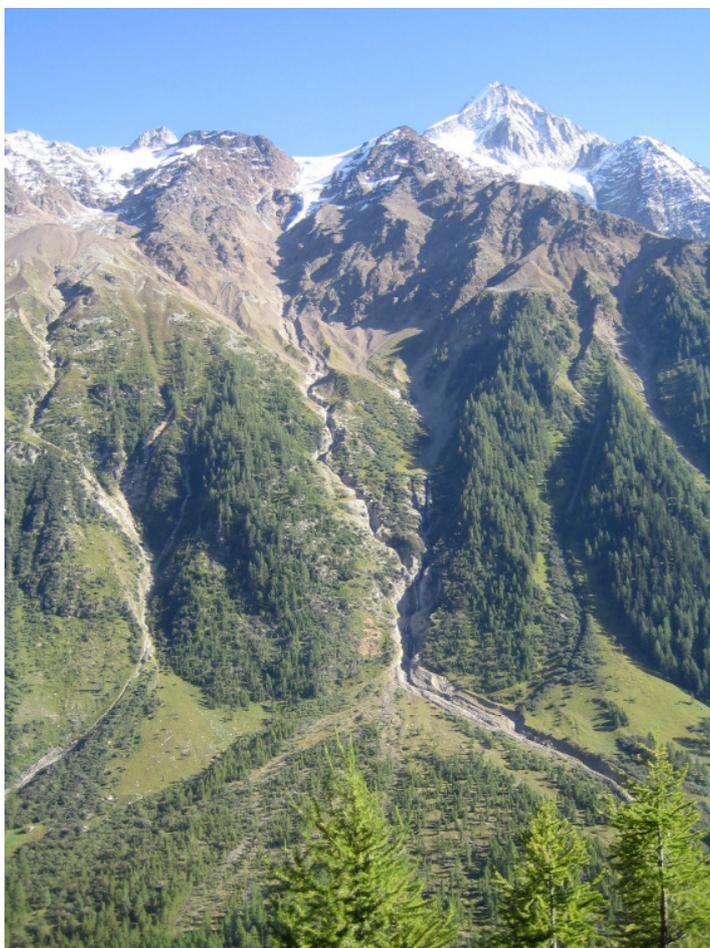


Abbildung 12.1: Stark ausgeprägtes landschaftsästhetisches Potenzial, am Beispiel des Lötschentals (ZVG durch Trägerschaft UNESCO Welterbe).

In Kapitel 6.4 wird anhand eines Zitats von Wöbse (2002, S. 21) festgehalten, dass Landschaftsästhetik mehr ist als nur die Auseinandersetzung mit der Schönheit der Natur, dass es auch darum geht herauszufinden, wo und warum der menschliche Einfluss eine Grenze überschreitet, ab der die Landschaft nicht mehr schön ist. Er ergründet weiterhin, dass Nützlichkeit und Schönheit bis zu einem gewissen Punkt parallel verlaufen, sobald dieser aber überschrit-

ten wird, die gesteigerte Nützlichkeit eine reduzierte Schönheit nach sich zieht. Dieses Phänomen lässt sich anhand der aus der Clusteranalyse abgeleiteten Klassen kaum nachvollziehen. Das höchste landschaftsästhetische Potenzial liegt jenen Raumeinheiten inne, die nur durch einen marginalen Einfluss des Menschen geprägt sind. Es handelt sich um Raumeinheiten, die vorwiegend in eher steilen Lagen der (sub-)alpinen Stufe zu finden (Abbildung 12.1) sind – es sind die eigentlichen, noch zugänglichen Wildnisgebiete. Sobald aber anthropogener Einfluss sichtbar wird, kippt die prognostizierte Landschaftspräferenz in die zweitniedrigste Klasse. Der besagte Punkt wird also sehr bald überschritten, obwohl in Gebieten noch intakter Kulturlandschaft durch den reproduktiven Arbeitseinsatz des Menschen die Nützlichkeit gesteigert, gleichzeitig aber die Naturnähe und Eigenart erhalten werden konnte. In der Terminologie des Prädiktorenmodells sind es die Parameter Natürlichkeitsgrad, Authentizität und Zerschneidungsgrad, deren Ausprägungen in diesem Fall für die tiefe Einstufung sorgen. So gesehen verzerrt das hier implementierte Modell die Grenzziehung zwischen einem visuell tragbaren und einem überstrapazierenden menschlichen Einfluss auf die Landschaft. Mit dem Wort „unterstützen“ soll verdeutlicht werden, dass zusätzlich zu den parametrisierten Modellprädiktoren Grenz- und Richtwerte festgelegt werden müssen, anhand derer die definitive Verortung der Grenzlinie stattfinden kann.

Abschliessend sei festgehalten, dass die mit den einzelnen Parametern ermittelten Werte aufgrund der für die Clusteranalyse erforderlichen Normierung nicht als absolut zu verstehen sind. Vielmehr zeigen diese die relativen Verhältnisse im Untersuchungsraum. Zu Vergleichszwecken mit anderen Regionen oder nachgelagerter Zeitstände im gleichen Raum müssten die Werte auf einen gemeinsamen Bereich normiert werden. Solche Vergleiche sind dringend zu empfehlen; wie schon erwähnt, lässt sich nur dadurch die Sensitivität der Parameter gegenüber Landschaftsveränderungen überprüfen. Ausserdem wäre interessant zu wissen, ob und wie sich das landschaftsästhetische Potenzial der Welterbe-Region im Vergleich zu anderen alpinen Gebieten oder zum Mittelland abgrenzen lässt.

12.3 Prototyp-Indikatoren

Die nicht zum Prädiktorenmodell zählenden Indikatoren „Siedlungsstruktur“ und „Sichtbare Gletscherfläche“ stellen einen Versuch dar, weitere in der Landschaft ablesbare Grössen zur Messung einer nachhaltigen Entwicklung in der Welterbe-Region heranzuziehen.

Der Einsatz des Landschaftsstrukturmasses „Proximity Index“ im Kontext der Siedlungsentwicklung darf als potenziell ausdrucksstark gewertet werden. Der Index reagiert relativ schnell auf sich ändernde Distanzen zwischen im Fokus stehenden Patches sowie deren Flächengrössen – hier Gebäudegrundrisse. Jedoch wird die Aussagekraft verwässert, wenn der pro Grundriss ermittelte Wert innerhalb einer grösseren Einheit gemittelt wird. Beispielsweise kommt die Struktur der Haufendörfer im Goms schlecht zum Ausdruck, wenn gleichzeitig die weit verstreuten Alphütten innerhalb derselben Raumeinheit mitverrechnet werden. Entsprechend blieben durch diesen Mittelungseffekt Verdichtungsprozesse bei den Alphütten oder Zersiedlungserscheinungen rund um die Haufendörfer unbemerkt. Insofern erforderte die Verwendung dieses Index' eine weitere Hierarchieebene an Raumeinheiten, die zwischen Level -1 und Level 0 liegen müsste.

Die relativ einfach zu ermittelnde Grösse „Sichtbare Gletscherfläche“ verdient in mancher Hinsicht Beachtung: Im Unterschied zu exakten Volumen- und Gletscherstandmessungen stellt diese Fläche ein Mass dar, welches sowohl für den Einheimischen als auch für den Touristen

die Situation auf leicht verständliche Art erfasst und nachvollziehen lässt. Denn sobald sich der Obere Grindelwaldgletscher – heute noch in einem bereits sehr reduzierten Volumen existent – derart weit zurückgezogen haben wird, dass er nur mehr mit alpinistischen oder aviatischen Fähigkeiten besichtigt werden kann, wird er aus der „Mental Map“ vieler Personen verschwunden sein; und dies dürfte für die Identitätsstiftende Funktion von Landschaft schwerwiegender sein als das Abschmelzen des letzten Toteisbrockens. Demnach entspricht die sichtbare Gletscherfläche einem jener Landschaftselemente, deren Verlust das Landschaftsbild fundamental verändern wird (Schüpbach 2002, S. 9). Analog zu den Parametern „Aussicht“ und „Tiefenstaffelung“ müsste erwogen werden, zusätzliche Beobachtungspunkte einzukalkulieren.

Aus den zurzeit implementierten Monitoringsystemen der Schweiz kommen mit Bezug auf die in Kapitel 10.2 skizzierten Triebkräfte des Landschaftswandels folgende Indikatoren für die Integration in ein Welterbe-spezifisches Set in Frage:

Tabelle 12.2: Potenziell zu integrierende Indikatoren aus MONET und BDM zur Beschreibung der Triebkräfte des Landschaftswandels.

Triebkraft	Monitoring-system	Indikator	Beschreibung
Klimawandel	MONET	10.5	Schadensereignisse durch Naturkatastrophen
	MONET	22.1 22.2 22.3 22.4	Jahresmitteltemperaturen in der Schweiz Treibhausgasemissionen CO ₂ -Intensität des motorisierten Individualverkehrs CO ₂ -Intensität der Volkswirtschaft
Strukturwandel	MONET	15.2	Landwirtschaftliche Nutzfläche
	MONET	23.3	Siedlungsfläche
	MONET	23.5	Bauzonen (<i>seit Stand 2003 nicht mehr aufgeführt</i>)
	MONET	23.6	Zersiedlung (<i>seit Stand 2003 nicht mehr aufgeführt</i>)
	MONET	24.6	Ökologische Ausgleichsflächen
	BDM	E5	Kleinräumige Nutzungsvielfalt
	BDM	E15	Erschliessungsdichte
	BDM	M5	Gesamtfläche der Biobetriebe
Vergandung	MONET	19.6	Erosionsrisiko (<i>seit Stand 2003 nicht mehr aufgeführt</i>)
	MONET	26.1	Waldfläche
	BDM	E3	Fläche naturnaher Gebiete
	BDM	E10	Waldfläche mit speziellen Nutzungsformen

Die in Tabelle 12.2 aufgelisteten Indikatoren müssten auf ihre Tauglichkeit im Kontext der Welterbe-Region überprüft werden; ferner ist darauf hinzuweisen, dass die wenigsten Indikatoren räumlich explizite Aussagen erlauben, sondern statistische, auf administrative oder andere Einheiten aggregierte Masszahlen liefern.

Wie zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, wird in Kenntnis der erarbeiteten Resultate sowie der mit dem Lösungsansatz gemachten Erfahrungen der Bogen zu den Forschungsfragen und Hypothesen geschlagen. Es besteht dabei die Absicht, die zentralen Punkte der Hypothesen

nochmals aufzugreifen und zu prüfen, inwiefern sich diese erhärtet haben oder aber revidiert werden müssen.

12.4 Hypothese_M: Messbarkeit des landschaftsästhetischen Potenzials

Auf die eingangs gestellte Frage, wie sich das landschaftsästhetische Potenzial der Welterbe-Region erfassen und räumlich differenzieren lässt, wurde die These aufgestellt, dass sich der theoretisch fundierte Ansatz von Augenstein (2002) räumlich transferieren lässt, zumal bei entsprechend angepasster Parametrisierung die Prädiktoren Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität und Mysteriosität auch für diesen Raum ihre Gültigkeit haben sollten. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass diese These nur bedingt zutrifft. Zwar liefert die Implementierungsvariante dieser Arbeit insgesamt nachvollziehbare Resultate, welche durch gewisse Anpassungen bei der Parametrisierung weiter optimiert werden können. Jedoch vermögen die vier Prädiktoren die Gebietscharakteristika – insbesondere die weitflächigen Gletscherareale – nicht vollständig zu erfassen, wodurch für den Regionskenner eine in sich nicht stimmige Rangierung entsteht. Dabei ist nicht an der Gültigkeit der eingesetzten Prädiktoren zu zweifeln, sondern nach deren Vervollständigung zu suchen. Der Einbezug eines zusätzlichen Prädiktors „Faszination“ könnte diese Unzulänglichkeit beheben.

Ein zweiter Aspekt von Messbarkeit führte zur Frage, ob eine derartige Operationalisierung ausreichend sensitiv gegenüber Veränderungen an der Landschaft sei. Der eingeräumte Vorbehalt, die räumlich und thematisch limitierte Auflösung von VECTOR25 sei dazu nicht in der Lage, kann hier nicht abschliessend beantwortet werden. Angesichts des den Daten inhärenten Generalisierungsmaßstabs von 1:25'000 ist die Erwartung zu revidieren, dass auch kleinräumige Veränderungen am Gehalt oder an der Struktur der Landschaft registriert werden können. Nicht zuletzt hängt die Detektierung von Landschaftswandel stark mit der gewählten Parametrisierung der Prädiktoren sowie der Untergliederung des Untersuchungsraums zusammen. Man kann davon ausgehen, dass jene Phänomene viel eher aufgezeichnet werden, die kleinräumig und nur anhand eines Indikators gemessen werden können. Hingegen werden zur Auf- bzw. Abwertung des landschaftsästhetischen Gesamteindrucks deutliche Bewegungen in mehreren Parametern notwendig sein, d.h. dieses Mass reagiert mit einer gewissen Trägheit.

12.5 Hypothese_D: Diskretisierung des Landschaftskontinuums

Im Kontext der Landschaftsästhetik spielt die menschliche Wahrnehmung von Landschaft die Schlüsselrolle; daraus und in Anbetracht der für die Anwendung von Landschaftsstrukturmassen erforderlichen Untergliederung der Landschaft in möglichst homogene Raumeinheiten leitete sich zu Beginn die Fragestellung ab, wie und nach welchen Vorgaben eine solche Diskretisierung zu bewerkstelligen ist. Die auf die Literaturanalyse gestützte Hypothese_D darf vollumfänglich bestätigt werden. Anstelle einer Untergliederung der Landschaft nach administrativen Einheiten oder artifiziellen Rasterzellen drängt sich ein multiskalares Bildsegmentierungsverfahren geradezu auf. Die dem Ansatz innewohnende Flexibilität erlaubt die Ableitung von Untersuchungsebenen, die in einer konsistenten Hierarchie zueinander stehen. Die Bedeutung dieses hierarchischen Aufbaus von Analyselevels hat zwei Aspekte: Einerseits entspricht diese Abstufung der mit der Distanz abnehmenden Wahrnehmungsintensität des Menschen. Die Realität etwas vereinfachend werden somit Wahrnehmungsbereiche abgegrenzt, die sich durch eine unterschiedliche Detailschärfe der menschlichen Beobachtung begründen lassen. Andererseits setzt die Anwendung von Landschaftsstrukturmassen diesen konzeptionellen

Schritt voraus, so dass auf verschiedenen, aufeinander aufbauenden Masstabsstufen Aussagen über die Zusammensetzung und Konfiguration der Landschaft gemacht werden können. Die Flexibilität des Segmentierungsansatzes – insbesondere der Scale Parameter – ermöglicht gewissermassen die Verschmelzung der beiden Aspekte: Die im Kontext der Landschaftsästhetik zentralen Wahrnehmungsdimensionen des Menschen bilden gleichzeitig die Eckwerte zur Ableitung jener Bildobjekte, welche die Grundlage zur Landschaftsstrukturanalyse darstellen.

Der auch bereits in der Hypothese_D eingebrachte Vorbehalt bezüglich der Datenqualität ist tatsächlich von grosser Bedeutung. Nicht nur ist die räumliche und bei Fernerkundungsdaten auch die spektrale Auflösung massgebend für die Identifizierung der konstituierenden Landschaftselemente (Patches, Level -1), sondern es spielt auch das inhärente Datenmodell bei der Ausbildung der verschiedenen Hierarchielevels eine Rolle. Sofern nicht durchgängig derselbe Datensatz für die Herleitung der Untersuchungsobjekte bzw. -levels zugrunde liegt, kommt es wie in der vorliegenden Arbeit zu Übereinstimmungsproblemen – mindestens in geometrischer Hinsicht.

12.6 Hypothese_P: Praktikabilität und Zweckmässigkeit

Bestimmt durch die Organisationsstruktur sowie die finanziellen und personellen Ressourcen der Trägerschaft UNESCO Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn ist es Bedingung, die anstehenden Monitoring- und Controllingaufgaben möglichst ressourcenschonend umzusetzen. Dabei stellt sich einerseits die Frage, ob allein ausgehend von bestehendem Datenmaterial die nötigen Erkenntnisse im Kontext der Landschaftsästhetik erworben werden können, andererseits inwiefern die dazu notwendigen Bearbeitungsschritte bei nachfolgenden Überwachungszyklen auch von Dritten ausgeführt werden können.

Die auf diese Fragestellung Bezug nehmende Hypothese_P, lässt sich in beiden Punkten bestätigen. Ausgehend von einer diese Arbeit ergänzenden, detaillierenden Dokumentation der GIS-spezifischen Arbeitsschritte ist ein versierter GIS-User in der Lage, die Berechnungen nachzuvollziehen. Wie in Hypothese_P bereits angesprochen, erscheint die Einbindung der Berechnungsvorgänge in eine eigene grafische Benutzeroberfläche (GUI) als zu aufwändig und derzeit verfrüht; sobald die Ausgestaltung des Indikatorensets definitiv und das Monitoringintervall bestimmt ist, lässt sich abschätzen, ob die Erstellung eines GUIs erstrebenswert ist.

Wie nun schon mehrfach aufgezeigt, stellt VECTOR25 eine gute, nicht aber eine vollkommene Datengrundlage für landschaftsästhetische Untersuchungen dar. Zum einen Teil ist damit die Datenqualität angesprochen, wovon besonders die räumliche und thematische Auflösung im Hinblick auf die Registrierung von Landschaftsveränderungen als kritisch eingeschätzt werden muss. Bestimmt liesse sich unter Einbezug von weiteren Datenprodukten (z.B. SWISSIMAGE) noch einiges optimieren. Jedoch – und dies ist der andere Teil – hat sich wiederholt gezeigt, dass Geodaten als einzige Datenquelle der Komplexität der Thematik nicht vollständig gerecht werden. Neben den im Geodatensatz geführten Attributen sind Informationen bezüglich des symbolischen Gehalts der Landschaft unerlässlich; und diese können einzig bei den Bewohnern und Besuchern erfragt werden. Eine empirische Studie in der Welterbe-Region böte einerseits die Gelegenheit, die Präferenzprädiktoren des Modells zu plausibilisieren und damit den Lösungsansatz integral auf die Region zu adaptieren. Andererseits könnte dadurch der sozialen Dimension von Landschaftsästhetik besser gerecht werden, indem auch die identitätsstiftenden Landschaftselemente adäquat berücksichtigt werden könnten. Schliesslich müsste es das Ziel sein, aus diesen Umfragen Bewertungsskalen hinsichtlich einer nachhaltigen Landschaftsentwicklung abzuleiten.

13 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die übergeordnete Zielsetzung dieser Arbeit ist es, einen wichtigen Grundbaustein zur Überwachung der Alleinstellungsmerkmale des UNESCO Welterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn zu leisten. Dabei wird der Fokus auf die Landschaftsästhetik gerichtet und damit eine taugliche Basis erarbeitet, um die gemäss Nominationskriterien (siehe Kapitel 2.2) „ausserordentlichen Naturerscheinungen“ respektive „Gebiete von aussergewöhnlicher natürlicher Schönheit und ästhetischer Bedeutung“ erfassen und langfristig überwachen zu können. Wenngleich die UNESCO Kommission das Monitoring sämtlicher Alleinstellungsmerkmale fordert und die Trägerschaft des Welterbes überdies anstrebt, die Monitoring- und Controllingaktivitäten auf die gesamte Regionalentwicklung auszudehnen, kommt dem Aspekt der Landschaftsästhetik eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu. Namentlich die Landschaft ist das Kapital und gleichzeitig Austragungsort der allermeisten touristischen Aktivitäten, der landschaftliche Reichtum sorgt für eine breitgefächerte Angebotspalette und stellt damit die Grundlage des stärksten und wichtigsten Wirtschaftszweigs in der Welterbe-Region dar (Wallner et al. 2007, S. 239). Schon alleine aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung des Landschaftserlebnisses muss die Qualität der Landschaft erhalten bleiben und anerkannt werden. Vor dem Hintergrund der Welterbe-Philosophie ist in Verbindung mit der ökologischen und gesellschaftlichen Dimension von Landschaft darauf hinzuwirken, ein Gleichgewicht zwischen Schutz- und Nutzungsinteressen herzustellen und damit die langfristige Sicherstellung der Gebietspotenziale zu gewährleisten.

Während ökonomische Belange anhand von Kennzahlen und Wirtschaftsstrukturindizes generell relativ einfach in Zahlen gefasst werden können, stellt die in der Schnittmenge der ökologischen und gesellschaftlichen Dimension einzuordnende Landschaftsästhetik eine methodische Knacknuss dar. Die Schwierigkeit besteht darin, das richtige Mass zwischen dem subjektiven Landschaftserlebnis und der objektiven Herleitung und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse zu finden. Die Ergebnisse dieser Arbeit beweisen, dass mit dem teilweise modifizierten Lösungsansatz von Augenstein (2002) ein Weg besteht, trotz hoher Komplexität der Materie zu aufschlussreichen Resultaten zu gelangen. Gleichzeitig weisen unverständliche Teilergebnisse darauf hin, dass die Ermittlung des landschaftsästhetischen Potenzials eine sehr gebietspezifische Angelegenheit ist. Wie Kapitel 12.2 zu entnehmen ist, bestehen keine fundamentalen Zweifel am Prädiktorenmodell, welches sich auf die Information Processing Theory von Kaplan & Kaplan (Kaplan, Kaplan 1989) stützt. Angesichts des resultierenden Kartenbildes (siehe Abbildung 11.2) darf aber geschlossen werden, dass die Präferenzprädiktoren Kohärenz, Lesbarkeit, Komplexität und Mysteriosität der faszinierenden Eigenart des Hochgebirges nicht vollständig gerecht werden. In Anlehnung an die Vorstudie zum Monitoring der Landschaftsqualität in der Schweiz (Kienast et al. 2006) wird daher empfohlen, das Modell um den zusätzlichen Prädiktor „Faszination“ zu ergänzen. Dadurch würde nicht nur die aus der Theorie herrührende Einschränkung überwunden, dass die Prädiktoren nur in Alltagslandschaften ihre Gültigkeit haben, sondern gleichzeitig der Aspekt „Seltenheit“ aufgenommen, womit Landschaftselementen mehr Gewicht zukäme, die in den am häufigsten vorkommenden Landschaften nicht auftreten. Insgesamt darf festgehalten werden, dass anhand der hier verwendeten Parametrisierung des Prädiktorenmodells die Prognose von Landschaftspräferenz im eigentlichen Gebiets-Perimeter differenzierter gemacht werden kann als in der gesamten Welterbe-Region.

Ungeachtet der dargelegten Optimierungsvariante erscheint aus regional-politischer Sicht die hohe Einstufung des Einzugsgebiets des Gauligletschers und des Urbachtals als anspornend. Da heute (am 28. Juni 2007) das UNESCO Welterbe-Komitee über die erste Perimetererwei-

terung des Welterbes Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn positiv befunden hat, wäre es nicht vermessen, angelehnt an das eben erwähnte Ergebnis bei derselben Behörde die nächste Erweiterung anzumelden – je früher umso besser.

Wie der Ergebnisteil gezeigt hat, lassen die berechneten zwölf Parameter neben einer Gesamtaussage zum landschaftsästhetischen Potenzial auch isolierte, eben parameterspezifische Betrachtungen zu, so dass sie als unabhängige Indikatoren in ein übergeordnetes Monitoring- und Controllingsystem einer Nachhaltigen Regionalentwicklung integriert werden können. Im Unterschied zur Herleitung der Gesamtaussage ist dabei eine höchstmögliche Sensitivität der Indikatoren gegenüber Veränderungen anzustreben. Denn wie Schwahn (1990, S. 70) formuliert, verlaufen Eingriffe in die Landschaft in den seltensten Fällen in grossem Stil, sondern gehen meist durch sukzessive Veränderungen einzelner Landschaftselemente vorstatten. Neben der Absicht, solche bisweilen schleichenden Prozesse dank präziser Datengrundlagen und zweckdienlicher Masszahlen aufzeichnen zu können, ist für Planungs- und Vollzugsbehörden ebenso die Kenntnis der ästhetischen Wirkung der betroffenen Einzelelemente und ihrer Rolle innerhalb des Gesamterlebens der betreffenden Landschaft von grösstem Interesse. Die zur Verfügung stehenden Geodaten werden aufgrund ihrer räumlichen, thematischen und/oder temporalen Auflösung grundsätzlich immer das feststellbare Ausmass von Veränderungen limitieren.

Neben den weiter oben aufgezeigten Weiterentwicklungsmöglichkeiten des hier verwendeten Lösungsansatzes (vornehmlich die Einführung des Prädiktors „Faszination“ sowie die Ergänzung des Parameters „Teiltransparenz“ um Reliefeinflüsse) ist die Unterstützung durch eine Art Fotomonitoring zu erwägen. Inspiriert durch den Ansatz von Palmer (2004) könnte ein solches hier zur Überwindung der skizzierten Sensitivitätsproblematik beitragen. Gestützt auf die Erkenntnisse zum landschaftsästhetischen Potenzial der Welterbe-Region müssten repräsentative Standorte ausgewählt werden – sei es durch eine systematische Verteilung über alle rangierten Raumeinheiten oder durch eine partizipative Aushandlung – an denen in regelmässigen Abständen sowie zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten stets derselbe Ausschnitt fotografiert würde. Der so entstehende Datenpool brächte folgende Vorteile mit sich:

- Alle tages- und jahreszeitlich abhängigen Einflüsse wie z.B. Beleuchtungsverhältnisse, Wetterphänomene, phänologische Zustände können eingefangen werden;
- An den Fotostandorten kann für den visuellen Nahbereich eine sehr detaillierte Beschreibung von Zuständen und Veränderungen erfasst und mit den Inhalten der Geodatensätze verglichen werden;
- Der vom Fotostandort aus sichtbare Bereich kann im GIS zur quantitativen Analyse nachvollzogen werden;
- Das Fotomaterial kann bestimmten Personengruppen zur Bewertung vorgelegt werden; daraus lassen sich einerseits die zu verwendenden Präferenzprädiktoren ableiten respektive plausibilisieren, andererseits erlauben die Bewertungsergebnisse auch Rückschlüsse auf den symbolischen Gehalt von Landschaftselementen;
- Durch wiederholte Befragungen kann ebenso ein allfälliger Wandel in der Präferenzierung von Landschaft bei Einheimischen oder Touristen festgestellt werden.

Speziell interessant erscheint die zu ermittelnde Korrelation zwischen der Bildbewertung durch Personengruppen und den quantitativen Resultaten basierend auf dem Prädiktorenmodell. Sofern diese von akzeptabler Güte sind, dürften durch diese Kombination respektive Eichung fundierte und für das gesamte Untersuchungsgebiet geltende Prognosen bezüglich Land-

schaftspräferenz möglich sein. Es wäre wünschenswert, dass der Trägerschaft UNESCO Welterbe die hierzu erforderlichen Ressourcen zur Verfügung gestellt werden können.

Wie anhand des vorgeschlagenen Fotomonitorings exemplarisch dargestellt, muss die Partizipation bei der Ermittlung des landschaftsästhetischen Potenzials generell intensiviert werden. Einzelne Ergebnisse scheinen anzudeuten, dass der dem eingesetzten Verfahren zugrunde liegende Brückenschlag zwischen subjektiven und objektiven Ansätzen der Ästhetik noch zu kurz greift. Die theoretisch und empirisch erhärteten Präferenzprädiktoren verleihen dem Verfahren zwar die nötige Legitimität, allerdings ist "empirisch erhärtet" nicht mit "lokal verankert" gleichzusetzen. Entsprechend gibt Schwahn (1990, S. 90) zu bedenken: „Wer ein Verfahren zur ästhetischen Bewertung von Landschaft entwickelt oder anwendet, sollte sich deshalb davor hüten, die Wertvorstellungen von Einheimischen mit denen Ortsfremder zu majorisieren. In einer Landschaftsbewertung sollte vielmehr vor allem den Bedürfnissen der unmittelbaren Bewohner des betroffenen Landschaftsraumes sowohl in ideeller wie auch in materieller Hinsicht Rechnung getragen werden“. Auch Dakin (2003, S. 197) ist der Ansicht, der Landschaftsanalyse durch den Dialog zum Durchbruch zu verhelfen: „*Landscape analysis should emerge from dialogue about what contributes to landscape value in a particular place and why those factors are important, rather than from an expert-based (or evenly public) assessment of stereotypical landscape elements determined a priori.*“

Nicht zuletzt würde eine bewusst und gezielt geführte Landschaftsästhetik-Diskussion mit der Bevölkerung dazu dienen, Grundlagen für die Festsetzung von Richt- und Höchstwerten betreffend des Ausmasses und der Geschwindigkeit von Landschaftsveränderungen zu erarbeiten. Gemäss Lang und Blaschke (2007, S. 321) liegt derzeit genau in diesem Punkt, nämlich der Festlegung sowie Dokumentation von Schwellwerten und Bewertungsskalen, Forschungsbedarf; ohne dies ist die operationelle Anwendung von indikatorischen Ansätzen als Teil von Monitoring- und Controllingsystemen wenig gewinnbringend. So gesehen ist nach den Worten von Jaeger (2006, S. 161) aus der Verbindung quantitativer *und* qualitativer Aussagen der grösste Beitrag zur Lösung heutiger Umweltprobleme zu erwarten, „dies indem die Quantifizierung die qualitativen Überlegungen unterstützt – im Sinne einer Schärfung, Klärung, Differenzierung – und damit die Nachprüfbarkeit von Zielfestlegungen zum Schutz von Landschaften erhöht“. In gleicher Weise werden der in dieser Arbeit verwendete Lösungsansatz sowie die vorgestellten Verbesserungsvorschläge die Vermittlungsbemühungen im Spannungsfeld zwischen Schutz- und Nutzungsinteressen hoffentlich unterstützen helfen, so dass die (nahezu) unermessliche Schönheit des UNESCO Welterbes Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn auch zukünftige Generationen noch zu faszinieren vermag.



Abbildung 13.1: Blick auf den Grossen Aletschgletscher (ZVG durch Trägerschaft UNESCO Welterbe).

Literaturverzeichnis

- Adam, K.; Nohl, W.; Valentin, W. (1986): Bewertungsgrundlagen für Kompensationsmassnahmen bei Eingriffen in der Landschaft. Düsseldorf (Naturschutz und Landschaftspflege in Nordrhein-Westfalen).
- Augenstein, I. (2002): Die Ästhetik der Landschaft. Ein Bewertungsverfahren für die planerische Umweltvorsorge. Berlin: Weissensee Verlag (Berliner Beiträge zur Ökologie, 3).
- Baatz, M.; Schäpe, A. (2000): Multiresolution Segmentation - an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl, Josef (Hg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg. Karlsruhe: Herbert Wichmann Verlag, S.12–23.
- Bahrenberg, G.; Giese, E.; Osman, M. (1990): Statistische Methoden in der Geographie. 3., überarb. Aufl. Stuttgart: Teubner (Teubner-Studienbücher. Geographie).
- Bellwald, S.; Zuchuat, J.-C.; Wiedmer, S.; PLANVAL Studien-Evaluationen-Kommunikation (2005): Monitoring Ländlicher Raum, Themenkreis U2: Struktureller Wandel der Wirtschaft im ländlichen Raum. Herausgegeben von Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). Bern. (Version 1/05).
- Blaschke, T. (2002): GIS und Fernerkundung für Landschaftsmonitoring und Landschaftsplanung. In: STANDORT - Zeitschrift für Angewandte Geographie, Nr. 3, S.115–120.
- Blaschke, T. (2003): Continuity, complexity and change: A hierarchical geoinformation-based approach to exploring patterns of change in a cultural landscape. In: Mander, Ü.; Antrop, M. (Hg.): Multifunctional Landscapes Vol III: Continuity and Change. Southampton, Boston: WIT press (Advances in Ecological Sciences, 16), S.33–54.
- Blaschke, T.; Dragut, L. (2003): Integration of GIS and object-based image analysis to model and visualize landscape. In: Schiewe, Jochen; Hahn, Michael; Madden, Marguerite; Sester, Monika (Hg.): Challenges in Geospatial Analysis. Integration and Visualisation II. Stuttgart.
- Blaschke, T.; Lang, S.; Möller, M. (2005): Object-based analysis of remote sensing data for landscape monitoring: recent developments. In: Neves Epiphanyo, José Carlos; Banon, Gerald Jean Francis (Hg.): Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Goiânia, S.2879–2885.
- Blaschke, T.; Strobl, J. (2003): Defining landscape units through integrated morphometric characteristics. In: Buhmann, Erich; Ervin, Stephen M. (Hg.): Trends in landscape modeling. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences 2003. Heidelberg: Wichmann, S.104–113.
- Bourassa, S.C. (1991): The aesthetics of landscape. London; New York: Belhaven Press.
- Buchecker, M. (1999): Die Landschaft als Lebensraum der Bewohner. Nachhaltige Landschaftsentwicklung durch Bedürfniserfüllung, Partizipation und Identifikation; theo-

retische Begründung, empirische Untersuchung und Evaluation von Methoden zur praktischen Umsetzung. Dissertation. Bern. Universität.

- Buhyoff, G.J.; Miller, P.A.; Roach, J.W. et al. (1994): An AI Methodology for Landscape Visual Assessment. In: AI Applications, Jg. 8, Nr. 1, S.1–13.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hg.) (2003): Landschaft 2020 - Leitbild. Unter Mitarbeit von Matthias StremLOW und Heinz Pfister. Bern.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU); Umweltbundesamt (UBA) (2002): Umweltziele im Alpenraum und Ansätze zu einem Monitoring durch Indikatoren. Ergebnisse der Arbeitsgruppe "Bergspezifische Umweltqualitätsziele" der Alpenkonvention. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU); Umweltbundesamt (UBA). Berlin.
- Burnett, C.; Blaschke, T. (2003): A multi-scale segmentation/object relationship modelling methodology for landscape analysis. In: Ecological Modelling, Jg. 168, S.233–249.
- Dakin, S. (2003): There's more to landscape than meets the eye: towards inclusive landscape assessment in resource and environmental management. In: The Canadian Geographer / Le Géographe canadien, Jg. 47, Nr. 2, S.185–200.
- Daniel, T.C.; Vining, J. (1983): Methodological Issues in the Assessment of Landscape Quality. In: Altman, I.; Wohlwill, J. (Hg.): Behaviour and the Natural Environment (Advances in Theory and Research, 6), S.39–84.
- Felber Rufer, P. (2006): Landschaftsveränderung in der Wahrnehmung und Bewertung der Bevölkerung. Eine qualitative Studie in vier Schweizer Gemeinden. Birmensdorf. 168 S.
- Forman, R.T.T. (1995): Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. 7. printing. Cambridge: Cambridge University Press; Cambridge Univ. Press. 632 S.
- Gremminger, T.; Keller, V.; Roth, U. et al.: Landschaftsästhetik. Wege für das Planen und Projektieren. Unter Mitarbeit von Matthias StremLOW. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern. (Leitfaden Umwelt).
- Grosjean, G.; Wiesmann, U. (1986): Aesthetische Bewertung ländlicher Räume. Am Beispiel von Grindelwald im Vergleich mit andern schweizerischen Räumen und in zeitlicher Veränderung. Bern: Arbeitsgemeinschaft Geographica Bernensia; Geographisches Institut der Universität Bern.
- Gustafson, E.J. (1998): Quantifying Landscape Spatial Pattern: What Is the State of the Art? In: Ecosystems, Jg. 1, S.143–156.
- Hay, G.J.; Blaschke, T.; Marceau, D.J.; Bouchard, A. (2003): A comparison of three image-object methods for the multiscale analysis of landscape structure. In: Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Jg. 57, S.327–345.
- Hochstetter, S.; Walz, U. (2006): Werkzeuge und Methoden zur Analyse von dreidimensionalen Landschaftsstrukturen. In: Wittmann, Jochen; Müller, Mike (Hg.): Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften. Workshop Leipzig 2006. Aachen: Shaker, S.235–244.

- Hoisl, R.; Nohl, W.; Zekorn, S.; Zöllner, G. (1987): Landschaftsästhetik in der Flurbereinigung. Empirische Grundlagen zum Erlebnis der Agrarlandschaft ; Forschungsvorhaben des Lehrstuhls für Ländliche Neuordnung und Flurbereinigung der Technischen Universität München und der Werkstatt für Landschafts- und Freiraumentwicklung. München: TUM (Materialien zur Flurbereinigung ; 11).
- Hunziker, M. (2000): Einstellungen der Bevölkerung zu möglichen Landschaftsentwicklungen in den Alpen. Birmensdorf.
- Climate change 2007. Impacts, Adaption and Vulnerability. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Genf IPCC Secretariat. 21 S.
- Iselin, G. (2001): Kriterien und Indikatoren zur Beurteilung der Nachhaltigkeit der Landschaftsentwicklung. Grundlagen für das Projekt Landschaft 2020. Zürich: ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Departement Forstwissenschaften, Professur Forstpolitik und Forstökonomie.
- IUCN - The World Conservation Union (2001): World Heritage Nomination - IUCN Technical Evaluation. Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn (Switzerland). Unter Mitarbeit von J. Thorsell und M. Price. IUCN - The World Conservation Union. Online verfügbar unter http://whc.unesco.org/archive/advisory_body_evaluation/1037.pdf, zuletzt geprüft am 26.01.2007.
- Jaeger, J.; Bertiller, R. (2006): Aufgabe und Grenzen von Messgrößen für die Landschaftsstruktur - das Beispiel Zersiedlung. In: Tanner, Karl Martin; Ewald, Klaus Christoph; Aerni, Klaus; Bürgi, Matthias; Coch, Thomas; Ewald, Klaus C. (Hg.): Landschaftsqualitäten. Festschrift für Prof. Dr. Klaus C. Ewald anlässlich seiner Emeritierung im Jahr 2006. Bern: Haupt Verlag, S.159–184.
- Jaeger, J.; Esswein, H.; Schwarz-von Raumer, H.-G.; Müller, M. (2001): Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg. Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen Zustandsanalyse. In: Naturschutz und Landschaftsplanung - Zeitschrift für angewandte Ökologie, Jg. 33, Nr. 10, S.1–13.
- Kaplan, R.; Kaplan, S. (1989): The Experience of Nature. A Psychological Perspective. New York: Cambridge University Press.
- Kienast, F.; Bürgi, M.; Gehring, K. et al. (2006): Vorstudie LAQUE: Monitoring Landschaftsqualität CH. Schlussbericht Phase 1. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL. Birmensdorf.
- Koeppel, H.-D. (1991): Landschaft unter Druck. Zahlen und Zusammenhänge über Veränderungen in der Landschaft Schweiz. Unter Mitarbeit von Hans-Michael Schmitt und Felix Leiser. Herausgegeben von Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) und Wald und Landschaft Bundesamt für Umwelt. Bern.
- Köhler, B. (2000): Erfassung und Bewertung des Landschaftsbildes. Grundlagen und Methoden zur Bearbeitung des Schutzguts "Vielfalt Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft" in der Planung. 1. Aufl. Hannover: NLÖ Fachbehörde für Naturschutz (Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen).

- Lang, S.; Blaschke, T. (2007): Landschaftsanalyse mit GIS. 20 Tabellen. 20 Tabellen. Stuttgart: Ulmer (Uni-Taschenbücher, 8347 : Geowissenschaften, Biologie, Ökologie, Agrar- und Forstwissenschaften).
- Lang, S.; Langanke, T.; Klug, H.; Blaschke, T. (2002): Schritte zu einer zielorientierten Strukturanalyse im Natura2000-Kontext mit GIS. In: Strobl, Josef; Blaschke, Thomas; Lausch, A.; Griesebner, G. (Hg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIV. Heidelberg: Wichmann, S.302–307.
- Lausch, A.; Herzog, F. (2002): Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. In: Ecological Indicators, Nr. 2, S.3–15.
- Linster, Myriam (Hg.) (2003): OECD Environmental Indicators. Development, Measurement And Use. Reference Paper. Organisation For Economic Co-Operation And Development. Paris.
- Lutze, G.; Schultz, A.; Kiesel, J. (2004): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung - ein systemanalytischer Ansatz. In: Walz, Ulrich; Lutze, Gerd; Schultz, Alfred; Syrbe, Ralf-Uwe (Hg.): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung -. Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen. Dresden: Sächsisches Druck- und Verlagshaus AG. IÖR-Schriften, S.1–12.
- Nationales Forschungsprogramm 48, "Landschaften und Lebensräume der Alpen" (Hg.) (2005): Alpensichten. Unter Mitarbeit von Anna Hohler, Lisa Rööslü und Pia Seiler et al. Bern.
- Neubert, M. (2006): Bewertung, Verarbeitung und segmentbasierte Auswertung sehr hoch auflösender Satellitenbilddaten vor dem Hintergrund landschaftsplanerischer und landschaftsökologischer Anwendungen. Berlin: Rhombos-Verlag (Fernerkundung und angewandte Geoinformatik, Bd. 1). 180 S.
- Neubert, M.; Blaschke, T. (2004): Segmentierung von Fernerkundungsdaten als Grundlage zur Ableitung von Landschaftsstrukturmassen. In: Walz, Ulrich; Lutze, Gerd; Schultz, Alfred; Syrbe, Ralf-Uwe (Hg.): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung -. Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen. Dresden: Sächsisches Druck- und Verlagshaus AG. IÖR-Schriften, S.91–108.
- Ossola, C.; Taberlet, F. (2006): Gathering and analysis of existing documentation on natural World Heritage in the Alps. Herausgegeben von Guido Plassmann. Alpine Network of Protected Areas. Online verfügbar unter <http://www.alparc.org>, zuletzt geprüft am 22.01.2007.
- Palmer, J. (2004): Using spatial metrics to predict scenic perception in a changing landscape: Dennis, Massachusetts. In: Landscape And Urban Planning, Jg. 69, S.201–218.
- Roth, M.; Gruehn, D. (2005): Scenic Quality Modelling in Real and Virtual Environments. In: Buhmann, Erich; Paar, Philip; Bishop, Ian; Lange, Eckart (Hg.): Trends in real-time landscape visualization and participation. Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences 2005. Heidelberg: Wichmann.

- Schafranski, F. (1996): Landschaftsästhetik und räumliche Planung. Theoretische Herleitung und exemplarische Anwendung eines Analyseansatzes als Beitrag zur Aufstellung von landschaftsästhetischen Konzepten in der Landschaftsplanung. Kaiserslautern: Lehr- und Forschungsgebiet Landschafts- und Grünordnungsplanung, [Fachbereich Architektur/Raum- und Umweltplanung/Bauingenieurwesen], Universität Kaiserslautern.
- Schüpbach, B. (2000): Ein Vergleich zwischen landschaftsästhetischer Bewertung und ökologischer Bewertung. Dargestellt am Beispiel von vier Untersuchungsgebieten im schweizerischen Mittelland. Bern: Lang. 258 S.
- Schüpbach, B. (2002): Methods for indicators to assess landscape aesthetic. In: Paper presented to the NIJOS/OECD Expert Meeting on Agricultural Landscape, Oslo, Norway, S.1–11.
- Schwahn, C. (1990): Landschaftsästhetik als Bewertungsproblem. Zur Problematik der Bewertung ästhetischer Qualität von Landschaft als Entscheidungshilfe bei der Planung von landschaftsverändernden Massnahmen. Hannover: Institut für Landschaftspflege und Naturschutz, Universität Hannover (Beiträge zur räumlichen Planung, 28).
- Shafer, E.L.; Hamilton, J.F.; Schmidt, E.A. (1969): Natural Landscape Preferences: A Predictive Model. In: Journal of Leisure Research, Jg. 1, Nr. 1, S.1–19.
- Stephan, P. (2001): Die Welt auf dem Prüfstand. Nachhaltigkeitsindikatoren im Rio-Follow-up. Forum Umwelt & Entwicklung. Bonn. Online verfügbar unter http://www.rio-10.de/rioprozess/bilanzpapiere/bilanz_indikatoren2002.pdf, zuletzt geprüft am 18.05.2007.
- Stremlow, M.; Thélin, G. (2003): Landschaft 2020. Analysen und Trends;Grundlagen zum Leitbild des BUWAL für Natur und Landschaft. Bern: Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (Schriftenreihe Umwelt. Natur und Landschaft, Nr. 352).
- Syrbe, R.-U. (1999): Indikatoren der Landschaftsstruktur zur Erfassung und Bewertung des Landschaftswandels auf der Grundlage geoökologischer Raumeinheiten. In: Steinhardt, Uta; Volk, Martin; [Ed.] (Hg.): Regionalisierung in der Landschaftsökologie. Forschung - Planung - Praxis. Stuttgart: Teubner, S.149–161.
- Syrbe, R.-U.; Bastian, O.; Röder, M. (2003): Landschaftsmonitoring als Grundlage für Bewertung und Modellierung. In: International Association for Landscape Ecology (Hg.): Bewertung und Entwicklung der Landschaft. Ergebnisse der Jahrestagung IALE-Deutschland 2002 in Dresden. Dresden: Leibniz-Inst. für Ökolog. Raumentwicklung (IÖR-Schriften, 40), S.225–236.
- Trägerschaft UNESCO Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn (Hg.) (2005): Managementplan für das UNESCO Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn. Trägerschaft und Managementzentrum UNESCO Weltnaturerbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn. Naters und Interlaken, Schweiz.
- UNESCO World Heritage Centre (Hg.) (2005): Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation. Paris. Online verfügbar unter <http://whc.unesco.org/archive/opguide05-en.pdf>, zuletzt geprüft am 26.01.2007.

- Wallner, Astrid; Bäschlin, Elisabeth; Grosjean, Martin, et al. (Hg.) (2007): Welt der Alpen - Erbe der Welt. UNESCO Welterbe-Region Jungfrau - Aletsch - Bietschhorn. 1. Auflage. Bern: Haupt Verlag.
- Walz, U. (2004): Landschaftsstrukturmasse - Indizes, Begriffe und Methoden. In: Walz, Ulrich; Lutze, Gerd; Schultz, Alfred; Syrbe, Ralf-Uwe (Hg.): Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung -. Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen. Dresden: Sächsisches Druck- und Verlagshaus AG. IÖR-Schriften, S.15–27.
- Wöbse, H.H. (2002): Landschaftsästhetik. Über das Wesen, die Bedeutung und den Umgang mit landschaftlicher Schönheit. Stuttgart: Ulmer. 304 S.
- Wrbka, T.; Peterseil, J.; Kiss, A. et al. (2003): Landschaftsökologische Strukturmerkmale als Indikatoren der Nachhaltigkeit. Endbericht zum Forschungsprojekt SINUS. Herausgegeben von Johannes Peterseil und Thomas Wrbka. Institut für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien, IECB. Wien. Online verfügbar unter <http://dos3.pph.univie.ac.at/Sinus/sinus.htm>, zuletzt geprüft am 21.05.2007.
- Wu, J. (1999): Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. In: Canadian Journal of Remote Sensing, Jg. 25, Nr. 4, S.367–380.
- Zube, E.H. (1984): Themes in landscape assessment theory. In: Landscape Journal, Jg. 3, S.104–110.