

Virtuelle Welten – Reale Entscheide?

Die Alpen im Modellbaukasten

Thematische Synthese und Ausblick
zum Forschungsschwerpunkt V
„Virtuelle Repräsentation“

Nationales Forschungsprogramm 48
„Landschaften und Lebensräume der Alpen“
des Schweizerischen Nationalfonds SNF

Autoren:
Ariane Walz, Christian Gloor, Britta Allgöwer,
Peter Bebi, Andreas Fischlin, Eckart Lange und
Kai Nagel

Zürich und Davos, den 06. Juni 2007



NFP 48 Landschaften und Lebensräume der Alpen
PNR 48 Paysages et habitats de l'arc alpin
NRP 48 Landscapes and Habitats of the Alps

Empfohlene Zitierweise

Walz, A., Gloor, Chr., Allgöwer, B., Bebi, P., Fischlin, A., Lange, E. & K. Nagel (2007)
Virtuelle Welten – Reale Entscheide? NFP48 Synthese V , Hrsg. , Verlag, pp.xx ISBN-
Nr.

Projektteam

Dr. sc. techn. Britta **Allgöwer**, Geographisches Institut, Universität Zürich
(Gesamtleitung)
Dr. sc. natw. Ariane **Walz**, WSL-SLF (Wissenschaftliche Bearbeitung)
Dr. Christian **Gloor**, Universität Zürich (Wissenschaftliche Bearbeitung)
Dr. Peter **Bebi**, WSL-SLF
Dr. sc. natw. Andreas **Fischlin**, ETH Zürich
Prof. Dr. Eckart **Lange**, University of Sheffield
Prof. Dr. Kai **Nagel**, FU Berlin

Begleitgruppe

Programmleitung NFP 48

Prof. Dr. Wolfgang **Haber**
Prof. Dr. Bernard **Lehmann**
Urs **Steiger**
Dr. Michael **Weber**
Dr. Stefan **Husi**

Wissenschaft

Prof. Dr. Walter **Schaufelberger**, Institut für Automatik, ETH Zürich

Bundesverwaltung

Fred **Baumgartner**, Sektion Siedlung und Landschaft, Bundesamt für
Raumentwicklung ARE, Bern
Dr. Urs **Frei**, Bereich Raumfahrt, Staatssekretariat für Bildung und Forschung, Bern

Kantonale Verwaltung

Walter **Castelberg**, Amt für Wirtschaft und Tourismus, Kanton Graubünden
Cla **Semadeni**, Amt für Raumplanung, Kanton Graubünden

Politik

Hans Peter **Michel**, Landammann der Landschaft Davos

Vertreter der Praxis (Planung und Wirtschaft)

Maria von **Ballmoos**, Science City, Davos
Thomas **Schneider**, Senior Consultant, Ernst Basler + Partner, Zollikon
Peder **Plaz**, Co-Geschäftsführer des Wirtschaftsforums Graubünden, Chur



Dank

Soll eine Synthese im Bereich „Virtuelle Repräsentation“ geschrieben werden?

Diese Frage hat nicht nur die NFP48 Programmleitung eingehend beschäftigt, sondern auch das Autorenteam der vorliegenden Synthese V.

Kann in vernünftige Worte gefasst werden, was eine Computeranimation scheinbar spielerisch und mühelos vermittelt? Und was hat das mit Landschaften und Lebensräumen der Alpen zu tun? Vieles oder auch nichts. Betrachtet man die analysierten NFP48 Arbeiten mit Modellierungscharakter unter dem thematischen Aspekt, sind sie alle an den Alpenraum gebunden. Interessiert der Modellierungs- und Technikaspekt, werden die Alpen irrelevant. Methoden im Bereich der Virtuellen Repräsentation und der Landschaftsanalyse können irgendwo auf der Welt – auch der imaginären Welt – entwickelt werden.

Der angedeutete Spagat spiegelt sich nicht nur in der Synthese V wider, sondern auch in den Projekten des Schwerpunktes V des Nationalen Forschungsprogramms NFP48. Diese Projekte pendeln alle mehr oder minder zwischen methodischen und thematischen Aspekten hin und her und nehmen dementsprechend wechselnde Betrachtungswinkel ein. Auch das Autorenteam der Synthese V war sich nicht immer klar, geschweige denn einig, welchem Aspekt nun die Priorität gegeben werden soll.

Synthese V *„Virtuelle Welten – reale Entscheide? Die Alpen im Modellbaukasten“* liegt vor und es gilt, einen grossen Dank von Herzen auszusprechen. Einerseits der NFP48-Programmleitung, welche uns diese Synthese anvertraute und andererseits dem Autorenteam, allen voran Ariane Walz und Christian Gloor, unsere beiden NFP48 Post-Doktorierende und Hauptautoren. Ohne die konstruktive und stets wohlwollende Kritik der ganzen Programmleitung, namentlich von Prof. Wolfgang Haber und Prof. Bernard Lehmann, aber auch ohne den grossen Einsatz von Ariane Walz – die in dieser Zeit auch ihre Tochter Marlena zur Welt brachte – und Christian Gloor, der uns die animierte Welt erschloss, wäre diese Synthese nie zustande gekommen!

Grosser Dank gebührt auch der Begleitgruppe der Synthese V. Diese hat nicht nur „begleitet“, sondern auch die Stakeholdergruppen des NFP48 vertreten. Es ist nicht selbstverständlich, dass Menschen mit einem vollen Pensum sich Zeit nehmen, das Entstehen einer solchen Arbeit über längere Zeit und mehrere Begegnungen hinweg mit Interesse, kritischem Wohlwollen und wertvollen Anregungen zu begleiten. Ganz herzlich gedankt sei Prof. Walter Schaufelberger und Thomas Schneider für die Bildung der Sub-Gruppe Informatik & Praxis, Fred Baumgartner für die Anregungen aus Bundessicht und Dr. Urs Frei für das Redigieren des Manuskriptes. Bei der zweiten Begleitgruppensitzung, dem Stakeholder Treffen in Davos am 19.1.2007, stiess Frau Elisabeth Mani-Heldstab, Grosse Landrätin von Davos und Grossrätin des Kantons Graubünden, dazu und hat wertvollen Input beigetragen. Auch dafür sei herzlich gedankt!

Davos und Zürich, im Juni 2007, Britta Allgöwer (Projektleiterin)



Inhalt

<i>Prolog</i>	8
<i>Zusammenfassung</i>	10
1 Einführung	16
1.1 Motivation.....	16
1.2 Bedeutung der Synthese V für die Alpenforschung.....	17
1.3 Begleitgruppe.....	17
1.4 Zielpublikum der Synthese V.....	18
1.5 Ziele	18
1.6 Fragenkatalog.....	19
1.7 Aufbau der Synthese V.....	19
1.8 Definition und Abgrenzung von Schlüsselbegriffen.....	20
2 Zusammenschau und Bewertung der NFP48-Projekte mit Modellierungscharakter	26
2.1 Vorstellung der Projekte	26
2.2 Merkmale der Projekte.....	40
2.2.1 Einordnung in die Landschaftsforschung	40
2.2.2 Inhaltliche Ausrichtung	41
2.2.3 Methodische Ansätze der Modellierung	41
2.2.4 Räumliche und zeitliche Skalen.....	43
2.2.5 Die wichtigsten Szenarien für die Schweizer Alpen.....	43
2.2.6 Datengrundlagen der Projekte	44
2.2.7 Funktion und Einsatzbereich der Modelle	44
2.2.8 Kommunikation und Visualisierung der Ergebnisse	46
2.3 Bewertung des Gesamtbeitrags.....	47
2.3.1 Komplementäre Ansätze & Kombination von Ansätzen	47
2.3.2 Technische Fortschritte bei der Kombination von Ansätzen	47
2.3.3 Einsatzpotenzial für die praktische Anwendung.....	48
3 Einsatz von Modellen in der Raum- und Landschaftsplanung	50
3.1 Erwartungen an virtuelle Planungsinstrumente	50
3.2 Probleme und Lösungsansätze zur Etablierung von Modellen in der Planungspraxis	52
3.2.1 Datenverfügbarkeit und -qualität	52
3.2.2 Schnittstellen zwischen verschiedenen Tools	55
3.2.3 Erforderliche Komplexität der Modelle.....	56
3.2.4 Übertragbarkeit von Modellen.....	60
3.2.5 Mögliche Funktionen in Planungsprozessen	62
3.2.6 Etablierung von Modellen in der Planungskultur	65
3.3 Leitfaden zur Beurteilung des Einsatzbereiches der Modelle.....	66
4 Virtuelle Repräsentation – vom „schönen Bild“ zum hilfreichen Analyse- und Planungsinstrument	70
4.1 Wie entwickelt man die „fallspezifische, individuell angepasste“ Software-Lösung?	72

4.1.1	Der „Anwendungsfall“ – oder von der „kleinen Geschichte“ zur Funktionalitätenliste.....	72
4.2	Von der Idee zur Realisierung – wer nimmt welche Rolle ein?	73
4.3	Ein didaktisches Beispiel – Belegung der Wanderwege rund um den Schatzalpturm (Davos)	73
4.4	Aufwand für die Herstellung der gewünschten Schatzalp-Animation.....	77
4.4.1	Aufwand für die GIS-Analysen	77
4.4.2	Implementationsaufwand für die Fussgängersimulation	77
4.4.3	Aufwand für die 3D-Visualisierung und Film-Herstellung	78
4.4.4	Gesamtaufwand für die Herstellung der Schatzalp-Animation	79
4.4.5	Verwendete Visualisierungstypen	80
4.5	Beispiele aus dem NFP48.....	84
4.5.1	Use Case aus ALPSCAPE	84
4.5.2	Use Case aus IPODLAS	86
4.5.3	Use Case zu den Auswirkungen von sich ändernden Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft auf Landschaft und Tourismus in den Alpen	91
4.6	Schlussfolgerungen für die Softwareentwicklung und Anwendung im Bereich Planung und Landschaftsanalyse.	93
5	Fazit.....	96
	Verwendete Literatur	102
6	Anhang.....	108
6.1	Dokumentation des Begleitgruppenprozesses	108
6.1.1	Auswertung der Fragebögen.....	108
6.1.2	Anforderungsprofil an Modelle aus Sicht der (potenziellen) Anwender	111
6.2	Technische Details zum Use Case	117
6.2.1	Schichtenprinzip	120
6.2.2	Validierung des Modells.....	123
7	Begleit-CD.....	124

Prolog

„Orascom Hotels & Development (OHD) mit Sitz in Kairo¹, Ägypten, plant in Andermatt ein Tourismusressort mit Hotels, Ferienwohnungen und – häusern zu errichten. Insgesamt sollen gegen 3'000 Gastbetten, Kommerzflächen und verschiedene Freizeitanlagen im Sport- und Wellnessbereich und ein 18-Loch Golfplatz entstehen.“

„Hafencity Flüelen²: Die Kombination der Lage am Urnersee und der des historischen Tourismusorts mit dem Potential der Durchgangsreisenden könnte in Form eines neuen Haltepunktes auf der internationalen Route eine grosse Chance für das Alpental sein. Vorgeschlagen wird ein kombinierter Bahn- Auto- und Schiffshalt in Flüelen als Entwicklungsschwerpunkt. Unter Nutzung der Seelage und der Potentiale der Verkehrsträger kann ein neuer Stadtteil in Form einer Hafencity mit Fernverkehrsanschluss entstehen. Flüelen kommt wieder zum See und wird zum attraktiven Anknüpfungspunkt des historischen Siedlungsbogens an die Zukunft.“

„Vom Zauberberg zum Zauberturm³: Die Regierung^{4,5} hat die vom Davoser Stimmvolk am 31. Oktober 2004 beschlossene Ortsplanungsrevision, mit welcher unter anderem die Voraussetzung für einen 105 Meter hohen Turm mit Hotel- und Wohnnutzung auf der Schatzalp geschaffen wurde, genehmigt. Gleichzeitig hat die Regierung die gegen das Turmkonzept eingereichten Planungsbeschwerden abgewiesen.“

So lauten einzelne Kernsätze in den Unterlagen zu geplanten Grossbauprojekten in den Alpen. Sind dies nun harmlose Papiertiger oder raumplanerischer Zündstoff? Planspiele oder ernstzunehmende Entwicklungstrends in einem sensiblen Raum?

Die NFP48 Synthese V gibt darauf keine Antwort, aber sie zeigt Möglichkeiten auf, wie solche Projekte durchgespielt werden können, bevor sie tatsächlich in die Realität umgesetzt werden. „Virtuelle Welten – Reale Entscheide“ symbolisiert denn auch das Spannungsfeld in dem sich Planung, Modellierung und gelebte Umsetzung befinden. War es früher das Kartonmodell, welches die Vorstellungskraft unterstützen musste, kann es einem heute bange werden ob der Möglichkeiten, die das Internet und die Rechenkapazität heutiger Personalcomputer auf tun. 3D und 4D-Planungswelten scheinen hier zum Kinderspiel zu werden. Allerdings verschwimmen die Grenzen

¹ SAWIRIS-Projekt: Richtplananpassung Urserental, Erläuterungsbericht gemäss Art. 47 RPV, Korrektorexemplar / Änderungen gegenüber Stand 12.09.06, Herausgeberin, Kanton Uri, Justizdirektion, Projektleitung Andermatt, Tourismusressort Benno Bühlmann, Projektleiter, Bearbeitung Ernst Basler + Partner AG, 8032 Zürich, 14.11.2006, pp. 60

² Metron: Kurzzusammenfassung der Testplanung 06, pp.1/ REUR – Raumentwicklung unteres Reusstal Bericht Testplanung Juni 06 Marina Uri, pp. 14

³ Pius App: Die Schatzalp – vom Zauberberg zum Zauberturm. Referat an der SommerUni Davos 2007 – Die Alpen zwischen Idylle und Grossbaustelle, 20. – 24.8.2007, Davos

⁴ Regierungsbeschluss Kanton Graubünden vom 4. Juli. 2006 (Protokoll-Nr. 815)

⁵ <http://www.link-gr.ch/wbb2/showthread.php?p=952> (Zugriff 1.6.07)

zwischen Realität, Fiktion und Parallelwelten. Am 17. Mai 2007 ging folgende Meldung durch den digitalen Blätterwald⁶:

„Deutsche Bank eröffnet Filiale in Second Life. Berlin/München/Grasbrunn - Im Wettlauf um die optimale Unternehmensvermarktung in der virtuellen, 3D-simulierten Computerwelt Second Life⁷, eröffnete nun auch der deutsche Finanzdienstleister und Spezialist für elektronische Zahlungssysteme Wirecard eine eigene interaktive Filiale.“

Die Homepage von Second Life liest sich wie eine moderne Adaptation früher Science Fiction Literatur und ihrer Suche nach der besseren Welt, nur dass Second Life ironischerweise den heutigen, von Materialismus und Machbarkeitsanspruch geprägten Zeitgeist vorbehaltlos verinnerlicht hat:

*„**Second Life** ist eine virtuelle Welt – eine dauerhaft bestehende 3D-Umgebung, die vollständig von ihren Bewohnern erschaffen und weiterentwickelt wird. In dieser gewaltigen und schnell wachsenden Onlinewelt können Sie praktisch alles erschaffen oder werden, was Sie sich vorstellen können. (...) **Sie können 3D-Inhalte entwerfen und verkaufen, Land erwerben und bebauen**, und Sie können virtuelles Geld in Form einer Mikrowährung verdienen, die in reales Geld umgetauscht werden kann.“*

Fliessend ist auch die Grenze zwischen Forschung und Unterhaltungsindustrie. Multi-Agententechnologie und ausgeklügelte Computergraphik lassen die Soldaten des Bösen – die Orks⁸ – in der Filmtrilogie „Herr der Ringe“ zu Tausenden und Echtzeit aufmarschieren und Schlachten vor imposanter Landschaft schlagen. Die Orks – oder eben Agenten – verfügen über ein riesiges Bewegungs- und sogar Sinnesrepertoire, dass sie „selbstständig“ Entscheide treffen und „intelligent“ in der ebenfalls künstlichen Landschaftskulisse navigieren lässt. Andererseits befasst sich auch die akademische Welt mit der Erforschung künstlicher Intelligenz und der virtuellen Welt. So gibt es interaktive 3D Applikationen in der Medizin für beispielsweise das Erlernen der endoskopischen Mikrochirurgie, die Darstellung in der Architektur oder in dem dieser Synthese näher liegenden Gebiet der Landschaftsanalyse.

Die NFP48 Synthese V „Virtuelle Welten – reale Entscheide. Die Alpen im Modellbaukasten“ zeigt, inwieweit Modellierung im Nationalen Forschungsprogramm 48 „Landschaften und Lebensräume der Alpen“ eine Rolle spielte, und wirft einen Blick hinter die Kulissen virtueller computerbasierter Planungsinstrumente, um Schlussfolgerungen für die Praxis zu ziehen.

Davos, Zürich, Sheffield und Berlin, im Juni 2007
Die Autoren der NFP48 Synthese V & die NFP48 Kommunikation

⁶ Zum Beispiel: <http://www.news.ch> oder <http://www.nachrichten.ch/detail/275849.htm> (Zugriff 1.6.2007)

⁷ <http://secondlife.com/world/de/whatis/> (Zugriff 1.6.2007)

⁸ Koepfel, D. 2002. Massive Attack. Popular Science online Magazine, November 2002, <http://www.popsci.com/popsci/science/> (Zugriff am 6.6.2007)

Zusammenfassung

Die Synthese V des Nationalen Forschungsprogramms NFP48 „Landschaften und Lebensräume der Alpen“ widmet sich der computergestützten Modellierung, der Simulation und der Visualisierung von Landschaften und landschaftsverändernden Prozessen.

Echte Landschaften sind „träge“. Echte Landschaftsveränderungen sind in den meisten Fällen unwiederbringlich und sie bieten keinen Raum für Experimente. Da liegt es nahe, Entwicklungsoptionen und Entscheidungsalternativen in einer „Virtuellen Welt“ zu prüfen, bevor endgültige Entscheide getroffen werden. Computergestützte Modelle erlauben, ausgewählte Mechanismen unserer Realität in dieser „Virtuelle Welt“ zu testen, und der Visualisierung gelingt es, diese uns „Virtuelle Welt“ intuitiv verständlich zu kommunizieren. Deswegen gewinnt die virtuelle Repräsentation von Landschaftsprozessen immer mehr Bedeutung für die Planung.

Das Hauptziel der Synthese V war es daher, das Potenzial computergestützter Modelle und Visualisierung für die Raum- und Landschaftsplanung und den Beitrag des NFP48 dazu aufzuzeigen.

Die vorgestellten Erkenntnisse umfassen dabei nicht allein die direkte Erfahrung aus der NFP48-Forschung im Sinne einer Synthese (Teil 1), sondern geben auch einen erweiterten Ausblick zur verbesserten Etablierung von Modellen in der Planungspraxis (Teil 2) und schlagen eine Methode zur verbesserten Entwicklung von Modellen für die Praxis vor (Teil 3).

- Teil 1 (Kapitel 2) beschreibt die Auswahl an Modellen, die im Rahmen des NFP48 entwickelt wurden unter Berücksichtigung verschiedener Merkmale und zeigt auf dieser Grundlage den aktuellen Stand der Forschung auf. Teil 1 zeigt, dass die Modelle des NFP48 im Einzelnen **wichtige Beiträge zu aktuellen Fragen der inhaltlich, methodisch und technisch ausgerichteten Landschaftsforschung** leisten und ein weites Spektrum an Möglichkeiten im Bereich der Landschaftsmodellierung abdecken.

Die analysierten Modelle weisen eine **hohe inhaltliche und methodische Komplementarität** auf, sodass ein grosses Potenzial in ihrer Verknüpfung zu finden ist. Da die Modelle keiner systematischen Auswahl entsprechen, ergibt sich allerdings nicht *ein* kohärentes Gesamtergebnis.

Die Modelle des NFP48 gehen auf die wichtigsten Themenkomplexe der Raum- und Landschaftsplanung in den Alpen ein. Dazu zählen Mechanismen und Folgen von Landschaftsveränderungen durch **sich wandelnde landwirtschaftliche Nutzungsmuster** und **intensive, oftmals Tourismus bedingte Siedlungsentwicklung**, sowie ein verändertes Naturgefahrenpotenzial durch eine **Klimaerwärmung**.

Die NFP48-Forschung deckt ausserdem unterschiedliche funktionale Ausrichtungen von Modelle ab. Während die Funktion von Modellen in der

Forschung vorzugsweise in der erklärenden Analyse von Systemen liegt, wurden im Rahmen des NFP48 auch **Simulationsmodelle, Bewertungsansätze und Visualisierungstechniken** entwickelt, wie sie im Rahmen von Planungsprozessen sinnvoll eingesetzt werden können. Die verschiedenen Werkzeuge können, müssen allerdings nicht immer kombiniert werden.

Um den Anforderungen wissenschaftlicher Forschung gerecht zu werden, treten im Rahmen dieser Projekte typischerweise methodische oder technische Detailfragen in den Vordergrund, zu deren Beantwortung zahlreiche Faktoren und Faktorenkombinationen getestet werden. Die erarbeiteten Erkenntnisse können dabei für die Praxis von grosser Relevanz sein, denn **die Modelle selbst stellen Prototypen dar**, die in einzelnen Fallstudien entwickelt und getestet wurden.

Deswegen eignen sich die Modelle selbst nur bedingt als Werkzeuge in der Planung. Viele dieser Modelle sprechen zwar die Vielschichtigkeit der Raum- und Landschaftsentwicklung an, adäquate **Werkzeuge** sollten **für die Planungspraxis aber vorzugsweise wohl definierte und immer wieder auftretende Fragen der Regional- und Landschaftsplanung abbilden**. Ausserdem sind die Modelle bzw. die entsprechende Software oftmals nicht ausreichend professionell programmiert und dokumentiert. Das heisst, dass sie die erforderlichen Standards hinsichtlich Benutzerfreundlichkeit, Stabilität und Rechengeschwindigkeit, sowie Dokumentation technischer Details und oftmals impliziter Annahmen, die zur Interpretation der Simulationsergebnisse und zur Adaption der Modelle in einem anderen Anwendungsfall notwendig wären, nicht erfüllen.

- Teil 2 (Kapitel 3) schlägt die **Brücke zur Planungspraxis**, in dem er die Gründe für die relativ geringe Nutzung von computergestützten Modellen in der Raum- und Landschaftsplanung und Lösungsansätzen diskutiert. Dabei hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse repräsentativer internationaler Studien zu diesem Thema weitgehend mit den Erfahrungen aus dem Begleitgruppenprozess der Synthese zur Situation in der Schweizer Planungspraxis decken.

Die Modelle und Visualisierungen werden dabei als wichtiges Hilfsmittel in der Planung verstanden. Die Bedeutung von Modellen wird in Zukunft mit zunehmender Komplexität der Planungsfragen und zunehmendem Druck nach entsprechenden Entscheidungsgrundlagen wahrscheinlich wachsen. Den politischen Prozess einer Entscheidungsfindung können sie durch zusätzliche Information unterstützen. Visualisierung wird dagegen vorwiegend als Kommunikationsmittel eingesetzt. Sie kann einzelne Eingriffe in die Landschaft und vor allem auch schleichende Entwicklungen, wie zum Beispiel der allmähliche Verlust von Kulturland, in eine intuitiv begreifbare Form bringen.

Technische Probleme wie Datenverfügbarkeit und -qualität, aber auch die Schnittstellen zwischen Software-Paketen sind neben mangelnder Erfahrung im

Umgang mit Modellen die wichtigsten Gründe für die geringe Etablierung von Modellen in der Planungspraxis.

Verfolgt man die Entwicklung seit den 1990ern, ist im Bereich der **Datenverfügbarkeit und -qualität** mit einer relativ schnellen Verbesserung der Situation zu rechnen. Die insgesamt recht gute Datenlage in der Schweiz könnte insbesondere durch die gezielte Verknüpfung existierender Datensätze für Planungsaufgaben weiter verbessert werden. Zur Bewältigung dieser **Schnittstellenproblematik** konnten Projekte des NFP48 Lösungsbeiträge hinsichtlich der Integration unterschiedlicher Software-Umgebungen als auch unterschiedlicher Modelle liefern.

Modelle, die ganz gezielt **wohl definierte Planungsfragen ansprechen, können technisch so optimiert werden, dass sie als Werkzeuge für die Praxis** dienen können. Modellierung kann aber auch als Methode zur Strukturierung eines eher unübersichtlichen Problems eingesetzt werden. In diesem Fall steht dabei nicht das Modell als Werkzeug, sondern vielmehr der **Prozess der Modellierung und des damit verbundenen (oftmals kollektiven) Lernprozesses** im Vordergrund. Entsprechende, meist partizipative Methoden wurden hierzu in der Forschung entwickelt und im Rahmen von Fallstudien eingesetzt. Oftmals handelt es sich dabei um zunächst qualitative Ansätze, die zu einzelnen klar abgegrenzten Teilfragen auf numerische Modelle zurückgreifen. Schliesslich kann eine Modellierung auch in der Planungspraxis zur Analyse selbst erhobener Daten – ähnlich wie in der Forschung – eine wertvolle Methode sein. Auch in diesem Fall steht der Prozess der Modellierung im Vordergrund.

Aufwand und Mehrgewinn durch den Einsatz von Modellen und Visualisierungen müssen natürlich in einem sinnvollen Verhältnis stehen. Da viele Visualisierungswerkzeuge (z.B. Visual Nature Studio, Simmetry 3d, LandXplorer oder auch ArcGIS 3D Analyst) inzwischen recht komfortabel funktionieren, werden **Visualisierungen heute bereits in zunehmendem Masse in der Planung eingesetzt** (2005). Neben der computerbasierten Überarbeitung von Photographien wird dabei inzwischen auch vielfach auf hochwertige 3D-Visualisierungen zurückgegriffen. Aufgrund technischer Probleme und mangelnder Erfahrung mit Modellen, bedeutet der Einsatz von Modellen dagegen heute oftmals noch einen recht grossen Aufwand für die Planungspraxis. Aus diesem Grund wird sich der Einsatz von Modellen in der näheren Zukunft zunächst höchstwahrscheinlich noch auf grosse Planungsprojekte konzentrieren. **Die SAWIRIS-Pläne in Andermatt, die Hafencity Flüelen, der Gotthard-Basis-Tunnel, die Porta Alpina oder auch die Vergrösserung des Grimsel-Stausees sind Projekte mit vielschichtiger Wirkung auf die betroffenen Regionen und ihre Landschaft. Im Rahmen derartiger Grossprojekte können Modelle heute bereits sinnvoll und gewinnbringend eingesetzt werden.** In diesen Projekten könnte zum Beispiel eine partizipative, qualitative Modellierung ein hilfreicher Schritt im Planungsprozess darstellen, währenddem

für Einzelfragen auf numerische, als Werkzeug aufgearbeitete Modelle, zurückgegriffen wird.

Neben der Berechnung von Informationsgrundlagen in Entscheidungsprozessen stellt die wirklichkeitsnahe **Visualisierung ein wichtiges Hilfsmittel in der Planung** dar. Sie hat insbesondere in der **Kommunikation von zukünftig zu erwartenden, teilweise nur schleichend voranschreitenden Veränderungen** einen hohen Stellenwert. Die realitätsnahe 3D-Visualisierung stellt ein wichtiges Hilfsmittel dar, um die Ergebnisse komplexer Landschaftssimulation anschaulich und eindrücklich zu kommunizieren. Dies gilt insbesondere für die Öffentlichkeitsarbeit, je nach Fragestellung kann sie aber auch die visuelle Vorstellungskraft der Fachleute sinnvoll unterstützen. Die Nutzung von seriös dokumentierten und kommunizierten Modellen zur Abschätzung eines zukünftigen Landschaftsbildes kann die Gefahr des Missbrauchs dieses wirkungsvollen Kommunikationsmittels möglicherweise reduzieren.

Die mangelnde Erfahrung der Planungspraxis im Umgang mit Modellen, die vor allem als Kommunikationsproblem zwischen Landschaftsforschung und Raum- und Landschaftsplanung verstanden wird, kann mittelfristig über eine **verbesserte Zusammenarbeiten zwischen Praxis und Wissenschaft** erreicht werden. Über Qualifikationsarbeiten wie Diplom- und Doktorarbeiten im Rahmen aktueller Planungsprojekte wird der KnowHow-Transfer verbessert und die entsprechenden Fachleute ausgebildet.

Wir schlagen ausserdem die Ausarbeitung eines umfassenden **Leitfadens zum Einsatz von Modellen in der Planung** in der Art eines Bestimmungsschlüssels vor. Dieser Leitfaden soll dazu beitragen, dass sich interessierte Planer mit den Möglichkeiten und Methoden, Modellierung und Visualisierung in die Planungspraxis gewinnbringend zu integrieren, besser vertraut machen.

- Teil 3 (Kapitel 4) stellt eine Methode zur verbesserten Entwicklung von computergestützten Modellen und der dazugehörigen Software für die Praxis vor. Anhand mehrerer Beispiele erläutert Teil 3 wie virtuelle Planungs- und Landschaftsanalyseinstrumente funktionieren respektive, wie sie im gemeinsamen Dialog zwischen Anwender und Entwickler entworfen und implementiert werden können. Die Formulierung von „Use Cases“ oder „Anwendungsbeispielen“ stellt dabei eine Möglichkeit dar, Anforderungen und Funktionalitäten eines Modells im Sinne eines Werkzeugs und im Rahmen der technischen Möglichkeiten optimal auf einander abzustimmen. Der Ansatz wird in der Software-Entwicklung seit Jahrzehnten angewendet, doch hat er bisher kaum Eingang in die Entwicklung von Landschaftsmodellen gefunden.

Bei der Formulierung von Use Cases werden umfangreiche Anwendungen detailliert in kleinste Aktionsschritte aufgegliedert, um so schrittweise massgeschneiderte Software-Spezifikationen formulieren zu können für die anschliessende Implementation. **Damit kann zum einen dem Kommunika-**

tionsaspekt Rechnung getragen werden, zum anderen kann aber auch die technische Umsetzbarkeit der formulierten Anforderungen geprüft werden.

Anhand eines „didaktischen“ Beispiels wird die Anpassung eines der NFP48-Modelle auf eine hypothetische Planungsfrage im Detail veranschaulicht. Am Beispiel des geplanten Schatzalpturms in Davos wird demonstriert, wie eine komplexe und verschachtelte Fragestellung in wohl definierte Teilaspekte aufgegliedert werden kann, die denen eine Simulation hilfreiche Information beisteuern kann. Gleichzeitig dokumentiert dieses Beispiel auch den zeitlichen Aufwand, der nötig ist, um Modelle, die in einer Fallstudie entwickelt wurden, auf eine andere Region oder leicht veränderte Fragestellung zu übertragen. Damit wird auch die technische Herausforderung deutlich, überhaupt Modelle mit grosser und komfortabler Übertragbarkeit zu entwickeln.

Weitere Beispiele aus der NFP48-Forschung und ihr hypothetischer Einsatz in der Planung zeigen anhand derartiger Use Cases auf, welchen Beitrag einzelne Modelle für die Planung haben könnten. Dazu werden **typische Planungssituationen dargestellt**, in denen diese Modelle oder einzelne Aspekte dieser Modelle zum Einsatz kommen. Die ausgewählten Use Cases umfassen ökologische Fragestellungen mit Relevanz für das Landschaftsbild (Beispiel: Migrationsmuster von Lärchenwicklern), Aspekte der Ortsplanung (Beispiel: Änderung in der Zonenplanung). Ebenso wird aufgezeigt, wie aus all den vorgestellten NFP48 Modellierungen mit Hilfe eines Use Cases ein neues Modell der Landwirtschaftsförderung generiert werden kann.

Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass die **NFP48-Forschung wichtige Herausforderungen der aktuellen Raum- und Landschaftsplanung in den Alpen zu grossen Teilen abdecken**, dass jedoch die technische Umsetzung den Anforderungen der Planungspraxis (meistens noch) nicht entsprechen.



1 Einführung

1.1 Motivation

Was ist eine Landschaft, was ist ein Lebensraum? Wo fängt Landschaft an, wo hört sie auf? Wie können wir die Landschaft virtuell abbilden, wenn wir ihre Mehrdimensionalität und Vielschichtigkeit kaum oder nur umständlich in Worte fassen geschweige denn angemessen quantifizieren können?

Die Synthese V des Nationalen Forschungsprogramms NFP48 „Landschaften und Lebensräume der Alpen“ stellt nicht den Anspruch, die oben gestellten Fragen umfassend beantworten zu können. Sie verfolgt jedoch das Ziel, aufzuzeigen, wie Landschaften und Lebensräume trotz aller Limitierungen modelliert, simuliert und virtuell repräsentiert werden können. Mehr noch, sie möchte Hilfestellungen formulieren, wie computerbasierte, virtuelle Landschaftsanalyse- und Planungsinstrumente hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit eingeordnet und beurteilt werden können. Dabei geht sie sowohl auf computergestützte Modellierung als auch auf computergestützte Visualisierung ein. Denn spricht man von „virtuellen Welten“, werden diese beiden, an sich unabhängigen Techniken oftmals kombiniert (Koll-Schretzenmayr et al., 2004).

Dazu stützt sich die Synthese V einerseits auf die modellierungsorientierten Projekte des NFP48 ab und berücksichtigt andererseits die sehr breit gefächerte Fachliteratur. Ausserdem wirft sie einen Blick hinter die Kulissen der Software-Entwicklung. Dieser Blick hinter die Kulissen versucht dem immer wieder angetroffenen Reflex gerecht zu werden, sich komplexen Modellierungs- und Darstellungsabläufen in Form einer ‚kleinen, leicht nachvollziehbaren Geschichte‘ anzunähern.

Die inhaltliche Ausrichtung der Synthese V konzentriert sich auf die methodische Diskussion. Geographisch beschränkt sie sich weitgehend auf die Schweizer Alpen, da die berücksichtigten Projekte fast ausschliesslich diesen Raum oder Teile davon behandeln. Es interessiert, welche Modellierungstechniken und -ansätze verwendet wurden, und inwiefern in Zukunft Modellierung und Visualisierung in der Raum- und Landschaftsplanung im Alpenraum eingesetzt werden könnten. Obwohl die in den verschiedenen Projekten verwendeten Ansätze nicht zwingend auf den Alpenraum beschränkt sind, bedeuten die schwierigen topographischen Verhältnisse für die Modellierung und Visualisierung eine besondere Herausforderung, die eine spezifische Behandlung erfordert.

Die Umsetzung von Raum- und Landschaftsplanungskonzepten scheitern oftmals daran, dass sich die Öffentlichkeit ebenso wie Entscheidungsträger⁹ sich die Auswirkungen von Entscheiden und auch Nicht-Entscheiden nicht vorstellen können sowie zukünftige Entwicklungen unterschätzen. Viele Probleme sind aber nur aus einer langfristigen Sicht erkennbar. Da die politischen Prozesse eher kurzfristig orientiert sind, kann mit

⁹ Die Synthese V ist weitgehend geschlechtsneutral abgefasst. Wo dies nicht möglich ist, beziehen die männlichen Bezeichnungen Personen beider Geschlechter ein.

Modellen ein Mittel zur stärkeren und fundierteren Berücksichtigung langfristiger Entwicklungen geschaffen werden.

Die Synthese V strebt danach, die aktuellen Forschungsfragen in der Landschaftsmo-
dellierung und -analyse aufzuarbeiten und zu zeigen, wie die erzielten Forschungsergeb-
nisse in der Praxis genutzt werden können, und welche Anforderungen praxistaugliche
Produkte erfüllen müss(t)en.

1.2 Bedeutung der Synthese V für die Alpenforschung

Methodisch ist die Synthese V nicht an die Alpen gebunden. Das Wesen virtueller
Landschaftsanalyse- und Planungsinstrumente könnte am Beispiel jeden
Landschaftstypus untersucht werden. Dass komplizierte Topographien höhere
Anforderungen an Modelle und Daten stellen, liegt auf der Hand und lässt sich an den
Alpen naturgemäss schön zeigen.

Da der Alpenraum vor grossen sowohl deutlich wahrnehmbaren, als auch schleichenden
Veränderungen steht, sind methodische Fragen zur Modellierung und virtuellen
Repräsentation als Werkzeuge der Raum- und Landschaftsplanung für diesen Raum von
grosser Bedeutung. Anstehende Grossprojekte rufen nach Modellierung und Simulation
als mögliche Instrumente in der Planung. Es sei in diesem Zusammenhang zum Beispiel
an Staudammprojekte, den Alpentransit, die Ausscheidung und Etablierung von
Naturpärken, Entscheide zum Zweitwohnungsbau oder an Investitionen im
Wintertourismus vor dem Hintergrund einer zu erwartenden Klimaveränderung erinnert.
Ausserdem schlagen sich neben Grossprojekten auch graduelle Veränderungen der
Landnutzungsmuster auf die Landschaft nieder, die z.B. durch eine neue Agrarpolitik
oder auch durch Veränderungen im Tourismus- und Erholungsverhalten ausgelöst
werden. Diese Veränderungen werden nicht direkt durch einzelne direkte Eingriffe in
die Landschaft verursacht, sondern wirken sich schleichend, aufgrund zahlreicher, quasi
unabhängiger Einzelentscheide auf die Landschaft aus.

Die genannten Projekte und landschaftsrelevante Entscheide in der Agrar-,
Erschliessungs- und Tourismuspolitik, sowie die damit verbundenen
Entscheidungsprozesse können mit geeigneten Planungsinstrumenten unterstützt
werden. Diese erlauben es, unterschiedliche Zukunftsszenarien in virtuellen Welten zu
simulieren und bildlich darzustellen. Ob damit dann die richtigen realen Entscheide
getroffen werden, ist eine andere Frage und kann im Rahmen dieser Synthese nicht
beantwortet werden.

1.3 Begleitgruppe

Um die Funktion der Synthese V als Brücke zwischen Wissenschaft und Praxis besser
zu verankern, wurde die Begleitgruppe als Stakeholdergruppe konzipiert, die sich aus
Vertretern aus Wirtschaft, Verwaltung, Politik und Wissenschaft zusammensetzt. Zwei
der drei Begleitgruppentreffen dienten in erster Linie der Identifikation und

Kommunikation von Bedürfnissen und Interessen verschiedener Stakeholdergruppen. Diese Zusammenarbeit ist im Anhang Dieser Begleitgruppenprozess ist im Anhang dokumentiert und die Ergebnisse dieser Zusammenarbeit bilden neben der einschlägigen Fachliteratur die Grundlage von Kapitel 3.

1.4 Zielpublikum der Synthese V

Die Synthese V richtet sich in erster Linie an Anwender computergestützter, virtueller Planungs- und Landschaftsanalyseinstrumente und diejenigen, die diese Instrumente in Zukunft einsetzen möchten. Damit wendet sie sich in erster Linie an Verwaltungsstellen mit Bezug zur Raum- und Landschaftsplanung, sowie an die entsprechenden privaten Planungs- und Beratungsbüros.

Sie wendet sich zudem an Entscheidungsträger aus Politik, Verwaltung und Wirtschaft, die sich mit den Möglichkeiten dieser Instrumente vertraut machen und einen Überblick gewinnen wollen.

1.5 Ziele

Das **Hauptziel** der Synthese V liegt darin, **das Potenzial computergestützter Modelle für die Raum- und Landschaftsplanung aufzuzeigen**. Dieses Hauptziel soll durch die folgenden drei Teilziele erreicht werden:

- Teilziel (1)** Die Auswahl und Breite der Modelle, die im Rahmen des NFP48 entwickelt wurden, unter Berücksichtigung verschiedener Merkmale darstellen und auf dieser Grundlage den aktuellen Stand der Forschung aufzeigen.
- Teilziel (2)** Aus diesem Spektrum an Ansätzen die Einsatzbereiche für die Praxis herausarbeiten, heutige Grenzen aufzeigen und zukünftige Entwicklungen abschätzen.
- Teilziel (3)** Ein Verfahren zur Unterstützung der gezielten Entwicklung computergestützter Instrumente für die Praxis vorstellen und anhand ausgewählter Beispiele erläutern.

1.6 Fragenkatalog

Der folgende Fragenkatalog konkretisiert die Ziele der Synthese V und stellt in dieser Form auch die Grundlage für ihr Gesamtfazit dar. Er thematisiert sowohl den Beitrag und die Bedeutung der NFP48-Forschung im Bereich computergestützter Instrumente, als auch bestehende und zukünftige Anwendungsmöglichkeiten dieser Instrumente in der Raum- und Landschaftsplanung.

Zu Teilziel (1)

- Welche Erkenntnisse liefern die vorliegenden Projekte der NFP48-Forschung im Bereich der Modellierung, computergestützten Simulation und virtuellen Repräsentation?
- Was sind die in Bezug auf die Anwendbarkeit wichtigsten Forschungsgebiete im Bereich computergestützter Landschaftsmodellierung für die Zukunft?

Zu Teilziel (2)

- Stellen Modellierung, Simulation und Visualisierungstechniken hilfreiche Instrumente dar, um die bestehenden Probleme in der Raum- und Landschaftsplanung zu lösen? Falls ja, in welcher Weise können sie einen Beitrag leisten?
- Können wir Merkmale für wissenschaftliche Modelle finden, die sich auch für die praktische Anwendung eignen?
- Was sind die Perspektiven von computergestützter Modellierung, Simulation und Visualisierungstechnik für die Praxis? Welches sind die nächsten Schritte, um deren Praxis-Einsatz in Zukunft zu erleichtern?

Zu Teilziel (3)

- Wie können die Bedürfnisse potenzieller Anwender in die Entwicklung eines Modells direkt einfließen?

1.7 Aufbau der Synthese V

Gemäss den drei Teilzielen geht die Synthese V in drei Schritten vor.

Der erste Teil (Kapitel 2) besteht aus einer kritischen Würdigung derjenigen NFP48-Projekte, bei denen Modellierung und computergestützte Visualisierungstechniken im Vordergrund standen. Dazu werden diese Projekte und ihr Beitrag zur Modellierung zuerst kurz vorgestellt. Dann wird das Spektrum, das diese Modelle hinsichtlich verschiedener Merkmale abdecken, aufgezeigt und der Beitrag der NFP48-Forschung zur Landschaftsmodellierung dieser Projekte bewertet.

Der zweite Teil (Kapitel 3) stellt die Bedürfnisse der Praxis auf der Basis einschlägiger Literatur und der Zusammenarbeit mit Stakeholdern in der Begleitgruppe dar. Nach dieser Bedarfsabklärung werden die Probleme bei der Nutzung von computergestützten

Modellen in der Praxis beleuchtet und mögliche Beiträge der Forschung zur Lösung dieser Probleme aufgezeigt.

Der dritte Teil (Kapitel 4) stellt einen Ansatz zur Entwicklung computergestützter Instrumente aus dem Software-Engineering vor. Auf der Basis verschiedener Beispiele aus dem NFP48 werden mögliche Vorgehensweisen besprochen und zur besseren Veranschaulichung eine hypothetische Anwendungssituation als didaktisches Beispiel komplett durchgespielt. Anschauungsmaterial zu diesem Beispiel befindet sich in Form von Filmen auf der beiliegenden CD.

Im Fazit (Kapitel 5) werden die in Abschnitt 1.6 aufgeworfenen Fragen mit Verweis auf die präsentierten Ausarbeitungen im Einzelnen beantwortet.

1.8 Definition und Abgrenzung von Schlüsselbegriffen

Um das gemeinsame Verständnis verschiedener Begriffe, die im Zusammenhang mit dieser Synthese immer wieder verwendet werden, sicherzustellen, bedarf es zunächst einer Klärung dieser Begriffe: Welche Themengebiete umfasst die Landschaftsforschung? Mit welchen Problemen beschäftigt sich die Raum- und Landschaftsplanung? Was ist ein Modell und welchen Schwerpunkt setzen wir diesbezüglich in der Synthese V? Was verstehen wir unter einer Simulation? Was ist ein Szenario? Wie wird der Begriff Szenario verwendet?

Landschaftsforschung

Die Landschaftsforschung setzt sich mit vielfältigen Themen, die einen Einfluss auf die Landschaft haben bzw. durch die Landschaft beeinflusst werden auseinander. Sie untersucht u.a. das gesamte, in einem bestimmten Landschaftsausschnitt herrschende komplexe Wirkungsgefüge zwischen Lebensgemeinschaften und ihren Umweltbedingungen. Das Spektrum an Themen beinhaltet neben ökologischen Aspekten im engeren Sinne auch Aspekte des menschlichen Eingriffes in dieses Wirkungsgefüge durch gesellschaftliche Nutzung und Inwertsetzung der Landschaft. Die Landschaftsforschung ist damit eine Querschnittsdisziplin, zu der neben Fachleuten aus Biologie, Pedologie, Hydrologie und anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen auch Fachleute aus Regionalentwicklung, Landwirtschaft, Verkehrsforschung, Tourismus und anderen sozialwissenschaftlich ausgerichteten Disziplinen beitragen.

In den letzten zehn Jahren wurden in der Landschaftsforschung grosse Anstrengungen zur Entwicklung von Modellen unternommen, welche die Simulation von Landschaftsveränderungen und die Bewertung der Veränderungen für Mensch, Tier und Pflanze erlauben. Viele dieser Modelle stützen sich auf geographische Informationssysteme (GIS) und basieren auf Fernerkundungsdaten (Satelliten-, Luftbilder). In einer Vorstudie zum NFP48-Projekt ALPSCAPE wurde festgestellt, dass ein grosser Bedarf für Modelle zur Abschätzung der Folgen von menschlichen Eingriffen auf die ökologische Wirkungssysteme besteht und die Operationalisierung

derartiger *Environmental-Impact-Modelle* für die Planung gefordert wird (www.wsl.ch/land/alpscapes/schwep1/landoeko.html).

Raum- und Landschaftsplanung

Die Raumplanung ist eine öffentliche Aufgabe, die im eidgenössischen Raumplanungsgesetz umschrieben ist. Mit Hilfe der Raumplanung soll für eine haushälterische Nutzung des Bodens und eine geordnete Besiedlung des Landes gesorgt werden (RPG, Art. 1), um dadurch langfristig die Erhaltung des Lebensraumes und eine Vielfalt von Nutzungen sicherzustellen.

Ziel der Raumplanung ist es, die unterschiedlichen Bedürfnisse an unseren Lebensraum aufeinander abzustimmen und so für eine nachhaltige sowie ökonomisch, ökologisch und sozial ausgewogene Entwicklung der Schweiz zu sorgen.

Raumplanung umfasst alle räumlichen Planungen der öffentlichen Hand auf allen Verwaltungsebenen und in allen raumrelevanten Sachgebieten wie Verkehr, Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft und vielen mehr (BRP and EJPD, 1998).

Die Landschaftsplanung befasst sich mit der Berücksichtigung der natürlichen Lebensgrundlagen bei allen Planungsentscheiden sowie mit der Nutzung, dem Schutz und der Gestaltung der freien Landschaft und der Siedlungsfreiräume (BSLA, 2005). Die Landschaftsplanung ist integraler Bestandteil der Raumplanung (z.B. bei der Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen für die Ausscheidung von Baugebiet und Nichtbaugebiet), kann aber auch selbständige Sachplanung (z.B. Naturschutzkonzepte) oder Bestandteil von Umweltverträglichkeitsprüfungen sein. Darüber hinaus leistet sie einen wichtigen Beitrag in Form der landschaftspflegerischen Begleitplanung (z.B. bei Strassenprojekten).

Modell

Ein Modell ist eine vereinfachte, auf das Wesentliche reduzierte Abbildung der Wirklichkeit. Wir benutzen bei der Wahrnehmung unserer Realität entsprechend immer wieder Modelle, auch wenn wir dies meistens nicht explizit tun und uns darüber gar nicht bewusst sind. Wie sie genau aussehen, bestimmt unser Vorwissen, unsere Perspektive und die Situation, in der wir uns befinden. Was "das Wesentliche" ist und wie es im Modell abgebildet wird, ändert sich je nach Fragestellung und Anwendungsbereich des Modells. Dasselbe gilt auch für explizite Modelle, wie sie in der Forschung und in der Praxis verwendet werden.

Entsprechend gross ist das Spektrum an Modellen, das neben rein mentalen Modellen, mit denen wie erwähnt jede Wahrnehmung der Realität beginnt, auch physische und computergestützte Modelle umfasst. Letztere spielen in Bildung und Forschung eine zentrale Rolle, denn die Komplexität der Wirklichkeit bewusst zu reduzieren ist oftmals notwendig, um die wichtigsten Zusammenhänge zu kommunizieren und um einzelne Aspekte bewusst in grösserer Detailschärfe zu betrachten. Physische und computergestützte Modelle erlauben, mit der Realität zu „spielen“ und Experimente durchzuführen, die in natura nicht möglich wären.

In der Landschaftsforschung wird mit mentalen, physischen und computergestützten Modellen gearbeitet. Aktuelle Forschung im Bereich der mentalen Modelle finden wir zum Beispiel im sich verändernden Verständnis der Interaktion zwischen Mensch und Umwelt, die ein zentrales Thema der Landschaftsforschung bildet (Tress and Tress, 2001). Ein Beispiel aus der aktuellen NFP48-Forschung sind die Unterschiede im Verständnis von Landschaft, was die Entscheidungsprozesse beziehungsweise die Kommunikation verschiedener Interessensvertreter innerhalb eines solchen Prozesses vehement erschweren kann (Droz and Miéville-Ott, 2005). Diese mentalen Modelle sind weitgehend Gegenstand der Synthese I „Alpenlandschaften – von der Vorstellung zur Handlung“ zum Forschungsschwerpunkt „Prozesse der Wahrnehmung und Darstellung von Landschaften und Lebensräumen in den Alpen“ (Backhaus et al., 2007).

Physische Modelle werden insbesondere in der naturwissenschaftlich orientierten Landschaftsforschung eingesetzt. Dabei handelt es sich zum Beispiel um die Nachbildung von Flusssystemen, mit denen Überflutungs-, Renaturierungs- oder Verbauungsexperimente durchgeführt werden.

Computergestützte Modelle sind Gegenstand dieser Synthese. Sie werden im Bereich der Landschaftsforschung vor allem eingesetzt, um Landschaftsveränderungen zu erklären, zu simulieren, ihre Folgen abzuschätzen oder sie zu bewerten. Computergestützte Modelle erlauben, die Reaktion des abgebildeten Systems in Abhängigkeit von einzelnen Einflussfaktoren zu simulieren. Damit wird es möglich, auch mit Systemen zu experimentieren, die sich nicht physisch rekonstruieren lassen. Dies ist insbesondere dann nötig, wenn die abgebildeten Systeme zu träge sind, d.h. ihre Veränderung zu langsam ist, um sie in einem physischen Modell abzubilden (z.B. Wald- oder Klimaentwicklung) oder wenn die Interaktion mit dem Menschen wesentlich für das System ist. Dieses Experimentieren dient dem Erkenntnisgewinn über das abgebildete System und seine Reaktion auf verschiedene Einflussfaktoren.

Computergestützte Modelle können entsprechend auch zur Simulation der Zukunft genutzt werden. Dabei wird mit alternativen Zukunftsszenarien experimentiert, und die Reaktion des Systems auf diese veränderten, für die Zukunft als plausibel erachteten Eingabeparameter abgebildet. Die Modelle schätzen zum Beispiel die langfristigen Konsequenzen veränderter klimatischer Rahmenbedingungen oder eines politischen Entscheides ab. Mit dieser Information können sie inhaltlich zur Entscheidungsfindung beitragen. Obwohl es auch analoge Simulationsmodelle gibt, beziehen wir uns in dieser Synthese immer auf computergestützte Simulationsmodelle.

Wichtig bei der Erstellung eines computergestützten Modells ist eine klare Zielsetzung, damit entschieden werden kann, welche Szenarien und Randgrößen betrachtet werden müssen, um verwendbare Ergebnisse zu erlangen. Gleichzeitig darf aber der Detaillierungsgrad nicht zu hoch sein, weil dann der Zeitbedarf bei der Erstellung des Modells sowie der Rechenzeitaufwand für jedes Experiment steigen.

Simulation

Simulation ist eine realitätsgetreue Abbildung von Prozessen, Ressourcen und Abläufen mit dem Ziel, Entwicklungen abzuschätzen und Veränderungen zu bewerten, ohne dabei in den realen Prozess einzugreifen. Die verbindliche Definition findet sich in den VDI-Richtlinien 3633 (VDI, 1993): "Simulation ist die Nachbildung eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind."

Simulationen beruhen meistens auf dynamischen Modellen mit einer zeitlichen Komponente. Ursprünglich kamen dabei in der Physik Differenzialgleichungen zum Einsatz, aber in der Landschaftsmodellierung genügt meist eine zeitdiskrete Betrachtung, die Beziehungen zwischen den Systemzuständen und speziellen Zeitpunkten herstellt.

Simulationen in der Raum- und Landschaftsplanung erstrecken sich meist über Zeithorizonte von mehreren Jahrzehnten vom aktuellen Zustand aus in die Zukunft. Zur Validierung der Modelle wird dagegen in der Regel von einem wohl dokumentierten Zustand aus der Vergangenheit simuliert, so dass man die tatsächlich eingetretene Entwicklung mit den Simulationsergebnissen vergleichen kann.

Visualisierung

Visualisierung bedeutet im Allgemeinen, dass Informationen oder Zusammenhänge bildlich aufbereitet und in eine einfach erfassbare Form gebracht werden. Die Visualisierung ist in erster Linie ein Mittel zur Kommunikation, wobei die Informationen sowohl abstrakt (z.B. Diagramme und Graphiken) als auch realitätsnah (z.B. Landschaftsvisualisierungen) aufbereitet werden können.

Zu den Techniken der Landschaftsvisualisierung zählen u.a. „statische“ Visualisierungen wie Photographien und digital retouchierte Bilder sowie „dynamische“ Visualisierungen wie Filme und Computeranimationen. In der planerischen Praxis werden zumeist digitale Photomontagen eingesetzt (2D-Bilddaten). Diese können einen extrem hohen Realitätsgrad aufweisen. Seit einigen Jahren werden auch zunehmend 3D-Daten zur Generierung von echten 3D-Landschaftsmodellen („virtuelle Welten“) verwendet in denen sich der Betrachter frei bewegen kann (Lange, 1994). Diese Art der Visualisierung ist zwar technisch aufwändiger, sie ist jedoch durch eine nachvollziehbare Methodik gekennzeichnet, bei der die Landschaftsvisualisierung auf einem digitalen Geländemodell und dreidimensionalen Einzelobjekten beruht, die mit hoch aufgelösten Texturen wie digitalen Orthophotos oder Fassaden von Gebäuden kombiniert werden können (Graf, 1995).

Ein grosser Vorteil dieser 3D-Visualisierungen ist, dass der Ansatz weitgehend übertragbar ist und auch veränderte, oder beispielsweise simulierte Datensätze bei entsprechendem Format in ein wirklichkeitsnahes Bild übertragen werden können. Sie liefern damit eine Technik, um Simulationsmodelle mit einer realitätsnahen,

anschaulichen Ausgabe zu verknüpfen. In der Raum- und Landschaftsplanung werden Visualisierungen dazu eingesetzt Zusammenhänge zu verdeutlichen, die sich aus einem gegebenen Datenbestand ergeben, aber nicht unbedingt direkt visuell vorstellbar sind. Damit kann der visuelle Eindruck, der durch einen Eingriff oder schleichende Veränderungen in der Landschaft verursacht wird, für den Planungsprozess zugänglich gemacht werden (Lange, 1994). Darüber hinaus lassen sich innerhalb eines modellierten Landschaftsausschnitts verschiedene Varianten einer Planung vergleichsweise einfach generieren und diese können zudem in unterschiedlichen Perspektiven dargestellt werden. Mit den zunehmend besser verfügbaren Daten und der Etablierung entsprechender Software wird die Visualisierung in vermehrter Masse auch als Kommunikationsmittel in partizipativen Planungsprozessen eingesetzt (Lange et al., 2005).

Szenario-Analyse

Ein Szenario stellt in der Fachsprache der Planung eine hypothetische Aufeinanderfolge von Ereignissen dar, die unter Beachtung kausaler Zusammenhänge und zur Abschätzung möglicher Entwicklungen konstruiert wird.

Die Szenario-Analyse ist eine Methode zur Darstellung und Analyse möglicher Entwicklungen und wird ausser in Wirtschaft, Militär und Politikentwicklung auch in der Raum- und Landschaftsplanung eingesetzt. Eines der ersten Einsatzgebiete der Szenario-Analyse waren in den 1960er Jahren die „think tanks“ der US-Regierung zu militärischen Themen (Kahn and Wiener, 1967). Weitere bekannte Beispiele sind die strategische Unternehmensplanung des Shell Konzerns (z.B. Shell, 2001), die volkswirtschaftliche Studie „Grenzen des Wachstums“ des Club of Rome (Meadows et al., 1972) oder auch Klimaszenarien des IPCC (IPCC, 2007).

Neben sämtlichen plausiblen Entwicklungen des untersuchten Systems wird eine Häufung negativer Entwicklungen als negatives Extremszenario und eine Häufung positiver Entwicklungen als positives Extremszenario entwickelt. Die beiden Extremszenarien zeigen die Bandbreite der potenziellen Entwicklungen hinsichtlich der berücksichtigten Unsicherheiten auf. Es wird angenommen, dass die tatsächliche zukünftige Entwicklung sich zwischen diesen beiden Extremen bewegen wird (Abbildung 1).

Ein zentrales Ziel der Szenarienanalyse ist es, Unsicherheiten, die das betrachtete System betreffen und nicht abschätzbar sind, zu berücksichtigen. Bei der Arbeit mit Modellen werden bei wenig bekannten Eingangsgrößen Szenarios entwickelt, die eine plausible und oft vereinfachte Beschreibung der Zukunft darstellen. Sie sind damit von (eindeutigen) Vorhersagen abzugrenzen.

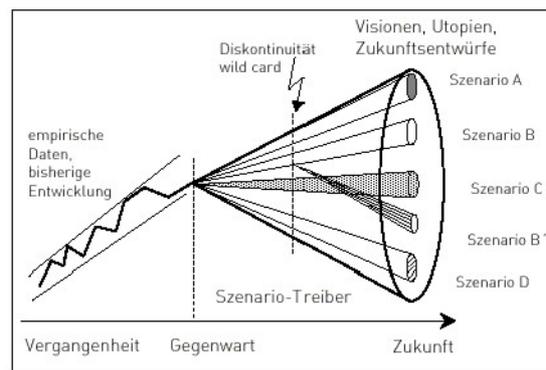


Abbildung 1: Darstellung der Bandbreite von Szenarien in einer Szenario-Analyse anhand des Szenarien-Trichters (aus Graf and Klein, 2003)

In der Landschaftsmodellierung wird vielfach mit Szenarien gearbeitet, da sich die zukünftig ändernden Rahmenbedingungen nur unter grossen Unsicherheiten abschätzen lassen. Aufgrund ihrer Komplexität werden alle relevanten Einflussgrössen und ihre gegenseitigen Interaktionen konsistent durchgedacht, um so Eingabewerte für die Simulation abzuleiten. Dies kann sowohl nach strengen formellen Kriterien als auch relativ informell und intuitiv erfolgen (Scholz and Tietje, 2002; Wiek et al., 2006).

Eine Szenarienanalyse kann sowohl deskriptiv-explorativ als auch normativ-strategisch eingesetzt werden (van Notten et al., 2003). Der deskriptiv-explorative Ansatz verfolgt die Frage „Wie könnten zukünftige Entwicklungen aussehen?“ ("descriptive and forecasting exploration scenarios" in van Notten et al., 2003). Dagegen orientiert sich der normativ-strategische Ansatz an einer Wunschvorstellung von der Zukunft und fragt: „Wie kann dieser Zustand erreicht werden?“. In der Raum- und Landschaftsplanung wird meistens der Status quo als Ausgangspunkt genommen und entsprechend dem deskriptiv-explorativen Ansatz die potenziellen Entwicklungen für die Zukunft abgeleitet bzw. simuliert, wenn mit Modellen gearbeitet wird.

In der Synthese V wird der Begriff Szenario immer dann verwendet, wenn alternative Eingabewerte oder -datensätze für die Simulation auf der Grundlage von potenziellen zukünftigen Entwicklungen abgeleitet werden.

Dabei kann es sich um Szenarien handeln, die Rahmenbedingungen ansprechen, welche sich extern entwickeln und auf die das betrachtete System keinen direkten Einfluss hat (z.B. Auswirkungen von WTO-Verhandlungen auf regionale Berglandwirtschaft). Eine Szenario-Analyse kann in diesem Fall aufzeigen, welche Folgen sich aus der neuen Konstellation von externen Rahmenbedingungen ergibt und ob allenfalls Handlungsbedarf besteht.

Es kann sich aber auch um Szenarien handeln, die Handlungsvarianten lokaler Entscheidungsträger analysieren (z.B. Entscheide zwischen verschiedenen Bauinvestitionen). In diesem Fall werden mögliche zukünftige Konsequenzen einer Entscheidung, z.B. auf die Landschaft, abgeschätzt. Modellen und computergestützten Werkzeugen können verschiedene Entscheidungsvarianten und deren Konsequenzen gegenübergestellt werden, um die langfristig sinnvollste Variante zu erkennen.

2 Zusammenschau und Bewertung der NFP48-Projekte mit Modellierungscharakter

Dieses Kapitel umfasst eine Zusammenschau der relevanten NFP48-Projekte und die Bewertung ihres Beitrags vor dem Hintergrund der aktuellen Landschaftsforschung. Die Auswahl an Projekten zeichnet sich durch ihren Bezug zur Modellierung aus. Wie unterscheiden sich die Modelle? Wo lassen sich methodisch und/oder inhaltlich Parallelen feststellen? Sind die Modelle methodisch und/oder inhaltlich komplementär? Ergänzen sich ihre Resultate oder können die Modelle selbst kombiniert werden? Inwiefern haben die Modelle einen direkten Bezug zur Alpenlandschaft?

2.1 Vorstellung der Projekte

Für die vorliegende Synthese wurden 13 Projekte des NFP48 berücksichtigt (Tabelle 1). Sechs davon fokussieren direkt auf die Entwicklung und Simulation mit computergestützten Modellen. Sie bilden das inhaltliche Kernstück dieser Zusammenschau. Die anderen sieben Projekte stellen inhaltliche und methodische Ergänzungen zu den oben genannten Modellierungsprojekten dar und erweitern die Zusammenschau um wichtige Aspekte, die nicht direkt durch die Modellierungsprojekte abgedeckt werden, und Grundlagen für zukünftige Modelle darstellen. Im Rahmen der Synthese V können diese Projekte nur kurz skizziert, und im Wesentlichen wird nur ihr Beitrag für die Synthese herausgearbeitet. Die Literaturliste, in der die Veröffentlichungen aus den entsprechenden NFP48-Projekten zusammengestellt sind, zeigt auf, wo weitere Detailinformation erhältlich ist. Weitere Dokumente findet man auf www.nfp48.ch.

Die 13 Projekte stellen die Grundlage dar, um aktuelle Richtungen der Landschaftsforschung zu identifizieren und vielversprechende weiterführende Forschungsfragen für den schweizerischen Alpenraum sowie die Landschaftsforschung im Allgemeinen abzuleiten.

Nach einer Einordnung aller in Tabelle 1 aufgeführten Projekte fokussiert diese Synthese insbesondere auf die in Kapitel 1.8 näher beschriebenen Simulationsmodelle. Was sie zu Entscheidungsprozessen beitragen können und wie sie optimal in Entscheidungsprozesse integriert werden ist Gegenstand dieser Synthese. Ein wichtiger Aspekt kommt dabei auch der Kommunikation der Simulationsergebnisse zu. Computergestützte Verfahren erlauben es nämlich, in Verbindung mit hoch entwickelten Visualisierungstechniken attraktive Kommunikationsmedien zu erstellen (Bishop and Lange, 2005; Lange et al., 2005), die neben der rein inhaltlichen Aussage der Modellierung im politischen Prozess durchaus wirksam eingesetzt werden können.

Tabelle 1: Übersicht über die NFP48-Projekte, die im Rahmen der Synthese V betrachtet werden. Grau hinterlegt und mit einem Sternchen gekennzeichnet sind die sechs Projekte, die auf die Entwicklung und Nutzung von computergestützten Simulationsmodellen fokussieren und die wichtigsten inhaltlichen Grundlagen der Synthese bilden. Im folgenden Text wird auf alle Projekte mit dem Kurznamen verwiesen. Weitere Details zu den Projekten sind auf www.nfp48.ch zu finden.

Kurzname	Offizieller Projekttitel
ALPSCAPE* (Bebi)	Landschaftliche und ökonomische Zukunftsszenarien für alpine Regionen: Simulation von zukünftigen Landschaften und Entwicklung von regionalen Entscheidungshilfesystemen (<i>Vulnerability of the Alpine landscape and habitat: simulation of future landscapes and development of support tools for regional decision making</i>)
ALPSIM* (Schmid)	Raumplanung mit virtuellen alpinen Landschaften und autonomen Agenten (<i>Planning with virtual Alpine landscapes and autonomous agents</i>)
GISALP* (Haeberli)	4D-Geoinformation für integrative Planungsstrategien in klimasensitiven Ökosystemen des alpinen Hochgebirges (<i>Spatio-temporal information on rapidly changing climate-sensitive high-mountain environment as a strategic tool for communication, analysis, participative planning and management for the intensely developed tourist region of the Upper Engadin</i>)
IPODLAS* (Allgöwer)	Wissensbasierte dynamische Landschaftsanalyse und Simulation alpiner Umwelten (<i>Knowledge Based Dynamic Landscape Analysis and Simulation for Alpine Environments</i>)
SCHUTZWÄLDER* (Brang)	Minimale Baumverjüngung in Schutzwäldern: Herleitung von Sollwerten mit Simulationsmodellen (<i>Required levels of tree regeneration in forests protecting against natural hazards: Model-based indicator development</i>)
SULAPS* (Pfefferli)	Nachhaltige Landschafts-Produktionssysteme: ein nachfrageorientierter landwirtschaftlicher Ansatz (<i>Sustainable landscape production systems: a demand-oriented agricultural approach*</i>)
ALPRO (Schwarzwälder)	Analyse von Landschaftsentwicklungsprojekten aufgrund verschiedener Kriterien als Instrument für die Moderation partizipativer Entscheidungsprozesse (<i>Multi-criteria screening of landscape development projects as a management tool for participatory consensus finding</i>)
ECOSYSSERV (Grêt-Regamey)	Räumlich explizite Bewertung von Ecosystem Services als Hilfsmittel für regionale Entscheide in den Alpen (<i>Spatially explicit valuation of ecosystem services in the Alps as a support tool for regional decision making</i>)
ERREICHBARKEIT (Axhausen)	Verkehrs-Infrastruktur, Touristen-Verhalten und Raumnutzung in Landschaften und Lebensräumen der Alpen (<i>Transport Infrastructure, Tourist Behaviour and Spatial Structure in Landscapes and Habitats of the Alps</i>)
FLOOD'ALPS (Gobat)	Überschwemmungsebenen im Alpenraum im Spannungsfeld von Sicherheitsansprüchen und Artenvielfalt: Veränderungen in der Wahrnehmung, den Entscheiden und dem Management (<i>Floodplains of the Alpine arc between security and biodiversity: changes in the representations, decisions and management</i>)
SOZIALES UMFELD (Droz)	Das soziale Umfeld der Landschaft: Darstellung und Legitimation bei Nutzungsentscheiden in alpinen Lebensräumen (<i>Landscape's social field: representation and legitimacy in the use of the mountain habitat</i>)
TRANSFORMATION (Kienast)	Transformationsgeschwindigkeiten von Landschaften im Alpenraum: Gefahren und Chancen für Menschen und ausgewählte Arten (<i>Transformation rates of Alpine landscapes and surrounding areas: potential threats and benefits to people and selected species</i>)
WASALP (Baur)	Waldausdehnung im Schweizer Alpenraum: eine quantitative Analyse naturräumlicher und sozioökonomischer Ursachen unter besonderer Berücksichtigung des Agrarstrukturwandels (<i>Required levels of tree regeneration in forests protecting against natural hazards: Model-based indicator development</i>)

Unter den in Tabelle 1 aufgeführten Projekten findet man sechs, in denen die Entwicklung von Simulationsmodellen zentraler Bestandteil der Forschung war. Es handelt sich dabei um die Projekte ALPSCAPE*, ALPSIM*, GISALP*, IPODLAS*, SCHUTZWÄLDER* und SULAPS*. Sie bilden den Kerninput zu dieser Synthese und sind in Tabelle 1 grau hinterlegt. Ihr Beitrag zur Modellierung ist dabei recht unterschiedlich. Sie spiegeln damit bereits eine gewisse Bandbreite des Einsatzes und der Eigenschaften von Simulationsmodellen in der Landschaftsforschung wider, auch wenn sie diese nicht komplett und systematisch abdecken.

In den Projekten ECOSYSSERV und ERREICHBARKEIT wurde zwar mit Simulationsmodellen gearbeitet, doch lagen die Forschungsschwerpunkte nicht in der Prognose, sondern auf Ansätzen zur Bewertung von Landschaftsveränderungen bzw. auf retrospektiven Analysen.

In den übrigen Projekten wurden zum Teil wichtige Grundlagen zur Modellierung erarbeitet, wie z.B. die Erfassung der Geschwindigkeit beobachteter Landschaftsveränderungen oder die Systematisierung von ‚Driving Forces‘ der Landschaftsveränderung im Projekt TRANSFORMATIONEN.

Im Folgenden werden die in Tabelle 1 aufgeführten Projekte kurz zusammengefasst. Auf die grau hinterlegten Projekte, bei denen die Entwicklung eines Simulationsmodells von zentraler Bedeutung war, wird dabei zuerst und etwas ausführlicher eingegangen.

ALPSCAPE*: Im Projekt ALPSCAPE* werden Modelle aus mehreren Disziplinen kombiniert, um sie dann im Rahmen eines partizipativen Prozesses zur Regionalentwicklung in der Studienregion Davos einzusetzen (Bebi et al., 2005). Die Einzelmodelle umfassen eine regionale Input-Output-Tabelle (Wegmann and Kytzia, 2005), eine Stoffflussanalyse, ein räumlich explizites Landnutzungsmodell (Walz, 2006) und einen Ansatz zur Bewertung von Landschaftsfunktionen (Grêt-Regamey et al., In Press-a). Dieses Konglomerat an Modellen wird zur Simulation verschiedener Zukunftsszenarien (Lundström et al., Accepted) verwendet. Durch die Simulation der Szenarien mit den verschiedenen Modellen konnten die Auswirkungen auf die Landschaft Davos anhand mehrerer Indikatoren abgeschätzt werden (Bebi et al., 2005).

Die Szenarien wurden in enger Zusammenarbeit mit einer einheimischen Begleitgruppe aus Politik, Tourismus und Gewerbe sowie Vertretern der Öffentlichkeit erarbeitet (Walz et al., 2007). Um einen weiten Bogen an Problemfeldern und Unsicherheiten für die Zukunft aufzuzeigen, wurden in diesen Szenarien folgende drei Themen angesprochen: a) Klimaveränderung und potenzielle Auswirkungen auf den Wintertourismus, b) Veränderungen in der Berglandwirtschaft durch eine veränderte Agrarpolitik und die Liberalisierung von Märkten, und c) die Ausrichtung eines Mega-Sport-Events (von Ballmoos and Bebi, 2003).

Die Ergebnisse der Simulation wurden bei einem Abschlusstreffen mit der Begleitgruppe vorgestellt und intensiv diskutiert. Zwar waren die Ergebnisse für die meisten Teilnehmer nicht besonders überraschend, doch waren die Reaktionen recht stark. So wurden die Ergebnisse inzwischen bei weiteren Anlässen vorgetragen und fließen in die Entwicklung des Leitbildes der Landschaft Davos ein (http://www.gemeinde-davos.ch/pdf/leitbild_2036.pdf).

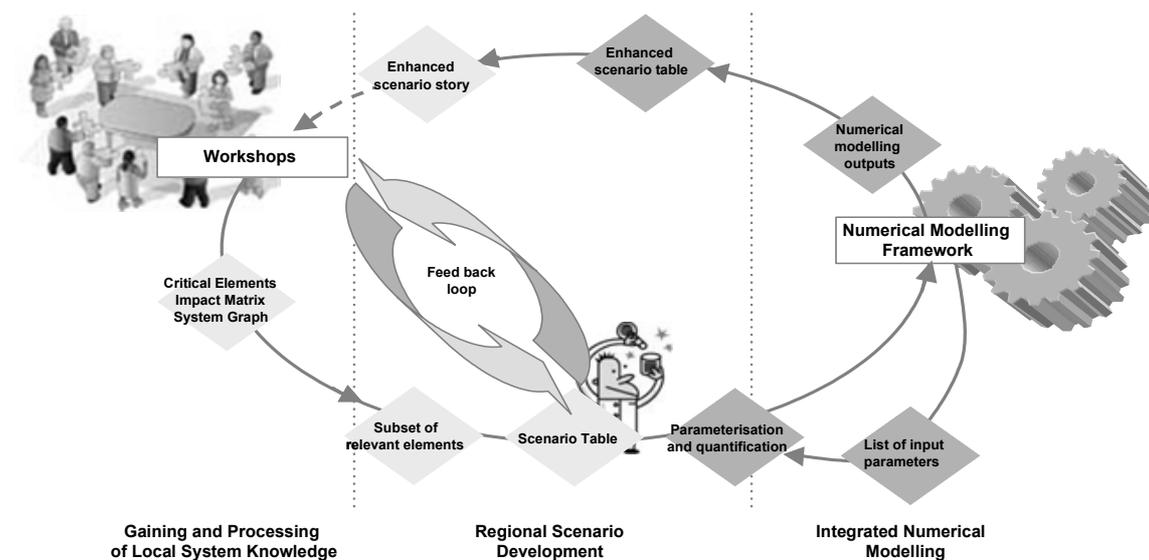


Abbildung 2: Schema zur Einbindung der integrierten Modellierung in einen partizipativen Prozess durch die Entwicklung von regionalen Szenarien aus dem Projekt ALPSCAPE* (Walz et al., 2007).

ALPSIM*: Ziel des Projektes ALPSIM* war es, die Möglichkeiten von Multi-Agenten-Systemen zur Simulation des Verhaltens von Wanderern in Tourismusregionen zu testen (Cavens and Lange, 2004; Gloor et al., 2004). Grundsätzlich sollte damit geklärt werden, ob sich Multi-Agenten-Systeme eignen, die Reaktion von Gästen und Einheimischen auf Landschaftsveränderungen zu simulieren und sich damit auch Rückschlüsse auf die Tourismusindustrie ziehen lassen (Cavens and Lange, 2004). Dazu wurden Modelle zur Verkehrssimulation und Ergebnisse der Umweltpsychologie kombiniert. Die visuelle Attraktivität der Landschaft sollte dabei nicht statisch von einem Punkt aus (wie auf einem Bild) bewertet werden, sondern als visuelles Erlebnis einer Wanderung durch die Landschaft (d.h. als eine Folge von Bildern, wie ein Film) simuliert werden.

Mit dem Ansatz, jeden Touristen als individuellen Agenten zu modellieren, wurde eine synthetische Bevölkerung erzeugt, die den demographischen Verhältnissen der tatsächlichen Touristen entspricht. Die Ziele und Erwartungen der Agenten können sich dabei individuell unterscheiden. Den Agenten wurden Tagespläne zugeteilt, und sie wurden in die Simulation gesetzt, ohne dass sie ein Wissen der Umgebung hatten. Die Agenten führten diese Pläne aus und erhielten beim Wandern Rückmeldungen der Umgebung. Am Ende jedes Durchganges wurden die Aktionen der Agenten mit ihren

Erwartungen verglichen. Falls die Resultate eines bestimmten Planes nicht den Erwartungen entsprachen, wurde dieser für darauf folgende Simulations-Durchgänge geringfügig modifiziert. Diese Modifikationen basierten auf den eigenen Erlebnissen der Agenten, aber, je nach eingesetztem Lernmuster, auch auf der Erfahrung der anderen Agenten.

Dieses Projekt hatte einen computertechnologischen Schwerpunkt. Nebst der Präsentation des Frameworks und seiner Module wurden die technischen Aspekte der implementierten Fussgängersimulation näher betrachtet. Durch den Einsatz von neuen Methoden, speziell für Fussgänger in den Alpen entwickelt, wurde es möglich, eine Fläche von 15 km² oder mehr auf einem einzigen PC zu simulieren. Die eigentliche Fussgängersimulation war eine Mischung zwischen einem kontinuierlichen und einem zellen-basierten Modell. Die einzelnen Fussgänger konnten jede beliebige Position einnehmen und sich in eine beliebige Richtung bewegen – die Informationen über die Umgebung waren allerdings in einem Raster enthalten. Die Grösse der einzelnen Rasterzellen konnte bis zu 250m x 250m betragen, also ein Vielfaches einer normalen Schrittweite eines Menschen. Nur durch die Einsparung von Rechenzeit und Speicherauslastung konnte die gesamte Fläche simuliert werden.

In der Fallstudie für die Gemeinde Schönried, Gstaad-Saanenland, wurden die Ergebnisse von Befragungen zum Verhalten der Touristen und von demographischen Daten auf die Agenten übertragen. In der Simulation wurde dann getestet, ob die Landschaft genug Möglichkeiten bietet, die Bedürfnisse und Erwartungen der Gäste zu erfüllen (Cavens and Lange, 2004; Cavens et al., 2003). Drei Szenarien wurden simuliert, um zu testen, ob die Agenten so auf Eingriffe in die Landschaft reagieren würden wie vorausgesagt. Das erste Szenario zeigt den Status quo und wurde zur Kalibrierung des Modells verwendet. Das zweite Szenario nimmt an, dass alle Bergbahnen im Sommer geschlossen sind, und das dritte geht von einer Ausbreitung des Waldes aufgrund von Kürzungen in der Agrarpolitik aus.

Die Tests zeigen, dass das Modell eine gute Plattform bietet, um Experimente zur Ausformulierung weiterer Studien durchzuführen. Es zeigt sich allerdings auch, dass der heutige Forschungsstand noch nicht ausreicht, um die Gründe des Touristenverhaltens zu verstehen und das Modell besser zu kalibrieren.

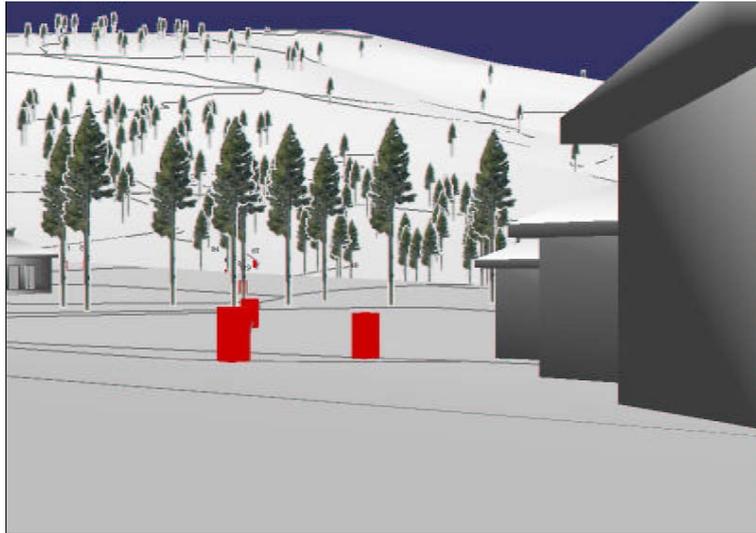


Abbildung 3: Ausschnitt aus einem Simulationslauf des Projektes ALPSIM, hier virtuelle „Agenten“, die gerade ihre Wanderung vom Hotel aus starten (Gloor et al., 2003).

GISALP*: Ziel des Projektes war es, mittels Kombination existierender vegetationskundliche, geomorphologische, glaziologische und pedologische Modelle das Naturgefahrenpotenzial und die landschaftliche Attraktivität einer Region zu beurteilen. Die Zusammenführung der Modelle in Form von Modulen eines Gesamtmodells erforderte ein konsistentes Datenmodell, in dem Datenformate und -flüsse zwischen den einzelnen Modulen koordiniert werden. Alle einzelnen Module können für einen bestimmten Zeitpunkt (2000, 2025, 2050, 2075 oder 2100) gestartet werden und greifen bei Bedarf auf die Resultate von anderen Module zurück (Rothenbühler, 2006).

Das kombinierte Modell wurde zur Beurteilung eines Klimaszenarios im Oberengadin über einen Zeitraum von 100 Jahren eingesetzt. Es ermöglicht erstmals, nicht nur ein einzelnes Landschaftsobjekt oder einen einzelnen Naturgefahrenprozess zu modellieren, sondern die Hochgebirgslandschaft des Oberengadins als Synthese aus den vier oben erwähnten Teilbereichen zu betrachten. So zeigt es zum Beispiel auf, welche Veränderungen in den rezent vergletscherten Landschaftsausschnitten oder auch im heutigen Permafrostgebiet durch einen Anstieg der Temperatur auftreten und welche Folgeereignisse durch die Kombination von klimabedingten Veränderungen ausgelöst werden könnten. Als Beispiel wird eine Eislawine genannt, welche einen Gletschersee erreicht und dort einen Murgang auslöst (Rothenbühler, 2006).

Ein Vergleich der Veränderungsräume untereinander ermöglicht zum Einen Aussagen über Geschwindigkeit, räumliche Verteilung und Beschleunigung der ablaufenden Veränderungen. Zum Anderen können aufbauend auf den Simulationen Landschaftsausschnitte ausgemacht werden, in denen die menschliche Nutzung durch klimabedingte Veränderungen des Naturgefahrenpotentials oder der Landschaftsattraktivität beeinträchtigt werden könnte (Rothenbühler, 2006).

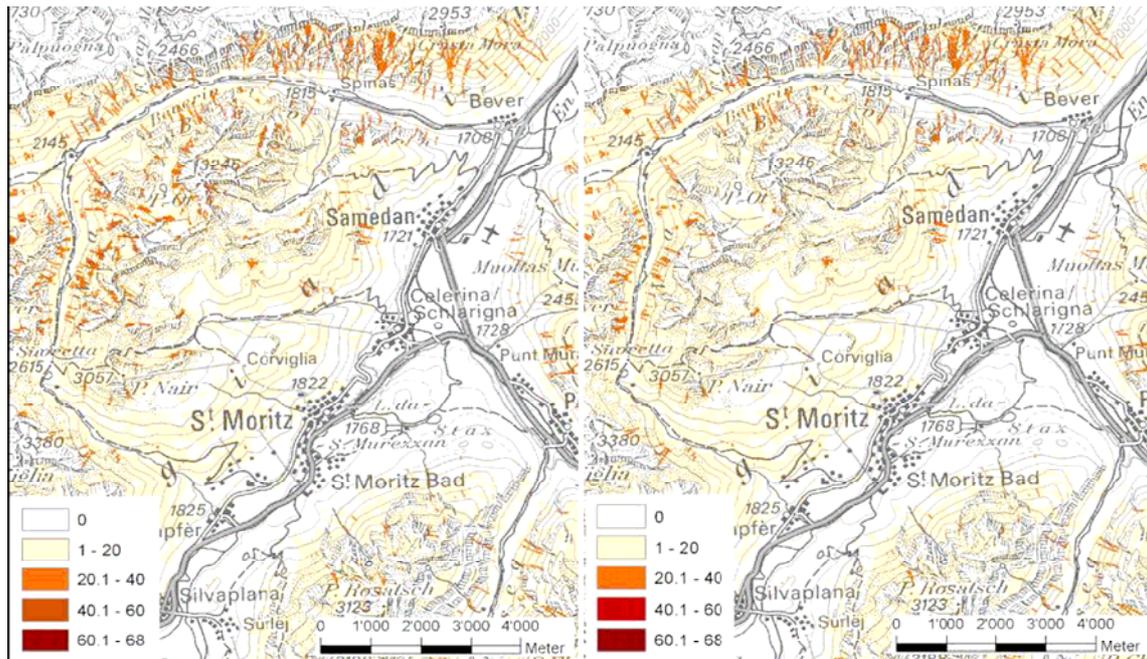


Abbildung 4: Simulationsergebnisse des GISALP-Projektes, hier die Resultate des Moduls MURDISP zur Abschätzung der Murgangungsfläche im Jahr 2000 (links) und im Jahr 2100 (rechts) (Rothenbühler, 2006).

IPODLAS*: Das Projekt IPODLAS (Interactive, Process Oriented, Dynamic Landscape Analysis and Simulation) hatte zum Ziel, die drei bisher getrennten Bereiche von räumlicher Modellierung (auf GIS beruhend), zeitlicher Modellierung (auf Systemtheorie beruhende zeitliche Simulationssysteme) und Echtzeit-Visualisierung (auf Virtual Reality beruhend) miteinander zu verbinden. Die Verbindung dieser Bereiche kann zum Beispiel bei der raum-zeitlichen Modellierung ökologischer Prozesse und ihrer Visualisierung aufschlussreich sein. Im Rahmen des Projektes wurden dazu GIS-Technologie mit dem Fokus auf räumlichen Daten auch über verschiedene Masstabsebenen, Simulationsmodelle mit zeitlichem Fokus und Visualisierungstechniken zur Darstellung und Animation der raum-zeitlichen Prozesse kombiniert (Isenegger et al., 2005).

Diese Verbindung wurde anhand von zwei Fallstudien im Bereich natürlicher und menschlich bedingter Störungen aufgezeigt und teilweise ausgearbeitet: a) Dynamik von Lärchenwickler-Populationen (*Zeiraphera diniana* GN., Lep., Tortricidae), b) Ausbreitung von Waldbränden. Datengrundlagen zur Dynamik der Lärchenwickler und zur Ausbreitung von Waldbränden lagen auf drei Masstabsebenen aus dem Gebiet des Oberengadins, des gesamten Alpenraumes sowie des Schweizerischen Nationalparks und dessen Umgebung vor. Um die Anforderungen an das kombinierte System und die theoretischen Grundlagen für die einzelnen Fallstudien zu spezifizieren, wurden so genannte *Use Cases* eingeführt. Ein Beispiel ist der *Use Case* von Entscheidungsträgern, welche die Landschaft des Oberengadins beeinflussen wollen und anhand des Lärchenwicklermodells die episodische Entnadelung der Engadiner Wälder besser verstehen können. Durch die Kombination der oben genannten Techniken konnte die

Dynamik der Lärchenwickler-Population als „Wolke“ fliegender Individuen dargestellt werden, so dass der Betrachter die Migration der Lärchenwickler in Abhängigkeit von Landschafts- und Geländemerkmale sowie über verschiedene Massstabsebenen hinweg verfolgen kann (Price, 2005; Price et al., 2006). Die Folgen dieser Migration auf die Vegetation des Oberengadin konnten durch die Entwicklung einer neuen Rendering-Technik direkt visualisiert werden (Wu et al., 2006). Im Bereich Waldbrandmodellierung wurde die Modellierung und Simulation von Rauchwolken (Wu, 2007) und Flammen basierend auf physikalischen Modellen durchgeführt und visualisiert.

SCHUTZWÄLDER*: Ziel des Projektes war es, die langfristige Entwicklung von Schutzwäldern im schweizerischen Alpenraum besser zu verstehen und ein Werkzeug zur langfristigen Bewertung der Schutzwaldfunktion gegen Steinschlag zu entwickeln. Dazu wurden existierende Simulationsmodelle zur Walddynamik und zur Abschätzung der Schutzwirkung verschiedener Bestandesstrukturen gekoppelt, auf ihre Eignung zur Bewertung der Schutzwaldfunktion hin geprüft und einige Funktionen speziell angepasst, um den Prototyp eines Werkzeugs zur Schutzwaldpflege zu entwickeln.

Neben diesem gekoppelten Simulationsmodell, das vorwiegend zur wissenschaftlichen Auswertung dient (Wehrli et al., 2005), wurde ein weniger detailliertes Modell entwickelt, das grössere Zeiträume abbildet und weitere Aspekte einbezieht, wie z.B. waldbauliche Eingriffe, natürliche Störungen und die Abschätzung der Kostenwirksamkeit alternativer Managementstrategien (Brang et al., 2004). Dieses zweite Modell eignet sich als Werkzeug im Rahmen des Entscheidungsprozesses und wurde der Praxis bereits in Fortbildungskursen vermittelt (Brang and Duc, 2002).

Im Sinne dieser Synthese handelt es sich bei den verwendeten Modellen um Simulationsmodelle, wobei die simulierten Szenarien zum grössten Teil durch alternative waldbauliche Massnahmen gekennzeichnet sind. Mit der Simulation ihres Effektes auf die Schutzfunktion des Waldes unterstützt insbesondere das zweite, weniger detaillierte Modell die Optimierung waldbaulicher Eingriffe im Sinne eines Werkzeugs.

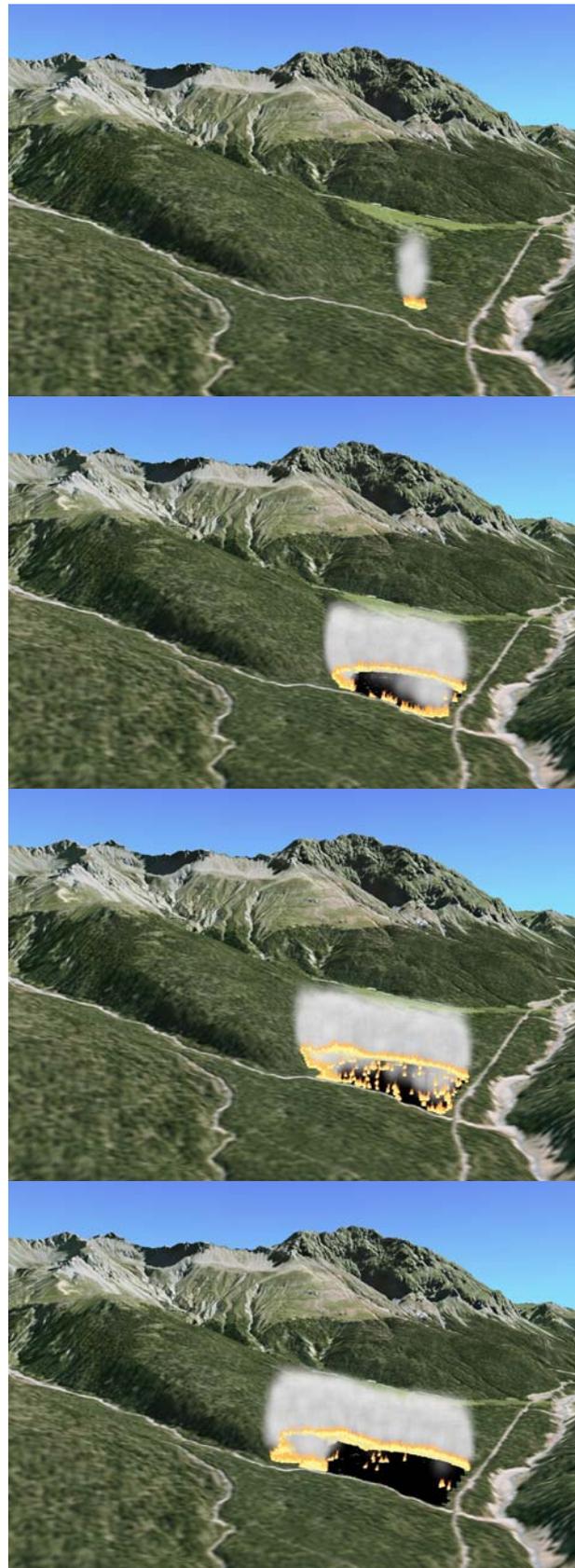


Abbildung 5: Simulation und Visualisierung eines Waldbrands im Rahmen des IPODLAS Projektes (Wu, 2007)

SULAPS*: In diesem Projekt werden die Auswirkungen veränderter agrarpolitischer und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen auf Berglandwirtschaft und Kulturlandschaft anhand eines agentenbasierten Modells analysiert (Lauber, 2006). Das Modell simuliert das Verhalten der einzelnen landwirtschaftlichen Betriebe auf der Grundlage eines Optimierungsansatzes und zeigt durch die Verknüpfung mit einem Flächenmobilitätsmodell räumlich explizit Auswirkungen auf das Landnutzungsmuster. Zur Identifikation und Kalibrierung der einzelnen Agenten wurden betriebswirtschaftliche Daten und Informationen zu den bewirtschafteten Flächen für jeden einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb in der Region Albula und Surselva aufgenommen. Schliesslich werden die simulierten Landnutzungsmuster anhand von Landschaftsmasszahlen bewertet (Killer, 2005).

Die berechneten Szenarien umfassen Annahmen zur Reduktion der Direktzahlungen, zur Liberalisierung des schweizerischen Agrarmarktes und zur Regulierung der Flächenaufgabe. Im Falle des Liberalisierungsszenarios würden beispielsweise rund 20 % der ursprünglich 63 Betriebe aufgegeben, während die Betriebsgrösse der verbleibenden Betriebe zunehmen würde. Für alle Szenarien zeigen die Simulationen einen Rückgang der landwirtschaftlich genutzten Fläche, der in der Landwirtschaft geleisteten Arbeitsstunden und des Einkommens sowie eine Zunahme der Biobetriebe (Lauber, 2005).

Das SULAPS*-Modell ist im Sinne dieser Synthese ein typisches Simulationsmodell. Es simuliert die Reaktion der regionalen landwirtschaftlichen Strukturen basierend auf Szenarien für einen Zeitraum von 10-15 Jahren. Zusätzlich bewertet es diese in einem weiteren Schritt anhand eines Indikatorensets. Damit werden wichtige Grundlagen für die Agrarpolitik und eine nachhaltige Entwicklung im schweizerischen Alpenraum geliefert.

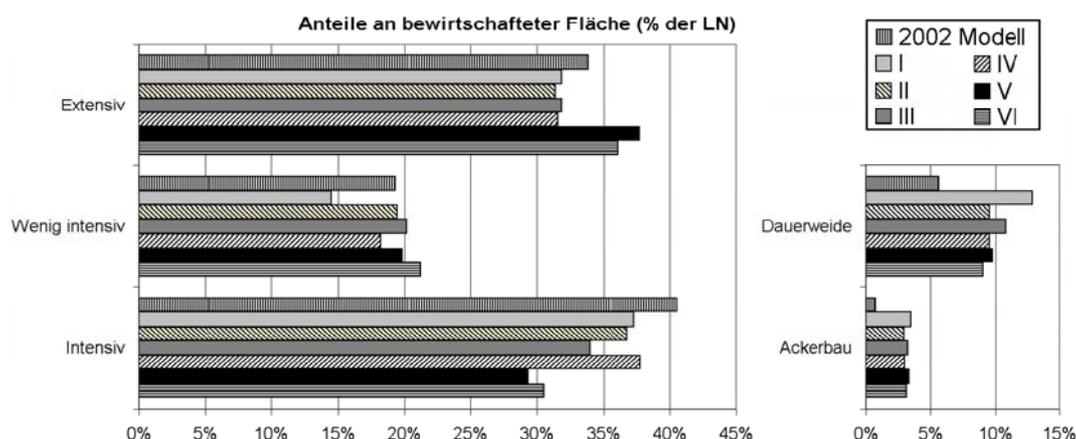


Abbildung 6: Simulationsergebnisse des Projekts SULAPS, hier der Anteil der Landwirtschaftlichen Nutzfläche nach Art der Nutzung im Jahr 2002 und für sechs Zukunftsszenarien (Lauber, 2005).

ALPRO: Ziel des Projektes war es, Bewertungsverfahren für Eingriffe in die Landschaft durch Bauprojekte zu entwickeln und zu testen, um Konfliktpotenzial frühzeitig im Planungsprozess zu erkennen. Zum einen wurden dazu Discrete-Choice-Experimente durchgeführt (Baumgart, 2005), und zum anderen wurde ein Instrument zur Bewertung von landschaftsverändernden Bauprojekten anhand einer Nutzwertanalyse entwickelt (Schwarzwälder and Kooijman, 2005). Durch die Discrete-Choice-Experimente wurde der monetäre Wert des Landschaftsbildes anhand manipulierter nt noch der Aufwand der nötig ist, zwertanalyse mit dimensionslosen Noten arbeitet, aber dafür ein systematisiertes und umfangreiches Spektrum an Entscheidungskriterien (insgesamt 35) umfasst. Obwohl ALPRO implizit ein Modell der Interaktionen zwischen Landschaft und Gesellschaft zugrunde liegt, handelt es sich nicht um ein Simulationsmodell, sondern um ein computergestütztes Instrument zur Bewertung von Landschaftseingriffen, das z.B. in einem partizipativen Prozess eingesetzt werden kann (Schwarzwälder and Kooijman, 2005).

ECOSYSSERV: Im Rahmen dieses Projektes wurden mehrere Ecosystem Services für die Landschaft Davos in einem räumlich expliziten Ansatz bewertet (Grêt-Regamey et al., In Press-a). Dazu wurde der Wert der einzelnen Landschaftsfunktionen für die Gesellschaft monetarisiert, z.B. der Wert der Schutzfunktion des Waldes auf der Basis einer Risikoanalyse und der Wert der landschaftlichen Attraktivität mit einem Willingness-to-pay-Ansatz (Grêt-Regamey et al., In Press-b). In einem zweiten Schritt wurden die Auswirkungen eines Klimaszenarios auf diese Ecosystem Services abgeschätzt. Dazu wurden verschiedene Simulationen vorgenommen, z.B. zu Lawinenauslaufzonen, Hochwasserbereichen und zur Waldausbreitung, die dann als Grundlage zur erneuten Beurteilung der Ecosystem Services dienten. Obwohl mehrere Simulationsmodelle in diesem Projekt eingesetzt und teilweise auch entwickelt wurden, steht weniger die Simulation als die räumlich explizite Bewertung der veränderten Landschaftssituation anhand von Ecosystem Services im Zentrum des Forschungsinteresses.

ERREICHBARKEIT: Das Projekt setzt sich mit der Frage auseinander, wie sich eine verbesserte Erschliessung auf Attraktivität und Nutzungsmöglichkeiten von Alpenregionen auswirkt. Dazu wurden Erreichbarkeiten auf nationaler, regionaler sowie lokaler Ebene betrachtet und mit Befragungen in den Untersuchungsregionen verknüpft (Simm and Axhausen, 2003; Tschopp et al., 2005; Tschopp et al., 2003a; Tschopp et al., 2003b). Zur Berechnung der grossräumigen Erreichbarkeiten wurden Modelle auf nationaler Ebene genutzt und weiterentwickelt. Es handelt sich dabei nicht im engeren Sinne um Landschaftsmodelle, jedoch spielt die Erschliessung einer Region eine wichtige Rolle für ihre zukünftige Entwicklung, und dieser Zusammenhang wurde im Rahmen dieses Projektes ebenfalls quantifiziert. Damit konnte das Projekt zur Entwicklung von Simulationsmodellen für Erreichbarkeiten beitragen und eine Grundlage schaffen, um grossräumige Muster zukünftiger Landnutzungsveränderungen abzuschätzen.



Abbildung 7: Visualisierung potentiell zukünftige Siedlungsentwicklungen anhand manipulierter Photographien als Grundlage für eine Nutzwertanalyse, hier Mürren, Berner Oberland, aus dem Projekt ALPRO (Schwarzwälder and Kooijman, 2005).

FLOOD'ALPS: Das Projekt beschäftigt sich mit dem Zusammenhang zwischen Flussverbauungen und Biodiversität in alpinen Flusssystemen (Augsburger et al., 2004; Bullinger-Weber and Gobat, 2006; Gremaud et al., 2004; Weber et al., 2004). Anhand von vier disziplinären Forschungsansätzen konnten morphologische, hydrologische, soziale und rechtliche Aspekte zukünftiger Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit und zum Schutz der Biodiversität abgeleitet werden. Es wurden damit die Grundlagen zu einer zukünftigen Modellierung geschaffen. Diese wurde allerdings noch nicht umgesetzt.

SOZIALES UMFELD: Der ethnologische Ansatz des Projektes betrachtet die Potenziale und Schwächen verschiedener Akteure in der Landschaftsplanung (Droz and Miéville-Ott, 2005). Dazu schlagen die Autoren ein „Soziales Feld“ vor, das durch die Achsen „Kapital“ (= finanzielle Mittel, die ein Akteur aufbringen kann) und „Intervisibilität“ (= Möglichkeit, konkret Änderungen in der Landschaft vorzunehmen) gebildet wird. Entscheidungsprozesse werden durch die Positionierung der Akteure in diesem Feld sowie deren Wahrnehmung des Verhandlungsobjektes „Landschaft“ geprägt. Die Ergebnisse des Projekts zur Dynamik dieser beiden Faktoren während eines Entscheidungsprozesses sollen in Zukunft in ein Werkzeug zur Begleitung von Entscheidungsprozessen einfließen. Dieses Projekt unterstreicht die Bedeutung von mentalen Modellen ebenso wie ihre bewusste Nutzbarkeit für zukünftige Entscheidungsprozesse.

TRANSFORMATION: Mit welcher Geschwindigkeit verändert sich die Landschaft? Wie gehen die Menschen damit um? Wie reagiert die Natur darauf? Diese drei Fragen wurden in diesem Projekt mit drei komplementären Ansätzen im Bereich der sichtbaren Landschaftsveränderungen, der Wahrnehmung dieser Veränderung und der entsprechenden Habitatänderungen verfolgt (Felber, 2005; Lütolf, 2006; Schneeberger, 2005). In allen drei Teilstudien wurde vorwiegend retrospektiv vorgegangen, um Grundlagen für zukünftige Entscheide zu erarbeiten. Damit wurden wichtige Grundlagen für die Landschaftssimulation und die Bewertung von Landschaftsveränderungen geschaffen. Insbesondere die Ergebnisse zur Abschätzung der Geschwindigkeit von Landschaftsveränderungen in den vergangenen 150 Jahren (Schneeberger et al., 2007b) und die Identifikation und Systematisierung von *Driving Forces* für Landschaftsveränderungen stellen wichtige Beiträge für zukünftige Simulationsmodelle dar (Schneeberger et al., 2007a).

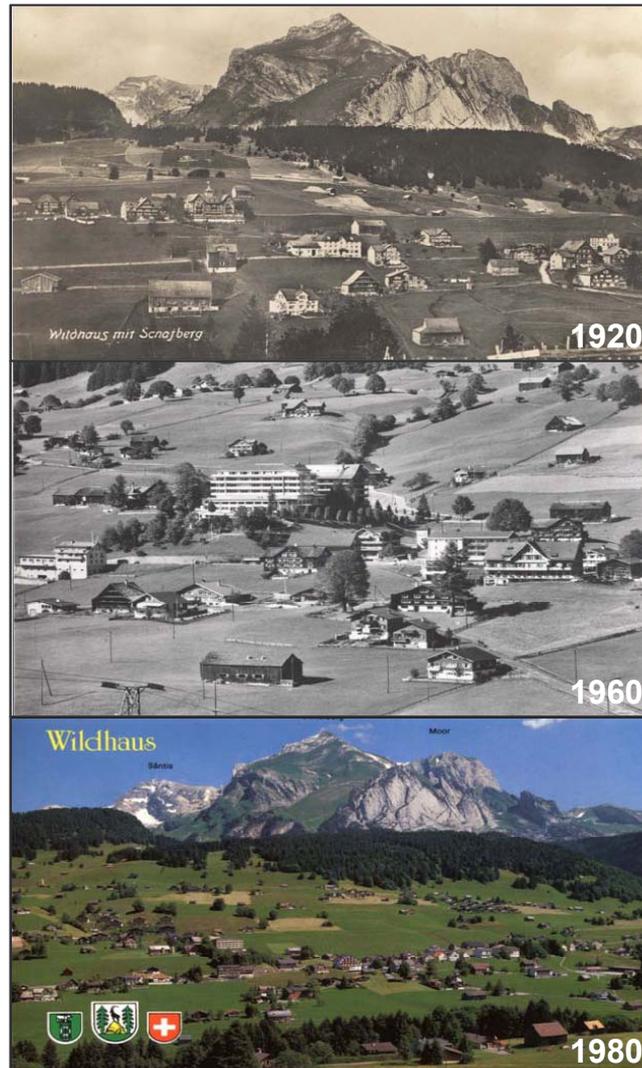


Abbildung 8: Retrospektiver Landschaftsvergleich aus dem Projekt TRANSFORMATION, hier das Hotel Acker in Liesighus im Jahr 1920 (©Photoglob AG, Zürich), 1960 (© Foto Anna, Wildhaus) und 1980 (© Foto Anna, Wildhaus) (Felber, 2005).

WASALP: Das Muster und die Gründe für die Wiederbewaldung auf aufgelassenem Landwirtschaftsland waren Forschungsgegenstand dieses Projektes. Es verfolgte drei komplementäre Ansätze: a) die naturräumliche Charakterisierung des Wiederbewaldungsprozesses mit einer Auflösung von 100 m x 100 m (Rutherford, 2006), b) die strukturelle Charakterisierung auf der Basis der Gemeinden (Gellrich et al., 2007) und c) die Befragung einzelner Landwirte zur Begründung der Aufgabe landwirtschaftlicher Flächen (Gellrich et al., In Press). Zur naturräumlichen und strukturellen Charakterisierung des Wiederbewaldungsprozesses wurden statistische Modelle entwickelt, die zwar in erster Linie zur Analyse (Baur, 2006), aber teilweise auch zur Simulation eingesetzt wurden (Bolliger et al., 2007). Ein Beispiel ist die Verwendung der Simulation der Landnutzungsveränderungen im Naturraum von Davos

im Rahmen des Projektes ALPSCAPE* für die Simulation des Wiederbewaldungsprozesses in der gesamten Schweiz (Walz, 2006).

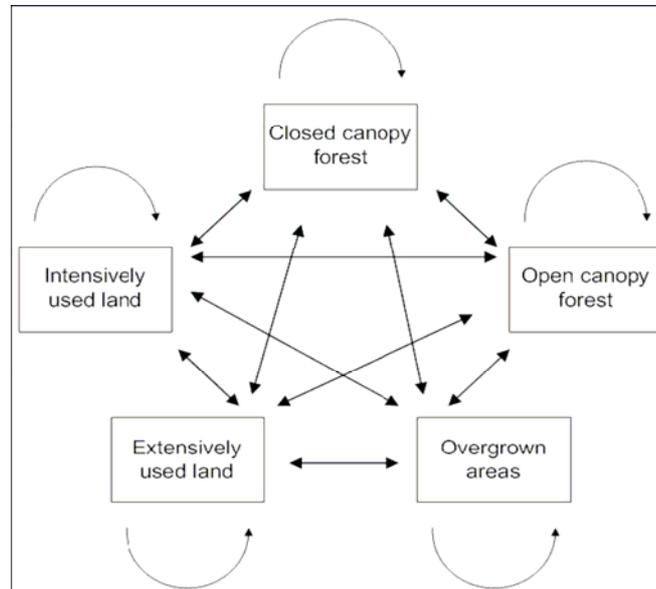


Abbildung 9: Die Bodenbedeckungs- und Landnutzungsveränderungen, wie sie im Projekt WASALP analysiert wurden (Rutherford, 2006)

2.2 Merkmale der Projekte

Aus dem vorangegangenen Kapitel 2.1 wird ersichtlich, dass die in Tabelle 1 aufgeführten Projekte ein weites Spektrum an inhaltlichen und methodischen Ausrichtungen abdecken. Die 13 Projekte werden deshalb in den folgenden Abschnitten nach verschiedenen Kriterien gegliedert.

2.2.1 Einordnung in die Landschaftsforschung

Die Projekte betrachten Landschaften und Lebensräume, sowie ihre Veränderung unter verschiedenen Blickwinkeln. Die wichtigsten Perspektiven umfassen dabei

- die Gründe und Umstände („driving forces“), die zu Veränderungen der Landschaften und der Lebensräume führen (ERREICHBARKEIT, SULAPS*, TRANSFORMATION, WASALP),
- die Muster und Prozesse, mit denen sich Landschaften und Lebensräume verändern (ALPSCAPE*, GISALP*, SULAPS*, TRANSFORMATION, WASALP),
- die Bewertung der Landschaftsveränderungen (ALPRO, ALPSIM*, ECOSYSSERV, FLOODALP), und schliesslich
- die methodisch-technischen Möglichkeiten, bestehende Modelle und computergestützte Techniken der Landschaftsforschung zu kombinieren (ALPSCAPE*, GISALP*, IPODLAS*).

Diese Betrachtungsweisen sind weitgehend komplementär und können bei gleicher inhaltlicher sowie zeitlich-räumlicher Ausrichtung oftmals gut miteinander kombiniert werden. Dies wird durch die enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Projekten unterstrichen. So kann der Fokus eines Projektes im Bereich der Gründe und Umstände und in der Erkennung von Veränderungsmustern liegen (z.B. WASALP). Diese Erkenntnisse werden zur Simulation zukünftiger Veränderung eingesetzt (z.B. ALPSCAPE*), und schliesslich kann die simulierte Landschaft bewertet und mit der ursprünglichen verglichen werden (z.B. ECOSYSSERV).

2.2.2 Inhaltliche Ausrichtung

Die inhaltliche Ausrichtung der Projekte erstreckt sich über zahlreiche und vielfältige Themen, wie

- die Landschaftsveränderung durch den Strukturwandel in der Landwirtschaft (ALPSCAPE*, SULAPS*, WASALP),
- den Einfluss von Erreichbarkeit und regionaler Entwicklung auf die Landschaft (ALPSCAPE*, ERREICHBARKEIT),
- den Einfluss auf der Fauna auf die Landschaft und Auswirkungen von Landschaftsveränderungen auf Wildtierhabitate (ECOSYSSERV, IPODLAS*, TRANSFORMATION),
- die Auswirkungen einer veränderten Nutzung oder Gestaltung auf die Biodiversität (FLOOD'ALPS, SULAPS*),
- die Auswirkungen von Naturgefahren auf die Landschaft und die Schutzfunktion der Landschaft selbst (IPODLAS*, GISALP*, SCHUTZWÄLDER*), sowie
- die Änderungen des Erholungsverhaltens und des touristischen Potenzials aufgrund von Landschaftsveränderungen (ALPSIM*, ALPRO , ECOSYSSERV).

Die Bandbreite der thematisch-inhaltlichen Ausrichtung der Projekte zeigt zum einen auf, dass Landschaftsmodellierung in vielen Bereichen sinnvoll eingesetzt werden kann. Auf der anderen Seite impliziert diese Bandbreite auch, dass Landschaftsmodelle bereits durch ihre inhaltliche Ausrichtung nicht immer komplementär und kombinierbar sein können. Die Vielzahl an möglichen Ausrichtungen wird im Folgenden bei der Besprechung weiterer Kriterien verdeutlicht.

2.2.3 Methodische Ansätze der Modellierung

Die vorliegenden Modellierungen umfassen ein breites Spektrum an aktuellen methodischen Ansätzen. Unter den vorliegenden Studien lassen sich grundsätzlich statistische Modelle, Simulationsmodelle, Bewertungsmodelle und Datenmodelle unterscheiden, was sich vor allem durch deren Zielsetzung ergibt. Jede dieser Klassen umfasst theoretisch eine Vielzahl alternativer Modellierungsansätze. Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten des NFP48 wird diese Vielfalt insbesondere bei den Simulationsmodellen deutlich, auch wenn sie selbst dort nicht systematisch und komplett aufgezeigt werden kann.

- Statistische Modelle konnten neue Erkenntnisse zur räumlichen Verteilung von Landschaftsveränderungen durch einen Rückgang der Landwirtschaft im Alpenraum liefern (WASALP). Sie bildeten auch die Grundlage für eines der Simulationsmodelle (ALPSCAPE*).
- Simulationsmodelle wurden zur Simulation von Zukunftsszenarien und zur Beurteilung alternativer politischer Massnahmen und Managementstrategien eingesetzt. Sie operierten entweder auf der Grundlage von statistischen Modellen (ALPSCAPE*), von physikalisch basierten Teilmodellen (GISALP*, SCHUTZWÄLDER*), von biologisch-empirischen Zusammenhängen (IPODLAS*, SCHUTZWÄLDER*) oder von empirisch basierten Multi-Agenten-Systemen (ALPSIM*, SULAPS*). Tabelle 2 gibt einen Überblick über die methodischen Merkmale und die inhaltliche Ausrichtung dieser Simulationsmodelle.
- Modelle zur systematischen Bewertung von Eingriffen und Veränderungen in die Landschaft umfassen Kriterienkataloge, Grundlagen zur Gewichtung und schliesslich die Bewertung selbst, die je nachdem monetär (ALPRO, ECOSYSSERV) oder auf der Basis dimensionsloser „Noten“ (ALPRO) erfolgt.
- Die Erarbeitung neuartiger Datenmodelle konnte die Integration existierender Teilmodelle (GISALP*) sowie funktional und technisch einzeln stehender Softwareprodukte (IPODLAS*) unterstützen.

Tabelle 2: Inhaltliche und methodische Eigenschaften der sechs Simulationsmodelle.

Projekt	Inhaltliche Schwerpunkte	Methodischer Ansatz	Räumliche Skala	Zeitliche Skala	Implementierung	Visualisierung	Einbindung von Stakeholdern
ALPSIM*	Tourismus	Agenten-basiertes Modell	Lokal	1 Woche	Automatisiert	Film, photorealistische Darstellung	
ALPSCAPE*	Regionalentwicklung, Strukturwandel in der Landwirtschaft	Integriertes Modell : Kombination verschiedener disziplinärer Ansätze	Lokal	50 Jahre	Einzelne Teile teilweise automatisiert, die Kombination von Modellen quasi „manuell“.	Tabellen mit Indikatorwerten und Karten	Lokale Begleitgruppe, Szenarientwicklung und Diskussion der Simulationsergebnisse
GISALP*	Naturgefahren	Integriertes Modell: Kombination mehrerer bereits existierender Modelle	Regional	?	Automatisiert	Karten	Daten und finanzielle Unterstützung von kantonalen Ämtern
IPODLAS*	Migrationsmuster (Lärchenwickler) Ausbreitung von Rauch, Flammen und Wolken	Populationsgenetisches Modell, Waldbrandmodell, Rauchmodelle, Wolkenmodelle	Multiskalar: Lokal, Regional, Alpenraum	Zyklen à 7-10 Jahren oder Stunden/Tag e (Feuer)	Konzept zur Integration von GIS, Zeitlicher Simulation und Visualisierung sowie Automatisierung	Film oder Echtzeit-Demonstrationen	„simulierte Stakeholder“ wie z.B. Tourismusverantwortliche oder Feuerwehrleute
SCHUTZWÄLDER*	Abschätzung der Schutzfunktion von Waldstruktur	Kombiniertes Modell, prozessbasiert	Waldbestand	Mehrere Jahrzehnte	Automatisiert		
			Waldbestand	150 Jahre	Automatisiert		
SULAPS*	Strukturwandel in der Landwirtschaft, Biodiversität	Agenten-basiertes Modell	Lokal	10-15 Jahre	Komplett automatisiert	Indikatorwerte und Karten	

2.2.4 Räumliche und zeitliche Skalen

Landschaftsmodelle arbeiten auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalen. Die räumlichen Skalen, auf denen im Rahmen des NFP48 gearbeitet wurde, reichen von der nationalen Ebene (ERREICHBARKEIT), über den gesamten schweizerischen Alpenraum (IPODLAS*, WASALP), die regionale und die lokale Ebene (ALPSCAPE*, GISALP*, IPODLAS*, SULAPS*, TRANSFORMATION), einzelne Waldstandorte (SCHUTZWÄLDER*) bis hin zu Einzelbäumen (IPODLAS*). Obwohl die Projekte ein grosses Skalenspektrum abdecken, ist die lokale bis regionale Ebene deutlich dominant (Author <Year>2001 </Year> <RecNUM>637 </RECNUM>). Ein Grund dafür ist, dass Landschaftsveränderungen vor allem auf dieser Ebene wahrgenommen werden (TRANSFORMATION). Trotzdem haben die dargestellten Prozesse der Landschaftsveränderung vielmals ihren Ursprung auf mehreren hierarchischen räumlichen Ebenen (TRANSFORMATION). Deswegen verfolgt zum Beispiel IPODLAS* das Ziel, den Fokus auf eine Ebene zu überwinden und mehrere Skalen miteinander zu verbinden.

Die zeitlichen Skalen der Modelle sind durch die dargestellten Phänomene des Landschaftswandels bestimmt. Je nach dem, ob Landschaftsveränderung als Folge des strukturellen Wandels in der Landwirtschaft, der Waldentwicklung oder des Klimawandels untersucht wird, werden daher Zeitspannen von 10-50 Jahren in unterschiedlicher Auflösung betrachtet. Eine Ausnahme bildet das Projekt TRANSFORMATION, das retrospektiv bis über einen Zeitraum von rund 150 Jahren die Geschwindigkeit des Landschaftswandels erfasst.

Wie die zeitliche Dimension (Auflösung und Dauer) in Modellen verwirklicht wurde, unterscheidet sich sehr zwischen den Projekten. Während im Projekt ALPSIM* die Entscheide von Wanderern zeitlich sehr hoch aufgelöst modelliert wurden, wurden im Projekt IPODLAS* Migrationsmuster des Lärchenwickler auf Jahresbasis über mehrere Jahrzehnte und Landnutzungsänderungen im Projekt ALPSCAPE* in 12-Jahres-Schritten über 50 Jahre hinweg simuliert.

2.2.5 Die wichtigsten Szenarien für die Schweizer Alpen

In den meisten der Modellierungsprojekte des NFP48 wurde der Einfluss von Zukunftsszenarien auf die Landschaft simuliert. Drei Themen kristallisierten sich dabei als besonders bedeutsam für die Zukunft des Alpenraums heraus:

- Der Klimawandel und seine Folgen für den Schweizer Alpenraum, wobei insbesondere auf die Frequenz und Intensität von alpinen Naturgefahren (GISALP*) und auf mögliche Veränderungen im Wintertourismus (ALPSCAPE*) eingegangen wurde.
- Der landwirtschaftliche Strukturwandel und seine Folgen für die alpine Landschaft, wobei die bereits beobachteten Landnutzungsveränderungen durch statistische und betriebswirtschaftlich basierte Modelle in die Zukunft projiziert wurden (ALPSCAPE*, SULAPS*).
- Die Siedlungs- und Infrastrukturentwicklung, wobei diese mehrmals in Verbindung mit der Bewertung der Veränderung und der touristischen

Entwicklung einer Region betrachtet wurden (ALPSCAPE*, ALPRO, ECOSYSSERV).

Für die Zukunft kann angenommen werden, dass diese drei Entwicklungen einen dominierenden Einfluss auf die Schweizer Berglandschaften und neben ökologischen Konsequenzen auch Folgen auf die Attraktivität der Landschaft haben werden.

2.2.6 Datengrundlagen der Projekte

Die Datengrundlagen decken ebenfalls ein weites Spektrum an Möglichkeiten ab:

- Existierende Datensätze, die teilweise mehrere Jahrzehnte abdecken, wurden vorwiegend zur Entwicklung statistischer und empirischer Modelle eingesetzt (ALPSCAPE*, ERREICHBARKEIT, IPODLAS*, TRANSFORMATION, WASALP). Es handelte sich dabei um Langzeitdatensätze und Daten, die von Bundesstellen erhoben werden, wie z.B. die Arealstatistik.
- Teilweise wurden die Daten in den Projekten selbst erhoben. Die Erhebungen, in denen z.B. die aktuelle Sozial- und Wirtschaftslage einer Region oder eines Betriebs (ALPSCAPE*, SULAPS*), das Mobilitätsverhalten von Touristen (ERREICHBARKEIT), Landschaftspräferenzen (ALPRO, ALPSIM*, ECOSYSSERV) oder Veränderungen der Biodiversität (FLOOD'ALPS) aufgenommen wurden, decken eine grosse Bandbreite an Inhalten und Methoden ab. Die erhobenen Daten wurden teilweise direkt zur Modellbildung eingesetzt (ALPSCAPE*, ALPSIM*, SULAPS*), oder bieten sich als Grundlage zur zukünftigen Modellbildung und Verifikation an (z.B. FLOOD'ALPS).
- Mehrere Projekte nutzten ausserdem indigenes Wissen von lokalen Akteuren (SULAPS*, WASALP). Im Projekt ALPSCAPE* wurde auf dieser Datengrundlage z.B. die numerische Modellierung mit einer partizipativen Szenarioanalyse kombiniert.
- Schliesslich stellte ein grosser Fundus an bereits bestehender wissenschaftlicher Literatur eine weitere wichtige Informations- und Datenquelle für die betrachteten Projekte dar.

2.2.7 Funktion und Einsatzbereich der Modelle

Die Funktion eines Modells ist ein besonders wichtiges Merkmal, um dessen Beitrag für die Praxis der Raum- und Landschaftsplanung zu diskutieren. Es wird dabei deutlich, wie sehr die Zielsetzung der Modelle und damit auch ihre mögliche Funktion in Entscheidungsprozessen variieren kann. Hier werden die vier funktionalen Schwerpunkte Erklärung, Prognose, Bewertung und Visualisierung unterschieden.

- **Erklärung:** Zu den erklärenden Ansätzen zählen insbesondere die analytischen Ansätze der Projekte ERREICHBARKEIT, FLOOD'ALPS, TRANSFORMATION und WASALP. Sie arbeiten zu einem grossen Teil retrospektiv und haben ihren Schwerpunkt im Erkenntnisgewinn. Dabei wird in manchen Projekten mit analytisch-erklärenden Modellen gearbeitet (z.B. statistische Modelle in WASALP), teilweise greifen die Projekte aber auch auf andere Methoden zurück (z.B. informelle Expertengespräche in

TRANSFORMATION). Die gewonnenen Erkenntnisse können in der Raum- und Landschaftsplanung grosse Bedeutung haben und richtungsweisend für Entscheide sein. Erklärend-analytische Modelle werden vor allem in der Forschung genutzt und kaum von der Praxis eingesetzt. Ein Hauptgrund dafür ist, dass der grösste Erkenntnisgewinn nicht bei der Anwendung des Modells, sondern seiner Entwicklung erreicht wird.

- **Prognose:** Unter Prognose wird die Abschätzung zukünftiger Entwicklungen eines Systems verstanden. Prognose ist das primäre Ziel von Simulationsmodellen, die eben diese Entwicklung des modellierten Systems auf der Grundlage von theoretischen Überlegungen und empirischen Analysen abschätzen. Wenn es sich dabei um komplexen Systeme handelt, bei denen die zukünftige Entwicklung von zahlreichen externen Einflussfaktoren und grossen Unsicherheiten gekennzeichnet ist, ist die Prognose vielfach Teil einer vorausschauenden Szenarienanalyse (siehe auch 1.8). Damit erlaubt sie ein Experimentieren mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen, das so mit Landschaften und Regionen nicht möglich wäre und das zu einem grösseren Systemverständnis beitragen kann (z.B. Sensitivitätsanalysen). Im Rahmen der NFP48-Forschung wurden Prognosen zur Optimierung von Managementstrategien (SCHUTZWÄLDER*, SULAPS*) und als Grundlage zur Diskussion von Zukunftsvisionen (ALPSCAPE*) erstellt.
- **Bewertung:** Bewertungsansätze verfolgen die Absicht, systematische und nach Möglichkeit regional übertragbare Methoden zur Bewertung von Landschaftsveränderungen zu entwickeln. Dabei kann es sich um die Abschätzung der Attraktivität einer Landschaft handeln (ALPRO, ECOSYSSERV), oder auch um andere Eigenschaften, z.B. die Bewertung des Lawinenschutzes oder der Hochwasserprävention durch Bergwald (ECOSYSSERV). Ein wichtiger Aspekt dabei ist die Vergleichbarkeit zweier möglicher Zustände, weswegen entweder mit dimensionslosen Bewertungsklassen im Sinne von Indikatoren oder monetarisierten Werten gearbeitet wird (ALPRO, ECOSYSSERV). Bewertungsansätze haben ein grosses Potenzial, zur Objektivierung eines Entscheidungsprozesses in der Praxis beizutragen.
- **Visualisierung:** Neben der Analyse und Simulation von Landschaftsveränderungen werden mit zunehmenden Rechnerkapazitäten auch die Visualisierungstechniken immer komplexer. Insbesondere die Kopplung dynamischer Modelle mit nahezu photorealistischen Darstellungsformen ist eine wichtige Herausforderung für die aktuelle Forschung (ALPSIM*, IPODLAS*). Hochentwickelte 3D-Visualisierungstechniken erlauben damit, komplexe Simulationsergebnisse durch ein anschauliches und leicht interpretierbares Bild bzw. einen entsprechenden Film darzustellen. Diese Techniken stellen eine sinnvolle Verbindung zwischen Simulationsmodellen und Kommunikationsmedien dar, die auch in der Landschafts- und Regionalplanung erfolgreich eingesetzt werden.

Diese vier Funktionen können weitgehend autonom erfüllt werden. Im Falle von computergestützten Modellen werden sie oftmals auch kombiniert. Die Analyse der Vergangenheit, die typischerweise der Funktion Erklärung zugeschrieben wird, bildet dabei häufig die Grundlage zur Entwicklung von Prognoseinstrumenten. Die Prognose ihrerseits stellt die Grundlage für Visualisierungen und zur Bewertung von möglichen Zukunftsentwicklungen dar.

Die relevanten NFP48-Projekte werden entsprechend ihrer hauptsächlichen Akzentuierung diesen Funktionen zugeordnet. Abbildung 10 zeigt, dass die meisten Projekte nicht eindeutig zugeordnet werden können und viele der Modelle mehrere Funktionen modular abdecken (z.B. SULAPS*) oder die Kombination verschiedener Funktionen anstreben (z.B. IPODLAS*).

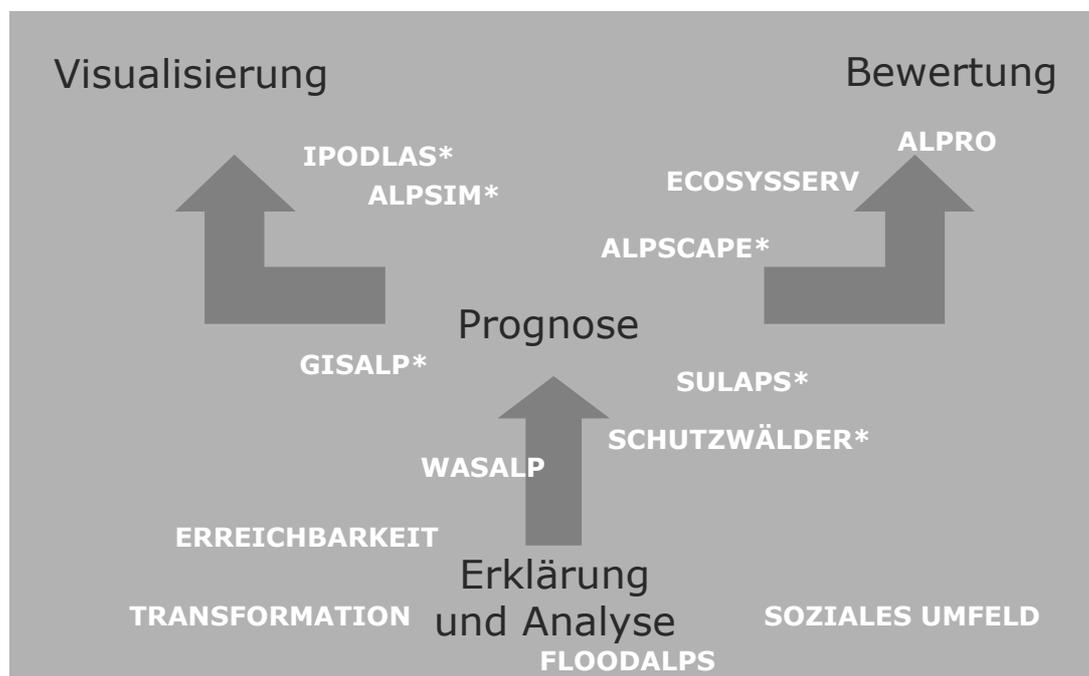


Abbildung 10: Einordnung der Modellierungsprojekte des NFP48 nach Funktionen.

2.2.8 Kommunikation und Visualisierung der Ergebnisse

Form und Technik, in der die Ergebnisse der Modellierung ausgegeben und kommuniziert werden, unterscheiden sich stark zwischen den Projekten. Während manche Projekte mehrere, mitunter komplexe Indikatorwerte ausgeben (ALPSCAPE, SULAPS*), arbeiten andere mit Verteilungskarten (ALPSCAPE*, GISALP*, SULAPS*) und schliesslich manche mit hochentwickelten Visualisierungsprodukten, wie z.B. realitätsnahe Animationen und Filme (ALPSIM*, IPODLAS*). Diese Bandbreite zeigt die Gewichtung zweier komplementärer Aspekte in der computergestützten Landschaftsmodellierung: die Generierung und die Kommunikation von Wissen.

2.3 Bewertung des Gesamtbeitrags

Wir wollen hier die Modelle hinsichtlich ihres Beitrags zur aktuellen Forschung sowie in Bezug auf eine mögliche praktische Anwendung bewerten.

2.3.1 Komplementäre Ansätze & Kombination von Ansätzen

Vom wissenschaftlichen Standpunkt her ist die Kombination verschiedener Modellierungsansätze methodisch und inhaltlich interessant und wünschenswert. Die Breite der Modellierungsmerkmale in den einzelnen Projekten und damit die Vielzahl möglicher Kombinationen zeigen, dass das Potenzial, komplementäre Ansätze zu verfolgen, im Allgemeinen aber auch auf der Basis der im NFP48 geschaffenen Kenntnisse hoch ist.

Um Modellierungsansätze erkenntnisbringend miteinander zu kombinieren, müssen zahlreiche Faktoren aufeinander abgestimmt werden. Die zeitliche und räumliche Auflösung der Daten ist dabei neben der inhaltlichen Ausrichtung eines der bedeutsamsten Kriterien. Die Zusammenarbeit der Projekte WASALP, ALPSCAPE* und ECOSYSSERV ist ein gutes Beispiel für die Kombination unterschiedlicher Modellierungsansätze: Nachdem das Projekt WASALP statistische Modelle zur Entwicklung der Waldausdehnung entwickelt hatte, wurden diese im Projekt ALPSCAPE* zur Entwicklung eines regionalen Simulationsmodells eingesetzt. Die räumlich expliziten Simulationsergebnisse aus dem Projekt ALPSCAPE* lieferten schliesslich die Grundlage für die Bewertung von Ecosystem Services im Projekt ECOSYSSERV (z.B. Grêt-Regamey et al., *subm.*). Obwohl diese Abfolge inhaltlich und methodisch sinnvoll und Erkenntnis bringend ist, gestaltete sich die räumliche Auflösung der zwischen den Modellen ausgetauschten Daten jedoch als problematisch und musste mit Hilfe zusätzlicher Studien und Modellerschritte angepasst werden.

2.3.2 Technische Fortschritte bei der Kombination von Ansätzen

Zu den technischen Problemen, welche die Arbeit mit Modellen oftmals schwerfällig und zeitaufwändig machen, gehören insbesondere Schnittstellenprobleme zwischen verschiedenen Datenformaten und Software-Umgebungen. Im Bereich räumlich expliziter Daten, die für die Raum- und Landschaftsplanung besonders relevant sind, wird die Datenverwaltung weitgehend von Geographischen Informationssystemen übernommen, die dynamische Modellierung erfolgt oftmals in einer unabgängigen Entwicklungsumgebung, und zur Visualisierung wird ein drittes Instrument verwendet (Bishop, 1998; Isenegger et al., 2005). Die Optimierung dieser Schnittstellen wird als wichtiger Beitrag zur Anwendbarkeit von Modellen in der Praxis gesehen (Vonk et al., 2005).

Das NFP48 hat zu dieser Schnittstellenproblematik zwei wichtige Beiträge geleistet. Im Hinblick auf die Datenkonvertierung, die zwischen verschiedenen Modellen oftmals nötig ist, hat GISALP* mit der Entwicklung eines einheitlichen Datenmodell für verschiedene Naturgefahrenmodelle beitragen können. Ausserdem hat IPODLAS* mit der Konzeption einer Software-Architektur, welche die Bereiche Datenverwaltung/GIS, dynamische (zeitliche) Modellierung und Visualisierung direkt miteinander verknüpft,

einen Vorstoss im Bereich der Zusammenführung unterschiedlicher Software-Umgebungen gemacht.

2.3.3 Einsatzpotenzial für die praktische Anwendung

Eines der erklärten Ziele des NFP48 war es, anwendungsnahe Forschung zu fördern. Bei den Modellierungsprojekten stellt sich deswegen die Frage, ob neben den eigentlichen Forschungsergebnissen auch die entwickelten Modelle in der Praxis angewendet werden können. Dies ist bei den meisten Projekten aus verschiedenen Gründen nur unter grossem zusätzlichem Aufwand möglich.

Grosse Bedeutung bei der Anwendung von Modellen in der Praxis hat die jeweils ganz konkrete Fragestellung (siehe auch Kapitel 2.2.2 und 3.3). Es gibt durchaus Fragestellungen, die in Planungsprozessen immer wieder auftauchen und deren Beantwortung durch Modelle objektiviert und vereinfacht werden könnte. Ein Beispiel für ein solches Werkzeug wäre das einfachere Modell, das im Rahmen des Projekt SCHUTZWÄLDER* weiterentwickelt wurde (Brang et al., 2004; Brang et al., in revision).

In den meisten Projekten des NFP48 wurden allerdings kaum derartige Werkzeuge entwickelt, stattdessen stellen die meisten der entwickelten Modelle quasi inhaltlich-methodische Prototypen dar. Als Fallstudien sind sie – die entsprechende Fragestellung vorausgesetzt – methodisch durchaus auf andere Regionen übertragbar (siehe auch Kapitel 3.2.4), doch müssen sie gegebenenfalls für andere Regionen noch einmal validiert und kalibriert werden (z.B. ALPRO, SULAPS*).

Technisch erfüllen sie jedoch oftmals nicht die Voraussetzungen zu einem Einsatz in der Praxis. Zur Bereitstellung eines Modells als Planungswerkzeug sind eine benutzerfreundliche Ausgestaltung des Modells, eine stabile Programmierung und eine umfassende Dokumentation, die auch die Annahmen des Modells aufzeigt und die Möglichkeiten zu Adaption auf eine andere Fallregion erklärt, unbedingt erforderlich (Vonk et al., 2005). Um ein Modell als Werkzeug zu etablieren, ist es im Einzelfall auch ein gezieltes Marketing hilfreich, wie es zum Beispiel aus dem Projekt ALPRO heraus in Form einer ansprechenden Broschüre erfolgt ist (Schwarzwälder and Kooijman, 2005).

Das NFP48 hatte den Anspruch zu Praxisnähe und Transdisziplinarität (Fry, 2001; Klein et al., 2001). In den meisten Projekten wurden deswegen potenzielle Nutzer der Modelle schon früh in das Projekt einbezogen (Hirsch Hadorn et al., 2006). Der Kontakt zu Entscheidungsträger oder Verwaltungsinstitutionen wurde häufig bereits zur Formulierung der Projektidee aufgenommen (z.B. GISALP*), und die Einbindung der lokalen Bevölkerung erfolgte in Form von Interviews (z.B. SULAPS*) und/oder Workshops (z.B. ALPSCAPE*) weitgehend während des Projektes. Trotzdem gelang es nur teilweise über die Laufzeit des Projektes regelmässig Kontakt zu pflegen und oftmals entwickelten sich die Erwartungen von Wissenschaft und Praxis im Laufe der Projekte etwas auseinander. Wie in zahlreichen anderen transdisziplinären Forschungsprojekten wurde deutlich, dass es sich trotz aller Bemühungen bei den NFP48-Projekten primär um Forschungsprojekte handelt, die neben den Erwartungen

der Praxis auch der Grundlagenforschung und der Ausbildung gerecht werden sollten (Mittelstrass, 2003).

Ein weiterer Grund, weshalb das Einsatzpotenzial der Modelle in der Praxis noch nicht ausgeschöpft wurde, ist die anfängliche Aussicht auf eine spezielle Umsetzungsphase des NFP48. Das Projektdesign sah deshalb in mehreren Fällen eine Methodenentwicklung und die Erstellung eines Prototyps in der ersten Projektphase vor, während die Nutzung der Forschungsergebnisse in einer zweiten Projektphase für die Praxis oder die Öffentlichkeit umgesetzt werden sollte.

3 Einsatz von Modellen in der Raum- und Landschaftsplanung

Seit den 1980ern wurden zahlreiche computergestützte, räumlich-explicite Modelle zur Raum-, Landschafts- und auch Stadtplanung entwickelt. Während sich Visualisierungstechniken bereits relativ gut in der Planungspraxis etabliert haben (Bishop and Lange, 2005), bestätigt die Literatur und auch unsere Zusammenarbeit mit den Experten der Begleitgruppe, dass Modelle in der Praxis kaum genutzt werden (z.B. Geertman and Stillwell, 2004; Stillwell et al., 1999). Dies bedeutet nicht, dass Modelle für die Planungspraxis wertlos sind. Im Gegenteil, es wird von sehr positiven Erfahrungen berichtet, wo sie überhaupt gemacht wurden (z.B. Costanza, 1998).

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Erwartungen und Probleme bei der Nutzung von Modellen in der Planungspraxis angerissen, mögliche Lösungsansätze entwickelt und der allfällige Beitrag der NFP48-Forschung dargestellt. Denn wenn man sich die Simulationsmodelle, die im Rahmen des NFP48 Forschung entwickelt worden sind (Kapitel 2), genau betrachtet, stellen wir fest, dass sie zwar (bisher) kaum Eingang in die Planungspraxis gefunden haben, jedoch Beiträge zur Lösung zahlreicher Kernprobleme liefern können.

3.1 Erwartungen an virtuelle Planungsinstrumente

In einer gross angelegten Studie, in der mehr als 1000 Betroffene befragt wurden, sind Cockerill et al. (2004) der Akzeptanz von Modellen in Planungsprozessen nachgegangen. Sie betonen, dass die grosse Mehrheit der Befragten überzeugt war, dass Modelle hilfreiche Werkzeuge in der Planung und dem dazugehörigen politischen Prozess sind. Trotzdem werden sie in der Planungspraxis bisher kaum genutzt, weil man mit ihrem Potenzial und ihrer Handhabung noch nicht ausreichend vertraut ist und die technischen Komplikationen oftmals gross sind (Vonk et al., 2005). Vonk et al. (2005) sind den Gründe, weswegen die Aktivität bei der Entwicklung von *planning support systems* für die Raum- und Landschaftsplanung die tatsächliche Nutzung übersteigt, in einer internationalen Studie nachgegangen, in der rund 800 Experten angeschrieben wurden.

Beide Aussagen spiegeln auch den Standpunkt der Begleitgruppe sehr gut wider (Dokumentation des Begleitgruppenprozesses im Anhang). Sie sieht auf der einen Seite das grosse Potenzial der virtuellen Planungsinstrumente, aber auch, dass insbesondere der Einsatz von Modellen durch notwendige Adaptionen und erforderliche Daten mit einem grossen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden ist, den viele Anwender scheuen. Trotz einzelner Zweifel ist die allgemeine Einschätzung, dass virtuelle Planungswerkzeuge in Zukunft vermehrt eingesetzt werden, da sie der zunehmenden Komplexität der Entscheide, dem entsprechenden Bedürfnis nach Planungsgrundlagen und einer verbesserten Transparenz der Planungsverfahren Rechnung tragen können.

Für die Begleitgruppe war die Berücksichtigung unterschiedlicher Funktionen von Planungsinstrumenten innerhalb des Planungsprozesses sehr wichtig, wie z.B. zwischen

Instrumenten, deren Ergebnisse intern als Entscheidungsgrundlage und jenen deren Ergebnisse vorwiegend zur Kommunikation an die Öffentlichkeit oder Entscheidungsträger verwendet werden. Dies entspricht weitgehend der Differenzierung zwischen Modellen und Visualisierungen (siehe auch Kapitel 2.2.7) und stellt bereits ein bedeutsames Merkmal dar, um ein passendes Werkzeug für die eigenen Bedürfnisse zu finden (siehe auch Kapitel 3.2.5).

Die Modelltransparenz und das Vertrauen in Modelle spielen eine wichtige Rolle für die Akzeptanz von Modellen in der Planungspraxis, dies bestätigt die Begleitgruppe in Übereinstimmung mit Vonk et al. (2005) und Cockerill et al. (2004). Im Sinne einer detaillierten und kompletten Dokumentation ist Transparenz in erster Linie für Nutzer bedeutsam, die sich mit dem Modell sehr detailliert auseinander setzen, das methodische Vorgehen beurteilen können sollten und die Plausibilität der Ergebnisse abschätzen müssen. Dies können kleine Teams oder auch Einzelpersonen in der Verwaltung und in Beratungsbüros sein. Für Nutzer, die sich mit dem Modell selbst nicht so detailliert auseinandersetzen, wie zum Beispiel die Politik als potenzieller Auftraggeberin, ist nicht die Modelltransparenz, sondern das Vertrauen in das Modell, seine Entwickler und seine Anwender entscheidend. Eine aktive Vertrauensbildung im Vorfeld kann daher entscheidend sein für die Akzeptanz eines Modellen im Planungsprozess (Cockerill et al., 2004).

Weitere Ansprüche an ein mögliches Planungsinstrument sind die Fähigkeiten, verschiedenartige Folgewirkungen von Entscheiden abbilden und Alternativen simulieren zu können. Diese beiden Ansprüche deuten darauf hin, dass Simulationsmodelle eines hohen Komplexitätsgrades durchaus von Anwendern gewünscht werden. Denn zukünftige Entwicklungen systematisch zu abzuschätzen, wird als hilfreicher Beitrag zu Entscheidungsgrundlagen gewertet. Welchen Grad der Komplexität diese Modelle abdecken sollen, kann von einem Anwendungsfall zum nächsten stark variieren. Doch zeigt die Diskussion in der Begleitgruppe, dass im Bereich der Simulationsmodelle oftmals gerade hohe Komplexitäten gefragt sind. Diese Aussage stimmt weitgehend mit den Erfahrung von Bishop (1998) überein, der diese Erwartungen an Planungswerkzeuge allerdings kritisiert und auf unterschiedliche Werkzeuge für unterschiedliche Aufgaben hinweist. Dies gilt sowohl für die Funktionen der Instrumente innerhalb des Planungsprozesses (z.B. Visualisierung versus Simulation) als auch für die inhaltliche Ausrichtung von Modellen (z.B. Ökonomie versus Ökologie).

In Übereinstimmung mit Vonk et al. (2005) ist auch für die Begleitgruppe ein interaktives Instrument ein langfristig erstrebenswertes Ziel. Eine hohe Interaktivität in Verbindung mit schnellen Rechenzeiten ermöglicht das "Herumspielen" mit dem Modell. So könnten die Modelle professionelle Anwender die Plausibilität und die Grenzen des Modells relativ schnell abschätzen und sie könnte direkt in Sitzungen und öffentlichen Veranstaltungen genutzt werden.

Die Verfügbarkeit und Aufbereitung von Daten wird als eine rein technische Herausforderung beurteilt und langfristig eher weniger problematisch bewertet, obwohl die im Moment noch eine sehr grosse Hürde bedeutet.

3.2 Probleme und Lösungsansätze zur Etablierung von Modellen in der Planungspraxis

3.2.1 Datenverfügbarkeit und -qualität

Die technischen Probleme, die dazu führen, dass die Nutzung eines computergestützten Hilfsmittels noch immer ein grosser finanzieller und zeitlicher Aufwand bedeutet, umfassen unter anderem die Verfügbarkeit und Aufbereitung von Datengrundlage (Begleitgruppe und Vonk et al., 2005). Im Gegensatz zur Forschung können in der Praxis oftmals nicht erst selbst Daten erhoben werden, bevor ein Modell oder Planungswerkzeug zum Einsatz kommt. Die Art der Datengrundlagen, die in der Raum- und Landschaftsplanung verwendet werden, sind vielschichtig und unterscheiden sich neben der inhaltlichen Ausrichtung in ihrer räumlichen Ausdehnung, in ihrer räumlichen Auflösung und ihrer zeitlichen Auflösung. Obwohl der Umfang der zur Verfügung stehenden Daten gross ist, decken sie viele Bedürfnisse der Raum- und Landschaftsplanung derzeit noch nicht ab.

Flächendeckende Datensätze

Für die gesamte Schweiz stehen mehrere flächendeckende Datensätze zur Verfügung. Der Vorteil dieser Datensätze besteht insbesondere darin, dass sie für alle Regionen der Schweiz erhältlich sind, dass sie keinen datenschutzrechtlichen Restriktionen unterliegen und dass sie sehr gut dokumentiert sind. Sie werden zum grössten Teil vom Bundesamt für Statistik (BFS) und von SwissTopo aufgenommen und weitergeführt, wie z.B. die Datensätze des GEOSTAT (BFS, 2001) oder der Vector25-Datensatz (Swisstopo, 2006).

Die GEOSTAT-Datensätze decken ein weites Spektrum an Themen ab, so sind z.B. auch pedologische und klimatische Daten oder auch die Ergebnisse der Volkszählung im Rahmen dieses Datensatzes aufbereitet (BFS, 2001). Ein weiterer Vorteil dieser Daten ist, dass zum Teil auch methodisch genau dokumentierte Zeitreihen existieren, wie im Falle der Arealstatistik (1979/85 und 1992/97) und der Volkszählungen (1990 und 2000) (BFS, 2001). Die GEOSTAT-Sammlung deckt zwar die gesamte Schweiz ab, doch ist ihre räumliche Auflösung für regionale und lokale Studien oftmals nicht ausreichend (Abbildung 11).

Vector25 bildet ebenfalls die gesamte Schweiz ab. Die räumliche Auflösung des Datensatzes ist jedoch um ein vielfaches besser, da der Vector25-Datensatz die Grundlagen für die Landeskarten der Schweiz im Massstab 1:25000 bildet (Swisstopo, 2006), die für regionale und lokale Studien oftmals ausreichend ist. Allerdings umfasst er ausschliesslich die Informationen, die für die Landeskarten der Schweiz gebraucht werden (Swisstopo, 2006). Ökologische oder soziologische Daten werden nicht aufgenommen und Zeitreihen sind aufgrund des geringen Alters des Datensatzes auch (noch) nicht erhältlich.

Form und Inhalt weiterer öffentlich zugänglicher Datensätze

Neben diesen flächendeckenden Datensätzen der Bundesinstitutionen existieren ausserdem Datensätze anderer Ämter auf Bundes-, Kantons- und Gemeindeebene. Da die Daten von Kantonen und Gemeinden oftmals räumlich höher aufgelöst sind, stellen sie oft eine sinnvolle Ergänzung der flächendeckenden Datensätze des Bundes dar. Abbildung 11 zeigt ein Beispiel aus dem Bereich Landnutzung. Während die rechte Abbildung auf der Arealstatistik mit einer Auflösung von 100 m x 100 m beruht (BFS, 2001), zeigt die linke die durch eigene Erhebungen angereicherten Daten des Amtlichen Geometer der Gemeinde Landschaft Davos. Gerade für die Nutzung von virtuellen Planungsinstrumenten wäre es sehr hilfreich, die Verfügbarkeit solcher Daten, ihre Eigenschaften und Inhalte zusammenzutragen und öffentlich zu machen. Ein Abgleich dieser Datensätze hinsichtlich ihrer Form und Inhalte wäre ein weiterer Schritt, um die Übertragbarkeit von Modellen zwischen einzelnen Regionen zu vereinfachen.

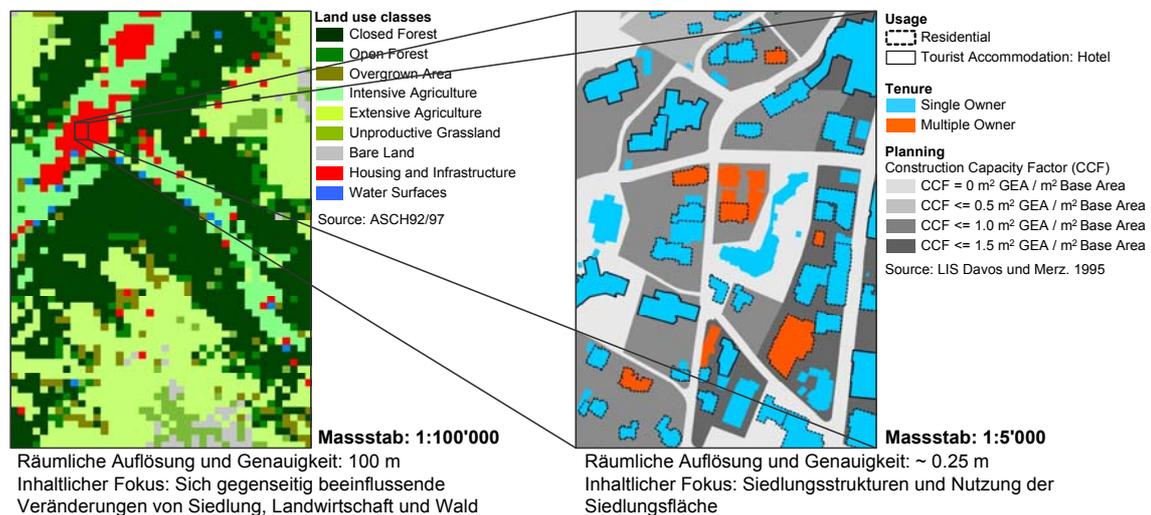


Abbildung 11: Gegenüberstellung der Arealstatistik und dem Datensatz eines Amtlichen Geometer: Je nach räumlicher Auflösung lassen sich unterschiedliche Inhalte darstellen und Aussagen machen (verändert nach Walz, 2006).

Kombination bereits existierender, öffentlich zugänglicher Datensätze

Bei der Aufbereitung von Daten für die Raum- und Landschaftsplanung wäre die Kombination bereits existierender, öffentlich zugänglicher Datensätze bereits eine grosse Verbesserung. Die Beispiele dafür sind vielfältig und liessen sich um ein vielfaches erweitern. So wäre zum Beispiel die Verknüpfung von Verkehrserhebungen mit dem Strassennetz des Vector25, oder die Verknüpfung der Stockwerkzahlen pro Gebäude mit dem Gebäudedatensatz des Vector25 bereits oftmals sehr hilfreich. Die Informationen liegen auf Ämtern in Form von Berichten und Plänen nahezu flächendeckend vor, doch sind sie digital meistens nicht erhältlich oder es bestehen rechtliche Restriktionen, welcher einer Datenabgabe im Wege stehen.

Aggregation von Daten auf räumliche Einheiten

Nicht alle Informationen von Interesse für die Raum- und Landschaftsplanung sind räumlich explizit. Wichtige sozio-ökonomische Daten werden auch auf der Ebene von Verwaltungseinheiten erhoben. Dazu gehören zum Beispiel die Kennzahlen zur regionalen Wirtschaft und zur Landwirtschaftsstruktur. Die Aggregation auf der Ebene der Gemeinden ist dabei für die Raum- und Landschaftsplanung oftmals ausreichend. Problematisch ist es dagegen, wenn Daten nur auf höheren administrativen Ebenen erhoben werden. Ein Beispiel dafür sind Finanzflüsse zwischen Branchen, die zur Abschätzung der Bedeutung einzelner Branchen für die regionalen Verflechtungen in der Wirtschaft sehr hilfreich sein können. Derartige Daten, wie sie für Input-Output-Tabellen erforderlich sind, werden zum Beispiel nur auf Bundesebene erhoben. Der Aufwand zur Regionalisierung solcher Datensätze ist sehr hoch, wie man am Beispiel der Input-Output-Tabelle im Rahmen des Projektes ALPSCAPE* sehen kann (Wegmann and Kytzia, 2005).

Lücken in der Datenabdeckung

Trotz der insgesamt recht guten Datenlage in der Schweiz gibt es letztendlich auch noch Lücken in der Datenabdeckung. Manche dieser Lücken führen immer wieder dazu, dass die Raum- und Landschaftsplanung in wichtigen Bereichen auf grobe Abschätzungen und relativ schlecht dokumentierte Befragung zurückgreifen muss. Eine dieser Lücken ist zum Beispiel die Verteilung und Belegung von Zweitwohnung. Besonders in den Bergregionen ist diese Angabe von grosser Bedeutung für die Raum- und Landschaftsplanung, trotzdem muss in vielen Regionen auf Befragungen zurückgegriffen werden, deren Qualität schlecht einschätzbar ist, wie zum Beispiel Diplomarbeiten. Ebenso verhält es sich zum Beispiel auch mit den Angaben zur Anzahl und Verteilung von Tagestouristen. Auf diese für die Raum- und Landschaftsplanung in den Schweizer Alpen wichtige Angaben ist man immer wieder auf die Kooperation der Bergbahnen angewiesen. Wie gut diese Kooperation funktioniert, hängt oftmals allein von persönlichen Kontakten ab, obwohl diese Daten durchaus oft von öffentlichem Interesse sind. Es müssen und können sicher nicht alle derartigen Datenlücken geschlossen werden, dennoch wird es Planungsprozesse in Zukunft wesentlich erleichtern, wenn gewisse, immer wieder auftretenden Lücken identifiziert und auch geschlossen werden könnten. In vielen Fällen und auch im aufgeführten Beispiel würde das sich nicht nur die Nutzung von Modellen und Planungswerkzeugen hilfreich sein, sondern würde eine wesentlich verbesserte Diskussions- und Entscheidungsgrundlage liefern.

Eigene Datenerhebung und Modellierung als Analysewerkzeug

Im Gegensatz zur Praxis ist man in der Forschung eher bereit, eigene Datengrundlagen speziell für Modellierungen zu erheben. Bei Modellen, die vorwiegend der wissenschaftlichen Erkenntnis dienen, ist dies sicher sinnvoll. Doch bei der Entwicklung von Modellen, die auch in der Praxis zum Einsatz kommen sollen, können interne Parameter, deren Übertragbarkeit getestet wurde, auch noch auf der Basis selbst erhobener Daten abgeschätzt werden (z.B. ALPSIM*). Aber die Eingabedaten sollte dies

vermieden werden. Sie sollten zur Vereinfachung der Anwendung nach Möglichkeit aus bereits existierenden Datensätzen bestehen (z.B. ALPSIM* und das ALPSCAPE*-Landnutzungsmodell).

Von Seiten der Praxis ist festzustellen, dass aufwendige Erhebungen seit vielen Jahren ein regelmässig eingesetztes Mittel sind (z.B. Verkehrszählungen). Eine Modellierung auf der Grundlage dieser speziell zu einem Problem erhobenen Daten wäre vielmals eine sinnvolle Ergänzung zu den heute bereits standardmässig durchgeführten Analysen. So könnten statt der meist rein gedanklich vollzogenen Szenarien, wohl dokumentierte Simulationen und Szenarienanalysen durchgeführt werden. Bei dieser Betrachtungsweise wird einmal mehr deutlich, dass Modellierung nicht nur die Nutzung eines bereits existierenden Werkzeugs bedeuten kann, sondern auch eine im Moment noch in der Praxis eher weniger etablierte Methode darstellt.

3.2.2 Schnittstellen zwischen verschiedenen Tools

Die technische Verbesserung der Schnittstellen zwischen verschiedenen Tools gilt als essentiell zur Etablierung von Simulationsmodellen in der Praxis. Weil diese Schnittstellen zwischen verschiedenen Software-Pakete, wie z.B. einem GIS und einem Simulationsmodell, oftmals schlecht ausgearbeitet sind, muss viel Zeit für die Aufbereitung und den Austausch von Daten zwischen verschiedenen Software-Paketen aufgewendet werden (Bishop, 1998).

Obwohl diese technischen Probleme die Nutzung von computergestützten Hilfsmitteln und Modellen sehr schwerfällig und aufwendig machen, zeigen die Entwicklungen der Vergangenheit, wie rasch der technische Fortschritt zu neuen Standards führen kann. Beispiele dafür sind der Einsatz von Geographischen Informationssystemen (GIS), der inzwischen standardmässig bei Planungsprozessen genutzt wird, und auch Google-Earth, das vom Datenumfang, von der Rechengeschwindigkeit und von der Interaktivität her vor wenigen Jahren noch nicht für möglich gehalten worden wäre. Die bestehenden technischen Probleme werden insofern als lösbar und als wichtige Felder zukünftiger Forschung und Entwicklung erachtet.

Zwei Projekte der NFP48-Forschung fokussieren genau auf diese Problematik. In IPODLAS* wurde ein Konzept zur technischen Optimierung der Verbindung von GIS, Visualisierungssoftware und dynamischen Modell ausgearbeitet (Isenegger et al., 2005). Im Mittelpunkt stand dabei die Konzeption einer Software-Architektur, die einen direkten Datenfluss zwischen den drei Werkzeugen ermöglichte, anhand von Use Cases im Vordergrund. GISALP* konzentrierte sich hingegen auf die Entwicklung eines Datenmodells, um verschiedene bereits existierende Modelle im Bereich Naturgefahren zu kombinieren. Dabei stehen Konvertierungsprobleme zwischen den unterschiedlichen Modellen im Vordergrund, die bisher die kombinierte Nutzung der Modelle sehr umständlich gemacht haben (Rothenbühler, 2006).

3.2.3 Erforderliche Komplexität der Modelle

In der Planungspraxis ist es von grösster Bedeutung, dass Werkzeuge und Methoden dem Planungsproblem angemessen sind. Oftmals können bereits technisch und methodisch relativ einfache Ansätze zum Ziel führen.

Überträgt man die unterschiedlichen Eigenschaften von Modellen in der Raum- und Landschaftsplanung auf ein Bauwerk, lassen sich Modelle finden, die das Bauwerk einfach von aussen zeigen. Komplexere Modelle stellen das Bauwerk aus mehreren Perspektiven und vielleicht auch noch in seiner Umgebung dar. Noch komplexere Modelle zeigen auch das Innere des Bauwerks und lassen den Betrachter darin herumspazieren. Schliesslich gibt es Modelle, die neben dem Bauwerk selbst auch noch seine Nutzung und die Bedürfnisse der Nutzer einbeziehen, oder Stoffflüsse abbilden, die in Zusammenhang mit Bau und Betrieb des Objektes in Zusammenhang stehen.

Bildliche Darstellung und Visualisierung

Es ist weder für Fachleute noch für die Öffentlichkeit einfach, sich Eingriffe in die Landschaft und vor allem auch schleichende Veränderungen visuell vorzustellen. Die Visualisierung von Landschaftsveränderungen wird deswegen als wichtiges Hilfsmittel eingestuft und wird bereits in der Raum- und Landschaftsplanung immer wieder wirkungsvoll eingesetzt.

Vielmehr ist bereits die computergestützte Visualisierung eines geplanten Objektes in seiner Umgebung sehr aufschlussreich (z.B. Abbildung 12). Dazu werden entweder Photographien in einem Bildverarbeitungsprogramm so verändert, dass sie den zu diskutierten Eingriff in die Landschaft veranschaulichen. Oder es wird eine 3D-Visualisierung genutzt, die das Planungsobjekt (in Form eines digitalen Datensatzes) virtuell in seine Umgebung (Digitales Geländemodell und Bodenbedeckungskarte) einbettet. Zur 3D-Visualisierung eines Planungsobjektes sind Daten zur Abmessung des geplanten Objektes, der Umgebung, in der es erstellt werden soll, und eine Standard-Software, in der beides aus verschiedenen Perspektiven gezeigt werden kann, erforderlich. Geeignete Software-Pakete werden direkt als Visualisierungs-Werkzeuge angeboten, ausserdem eignen sich auch Produkte aus den Bereichen CAD (*Computer Added Design*) und GIS (*Geographische Informationssysteme*).

Während die Nachbereitung von Photographien ein weithin bekannte Technik ist, die lange vor der Etablierung von Computern genutzt wurde, handelt es sich bei der 3D-Visualisierung um eine Technik, die sich in den letzten Jahrzehnten mit entsprechender Software entwickelt hat und sich mit zunehmend verfügbaren Daten allmählich etabliert.

Auch wenn die entsprechenden Bilder heute teilweise noch etwas unnatürlich wirken, hat die 3D-Visualisierung gegenüber der Nachbearbeitung von Photographien einige Vorteile. Da sie auf Daten beruht, die inzwischen für viele Geländeausschnitte und Planungsobjekte vorhanden sind, ist sie die relativ einfach übertragbar. Die Detailschärfe der Abbildungen kann dabei den Anforderungen des Planungsprozesses nahezu beliebig mit den entsprechenden Daten und einem zusätzlichen Rechenaufwand angepasst werden. Ausserdem erlaubt sie, das Objekt problemlos aus unterschiedlichen

Perspektiven abzubilden. Wie Abbildung 12 zeigt, kann dies bei der Beurteilung der visuellen Wirkung eines Planungsobjektes ein grosser Vorteil gegenüber physischen Modellen sein, wie sie in der Architektur eingesetzt werden. Schliesslich, und das ist im Zusammenhang mit Virtuellen Welten von besonderem Interesse, kann sie auch eingesetzt werden, um die Ergebnisse von Simulationen der Landschaftsentwicklung in ein einfach erfassbares Bild zu übersetzen. Damit macht sie abstrakte Simulationsergebnisse in ihrer Bedeutung erfassbar, was insbesondere bei Auswirkungen schleichender Prozesse eine grosse Bedeutung haben kann.

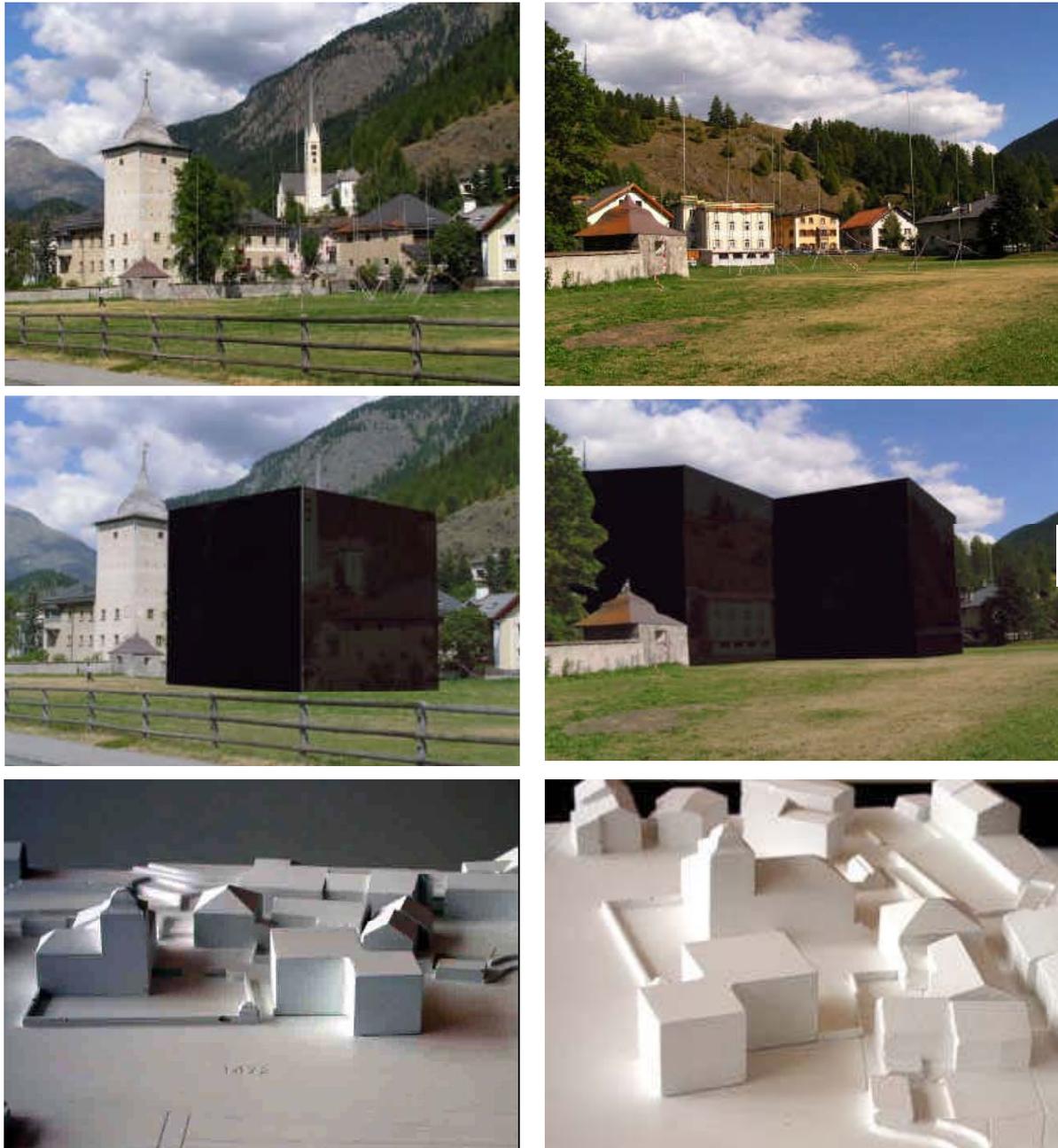


Abbildung 12: Computergestützte Visualisierungen im Vergleich zum 3D-Modell: Beispiel Neues Nationalparkzentrum im Schlossgarten von Zermatt, GR. Obere Reihe: Baugerüste der Bauherrschaft, mittlere Reihe: die von der Gegnerschaft erzeugte Gebäudesimulation, untere Reihe: 3D-Modell des verantwortlichen Architekten (Quelle: Pro Chaste da Zermatt, 2004).

Erfolgreich wurde die computergestützte Visualisierung zum Beispiel im bereits erwähnten Fall des neuen Nationalparkzentrums in Zernez, GR, eingesetzt. Die Lage des bereits bewilligten Bauprojektes wurde noch einmal in Diskussion gestellt, nachdem eine massstabsgetreue Visualisierung zeigte, dass das Objekt im Schlossgarten die Sicht auf das Ensemble von Schloss und Schlosswiese verdecken und somit das durch das ISOS (Inventar der schützenswerten Ortsbilder, beruhend auf dem Natur- und Heimatschutzgesetz) geschützte Ortsbild stark in Mitleidenschaft ziehen würde (Abbildung 12). Angestossen durch diese Visualisierung wurde das Objekt letztendlich aus verschiedenen Gründen an einem anderen Ort platziert. Nicht untersucht wurde, in wie weit die Verwendung der Farbe Schwarz bei der Darstellung des Neubaus durch die Kritiker die Diskussion um den Standort des neuen Nationalparkzentrums beeinflusste.

Kausale Zusammenhänge und Modellbildung

Einen höheren Grad an Komplexität wird bei der Darstellung von kausalen Zusammenhängen erreicht. Methoden, um diese Zusammenhänge zu etablieren, wurden im Bereich der Systemanalyse und -dynamik entwickelt (z.B. Forrester, 1972; Vester and von Hesler, 1980). Diese Ansätze werden sowohl im technischen Bereich wie zum Beispiel in der Informatik, in den Naturwissenschaften als auch in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften eingesetzt. Eines der frühen und sehr bekannten Beispiel ist der Bericht „Grenzen des Wachstum“ des Club of Rome Anfang der 1970er (Meadows et al., 1972). Derzeit werden systemanalytische Methoden vielfach im Rahmen von Szenarienanalyse (z.B. Scholz and Tietje, 2002) und Adaptive Management (z.B. Sendzimir et al., 2007) eingesetzt.

Das Vorgehen der Systemanalyse ist zunächst qualitative und eignet sich sehr gut für die Gruppenarbeit. Im ersten Schritt werden die Systemgrenzen festgelegt, im zweiten die für die Fragestellung relevanten Elemente ausgewählt, im dritten Beziehung zwischen den ausgewählten Elementen bestimmt und schliesslich werden die Eigenschaften des Gesamtsystems und seine Beziehungen zur Umwelt betrachtet. Das Ergebnis der qualitativen Systemanalyse wird graphisch in der Form von eines Flussdiagramms dargestellt (z.B. Abbildung 13).

Ausser dem rein qualitativen Vorgehen lassen sich in einem folgen Schritt auch die Beziehungen zwischen den ausgewählten Elementen semiquantitativ und quantitative bestimmen. Beispiele dafür sind die Beurteilung der Wirkung zwischen Elementen in Intensitätsklassen oder die Bestimmung von Stoff- oder Energieflüssen zwischen Elementen.

Diese vielfach erprobte Methode eignet sich ausserdem dazu, einen Dialog- und Lernprozess unterstützen (z.B. van den Beld, 2004; Vennix, 1996). In einem Stadium des Planungsprozesses, in dem die Verbesserung des System- und Problemverständnisses von Stakeholdern und Entscheidungsträgern im Vordergrund steht (siehe auch Kapitel 3.2.5), kann die Systemanalyse deswegen hilfreich in einem partizipativen Prozess eingesetzt werden (z.B. Sendzimir et al., 2007). Sie entspricht

weitgehend den Mentalen Modellen, wie sie in der Synthese III „Landschaften gemeinsam gestalten“ beschrieben sind (Simmen and Walter, 2007).

Das Verständnis und die Beschreibung der ursächlichen Zusammenhänge innerhalb eines Systems durch die Systemanalyse stellt das bearbeitete System letztendlich in Form eines Modells dar. Die Systemanalyse ist damit auch bei der Entwicklung numerischer Modelle vielfach der eigentliche Schritt der Modellbildung. Sie bestimmt die Logik und die Struktur eines Modells und kann mit Hilfe entsprechender Software (z.B. *Stella*, *Powersim*, *Vensim*, u.ä.) zu einem Simulationsmodell recht einfach weiterentwickelt werden.

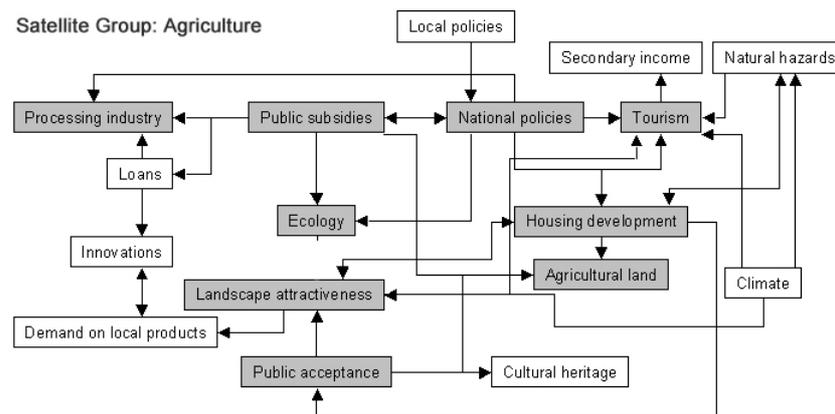


Abbildung 13: Beispiel für das zunächst qualitative Ergebnisse der Systemanalyse zur Situation der Landwirte aus dem ALPSCAPE Projekt (Walz et al., 2007).

Quantifizierung kausaler Zusammenhänge und Kalibrierung

Um allerdings die Intensität von Prozessen, das Resultat inter-agierender Prozesse oder die Überschreitung von Schwellenwerte abzuschätzen, muss eine Quantifizierung der Zusammenhänge eines abgebildeten System erfolgen. Dabei handelt es sich oftmals um Parameter, die auf der Grundlage von empirischen Beobachtungen abgeschätzt werden, wie z.B. betriebswirtschaftliche Eckwerte in der Landwirtschaft (SULAPS*), Migrationszyklen von Lärchenwicklern (IPODLAS*), oder Vorlieben von Wanderern (ALPSIM*).

Diese Quantifizierung erlaubt es letztendlich das Modell zu Computersimulationen zu nutzen. Die Ergebnisse der Computersimulation hängen offensichtlich stark von den berücksichtigten Faktoren, notwendigen Annahmen, der Umsetzung des Modells in ein Programm und der Kalibrierung des Modells ab. Nur mit einer sehr detaillierten Dokumentation dieser Punkte kann ein potentielle Anwender abschätzen, ob das vorliegende Modell auch seinen Anforderungen entspricht, ob Adaptionen erforderlich sind, oder ob es seinen Anwendungsfall nicht ausreichend gut abbildet.

Weil die Möglichkeit zu Adaptionen und Rekalibrierung bei der Verbreitung eines Modells von grosser Bedeutung ist, werden viele Modelle inklusive *Source Code* zur Verfügung gestellt. Die Adaption und Rekalibrierung eines Modells kann in Einzelfällen

allerdings recht arbeits- und datenintensiv sein (Stevensa et al., 2007), obwohl zur Rekalibrierung bereits teilweise automatisierte Verfahren zur Verfügung stehen (z.B. Straatman et al., 2004).

Die Kalibrierung von Modellen wird umso schwieriger, je schlechter sich Zusammenhänge quantifizieren lassen. In integrierten Ansätzen, in denen mehrere Modelle aus verschiedenen Disziplinen kombiniert werden, ist es oftmals besonders schwierig. In der NFP48 Forschung war ALPSCAPE* ein typisches Beispiel für ein Integriertes Modell. Die verschiedenen, auf die lokalen Verhältnisse kalibrierten Modelle, wurden dabei allerdings nicht durch einen vollautomatisierten Mechanismus zusammengeführt, sondern durch die Ausformulierung von Szenarien. Dies war notwendig, weil die Schnittstellen zwischen den Modellen nicht ausreichend kalibriert werden konnten.

An diesen Schnittstellen insbesondere zwischen ökologischen und wirtschaftlichen Fragestellungen liegen noch Forschungsdefizite vor, die für die Schweizer Alpen essentiell sind. Die Forschung muss in diesem Bereich in Zukunft noch wesentliche Beiträge liefern, um integrierte Modellansätze für die Planung attraktiv zu machen. Erste Beiträge findet man beispielsweise bereits in den Projekten SULAPS*, ECOSYSSERV und der Synthese IV des NFP48 zu „Raumnutzung und Wertschöpfung“ (Simmen et al., 2007).

3.2.4 Übertragbarkeit von Modellen

Ein weiteres – und langfristig betrachtet – womöglich das schwierigste Problem zur Etablierung von computergestützten Hilfsmitteln in der Planung sehen wir darin, dass wenige Entscheidungssituationen vergleichbar sind. Das heisst, dass sich die Hilfsmittel und Modelle hinsichtlich ihrer inhaltlichen Schwerpunkte und auch hinsichtlich der notwendigen Datengrundlagen von Situation zu Situation unterscheiden.

Inwiefern ein Simulationsmodell auf eine andere Planungssituation übertragen werden kann, wie offen und flexibel ein Entscheidungshilfswerkzeug sein muss, um verschiedenen Situationen gerecht werden zu können, oder ob man vor allem die Erfahrung und die entwickelten Methoden in neuen Anwendungssituationen übernehmen kann, hängt sehr von der Komplexität der Fragestellungen ab. Hinsichtlich der Übertragbarkeit von Modellen lassen sich zwei Hauptrichtungen für den Einsatz von Modellen in der Raum- und Landschaftsplanung herauschälen:

- Auf der einen Seite haben wir die technischen Hilfsmittel, die aufgrund ihrer relativ einfachen Datenanforderungen auf viele Einzelfälle übertragen werden können („Tools“). Ein Beispiel dafür ist die Darstellung von geplanten Bauobjekten in ihrer Umgebung aus verschiedenen Perspektiven mit Hilfe von Visualisierungs-Software, CAD oder GIS. In diesem Fall sind die Datenverfügbarkeit und die technischen Softwareanforderungen heutzutage nahezu Standard. In mehreren Projekten des NFP48 wurden ebenfalls ähnliche Ansätze verfolgt. Dabei wurden Darstellungen existierender Landschaften manipuliert, wobei es sich allerdings nicht unbedingt um tatsächlich geplante

Landschaftseingriffe handelte, sondern vielmehr um langfristige Entwicklungstendenzen (z.B. ECOSYSSERV).

- Auf der anderen Seite haben wir den Einsatz von Modellen zur Vertiefung des Problem- und Systemverständnisses. Bei diesem Einsatzgebiet steht der Lernprozess aller Beteiligten im Zusammenhang mit komplexen Entscheiden im Vordergrund („Lernhilfen“). Wichtig ist bei diesem Einsatz von Modellen, dass die Problemstellung durch die Modellierung strukturiert und das Systemverständnis selbst erarbeitet wird. Aus diesem Grund ist der Prozess der Modellentwicklung von zentraler Bedeutung. Nur bedingt kann es hilfreich sein, auf existierende Modelle zurückzugreifen. Ein gutes Beispiel für einen solchen Einsatz von Modellen ist z.B. das Projekt ALPSCAPE*, in dem die lokalen Entscheidungsträger und Vertreter der Öffentlichkeit zumindest in den Prozess der Szenarienentwicklung einbezogen wurden (Walz et al., 2007). Weitere sehr gute Beispiele, in denen der Lernprozess im Vordergrund stand und Entscheidungsträger in den Prozess der Modellentwicklung selbst einbezogen wurden, findet man z.B. in van den Beld (2004).

Beide Einsatzbereiche zeigen charakteristische Eigenschaften für die Übertragbarkeit der entsprechenden Modelle. Sie lassen sich dabei als die beiden äusseren Punkte eines Spektrums betrachten, in dem auch die komplexen Simulationsmodelle des NFP48 eingeordnet werden können (Abbildung 14).

Tool	Fallstudien mit komplexen Simulationen	Lernhilfe
Ziel: Werkzeug, das in zahlreichen Einzelfällen angewendet werden kann.	Ziel: Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen durch Simulation.	Ziel: Strukturierung des Problems und besseres Systemsverständnis.
Grosse Übertragbarkeit: Datenverfügbarkeit für neue Anwendung hoch.	Mittlere Übertragbarkeit: Datenaufbereitung und evt. -erhebung für neue Anwendung und Adaptionen am Modell notwendig.	Nur Übertragbarkeit der Methoden: Modellentwicklung als zentraler Prozess.
Modellentwicklung durch Experten oder Wissenschaftler	Modellentwicklung in punktuelltem Kontakt mit Entscheidungsträgern	Modellentwicklung in Zusammenarbeit mit Entscheidungsträgern

Abbildung 14: Einsatz von Modellen in der Raum- und Landschaftsplanung als Spektrum zwischen „Tool“ und „Lernhilfe“.

Obwohl Simulationsmodelle zur Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen als wichtige Hilfsmittel in der Raum- und Landschaftsplanung erachtet werden, werden die Simulationsmodelle des NFP48 (bisher) nicht auf andere Regionen übertragen. Das liegt unter anderem am grossen zeitlichen und finanziellen Aufwand, der zur Adaption eines existierenden Simulationsmodells auf eine andere Region oder eine leicht veränderte Fragestellung verbunden ist. Dies ist teilweise aufgrund der oftmals unzureichenden Programmierung technisch bedingt, teilweise aber auch durch eine sehr spezielle Ausrichtung inhaltlich bedingt.

Dennoch erfüllen die Simulationsmodelle des NFP48 wichtige Funktionen, die sie als Bindeglied zwischen den „Tools“ und den „Lernhilfen“ auszeichnet. Erstens zeigen sie technische und methodische Lösungen im Sinne der Methodenentwicklung auf, auch wenn sie nicht übertragbar wie „Tools“ sind (z.B. IPODLAS* oder ALPSIM*). Zweitens stellen sie Fallstudien dar, in die oftmals entsprechende Entscheidungsträger einbezogen sind, so dass sie für die Untersuchungsregion selbst auch „Lernhilfe“ sind (z.B. ALPSCAPE*) und tragen so zur zunehmenden Vertrautheit mit den Möglichkeiten der Modellierung sowohl als „Lernhilfe“ als auch als „Tool“ bei. Und schliesslich liefern sie Erkenntnisse, die auch ohne eine direkte Anwendung des entsprechenden Modells, Information und Hilfestellung für Entscheide liefern können (z.B. SULAPS*).

Wir schlagen deshalb vor, die komplexen Simulationsmodelle des NFP 48 weder den Tools noch den Lernhilfen allein zuzuordnen. Stattdessen liegen sie als Fallstudien, in denen in Zusammenarbeit mit Betroffenen und Entscheidungsträgern Methodenentwicklung anhand eines Einzelfalls erfolgt ist, innerhalb des Spektrums zwischen Tool und Lernhilfe (Abbildung 14). ALPSCAPE* wäre auf diesem Spektrum relativ weit rechts einzuordnen, während z.B. das SCHUTZWÄLDER* relativ weit links eingeordnet werden kann.

3.2.5 Mögliche Funktionen in Planungsprozessen

Der Einsatz von computergestützten Hilfsmitteln kann Planungs- und Entscheidungsprozesse nicht abnehmen, aber konstruktiv unterstützen. Dabei können ihre Funktionen in verschiedenen Planungsprozessen und in unterschiedlichen Phasen dieser Prozesse variieren.

Das Spektrum an Funktionen umfasst (1) die Berechnung von Entscheidungsgrundlagen durch komplexe und voraussagende Analysen wie Simulationen, (2) Kommunikationsaspekte, (3) Bewertung anhand von Indikatoren, (4) Strukturierung von Entscheidungsprozesse und schliesslich (5) Analyse und Erklärung. Im Zusammenhang mit der Forschung des NFP48 wurden diese Funktionen in Kapitel 2.2.7. Wie diese Funktionen im Einzelnen einen Beitrag zur Entscheidungsfindung leisten können und welche Komponenten dabei notwendig sind, zeigt Abbildung 15.

Die Experten der Begleitgruppe als potenzielle Anwender bewerteten die komplexen und voraussagenden Analysen in Form von Simulationen oder Szenarioanalysen, die als Entscheidungsgrundlage genutzt werden können, und die realitätsnahe Visualisierung, die sich insbesondere als Kommunikationsmittel im Umgang mit Nichtspezialisten eignet, als die beiden wichtigsten Aufgaben. Dies entspricht auch den Erfahrungen aus der Literatur (z.B. Bishop, 1998; Stillwell et al., 1999).

Berechnung von Entscheidungsgrundlagen durch Simulation

Simulationen, als komplexe und voraussagende Analysen, können Argumente und rationale Grundlagen zur Verbesserung von Einzelentscheiden liefern. Sie versuchen damit die Unsicherheiten eines Entscheides durch zusätzliche Information zu reduzieren. Bei der Berechnung von Entscheidungsgrundlagen gehen dabei Standardmethoden (z.B. Trendberechnungen), hochentwickelte Techniken zur Datenanalyse (z.B. statistische

Modellierung, Data Mining, Neuronale Netze oder Künstliche Intelligenz) und Simulationsmodellen, wie wir sie in Kapitel 2.2.7 definiert haben, allmählich ineinander über.

In den NFP48-Projekten WASALP und TRANSFORMATION wurde vorwiegend retrospektiv mit analytischen Modellen gearbeitet. Dagegen liegt bei den Projekten ALPSCAPE*, ALPSIM*, GISALP*, IPODLAS* und SULAPS* der Fokus auf der zukünftigen Entwicklung. Beispielsweise trägt SULAPS* im Bereich der agentenbasierten Modelle mit einem Ansatz, Landschaftsveränderung auf der Grundlage von aufwendig erhobenen Daten landwirtschaftlicher Betriebe zu simulieren, zur einem verbesserten Verständnis der Mechanismen der Hofaufgabe im schweizerischen Alpenraum bei. Und auf dem Gebiet der „Integrierten Modelle“ hat die Forschung des NFP48 insbesondere mit dem Projekt ALPSCAPE* einen Beitrag zur Integration verschiedener disziplinärer Modelle anhand von Szenarienanalysen geleistet.

Kommunikation durch Visualisierung

Während die Berechnung von komplexen Entscheidungsgrundlagen die Hauptaufgabe bildet, wird die Visualisierung als Querschnittsaufgabe betrachtet (Abbildung 15). Eine sinnvolle realitätsnahe Visualisierung muss nicht an ein Simulationsmodell gekoppelt sein, sondern kann je nach Bedarf aus manipulierten Bildern oder aus 3D-Visualisierungen des geplanten Vorhabens bestehen (siehe auch Kapitel 3.2.3). Doch im Gegensatz zu dem oftmals recht abstrakten Output von Simulationsmodellen in Form von Indikatorwerten oder Karten, der sich vorwiegend an Experten wendet, kann man mit einer realitätsnahen Visualisierung auch Adressaten erreichen, die über wenig Erfahrung in der Raum- und Landschaftsplanung verfügen. Neben der Öffentlichkeit gilt dies insbesondere auch für wichtige Entscheidungsträger in der Politik.

Die NFP48-Forschung hat mit dem Projekt IPODLAS* ein Konzept zur Integration von Werkzeugen zur Verwaltung von (räumlichen) Daten, von Simulationsmodellen und von Visualisierungsinstrumenten geschaffen. Diese Integration ermöglicht es, den umständlichen Transfers zwischen den verschiedenen Instrumenten zu erleichtern und damit die Simulationsresultate sofort zu visualisieren (Isenegger et al., 2005). Das Ergebnis einer dynamischen Simulation kann damit direkt als Film betrachtet und präsentiert werden. Das Projekt ALPSIM* geht noch einen Schritt weiter. Zum einen wird versucht, eine photo-realistische Visualisierung der Landschaft zu erreichen, und darüber hinaus erhalten die Agenten des Modells „visuelle“ Reize in dieser virtuellen Landschaft und reagieren darauf mit ihrem Verhalten (Cavens and Lange, 2004; Gloor et al., 2004).

Bewertung anhand von Indikatoren

Die Bedeutung von Bewertungsansätzen wurde in der Begleitgruppe recht kontrovers diskutiert. Abschliessend kann man zusammenfassen, dass die automatisierte, objektivierte Bewertung nach festgelegten Kriterien nicht als zentrale Aufgabe von computergestützten Hilfsmitteln betrachtet wird. Auch von den Befürwortern wird diese eher als Zusatzfunktion eines Simulationsmodells eingestuft wird („nice-to-have“)

(Abbildung 15). Obwohl dies eine eher zwiespältige Haltung der Begleitgruppe aufzeigt, ist jedoch zu bedenken, dass die Bewertung einer zu erwartenden Veränderung nicht immer trivial ist und eine automatisierte Bewertung durch einen Experten in manchen Fällen nützlich sein kann (z.B. Mortberg et al., 2007).

Die NFP48-Forschung trägt zur Entwicklung von Instrumenten zur Bewertung von Landschaftseingriffen mit den Projekten ECOSYSSERV und ALPRO bei. In ALPRO wurden Methoden zur systematischen und vielschichtigen Bewertung von Landschaftseingriffen anhand von Befragungen entwickelt (Baumgart et al., 2005). Sie ermöglichen ein Meinungsbild zu erstellen, beziehen sich aber nicht auf eine automatisierte Bewertung von Simulationsergebnissen. Im Projekt ECOSYSSERV stehen verschiedene Methoden der Monetarisierung von Landschaftsveränderungen im Vordergrund (z.B. Grêt-Regamey et al., In Press-b). Dabei werden auch Methoden entwickelt, die zur automatisierten Bewertung von Simulationsergebnissen von grösster Bedeutung sein könnten, wie z.B. die Übertragung von punktuellen Befragungsergebnissen auf die Fläche oder die Vergleichbarkeit der Bewertung für verschiedene Landschaftsfunktionen (Grêt-Regamey et al., In Press-a).

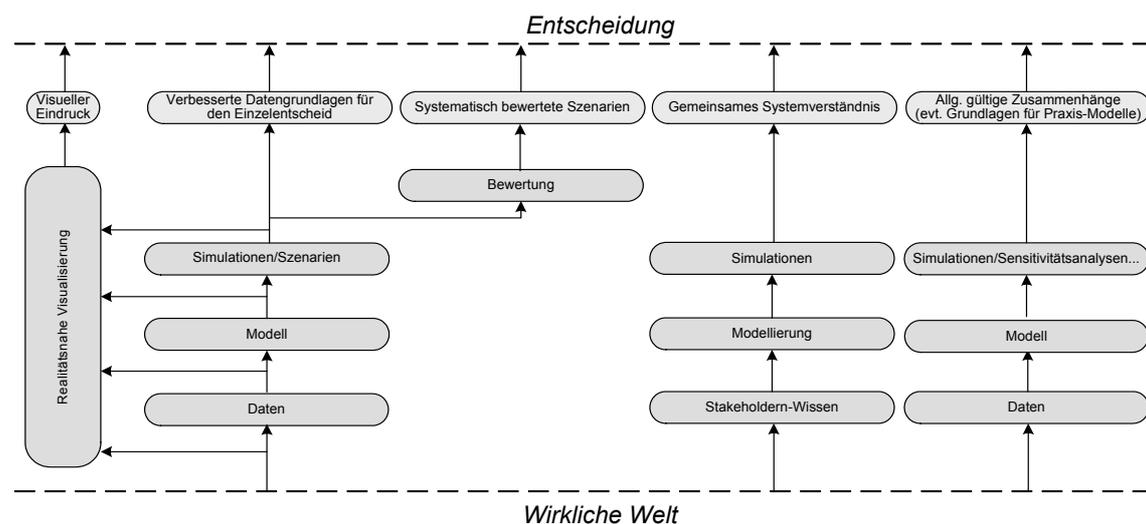


Abbildung 15: Verschiedene Funktion von Modellen und ihr Beitrag zur Entscheidungsprozess (in Anlehnung an Bishop, 1998).

Strukturierung von Entscheidungsprozessen

Die Möglichkeit durch eine Modellierung, Entscheidungsprozesse zu strukturieren, wurde von der Begleitgruppe insbesondere im ersten Workshop als wichtiges Einsatzgebiet genannt. Diese Funktion, die insbesondere bei der komplexen und unscharfen Entscheidungssituationen eine wichtige Rolle spielen kann, erlebt nach einer ersten Hochphase in den 1970ern in den letzten Jahren wieder einen grossen Bedeutungszuwachs (Antunes et al., 2006; Förster and Kytzia, 2004; Hare et al., 2003; van den Beld, 2004; Vennix, 1999). Im Gegensatz zum Einsatz von Modellen für komplexe Analysen und Voraussagen steht dabei nicht ein Modell im Vordergrund, sondern der Modellierungsprozess an sich (van den Beld, 2004). Durch die partizipative Modellierung innerhalb einer Gruppe von verschiedenen Stakeholdern wird ein

gemeinsames Problemverständnis etabliert, die Abgrenzung des betroffenen Systems festgelegt und die Wirkungsweise zwischen einzelnen Elementen dieses Systems definiert. Mit dem daraus entstehende Modell können die Reaktionen des Systems auf äussere Veränderungen simulieren werden. Das Modell kann dabei rein qualitativ, aber auch semi-quantitative oder quantitative sein. Neben den Simulationsergebnissen wird insbesondere das gemeinsam erworbene Systemverständnis als Produkt des Modellierungsprozesses betrachtet, das bei schlecht abzugrenzenden, vielschichtigen Entscheiden ("*messy problems*" nach Vennix, 1999) zur Lösung beitragen kann. In Abbildung 14 sind derartige Modellanwendung weit links auf der Seite der Lernhilfen anzusiedeln.

Analyse und Erklärung

Analytisch-erklärende Ansätze werden vorwiegend in der Forschung eingesetzt. Dabei verfolgen sie das Ziel, allgemein gültige Erkenntnisse zu generieren (Abbildung 15). Das bedeutet nicht, dass sie deswegen keine Relevanz für die Planung haben, denn das Wissen, das dabei gewonnen wird, kann durchaus relevant für die Praxis sein. Ein Beispiel aus der NFP48-Forschung ist das Projekt SCHUTZWÄLDER*, in dem zuerst ein Modell zu Forschungszwecken entwickelt wurde (Stoffel et al., 2006; Wehrli et al., 2007; Wehrli et al., 2005), und dann in einem zweiten die Ergebnisse aus dieser Forschung genutzt wurden zur Entwicklung eines Werkzeugs für die Praxis (Brang et al., 2004; Brang et al., in revision).

3.2.6 Etablierung von Modellen in der Planungskultur

Die mangelnde Erfahrung im Umgang mit Modellen und die Tatsache, dass sie in der Planung so wenig eingesetzt werden, weisen darauf hin, dass ein beträchtlicher Kommunikationsbedarf zwischen Entwicklern und potenziellen Anwendern besteht. Potenzielle Anwender müssen zumindest mit den Möglichkeiten der entwickelten Werkzeuge vertraut sein, um ihren Einsatz in Erwägung zu ziehen. Vonk et al. (2005) schlagen zur Etablierung von Modellen in der Planungskultur professionelles Marketing vor, wie es zum Beispiel auch im Bereich der GIS-Anwendungen in den 1990ern grossflächig erfolgreich war. Diesen Vorschlag halten wir nur für bedingt hilfreich, da die Vielfalt an Funktionen und inhaltlichen Ausrichtungen bei Modellen enorm viel grösser ist als bei GIS-Anwendungen. Wir sehen dagegen ein grosses Potenzial eher im direkten Knowhow-Transfer durch Zusammenarbeit bei Entwicklung und Einsatz von Modellen.

Im Rahmen von aktuellen Planungsprojekten kann die Zusammenarbeit insbesondere über Qualifikationsarbeiten wie Diplom- und Doktorarbeiten gefördert werden. Qualifizierte und im Umgang mit Modellen erfahrene Fachleute stehen entsprechend auch danach auf dem Arbeitsmarkt zur Einbindung in die Planung zur Verfügung. Schwieriger ist es, einen erfahrenen Wissenschaftlicher direkt zur intensiven Zusammenarbeit in einem dringlichen Projekt einzubinden, da inhaltliche Anforderungen und weitere beruflichen Verpflichtungen dies oftmals erschweren.

Umgekehrt kann die Forschung auch Anwender und Entscheidungsträger ansprechen, in dem sie sie in vergleichsweise kleinere, oftmals weniger dringliche Projekte direkt mit einbezieht. Dies entspricht weitgehend dem Ansatz, den das NFP48 mit seiner Forderung nach Transdisziplinarität bereits verfolgt und gefördert hat, nämlich die potenziellen Anwender der Instrumente oder zumindest des generierten Wissens frühzeitig in die Forschungsprojekte einzubinden. Wie erfolgreich diese Strategie war, ist von einem zum anderen Projekt sehr unterschiedlich. Am Beispiel ALPSCAPE* kann man zum Beispiel sehen, dass zwar das Modell nicht weiter in der Region zum Einsatz kommt, doch trugen die Ergebnisse teilweise zur Ausarbeitung eines Leitbilds für die Landschaft Davos bei (Thalmann, 2006).

3.3 Leitfaden zur Beurteilung des Einsatzbereiches der Modelle

Um interessierten Praktikern eine bessere Übersicht über computergestützten Methoden und Modellierungstechniken in der Raum- und Landschaftsplanung, ihre Potenzialen und ihre Grenzen zu vermitteln, wäre die Entwicklung eines Leitfadens mittelfristig von grosser Hilfe.

Einen Überblick über bereits zur Verfügung stehende Modelle in der Raum- und Landschaftsplanung wurde bereits von mehreren Autoren und Institutionen herausgegeben (Brail and Klosterman, 2001; Geertman and Stillwell, 2004; USEPA, 2000). Diese Veröffentlichungen beziehen sich allerdings nur auf bereits existierende Modelle und haben ihren Fokus auf den Simulationsmodellen und Bewertungs-Werkzeugen.

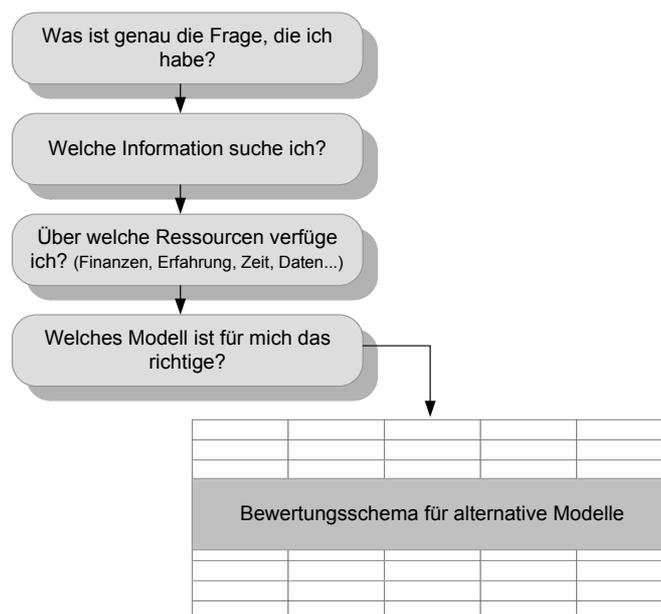


Abbildung 16: Die wichtigsten Vorüberlegungen zur Auswahl eines geeigneten Modells im einzelnen Anwendungsfall (Entwurf nach USEPA, 2000).

Die wichtigsten Schritte bei der Auswahl eines solchen Modells können hier bereits zusammengetragen werden. Der eigentlichen Auswahl eines Modells oder Tools vorausgehend muss sich der Anwender über einige Fragen erst selbst im Klaren werden (Abbildung 16). Zuerst muss die vorliegende Problemstellung genau erfasst werden und die eigentliche Frage formuliert sein. Davon muss die Information, die man mit Hilfe des Modells berechnen möchte, abgeleitet werden. In diesen beiden Schritten geht es um die inhaltliche und funktionale Ausrichtung des Modells und damit kann auch der Kreis möglicherweise passender Modelle sehr deutlich eingeschränkt werden. Die *US Environmental Protection Agency* (2000) hat in ihrer Zusammenschau beispielsweise 22 bereits existierende und erhältliche Simulationsmodelle und Bewertungsinstrumente vorgestellt. In dieser Zusammenschau wird zwischen Landnutzungsmodellen, Verkehrsmodellen, Wirtschaftsmodellen und *Environmental-Impact*-Modellen unterschieden (USEPA, 2000). Damit werden die vier wichtigsten inhaltlichen Schwerpunkte festgehalten. Diese Unterscheidung ist allerdings bei weitem für die Auswahl eines Modells im Einzelfall nicht ausreichend, denn zum Beispiel werden allein für die Verkehrsmodelle vier weitere Untergruppen differenziert.

Aus diesem Grund ist eine gut formulierte Frage ausschlaggebend, um mit der Auswahl eines Modells zu beginnen. Dann muss der potenzielle Nutzer seine Ressourcen abschätzen. Es gilt dabei den Aufwand, den der Nutzer sich leisten kann und will abzuschätzen. Neben den finanziellen Ressourcen sind die technische Erfahrung im Umgang mit Modellen, das Zeit-Budget und die Verfügbarkeit und Aufbereitung von Daten drei entscheidende Punkte.

In einem weiteren Schritt muss nun die Wahl des geeigneten Modells erfolgen. Kriterien und ein Bewertungsschema zur Auswahl eines geeigneten Modells im einzelnen Anwendungsfall werden in Tabelle 3 aufgezeigt. Dieser Kriterienkatalog ist das Ergebnis der Zusammenarbeit mit der Begleitgruppe (vor allem Workshop 2) und der einschlägigen Literatur zu diesem Thema (z.B. Brail and Klosterman, 2001; Geertman and Stillwell, 2004; USEPA, 2000).

Die bisher aufgezeigten Veröffentlichungen geben einen guten Überblick über die Eigenschaften und die Auswahlkriterien für bereits existierende Simulationsmodelle und Bewertungswerkzeuge (Brail and Klosterman, 2001; Geertman and Stillwell, 2004; USEPA, 2000). Sie geben allerdings keinen Gesamtüberblick über die Möglichkeiten von Modellierungsansätzen und computergestützten Werkzeugen, die ja nicht unbedingt an Simulationsmodelle gebunden sein müssen. So berücksichtigen sie nicht, dass computergestützte Werkzeuge in der Visualisierung bereits einen wichtigen Beitrag zum Entscheidungsprozess liefern können, oder dass die partizipative Modellierungsansätze Entscheidungsprozesse strukturieren können.

Merkmal	Gewichtung ¹ (G)	Bewertungsskala ² (BW)					
		Alternative Möglichkeiten					
		Model #1		Model #2		Model #3	
		BW	BW x G	BW	BW x G	BW	BW x G
Inhaltliche Ausrichtung / Relevanz							
Funktion des Modells im Ents.Prozess							
Zeitliche und räumliche Auflösung							
Genauigkeit							
Interaktivität							
Form des Outputs / Visualisierung							
Verknüpfungspotenzial							
Übertragbarkeit							
Datenanforderungen							
Technische Erfahrung							
Ressourcen							
Support							
Erfahrung anderer Anwender							
Summe							

¹ 1 = „niederes Gewicht“ bis 5 = „hohes Gewicht“
² 0 = „erfüllt gewünschte Eigenschaft nicht“ bis 10 = „erfüllt gewünschte Eigenschaft optimal“

Tabelle 3: Bewertungsschema zur Auswahl eines geeigneten Modells im einzelnen Anwendungsfall (Entwurf nach USEPA, 2000 verändert nach Chang and Kelly, 1995).

Eine Möglichkeit zur Ausarbeitung eines Leitfadens, der nicht nur existierende Modelle beschreibt, sondern eine Methodenanleitung darstellt, sehen wir in der Entwicklung eines Entscheidungsbaumes. In dieser Baumstruktur können Entscheidungskriterien für verschiedene Techniken und Modelle in der Raum- und Landschaftsplanung hierarchisch gegliedert werden und somit einen relativ einfachen Zugang für den Laien herstellen. Damit könnte man Praktikern ein Hilfsmittel an die Hand geben, mit dem sie sowohl den Aufwand als auch den Mehrgewinn durch die Anwendung bestimmter Methoden und Modelle im Voraus gut abschätzen könnten. Beispiele für Fragestellungen, die mit Hilfe eines Entscheidungsbaumes bearbeitet werden können sind in Abbildung 17 dargestellt.

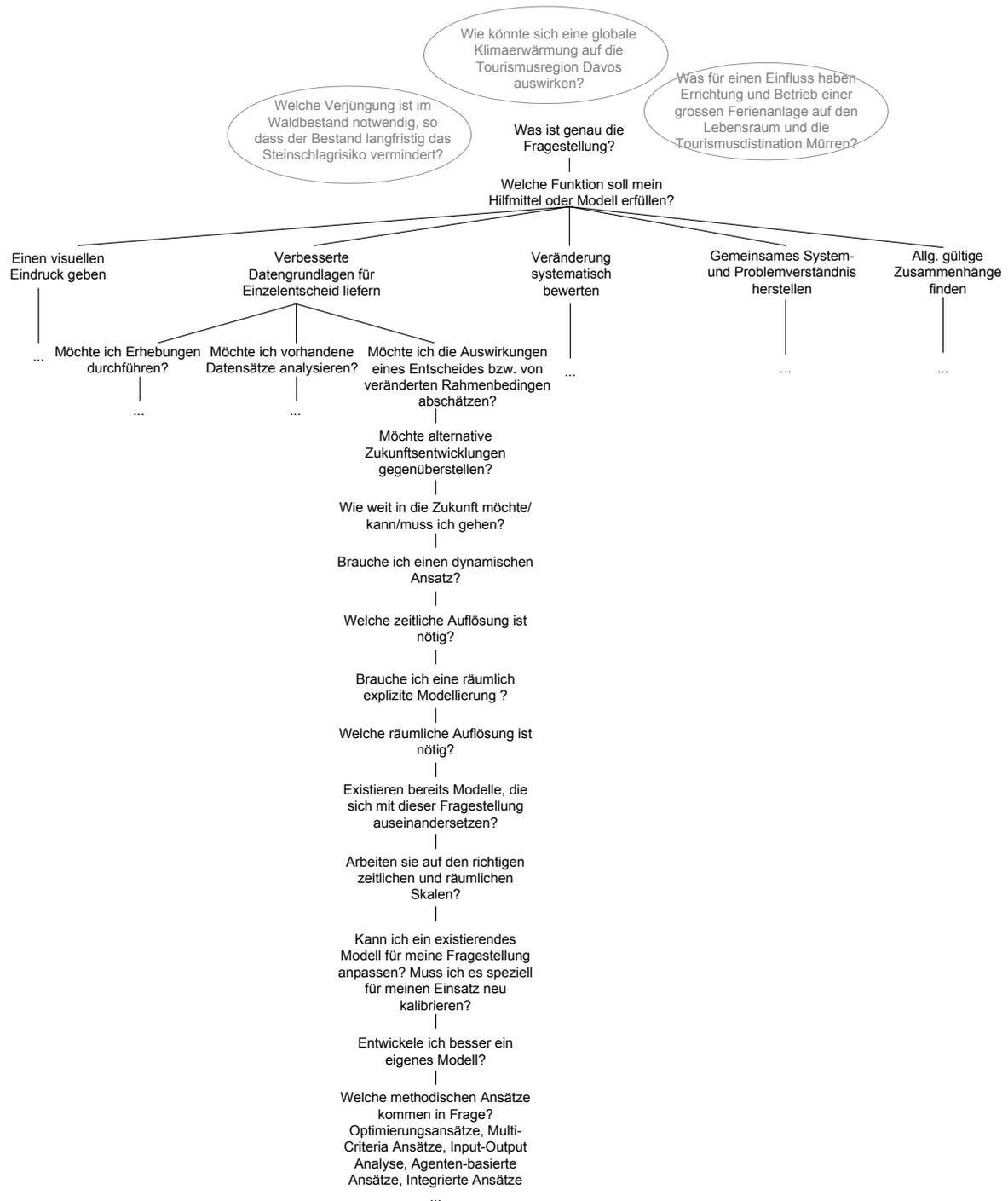


Abbildung 17: Skizze eines Entscheidungsbaumes zur Beurteilung von Modellen und Hilfsmitteln in der Raum- und Landschaftsplanung.

4 Virtuelle Repräsentation – vom „schönen Bild“ zum hilfreichen Analyse- und Planungsinstrument

Er besticht – der geplante „Bienenwabenturm“ auf der Schatzalp! Aber ist die Erstellung auch möglich? Was bedeutet er für das Landschaftsbild, was für die regionale Wirtschafts- und Tourismusentwicklung? Diese Fragen müssen Baustatiker, Baufachleute, Touristiker, Finanz- und Wirtschaftsexperten, Planer und schliesslich Bauherren beantworten. Bevor sie dies jedoch tun, greifen sie oft auf die „Kraft der Bilder“ zurück, seien diese statisch oder animiert.



Abbildung 18: Der geplante Schatzalp-Turm (©: Herzog & de Meuron) aus: **Wettbewerbsfähige Strukturen und Aufgabenteilung im Bündner Tourismus, AWT Graubünden, Chur, 2006**

Bauvorhaben und Grosseingriffe in die Landschaft werden zwar im 2D Plan millimetergenau geplant, so richtig vorstellen können die meisten Betrachter – namentlich die meisten Entscheidungsträger – diese sich erst, wenn 3D Modelle oder 3D Animationen zur Verfügung stehen. Abbildung 18 (des geplanten Schatzalpturmes) repräsentiert eine statische Variante. Diese kombiniert eine terrestrische Fotografie mit der im Computer erzeugten Darstellung des Schatzalpturmes sowie die übrigen erforderlichen baulichen Veränderungen an der bestehenden Bausubstanz. Der gewählte Blickwinkel lässt den Turm „greifbar“ erscheinen, da der Betrachter gleichsam auf den Turm hinunter schaut, oder sich mit ihm auf „Augenhöhe“ befindet. Auf diese Weise verliert der Turm etwas an seiner zuweilen kritisierten Monumentalität, die den

Betrachter zu irritieren vermag, wenn er von „unten“ zum Schatzalpturm hinaufschaut. Die fotografische Grundlage für Abbildung 18 ist eine Flugaufnahme. Abbildung 18 ist damit eine geschickte Anlehnung an das verkleinerte Karton-Architekturmodell, welches zwar einen 3D-Eindruck vermittelt, aber doch die 1:1-Situation beziehungsweise dessen Eindruck nicht wiederzugeben vermag.

Ob wir es wollen oder nicht: solche Darstellungen beeinflussen unsere Entscheidungen, sei es als möglicher Käufer einer solchen Liegenschaft oder als Stimmbürger, der über eine Zonenplanänderung abstimmen muss. Die wenigsten Menschen werden den Schatzalpturm in Natura je so sehen wie er auf der Abbildung 18 dargestellt ist – die Mehrzahl der Menschen in Davos bewegt sich auf dem Boden fort. Trotzdem wird so eine beinahe „intime“ Sicht ermöglicht, die eine Identifikation mit dem Turm eher zulässt als die Ehrfurcht bis Beklemmung einflössende Froschperspektive.

Dass diese „Quasi-Vertrautheit“ mit ebenso suggestiven wie einfachen Mitteln über den Haufen geworfen werden kann, zeigt das Beispiel des Neubaus des Nationalparkzentrums in Zernez (vgl. Kapitel 3.1.3, Abbildung 12). Eine einfache, plakative Darstellung des Neubaus, der die Sicht auf das Heimatschutz-geschützte Schloss Planta-Wildenberg verwehrt, reichte, um das Baubewilligungsverfahren in Frage zu stellen und schlussendlich einen neuen Bausstandort zu erzwingen. Bauherren, Planer und Software-Entwickler tun gut daran, solche Reaktionen zu antizipieren und dem „Kunden“ ihrer Produkte die Darstellung aller Perspektiven und Möglichkeiten zu gewähren. Dann wird der fruchtbare Dialog, das fruchtbare Variantenstudium erst möglich. Dann erfüllen virtuelle, computergestützte Visualisierungstechniken ihre Bestimmung und werden zum wertvollen Instrument oder Werkzeug für die Planung und die Praxis.

Kapitel 4 soll Einblick geben in das, was hinter computerbasierten Planungsinstrumenten und Landschaftsanalyseinstrumenten steckt und wie diese durch Benutzer wie auch Entwickler erschlossen werden können. Da im NFP48 Programm viele Modellierungen durchgeführt wurden, liegt es auf der Hand, dies an den analysierten Beispielen demonstrieren zu wollen.

Die grosse Schwierigkeit für diese Synthese besteht nun darin, dass die analysierten NFP48 Projekte mit Modellierungscharakter sowohl thematisch wie räumlich nicht übereinstimmen. Dies ist teilweise begründbar aus der (ursprünglichen) Datenverfügbarkeit heraus, die oft auf persönlichen Kontakten der jeweiligen Antragsteller beruht, als auch verständlich im Sinne eines Versuches, Resultate geographisch breiter zu streuen. Im Sinne der Synthese wäre es jedoch sehr viel einfacher, wenn sich alle Computeranwendungen auf dieselbe geographische Region bezogen hätten. Unterschiede in der Datennotwendigkeit, in der räumlichen und zeitlichen Auflösung, im Aufwand seitens der Entwickler oder der Bediener (User) wären dann offensichtlicher; Aspekte wie allgemein auftretende Probleme oder thematische „gaps“ und fehlende Modelle auch.

Da die Voraussetzung der Homogenität nicht gegeben ist, stellt die Synthese V eine Technik, vor, welche dies wenigstens zum Teil ausgleicht und gleichzeitig instruktiv ist im Hinblick auf einen konstruktiven Dialog zwischen Entwicklern und Anwendern von Computeranwendungen. Es ist dies die Technik des so genannten *Use Case* (z.B. Cockburn, 2000; Isenegger et al., 2005) oder zu Deutsch „Anwendungsfall“.

Ein Use Case ist eine informelle Beschreibung eines typischen Anwendungsfalles einer Computeranwendung. Use Cases bieten die Möglichkeit, komplexe Sach- und Modellverhalte auf Einzelschritte herunter zu brechen und daraus die erforderlichen Softwareanforderungen abzuleiten. Bei zielgerichteter Software-Entwicklung ist es im Allgemeinen für beide Seiten von Vorteil, vor und während der Entwicklungsarbeit mehrere solcher Use Cases durchzusprechen und zu dokumentieren. Use Cases können als Vorstufen zu exakten Programmspezifikationen dienen und sind in vielen Fällen auch als pragmatischer Ersatz solcher Spezifikationen nützlich. Nicht zuletzt in dem Sinne, dass gemeinsam entwickelte Use Cases besser sind als nie geschriebene Spezifikationen!

Anhand eines exemplarisch durchgespielten (didaktischen) Use Cases und Beispielen aus den NFP48 Projekten möchten wir in Kapitel 4 in diese Technik einführen und dabei auch der Praxis in die Hand spielen, die grosse Hoffnung in die Verwendung virtueller Planungsinstrumente setzt. Ein virtueller Stausee, eine virtuelle Strasse können per Mausklick verändert oder gelöscht werden – einmal Gebautes lässt sich nicht mehr so leicht „wegeditieren“.

Ergänzend zu diesem Kapitel wurde eine Begleit-CD angefertigt, die verschiedene Beispiele enthält und dokumentiert. Eine ausführliche Dokumentation zur Begleit-CD befindet sich im Anhang.

4.1 Wie entwickelt man die „fallspezifische, individuell angepasste“ Software-Lösung?

4.1.1 Der „Anwendungsfall“ – oder von der „kleinen Geschichte“ zur Funktionalitätenliste

Unter einem Use Case oder Anwendungsfall verstehen wir folgendes:

„A use case provides a description of the behavior of a specific software system in a typical use as experienced from the perspective of the main actors/users. The description is made either in form of a story (procedural, yet informal) or more formally (e.g. decision table, state transition diagram).“ (Zitiert aus dem dieser Synthese zugrunde liegenden NFP 48 Synthesis V Proposal)

Wir sind der Meinung, dass es von grosser Wichtigkeit ist, die entwickelten Methoden auch in „echten“ Szenarien anzuwenden. Die der Synthese V zugrunde liegenden Projekte waren sehr ambitiös und breit gefächert. Use Cases jedoch können helfen, die Komplexität herunterzubrechen: sie bilden sozusagen ein Sandkasten, angesiedelt zwischen Theorie und Wirklichkeit; sie bilden sozusagen die Brücke zwischen dem Entwickler und dem Anwender von Software. Der Use Case ermöglicht den Dialog

zwischen den Anwendern und den Autoren oder Software-Entwicklern, in dem er die Anforderungen und Wünsche der ersteren formuliert und weil er andererseits die Vorlage für die Entwickler liefert, welche diese nachher in Software-Funktionalitäten übersetzen müssen.

4.2 Von der Idee zur Realisierung – wer nimmt welche Rolle ein?

Im Idealfall sitzen Auftraggeber (Anwender / User) und Auftragnehmer (Entwickler) am gleichen Tisch. Die Auftraggeber sind in der Regel die Entscheidungsträger oder Stakeholder-Gruppen beziehungsweise deren Vertreter; die Auftragnehmer sind die Planer und/oder Modellierer, und im Glücksfall auch die Software-Entwickler.

Halten sich beide Seiten an abgemachte Spielregeln, wie die Anwendungsbeispiele entwickelt werden können, steht einem erfolgreichen Use Case Entwicklungsprozess nichts im Wege.

4.3 Ein didaktisches Beispiel – Belegung der Wanderwege rund um den Schatzalpturm (Davos)

Was soll eine Software können? Die meisten Anwender haben keine spezifischen Softwareentwicklerkenntnisse. Dies brauchen sie auch nicht. Es reicht, wenn das User Interface so gut ist, dass die Anwender sich intuitiv und unter Verwendung assoziativen, passiven Wissens zur gewünschten Funktionalität „durchklicken“ können. Damit Entwickler nun aber herausfinden können, was Anwender brauchen, hilft es, wenn diese eine Geschichte schreiben, was sie mit der Software machen wollen. Eine solche Geschichte wird anschliessend in eine Folge von Aktionen zerlegt, die einer semi-formalen Beschreibung gleichkommt und die dazu dient, die gewünschten Funktionalitäten zu identifizieren. Im Falle virtueller Planungs- und Landschaftsanalyseinstrumente geht es in erster Linie darum, herauszufinden, welche (räumlichen) GIS-, welche zeitlichen und welche 2D und/oder 3D Darstellungsfunktionalitäten erwünscht sind.

Das folgende Beispiel ist ein fiktives Beispiel zum geplanten Schatzalpturm in Davos. Es hat didaktischen Charakter und soll in keiner Weise den Schatzalpturm neu erfinden, sondern lediglich aufzeigen, wie Softwarespezifikationen entstehen können.

Die „kleine Geschichte“ dazu lautet wie folgt:

"Landammann Hans Peter Michel sitzt im Rathaus und überlegt, was der Schatzalpturm der Gemeinde Davos bringt. Zum einen erwartet die Gemeinde durch den Verkauf der Wohnungen finanzkräftige Zweitwohnungsbesitzer, die wiederum ihren Bekanntenkreis dazu animieren, nach Davos zu kommen. Zum andern könnte Davos Tourismus geführte Architekturwanderungen zum Schatzalpturm anbieten und so den Bekanntheitsgrad von Davos noch fördern. Erstrebenswert dabei ist, den Schatzalpturm im besten und interessantesten Licht zu zeigen. Dazu müssen nun die fachkundigen Wanderleiter testen, welches die besten Zugänge und ungestörten Standorte für ihre Ausführungen sind. Resultat soll eine Animation (Film) sein, die eine mögliche und besonders schöne Wanderung zum Schatzalpturm hin zeigt und die auf der Homepage von Davos Tourismus aufgeschaltet wird."

Von dieser trivial anmutenden Geschichte zur Software-Spezifikation braucht es einige Schritte. Auf den ersten Blick ist nicht klar erkennbar, welcher Strang der Geschichte auf welche Funktionalität abzielt. Geht es um die Berechnung einer Wertschöpfungskette oder um eine simple Sichtbarkeitsberechnung von einem Wegnetz aus? Oder geht es um beides?

Dies heraus zu filtern und eine Sequenz von Aktionen (sequenced action list) oder Einzelschritten zu definieren ist nun die Aufgabe eines guten Software-Entwicklers. Je klarer dabei die Einzelschritte dieser verschachtelten Use Case Geschichte von einander unterschieden werden können, desto leichter fällt es, die Funktionalitäten zu erkennen und die Spezifikationen zu formulieren.

Bei genauerer Betrachtung „zerfällt“ diese Geschichte in drei Hauptteile beziehungsweise folgende Aktionen:

A	Landammann schätzt Verkaufsmöglichkeiten und Wertschöpfung des Turmes ab
B	Wanderleiter muss optimale Begehungs- und Besichtigungsstandorte berechnen
C	Wanderleiter simuliert mögliche Wanderung und speichert sie als Animation ab

Tabelle 4a: Aktionsliste – Übersicht 1

Die Hauptteile können wiederum in weitere Einzelschritte zerlegt werden:

- A1	- Landammann benötigt Verkaufspreise für Wohnungen im Turm
- A2	- Landammann berechnet Wertschöpfungspotential der einzelnen Wohnungen
- B1	- Wanderleiter berechnet Gehzeiten auf Wegnetz
- B2	- Wanderleiter führt Sichtbarkeitsanalysen durch
- B3	- Wanderleiter bestimmt optimale Aussichtspunkte
- C1	- Wanderleiter simuliert mögliche Wanderungen
- C2	- Wanderleiter speichert Wanderung als Animation ab

Tabelle 4b: Aktionsliste – Übersicht 2

In unserem Beispiel konzentrieren wir uns auf die Schritte B1, B2 und B3 sowie C1 und C2. Diese können dem Gebiet der Landschaftsanalyse zugeordnet werden. Die Behandlung der Schritte A1 und A2 würde Modelle aus der Ökonomie und Betriebswirtschaft erfordern.

Damit B1 bis B5 durchgeführt werden können, braucht es eine weitere Verfeinerung der sequenziellen Aktionsliste:

B1.1	Wanderleiter startet GIS
B1.2	Wanderleiter lädt Wegnetz in das GIS
B1.3	Wanderleiter wählt gewünschte Wanderstrecke
B1.4	Wanderleiter wählt Ausgangs- und Endpunkt der Wanderung
B1.5	Wanderleiter lädt dazugehöriges digitales Geländemodell in das GIS
B1.6	Wanderleiter startet Berechnung der Gehzeit für Hinweg
B1.7	Wanderleiter speichert die berechnete Gehzeit Hinweg
B1.8	Wanderleiter startet Berechnung der Gehzeit für Rückweg
B1.9	Wanderleiter speichert die berechnete Gehzeit Rückweg
B2.1	Wanderleiter bestimmt Beobachter- und Zielpunkt für Sichtbarkeitsanalyse
B2.2	Wanderleiter wählt Turmstandort für erste Annäherung, was sichtbar ist
B3.1	Wanderleiter verschneidet Sichtbarkeitsbereich Turm mit Wegnetz
B3.2	Wanderleiter wählt neue Beobachterpunkte im Sichtbarkeitsbereich
B3.3	Wanderleiter wählt Turm als Beobachtungs-Zielpunkt (target point)
B3.4	Wanderleiter berechnet neue Sichtbarkeitsbereiche von Aussichtspunkten aus
B3.5	Wanderleiter speichert neue Sichtbarkeitsbereiche und dazugehörige Beobachterpunkte (optimale Aussichtspunkte)
C1.1	Wanderleiter wählt eine mögliche Route mit optimalem Aussichtspunkt
C1.2	Wanderleiter berechnet Fussgängersimulation(en) auf dieser Strecke
C1.3	Wanderleiter berechnet mögliche Interaktionen zwischen den Fussgängern
C2.1	Wanderleiter erstellt ein 3D Oberflächenmodell mit Textur aus Landnutzung und Wegnetz: aus den Geländemodell wird die Oberfläche erstellt
C2.2	Wanderleiter erstellt weitere 3D-Modelle für die Vordergrunddarstellung und fügt diese einzeln (z.B. Häuser) oder mehrfach (z.B. Bäume) ein
C2.3	Wanderleiter berechnet mittels Ray Tracing von jedem Punkt, an dem ein Fussgänger in der Simulation je stand, ein Bild
C2.4	Wanderleiter fügt die Bilder zusammen und speichert sie als Animation

Tabelle 4c: Detaillierte sequenzielle Aktionsliste für die Ableitung der erforderlichen Software-Funktionalitäten und -Spezifikationen

Anhand dieser (nicht vollständigen!) sequenziellen Aktionsliste können nun die erforderlichen Funktionen sowie Software-Umgebungen abgeleitet und in die Implementation der massgeschneiderten Software-Lösung einbezogen werden. Dabei wird analysiert, was Standardfunktionen und was allenfalls neu zu implementierende Funktionen sind.

Erforderliche GIS-Funktionalitäten:

- Einlesemöglichkeiten von Vektor- und Rasterdaten
- Selektionsmöglichkeiten für verschiedene Feature Klassen (Linien, Punkte, Flächen, Rasterzellen/Pixel, Aggregationen von Rasterzellen/Pixeln, etc.)

- Berechnung von Gehzeiten auf einzelnen Linienabschnitten in Abhängigkeit von Steigung und Marschgeschwindigkeiten
- Berechnung von Sichtbarkeitsbereichen von einem bestimmten Beobachterpunkt aus in Abhängigkeit von Blickwinkel und Blickrichtung
- Verschneidefunktionen (Overlay-Funktionen) für verschiedene Feature Klassen
- Export-/Importfunktionen (Schnittstellen) zu weiterer erforderlicher Software

Erforderliche **Simulations-Funktionalitäten**:

- Simulation eines Wanderers auf einer bestimmten Wegstrecke
- Simulation von Interaktionen mehrerer Wanderer auf einer bestimmten Wegstrecke
- Erforderliche Visualisierungs-Funktionalitäten:
- Berechnung des 3D-Bildes, das ein Wanderer von jedem Punkt des zurückgelegten Wegstückes aus sieht
- Zusammenfügen der berechneten Bilder in eine Sequenz von Bildern
- Abspeichern der Sequenz in eine Animation (Film)

Die erforderlichen GIS-Funktionalitäten entsprechen mehrheitlich Standardfunktionen der meisten gängigen GIS-Systeme und decken die Schritte B1.1 bis B3.5. in Tabelle 4c im wesentlichen ab. Allerdings, das Problem der „besten Standorte“ ist im vorliegenden Beispiel nicht allein mit einer Sequenz von Abfragen in einem GIS möglich, auch wenn die Positionen, von denen aus man den Turm sehen kann, sich in einem GIS berechnen lassen. Für den „besten Standort“ braucht es auch noch eine Berechnung, wie sich die Wanderer auf den Wegen und Aussichtsplätzen gegenseitig beeinflussen und allenfalls in die Quere kommen, was im vorliegenden Beispiel den Wandergenuss beeinträchtigen würde.

Bei den Simulationsanforderungen (Schritte C1.1 bis C1.3) wird es schon schwieriger, Standardlösungen zu finden. Es liegt aber auf der Hand, dass hier die Multi-Agenten-Technologie den vielversprechendsten Ansatz bietet. Für die Visualisierung (Schritte C2.1 bis C2.4) werden Renderingstechniken benötigt, die sehr zeitaufwendig sind.

Im Folgenden soll der Implementationsaufwand für das gewählte Beispiel dargestellt werden.

4.4 Aufwand für die Herstellung der gewünschten Schatzalp-Animation

4.4.1 Aufwand für die GIS-Analysen

Eine durchschnittlich versierte GIS-Person führt die geforderten GIS-Standardberechnungen in ca. zwei Tagen durch, vorausgesetzt, die nötigen räumlichen Daten stehen zur Verfügung und liegen auch in einem GIS-kompatiblen Datenformat vor. Im vorliegenden Fall können die Daten der Landestopographie verwendet werden: Vector 25 und DHM25 (© Swisstopo). Eine aufwändige Datenbeschaffung und Datenaufbereitung fallen damit weitgehend weg. Die einzelnen Schritte schlagen mit folgendem Arbeitsaufwand zu Buche:

Datenübernahme und Aufbereitung für Analyse (DHM25, Vector 25: Wegnetz, Siedlungen, Einzelobjekte)	0.5 Tage
Gehzeitberechnungen	0.5 Tage
Sichtbarkeitsberechnungen und Overlays	0.5 Tage
Abschlussarbeiten und Dokumentation	0.5 Tage
Arbeitsaufwand GIS-Analysen Total	2.0 Tage

4.4.2 Implementationsaufwand für die Fussgängersimulation

Grundsätzlich ist der Implementationsaufwand von der Laufzeit der Auswertung zu unterscheiden. Ersterer ist nur dann notwendig, wenn das Gebiet gewechselt wird (z.B. von Gstaad [Projekt ALPSIM] nach Davos) oder wenn die Art der Simulation grundsätzlich ändert (z.B. von einer Fussgängersimulation zu einer Verkehrssimulation). Die Laufzeit der Simulation fällt bei jeder Auswertung neu an. Dazu kommt die Visualisierung, die auf den Ausgabedaten der Simulation aufbaut.

Das Agenten-basierte Simulationssystem wurde im Projekt ALPSIM bereits entwickelt worden und steht somit für die Simulationen rund um den Schatzalpturm zur Verfügung. Geht man davon aus, dass am Simulationssystem nichts verändert werden muss, und dass man sich damit bereits auskennt, reicht eine kurze Zeit, um es zu installieren und zu testen. Allenfalls kommt hier die Evaluation dazu, falls mehrere Systeme zur Wahl stehen.

Simulation aufsetzen	1.0 Tag
----------------------	---------

Das Geländemodell und das darauf liegende Wanderweg- und Strassennetz bilden die Grundlage der Darstellung in der Fussgängersimulation und anschliessenden Visualisierung. Auch wenn diese Daten vorhanden sind, ist eine Adaption nicht auf jeden Fall geradlinig. Besonders in den Bergen sind an das Geländemodell höhere Anforderungen gestellt, es muss entsprechend feinmaschig und nicht abgeflacht

vorliegen, damit die Animation plausibel ausfällt. Es kommt daher folgender Aufwand dazu:

Geländemodell im richtigen Format	5.0 Tage
Wegnetz im richtigen Format	5.0 Tage

Sind diese Grundlagen vorhanden, kann das Simulationssystem zusammengefügt werden. Je nach System werden für verschiedene Berechnungen getrennte Programmteile verwendet (Modulares System). Typische Module sind a) die Berechnung der physikalischen Welt, Kollisionsberechnungen zwischen Fussgänger und Umgebung, aber auch untereinander, b) Routenberechnung, c) Sichtbarkeitsanalysen und d) die Verwaltung der von den Fussgängern gelernten Daten (das „Gehirn“).

System aufsetzen, zusammenfügen und testen	2.0 Tage
--	----------

Arbeitsaufwand Simulation Total	13.0 Tage
--	------------------

4.4.3 Aufwand für die 3D-Visualisierung und Film-Herstellung

Für 3D-Visualisierungen aus grossen Distanzen sind Programme zurzeit am Entstehen (z.B. Google Earth). Es scheint so, als ob diese auch geeignet wären, eigene benutzerdefinierte Daten darin darzustellen. Sobald man aber Ansichten aus Bodennähe benötigt, leidet die Darstellungsqualität stark und ist meist nicht ausreichend.

Für die Herstellung des Schatzalp-Film auf der beigelegten CD wurde ein eigenes 3D-Oberflächenmodell mit einer Textur bestehend aus Informationen zur Landnutzung und dem Wegnetz erstellt, das anschliessend mit einem vorhandenen Raytracer in Bilder umgewandelt wurde. Das Oberflächenmodell enthält 3D-Informationen zu Bäumen und Häusern, die ebenfalls in die Filmberechnungen einbezogen werden. Der Aufwand dafür setzte sich wie folgt zusammen:

Höhenmodell aussuchen, zuschneiden und testen, evtl. konvertieren nach Rasterformat	2.0 Tage
Umwandeln in Mesh (Dreiecke)	3.0 Tage

Primärnutzflächen: Gras, Geröll etc.	2.0 Tage
3D-Modelle der typischen lokalen Objekte (Bäume, einfache Pflanzen)	5.0 Tage
Positionen der Bäume und Pflanzen (randomisiert)	5.0 Tage
3D-Modelle der Gebäude: je nach Genauigkeit je	5.0 Tage

Arbeitsaufwand Film Total	22.0 Tage
----------------------------------	------------------

Ein solches 3D-Modell mit Textur muss nur einmal pro Gebiet erstellt werden. Im Prinzip wäre ein einziges für die gesamte Schweiz oder gar Europa ideal, aber die Datenmenge wird dabei so gross, dass es dann doch zugeschnitten werden müsste.

Je nach Szenario müssen noch spezifische Gebäude oder andere Objekte zusätzlich erstellt werden.

Nach dem Aufsetzen des Szenarios wird die Simulation gestartet. Für einfache Szenarien wird wenig Rechenzeit benötigt (wenige Minuten). Die Ausgabe der Simulation bildet die Grundlage für die anschliessende Visualisierung. Für diese wird allerdings viel mehr Zeit benötigt:

Für die folgende Rechnung wurde ein 3D-Modell mit 200'000 Objekten verwendet (vor allem Bäume und kleine Elemente des Bodens wie Pflanzen und Gräser). Die Darstellung im Speicher (RAM) des Raytracers ist knapp 500 Mbytes gross.

Die Angaben beziehen sich auf die Verwendung eines Computers mit 2 GHz CPU und 1 Gigabyte RAM. Raytracing eignet sich vor allem für Szenen mit Spiegelungen und transparenten Objekten, was beides in freier Natur selten vorkommt. Es ist daher möglich, Berechnungsmethoden zu verwenden, die einiges schneller sind. Um eine realistische Landschaft zu erzeugen, werden aber vor allem sehr viele einzelne Objekte benötigt, z.B. Bäume und Gebäude. Das Einlesen dieser Daten dauert in etwa gleich lange wie das Berechnen und Anzeigen der Szene.

Für ein Bild mit einer Auflösung von 640 x 480 Pixeln ergeben sich folgende Rechenzeiten:

Einlesen und intern Darstellen	1m 58s
Berechnen und Anzeigen	1m 45s
Total	3m 43s

Berechnen der Einzelbilder, pro Bild	ca. 4 Minuten
--------------------------------------	---------------

Es werden mindestens 5 Bilder pro Sekunde Film benötigt – ideal wären 30 Bilder pro Sekunde. Für eine Minute Film werden im vorliegenden Fall 300 Bilder benötigt:

1 Minute Film à 5 Bilder/s	20 Stunden
-----------------------------------	-------------------

4.4.4 Gesamtaufwand für die Herstellung der Schatzalp-Animation

Rechnet man den gesamten Arbeitsaufwand (Tabelle 5) zusammen, kommt man auf fast zwei Monate Arbeitszeit für die Produktion von einer Minute Film, dessen Herstellung seinerseits noch mindestens 20 Stunden Computer-Rechenzeit benötigte. Dies erscheint horrend! Bedenkt man aber, dass dies die Implementation und Bearbeitung verschiedenster Teilaspekte (Modellanpassungen), die partielle Anpassungen des Programm-Codes sowie die Modellierung der neuen 3D-Objekte bedeutet, sieht die Bilanz wieder anders aus. Auch da gilt, dass sich der Aufwand mit jeder weiteren

Übertragung auf andere Untersuchungsgebiete reduzieren würde. Vernachlässigbar wird der Aufwand aber nie, da jedes neue Studiengebiet wieder Anpassungen in der Fragestellung, der Datenverfügbarkeit und der Simulation erfordert.

Arbeitsaufwand GIS-Analysen Total	2.0 Tage
Arbeitsaufwand Simulation Total	13.0 Tage
Arbeitsaufwand Film Total	22.0 Tage
Arbeitsaufwand TOTAL	37.0 Tage

Tabelle 5: Gesamtaufwand für die Herstellung der Schatzalp-Animation (Film)

4.4.5 Verwendete Visualisierungstypen

Für die Berechnung der nachfolgenden Abbildungsbeispiele (Abb. 19 – 23a/b) dienen die Landestopographiedaten Vector 25 und DHM25 (© Swisstopo) als räumliche Grundlage. Sämtliche 3D-Objekte – Bäume, Blumen, Gräser und der Schatzalpturm – wurden entweder im Projekt ALPSIM (Abb. 20, 21) oder im Rahmen dieser Synthese (Abb. 23a/23b) erstellt.

4.4.5.1 Real-Time Visualisierung

Die Real-Time oder Echtzeit Visualisierung greift direkt auf die Daten einer laufenden Simulation zu und stellt diese dar. Dabei stehen die Positionen der Fussgänger im Mittelpunkt; die Ausgaben (neben der Position z.B. Geschwindigkeit, Ziel, Angaben über Hunger, Durst, Kraft, Interessen) beziehen sich oft auf individuelle Fussgänger und sind nicht weiter aggregiert.

Die Darstellung kann sowohl 2- als auch 3-dimensional sein. Damit die Visualisierung in Real-Time geschehen kann, muss auf aufwändige Details verzichtet werden. Je nach verfügbarer Rechenleistung sieht diese Art von Visualisierung jedoch entsprechend abstrakt aus.

Real-Time Visualisierungen sind für den Anwender der Simulation hilfreich, da er sofort sehen kann, was in der virtuellen Welt geschieht. Ferner kann dadurch die Arbeitsweise eines Simulationssystems demonstriert werden.

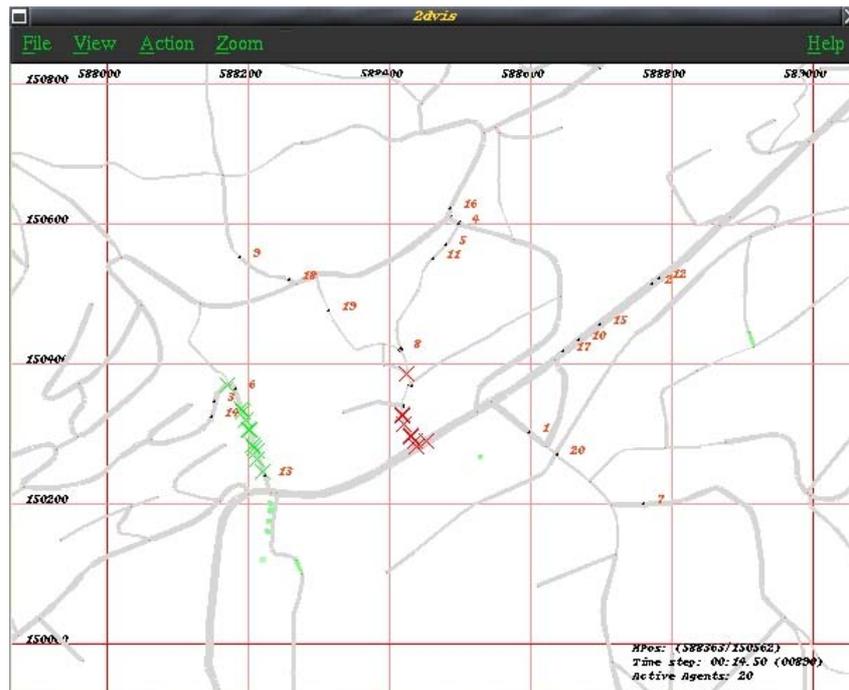


Abbildung 19: 2-dimensionale Ansicht des simulierten Gebietes; dargestellt die Agenten mit der ihnen zugeordneten Nummer (orange), sowie die Agenten beeinflussende Ereignisse (grüne und rote Kreuze). Szenario Gstaad, Projekt ALPSIM.



Abbildung 20: Derselbe (räumliche) Ausschnitt wie in Abbildung 19, jedoch 3-dimensional. Die Agenten (rote Balken) sind stark vergrößert dargestellt, damit sie aus dieser Distanz überhaupt sichtbar sind, Projekt ALPSIM.

4.4.5.2 Offline Visualisierung

Wird erst nach Beendigung der Simulation aus den gesammelten Daten eine Visualisierung erstellt, stehen viel mehr Computer-Zeit und Rechenleistung zur Verfügung, entsprechend mehr Aufwand kann in ein realistisches Aussehen der Visualisierung gesteckt werden. Es ist möglich, photorealistische 3D-Darstellungen zu berechnen. Abbildungen 21, 23 und 24 wurden so erstellt.

Die in Kap. 4.5.4 erwähnte Aufwandsschätzung basiert auf der Berechnung von Bildern wie in Abbildung 23 und 24 dargestellt.

Solche Visualisierungen zeigen die Ausgabe einer Simulation und eignet sich daher besonders für Demonstrationen, bei denen nicht die Technik, sondern das Resultat einer einzelnen Simulation gezeigt werden sollen.



Abbildung 21: der selbe (räumliche) Ausschnitt wie in Abbildung 20, jedoch im Nachhinein (offline) berechnet, Projekt ALPSIM.



Abbildung 22: der selbe (räumliche) Ausschnitt in Natura, Projekt ALPSIM.



Abbildung 23: Im Nachhinein erstelltes Bild des Szenario "Schatzalpturm" in Davos: Ausschnitt aus der Animation der virtuellen Wanderung zum Schatzalpturm.



Abbildung 24: Im Nachhinein erstelltes Bild des Szenario "Schatzalpturm" in Davos: Mögliche Aussicht von der Wiese oberhalb des Schatzalpturms auf den Büelenberg und das Jakobshorn, oberhalb von Davos. Besondere Beachtung verdient die detaillierte Struktur des Vordergrundes.

4.5 Beispiele aus dem NFP48

Im Folgenden werden aus den Projekten ALPSCAPE und IPODLAS exemplarische Use Case Situationen herausgegriffen und kurz nach dem oben beschriebenen Vorgehen analysiert. Auf eine Arbeitsaufwandabschätzung wird allerdings verzichtet. Beiden Projekten lag die Ausführung von Dissertationen zugrunde, bei denen die Arbeitsbelastung naturgemäss sehr hoch ist und die nicht mit den gängigen Arbeitszeiten und Ansätzen der Praxis verglichen werden kann.

4.5.1 Use Case aus ALPSCAPE

Das Projekt ALPSCAPE befasste sich mit der Modellierung der Entwicklung alpiner Tourismusgemeinden.

4.5.1.1 Use Case Geschichte ALPSCAPE

„Die Vertreter des Gemeinderates diskutieren das neue Baugesetz und die neue Zonenplanung, welche für eine alpine Tourismusgemeinde erarbeitet werden. Kontrovers wird diskutiert, wie diese Zonenplanung aussehen soll. Es bestehen divergierende Interessen, weil a) der Tourismus sich frei entfalten können soll, b) neuer Wohnraum auch für die einheimische Bevölkerung gebraucht wird, und c) die Zersiedlung der Landschaft eingeschränkt werden soll. Gewünscht werden Karten, die aufzeigen wo innerhalb der verschiedenen Bauzonen noch Siedlungsreserven liegen beziehungsweise wo noch Bruttogeschossflächenreserven vorhanden wären.“

4.5.1.2 Aktionsliste Use Case Alpscape

Der beschriebene Use Case zu ALPSCAPE erfordert im Minimum die folgende Aktionsliste. Einzelne Schritte könnten noch unterteilt werden in Sub-Schritte, namentlich was die Ausgabe- oder Visualisierungsfunktionen (V) betrifft. Für eine fruchtbare Diskussion mit Software-Entwicklern dürfte dies aber reichen.

Eingabefunktionen (E)	
E1	Einlesen von Zonenplanung (+ Szenarien) in gängigen GIS und CAD-Formaten
E2	Einlesen von Belegungszahlen im Jahresverlauf für verschiedene Tourismuskategorien
E3	Szenarien in dbf Format
E4	Bettendichte für verschiedene Tourismuskategorien bei möglicher Siedlungserweiterung
Rechenfunktionen (R)	
R1	Abschätzung der Bruttogeschossfläche
R2	Berechnung des aktuellen Potentials zur Erweiterung von Wohnraum
R3	Berechnung der Potentiale nach den Szenarien A und B
R4	Berechnung der möglichen Übernachtungen (je nach Tourismusstrategie)
R5	Berechnung der Bettendichte pro Grundstück für verschiedene Tourismuskategorien
R6	Berechnung der erforderlichen Siedlungserweiterung in m2 im Fall einer Zunahme um xx Betten für bestimmte Tourismuskategorien bei gleich bleibender Bettendichte
Ausgabefunktionen am Monitor und in Form von Dateien, die anderswo wieder verwendet werden können (Visualisierung) (V)	
V1	Karten mit Betten pro Gebäude

V2	Karte mit Übernachtungen pro Gebäude inkl jahreszeitlicher Verlauf der Belegung (heute und nach Szenarien. ist eh eine Eingabe, aber soll als Szenariospezifikation gleich dabei sein)
V3	Karte mit Potenzial m2 Bruttogeschossfläche pro Gebäude (heute und Szenarien)
V4	Zahl - theoretisch notwendige m2 Bruttogeschossfläche und Siedlungserweiterung (nach Szenarien) (dbf-Format inkl Szenarienspezifikation)
V5	Karte - Bruttogeschossfläche pro Bett und Gebäude
V6	Karte - Bruttogeschossfläche pro Grundfläche Grundstück (Ausnutzung heute und nach Szenarien) in gängigen GIS und CAD-Formaten sowie als jpg
V7	Karte - Potential zum Ausbau der Bruttogeschossfläche Jede Karte soll als Vektordatensatz in gängigen GIS und CAD-Formaten und als jpg und tiff verschiedener Auflösungen exportierbar sein zu jeder Karte soll auch eine Legende erscheinen Legendensollen bearbeitbar sein (Farbwahl + Beschriftung) In die Ausgabe am Monitor soll hineingezoomt werden können Strassennamen sollen ab einer Ausgabe von 1:5000 am Bildschirm, in Bildern und auch auf Ausdrucken erscheinen Drucker ansprechbar direkt aus dem Modell heraus

Tabelle 6: Aktionsliste Use Case ALPSCAPE

4.5.1.3 Notwendige Daten für den ALPSCAPE Use Case

Für die Berechnungen des ALPSCAPE Use Case wären folgende Daten notwendig:

- Grundflächen und Stockwerkzahlen zur Abschätzung der Bruttogeschossfläche
- Aktuelle Zonenplanung zur Abschätzung des noch existierenden Potenzials
- Daten zur Besitzstruktur der existierenden Gebäude. Besitzen mehrere Eigentümer eine Liegenschaft zusammen (Mehrfacheigentümer), verringert dies die Wahrscheinlich dass eine Liegenschaft abgerissen und mit einer erhöhten Ausnutzungsziffer neu gebaut wird.
- Daten zur Nutzung: Hotellerie, Ferienwohnungen, Zweitwohnsitze, Erstwohnsitze pro Wohneinheit
- Zeitlich hoch aufgelöste Gästebelegungszahlen über mehrere Jahre nach verschiedenen Tourismuskategorien
- Anzahl Betten differenziert nach Nutzung
- Auslastung der Tourismusbetten nach Kategorie / Jahr
- Auslastung der Tourismusbetten nach Kategorie maximal
- m² Bruttogeschossfläche / m2 Grundfläche des Grundstücks (= Ausnutzung bzw. Ausnutzungsziffer)
- Bettendichte / Grundstück nach Tourismuskategorien

4.5.1.4 Visualisierungsmöglichkeiten in ALPSCAPE

Abbildung 25 zeigt, wo innerhalb der Bauzone noch Siedlungsreserven liegen beziehungsweise wo noch verbaubare Bruttogeschossfläche vorhanden wäre. Solche Karten können nun mit der effektiven Überbauungssituation verglichen und als Entscheidungsgrundlage weiter verwendet werden.

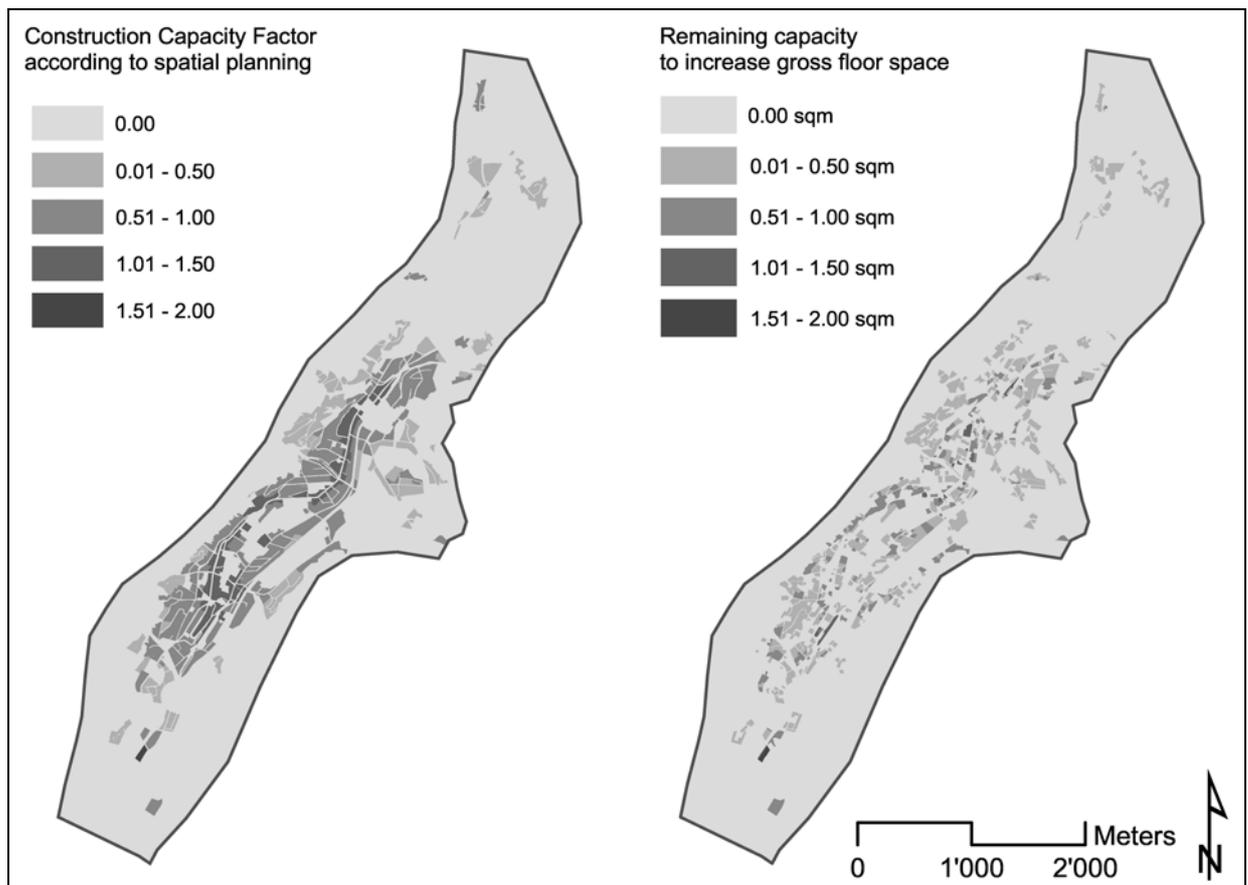


Abbildung 25: Gegenwärtige Ausnutzungsziffer (Construction Capacity Factor) und existierendes Potenzial (remaining capacity) zur Erweiterung der Bruttogeschossfläche (gross floor space), gebäudegenau (nach Walz, 2006, Daten © LIS Davos)

4.5.2 Use Case aus IPODLAS

Im Projekt IPODLAS ging es darum, eine Software-Umgebung zu konzipieren, die in der Lage ist, räumliche und zeitliche Modellierungssysteme zu kombinieren und die modellierten Prozesse möglichst ansprechend zu visualisieren. Eine solch komplexe Aufgabe kann nur mit Hilfe ausgefeilter Use Cases gelöst werden. Um dem Anspruch der realen Anwendung gerecht werden zu können, wurden Fallstudien und Daten aus bereits bestehenden Forschungsgebieten ausgewählt. Damit wird verhindert, dass intuitiv „einfache“ Beispiele gewählt würden, die dann „lehrbuchmässig“ implementiert werden könnten. Die Verwendung bestehender Daten, Modelle und Software-Umgebungen stellt sehr hohe Anforderungen an die Entwickler eines Systems, da alle Bestandteile miteinander eingebunden werden müssen. Andererseits hat dann der (geglückte) ‚Proof of concept‘ einen viel grösseren Stellenwert.

Der folgende Use Case aus dem Projekt IPODLAS beschreibt, wie eine englischsprachige, ursprüngliche aus Australien stammende, Doktorandin sich im NFP48 Programm zurecht finden und sich den gestellten Aufgaben im Alpenraum, nämlich der Modellierung des Lärchenwicklerzyklus über den ganzen Alpenraum und

spezifisch im Oberengadin stellen muss. Die Doktorandin soll nicht Zusätzlich wird die Lärchenwickler-Modellierung mit einer Feuerausbreitungsmodellierung gekoppelt. Dies macht nicht nur vom Software-Entwickler-Standpunkt aus Sinn – bei dem es darum geht „Härtefälle“ zu testen, sondern auch thematisch. Durch Insektenbefall beeinträchtigte Waldbestände sind für weitere Störungsereignisse wie beispielsweise Feuer besonders anfällig.

An dieser Stelle erlauben wir uns die IPODLAS Use Case Geschichte und die Aktionsliste sowie die abgeleiteten Funktionalitätenliste in englischer Sprache wiederzugeben und so zu dokumentieren, wie der IPODLAS Prototyp schrittweise und unter Verwendung aufeinander aufbauender Use Cases entstand. Die folgenden Ausführungen beruhen auf den Dissertationen von Bronwyn Price (2005), von Daniel Isenegger (2006) und Yi Wu (2007), die alle im IPODLAS Projekt entstanden sind. Die Dissertation Isenegger übernahm dabei den Part der Software- Konzeption und Entwicklung. Die Dissertation Price bearbeitete die Lärchenwickler-Modellierungen und übernahm auf diese Weise die Rolle der Anwenderin mit komplexer Fragestellung. Die Dissertation Wu setzte schliesslich das Schwergewicht auf die Visualisierung der modellierten räumlicher Prozesse im 4D-Raum.

4.5.2.1 Use Case Geschichte IPODLAS

„Bronwyn is an ecologist and expert user of the IPODLAS system. She is a PhD student within the IPODLAS project and wants to use functionalities of the IPODLAS system to help her answer research questions concerning the spatiotemporal dynamics of the **Larch Bud Moth (LBM)** (*Zeiraphera diniana* GN.; Lep., Tortricidae) at differing scales and to investigate the influence of spatial data resolution on modelling LBM dynamics in the Upper Engadine Valley.

In particular, Bronwyn wants to see LBM migration within the Upper Engadine valley, in particular a 3-D visualization of the seasonal LBM migration from given sites to other sites and the resultant forest appearance due to defoliation. After a simulation run, Bronwyn changes parameters of the LBM simulation model in the IPODLAS GUI: she wants to simulate warmer winter conditions with higher egg mortality. Afterwards, Bronwyn is interested in the interaction of LBM and **wildland fire occurrence (WLF)**. She wants to explore WLF spread in a LBM peak year exhibiting high defoliation and tree mortality. Bronwyn starts a WLF in a site having a high defoliation rate. (Zitiert nach Isenegger 2006)

4.5.2.2 Aktionsliste Use Case IPODLAS

Im folgenden Beispiel steht das Kürzel LE3 für „Larch Bud Moth Expert“ oder „Lärchenwickler-Experte Use Case Nr. 3 (= LE3).

Action	Description of action
LE3e-1	Bronwyn starts IPODLAS and selects LBM from the list of topics.
LE3e-2	IPODLAS shows her the Alpine Arc with highlighted areas where LBM data are provided. Bronwyn selects the Upper Engadine valley.
LE3e-3	IPODLAS displays a 2-D map of the Upper Engadine valley. An additional menu shows several options (geographic data, 3-D, simulate, pre-calculated movie). Bronwyn chooses to simulate and see the output in 3-D.
LE3e-4	In the LBM configuration window, Bronwyn chooses a start and stop time (1953, 1954) and otherwise keeps all defaults, then runs the model.
LE3e-5	IPODLAS displays a 3-D visualization of the output showing comparative numbers of LBM migrating (departure and landing points) and the resultant coloring of the forest in the sites symbolizing the defoliation ratio.
LE3e-6	After the end of the simulation, Bronwyn changes the 'winter egg mortality' parameter in the LBM configuration window, keeps all the other defaults, and starts the simulation again.
LE3e-7	IPODLAS displays a 3-D visualization of the output showing comparative numbers of LBM migrating (departure and landing points) and the resultant coloring of the forest in the sites symbolizing the defoliation ratio.
LE3e-8	After the simulation ended, Bronwyn selects in the IPODLAS GUI the WLF topic and then the WLF simulation configuration window. In there, Bronwyn chooses that the ignition point can be set in VR and that the 'live moisture' parameter of the WLF simulation model is taken from the output of the LBM simulation.
LE3e-9	In the VR interface of IPODLAS the defoliation of the forest in the respective sites is displayed applying different colors. Bronwyn now selects a WLF ignition point in a site exhibiting high defoliation values.
LE3e-10	In the VR interface of IPODLAS the spread of a WLF is shown starting from the user-selected ignition point.

Tabelle 7: Aktionsliste für die Analyse des Lärchenwicklers im Oberengadin (nach Isenegger 2006)

Diese Aktionsliste mutet akribisch an, ist aber für die Konzeption der erforderlichen Software-Architektur und das Ermitteln der nötigen Software-Funktionen eine grosse Hilfe, da damit die Spezifikationen für die Software-Entwickler formuliert werden können.

4.5.2.3 GIS-Funktionalitäten

Action	Required GIS functionality	Type of GIS functionality
LE2-2a, LE3e-2a	Receiving request to provide areas with available data	Communication / information exchange between subsystems
LE2-2b, LE3e-2b	Selecting data from storage(s): areas with available data	Connection to storage(s) and retrieving data from storage(s)
LE2-2c, LE3e-2c	Notifying the requesting subsystem about available data via IPODLAS	Communication / information exchange between subsystems
LE2-4a, LE3e-4a	Receiving request concerning forest and in particular larch distribution, calculating slope and aspect, and wind simulation	Communication / information exchange between subsystems
LE2-4b, LE3e-4b	Selecting data from storage(s) if simulation data is not already available: forest data, larch data, temperature data, DTM	Connection to storage(s) and retrieving data from storage(s)

LE2-4c, LE3e-4c	Calculating, if not available in storage: - larch per hectare, forest area per hectare, temperature distribution - slope, aspect - wind speed and direction statistics	Map algebra, map overlay, clipping Slope, aspect calculation from DTM Simulation using the wind model and calculating statistics using Map Algebra
LE2-4d, LE3e-4d	Notifying the requesting subsystem about available data via IPODLAS	Communication / information exchange between subsystems
LE2-5a, LE3e-5a	Receiving request to transform tabular simulation output to raster	Communication / information exchange between subsystems
LE2-5b, LE3e-5b	Transform tabular simulation output to raster	Join attribute data with spatial data and generate raster through rasterization
LE2-5c, LE3e-5c	Notifying the requesting subsystem about available data via IPODLAS	Communication / information exchange between subsystems
LE3e-6a	Receiving request concerning LBM data with changed 'winter egg mortality'	Communication / Information exchange between subsystems
LE3e-6b	Selecting data from storage(s) if simulation data is not already available: forest data, larch data, temperature data, DTM, defoliation	Connection to storage(s) and retrieving data from storage(s)
LE3e-6c	Calculating, if not available in storage: - larch per hectare, forest area per hectare, temperature distribution - slope, aspect - wind speed and direction statistics	Map algebra, Map overlay, clipping Slope, aspect calculation from DTM Querying wind model
LE3e-6d	Notifying the requesting subsystem about available data via IPODLAS	Communication / information exchange between subsystems
LE3e-8a	Receiving request concerning defoliation data in sites	Communication / information exchange between subsystems
LE3e-8b	Selecting defoliation data from storage(s) if data is already available	Connection to storage(s) and retrieving data from storage(s)
LE3e-8c	Notifying the requesting subsystem about available data via IPODLAS	Communication / information exchange between subsystems
LE3e-9a	Receiving request concerning WLF simulation (with ignition point)	Communication / information exchange between subsystems
LE3e-9b	Starting WLF simulation	Accessing and invoking a WLF simulation model to simulate a WLF spread
LE3e-9c	Notifying the requesting subsystem about available data via IPODLAS	Communication / information exchange between subsystems

Tabelle 8: GIS-Funktionalitäten für die Analyse des Lärchenwicklers im Oberengadin und Übergabe der Resultate an das Submodul Visualisierung (nach Isenegger 2006)

4.5.2.4 Mögliche Visualisierungen

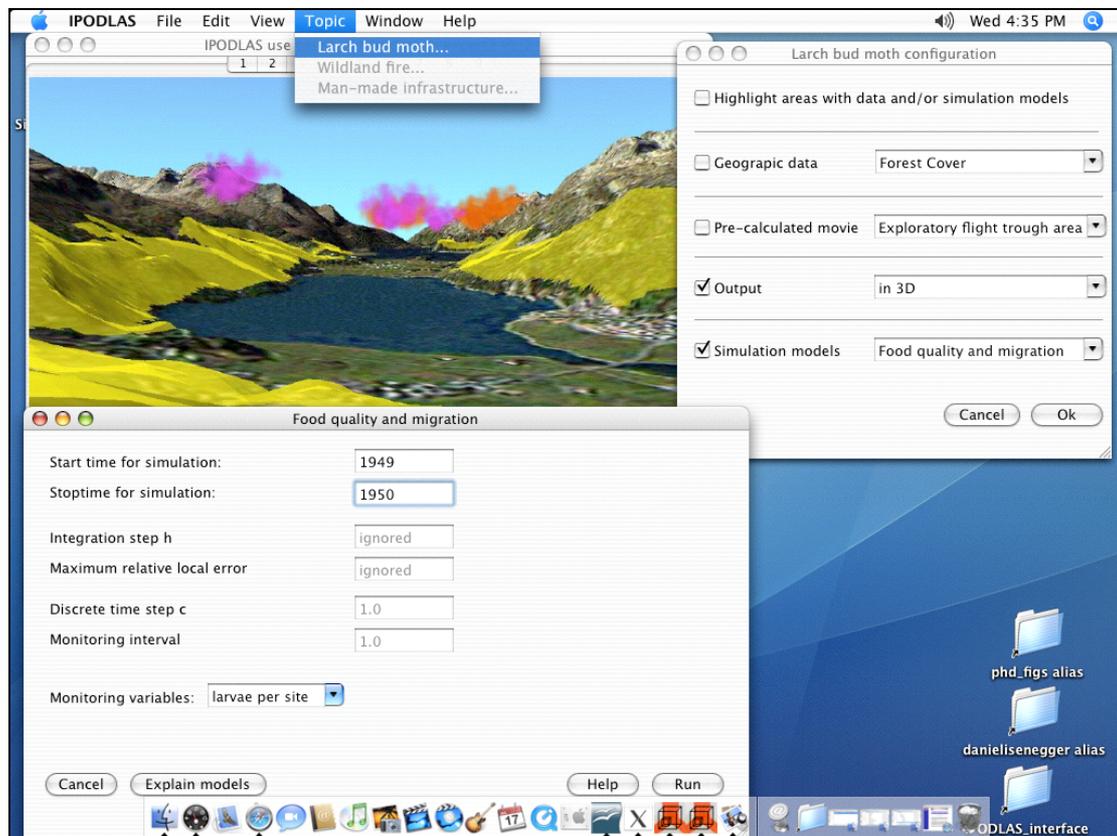


Abbildung 26: Ausschnitt aus dem User Interface zur Berechnung der Lärchenwickler- und Feuerausbreitungsmodelle.

Abbildung 26 und Abbildung 27 stellen die Lärchenwicklerpopulationen als farbige „Wolken“ dar. Aus den Originaldaten zu den Lärchenwicklerpopulationen und den Lärchenwicklermodellen des Oberengadins weiss man welche Subpopulation aus welchem Waldbestand stammt. Aufgabe für die Visualisierung war nun, die Migration der Subpopulationen so darzustellen, dass der Betrachter nachvollziehen kann, welche Subpopulation aus welchem Bestand wegfliht und zu welchem Zielbestand. Die Farbscale der Waldbestände (grün bis gelb/orange) spiegelt dabei den Grad der Entnadelung wieder.

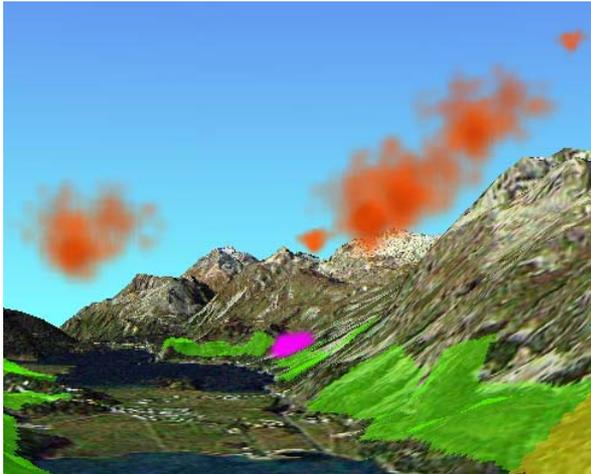


Abbildung 27: Ausschnitt aus einer Lärchenwicklerflug-Animation.

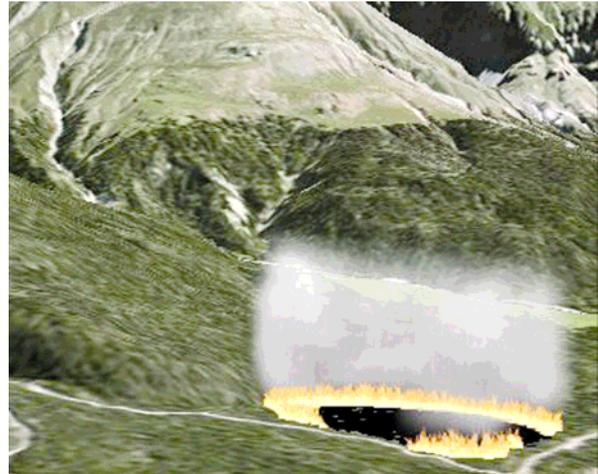


Abbildung 28: Ausschnitt aus der nachgeschalteten Feuermodellierung.

4.5.3 Use Case zu den Auswirkungen von sich ändernden Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft auf Landschaft und Tourismus in den Alpen

Gleichsam als Ausblick und Fazit wird im Folgenden skizziert, was möglich wäre, wenn einige der im NFP48 Programm entwickelten Modelle in ein gemeinsames Fallbeispiel zusammen gezogen würden. Die Use Case Geschichte dazu lautet:

„Im National- und Ständerat wird über die Öffnung von Agrarmärkten und die Entwicklung der Landwirtschaftspolitik diskutiert. Es wird angenommen, dass durch eine extreme Kürzung der Agrarsubventionen jegliche Landwirtschaft im Raum Davos an Hanglagen eingestellt wird. Es wird erwartet, dass die dadurch ausgelöste Sukzession einen Großteil der Kulturlandschaft durch flächendeckenden Wald bis zur Baumgrenze ersetzen wird. Es wird erwartet, dass die daraus resultierende Landschaft für Sommertouristen erheblich unattraktiver wird und diese sich daher anderweitig orientieren.“

Diese Fragen wirken vergleichsweise komplex. Es stellt sich aber heraus, dass im Rahmen des NFP48 Modelle entwickelt wurden, welche diese Fragen im Prinzip bearbeiten können. Die praktische Bearbeitung würde aber zunächst daran scheitern, dass diese Modelle in einem ersten Schritt auf die geographische Region von Davos portiert werden müssten. Weiterhin müssten Schnittstellen zwischen den Modellen programmiert werden. Und selbst danach würde sich vermutlich herausstellen, dass bestimmte Bausteine fehlen und noch entwickelt werden müssten. Weiterhin werden die Modelle zusammen vermutlich nicht alle Fragen beantworten können, welche die Anwender im Endergebnis haben möchten. Dennoch ist dieser Use Case im Prinzip bearbeitbar.

Die Fragen des oben geschilderten Use Cases könnten anhand der entwickelten Modelle wie folgt beantwortet werden:

- **SULAPS** betrachtet zunächst die Veränderungen in der Berglandwirtschaft als Folge der veränderten Agrarsubventionen.

- ▶ Veränderung bei den Betriebsgrößen und den Schwerpunktsetzungen.
- ▶ Veränderung der Flächennutzung.
- **ALPSCAPE** nimmt diese Ergebnisse auf und simuliert:
 - ▶ Direkte und Sekundäreffekte auf die regionale Wirtschaft.
 - ▶ Veränderungen bei den Material- und Energieflüssen und im Selbstversorgungsgrad der Region als Resultat der veränderten Bewirtschaftung.
- Darauf aufbauend berechnen **WASALP** und **IPODLAS** die Ausdehnung und Struktur der Waldbestände um Davos sowohl zeitlich wie räumlich. Die Resultate dieses Modelle sind:
 - ▶ WASALP liefert räumlich aufgelöst den differenzierten Bewuchs im Bereich um Davos.
 - ▶ IPODLAS berechnet die Veränderungen der Waldstrukturen und Zusammensetzung mit Hilfe entsprechender Wachstumsfunktionen für bestimmte Waldtypen.
 - ▶ Das kombinierte Resultat ist eine Waldbestandekarte, die sowohl inhaltliche (Artenzusammensetzung, strukturelle Parameter) wie geometrische Informationen (Waldausdehnung) enthält, aufgliedert nach gewünschten Zeitabschnitten.
- **GISALP** generiert, darauf aufbauend, statische Bilder des veränderten Bewuchses, und berechnet daraus Indikatoren für eine möglicherweise veränderte Attraktivität der Landschaft.
- **ALPSIM** simuliert, aufbauend auf den veränderten Bewertungen, die Veränderungen im Verhalten der Wanderer. Resultate dieses Modells sind:
 - ▶ Veränderungen in der Routenwahl der Wanderer
 - ▶ Veränderungen in der Zufriedenheit der Wanderer (z.B.: Unzufriedenheit damit, dass man nun jedes Mal über die Baumgrenze muss, um eine schöne Aussicht zu haben)
 - ▶ Veränderungen der Tätigkeitsstruktur während des Urlaubes (z.B. weniger Wanderungen, dafür mehr Schwimmbad-Besuche)
 - ▶ Veränderungen in der gewünschten Verweildauer am Urlaubsort
- Das Modell **ERREICHBARKEIT** schätzt, basierend auf der veränderten Zufriedenheit, das veränderte Zielwahlverhalten der Wochenendbesucher ab. Dabei wird auch betrachtet, inwieweit die erwarteten Verluste durch eine schnellere Bahnverbindung ausgeglichen werden können.

4.5.3.1 Diskussion

Nicht alle Modelle werden alle diese Fragen aus dem Stand heraus beantworten können. Ungeklärte Fragen sind z.B.:

- Die Bewertungen der statischen Bilder von GISALP reichen nicht aus, um zu Bewertungen des dynamischen Prozesses einer Wanderung in ALPSIM zu kommen.
- Das Modell ERREICHBARKEIT gilt möglicherweise nur für Reisende aus Zürich und für den Skitourismus.

Ausserdem sind die gestellten Fragen möglicherweise gar nicht diejenigen, die die jeweiligen Anwender interessieren. Ein Use Case ist normalerweise interaktiv: Die Anwender müssten die Fragen also so umformulieren, wie sie für sie von Interesse sind, und die Entwickler müssten dann angeben, für welchen Aufwand diese Fragen beantwortbar sind (falls überhaupt).

4.6 Schlussfolgerungen für die Softwareentwicklung und Anwendung im Bereich Planung und Landschaftsanalyse.

Software-Entwicklungsprojekte scheitern meist nicht an technischen Fragen, sondern daran, dass Menschen sich nicht verstehen, nicht verstehen können. Anwender und Entwickler mögen vielleicht das gleiche Ziel vor Augen haben, ihre Rollen und Möglichkeiten könnten aber nicht unterschiedlicher sein. Geht es ersteren (am liebsten kurz und bündig!) um die Beantwortung einer inhaltlichen Frage, so streben letztere nach einer technisch ausgeklügelten Lösung. Dass dabei Verständnisschwierigkeiten auftreten, wenn Implementationsprozesse länger dauern als geplant oder nicht das gewünschte Resultat bringen, liegt auf der Hand.

Die in Kapitel 4 vorgestellten Use Case Beispiele zeigen, dass komplexe Fragestellungen mit der Methodik des Use Case auf beinahe spielerische Weise angegangen und in verständliche Einzelfragen herunter gebrochen werden können, ohne dabei die übergeordnete Frage zu vergessen. Dass Software-Anwender eine andere Sprache sprechen als Software-Entwickler scheint noch auf der Hand zu liegen. Das Gleiche kann aber auch für den Bereich der Landschaftsanalyse und Planung gesagt werden. Da verstehen sich die verschiedenen Akteure auch nicht immer. So sprechen Modellierer, Planer, Bauherren Politiker und Techniker zu Beginn eines Planungsprozesses mit Sicherheit sehr unterschiedliche Sprachen.

Mit der vorgestellten Methodik lassen sich diese „Sprachschwierigkeiten“ sehr detailliert analysieren. Die Use Case Methodik begegnet dem immer wieder angetroffenen Reflex, komplizierte Sachverhalte intuitiv als „sequenzielle Geschichten“ zu erzählen, welche einen Ausgangspunkt und ein gewünschtes Resultat beinhalten. Dabei wird gleichsam eine Eselsbrücke konstruiert, die das Erlernen des gegenseitigen Verständnisses ermöglicht, ohne dass die Beteiligten auf Anhieb viel vom Fachgebiet des Gegenübers verstehen müssen, geschweige denn dass Anwender etwas von Programmierung verstehen müssten.

Die Technik des Use Case wird in der Software-Entwicklung häufig eingesetzt, im Bereich der Landschaftsanalyse- und Planung hat er sich aber noch nicht stark etabliert. Aus Sicht dieser Synthese scheint es folglich Sinn zu machen, diesen Ansatz zu propagieren, da dieses methodische Vorgehen für jeden Sachverhalt, für jedes Gebiet und für jegliche Art von Sachdaten angepasst werden kann. Darüber hinaus kann diese Vorgehensweise – ohne „aufdringlich“ zu werden, in die Rolle des „Mediators“ schlüpfen, was den meisten Planungsprozessen nur dienlich sein kann.



5 Fazit

Im Fazit wollen wir die eingangs formulierten Forschungsfragen wieder aufnehmen und im Einzelnen zu beantworten versuchen.

Welche Erkenntnisse liefern die vorliegenden Projekte der NFP48-Forschung im Bereich der Modellierung, computergestützten Simulation und virtuellen Repräsentation?

- Die vorliegenden Modelle des NFP48 zeigen die grosse Vielfalt an Möglichkeiten im Bereich der Modellierung auf. Allerdings decken sie das Spektrum bei Weitem nicht ab und stellen auch keine systematische Auswahl dar. Insofern zeigen sie nur beispielhaft auf, was möglich ist, stellen aber als Gesamtbeitrag kein kohärentes Ergebnis dar.
- Es zeigt sich, dass die Modelle des NFP48 teilweise sehr komplementär sein. Ein grosses Potenzial der Modellierungen besteht daher in der Verknüpfung verschiedener Ansätze. Ein erstes Beispiel dafür sind die Beiträge der Projekte WASALP, ALPSCAPE* und ECOSYSSERV, wie sie in Kapitel 2.2.1 erläutert sind. Ein weiteres Beispiel wäre der enge Link zwischen SULAPS* und den Arbeiten des Projektes NUTZUNGSVIELFALT, das in den Bereich der Synthese II fällt (Stöcklin et al., 2007).
- Die Modellierungsprojekte des NFP48 konnten allerdings im Einzelnen wichtige Beiträge zu international aktuellen Forschungsfragen leisten. Diese Beiträge decken inhaltliche, methodische und auch technische Herausforderungen im Bereich der Landschaftsmodellierung ab.
- Projekte mit einem starken Fokus auf der inhaltlichen Seite haben dabei wichtige Ergebnisse für die Alpenforschung im Allgemeinen erbracht. Dazu sollen insbesondere die Arbeiten zu Veränderungen in der Landwirtschaft der Projekte WASALP und SULAPS* und die Ergebnisse zur Schutzwaldpflege des Projektes SCHUTZWÄLDER* erwähnt sein. Ihre Ergebnisse sind weit über die regionale Fallstudie hinaus von Bedeutung. Bei anderen Projekten dagegen ist der Bezug zu den Alpen eher lokal (z.B. ALPSCAPE*) oder die Auswahl des Studiengebietes in der Bergregion ist nicht weiter von Bedeutung (z.B. IPODLAS*). Ebenfalls einen starken inhaltlichen Fokus hat das Projekt TRANSFORMATIONEN. Dabei könnten insbesondere die Bestimmung der Geschwindigkeit von Landschaftsveränderungen und die Systematisierung von *Driving Forces* in Zukunft eine grosse Bedeutung in der Landschaftsmodellierung haben.
- Methodische Beiträge von internationaler Bedeutung wurden ebenfalls in verschiedenen Projekten erarbeitet. So konnte ALPSIM* im Bereich der Agenten-basierten Modellierung wichtige Fortschritte im Umgang mit „visuellen“ Landschaftseindrücken erarbeiten. Dabei wird in diesem Projekt in doppelter Weise mit visuellen Effekten gearbeitet: zum einen reagieren die

Agenten auf „visuelle“ Eindrücke einer eigenständigen virtuellen Landschaft, und zum anderen werden diese Eindrücke in Form eines Films festgehalten und so auch für den Nutzer visualisiert. Ausserdem wird zum Beispiel auch in *ECOSYSSERV* mit der vielschichtigen Monetarisierung von Umweltleistungen ein wichtiger methodisch-konzeptioneller Beitrag im Bereich der Bewertungsansätze geleistet. Mit einem integrierten Modellierungsansatz und einer starken Einbindung der lokalen Bevölkerung verfolgt auch *ALPSCAPE** einen aktuellen methodischen Ansatz. Doch besteht insbesondere in der Definition und Kalibrierung der Schnittstellen zwischen den einzelnen disziplinären Ansätzen auch in Zukunft noch grosser Forschungsbedarf.

- Beiträge zu den technischen Herausforderungen im Bereich der Landschaftsmodellierung haben insbesondere die Projekte *GISALP** und *IPODLAS** geleistet. Während *GISALP** ein einheitliches Datenmodell zur Kombination verschiedener Naturgefahrenmodelle vorlegte, wurde in *IPODLAS** ein Konzept zur direkten Verknüpfung verschiedener Software-Umgebungen erarbeitet.

Was sind die in Bezug auf die Anwendbarkeit wichtigsten Forschungsgebiete im Bereich der computergestützter Landschaftsmodellierung für die Zukunft?

- Die Zusammenarbeit mit der Begleitgruppe und die Literatur haben gezeigt, dass in der Raum- und Landschaftsplanung durchaus Interesse an der Modellen besteht. Thematisch inhaltlich alle möglichen Einsatzbereiche abdecken zu können, kann nicht das Ziel der Forschung in diesem Bereich sein. Doch die Forschung kann im Bereich der methodischen und technischen Herausforderungen noch wichtige, keineswegs ausgeschöpfte Dienste leisten.
- Entsprechend der hohen Komplexität die Fragestellungen in der Raum- und Landschaftsplanung aufweisen, versprechen integrierte Modellierungsansätze einen wichtigen Fortschritt. Dabei stellen insbesondere die Schnittstellen zwischen verschiedenen disziplinären Ansätzen einen Forschungsschwerpunkt dar.
- Auch integrierte Modelle dürfen nicht als „Supermodelle“ konzipiert und verstanden werden, die auf viele verschiedene Fragestellungen eingehen können. Denn gerade die Auswahl der methodischen Ansätze, die in den einzelnen Teilen verwendet werden, und die Definition der Schnittstellen müssen gezielt auf eine bestimmte Fragestellung hin optimiert werden.
- Die realitätsnahe Visualisierung wird als wichtiges Instrument bei der Kommunikation von Zukunftsszenarien eingesetzt. Für die automatisierte „Übersetzung“ abstrakter Informationen in realitätsnahe Bilder und Filme besteht weiterhin noch grosser Forschungsbedarf.
- Heute werden Datenverwaltung, Datenanalyse/Modellbildung, Simulation und Visualisierung oftmals in unterschiedlichen, jeweils auf die einzelne Aufgabe spezialisierte, Software-Umgebungen realisiert. Diese Trennung macht die Entwicklung und Nutzung von Modellen oftmals schwerfällig. Technische

Lösungen zur Kombination der verschiedenen Software-Umgebungen könnten in Zukunft die Nutzung von Modellen erleichtern.

Stellen Modellierung, Simulation und Visualisierungstechniken hilfreiche Instrumente dar, um die bestehenden Probleme in der Raum- und Landschaftsplanung zu lösen? Falls ja, in welcher Weise können sie einen Beitrag leisten?

- Modelle, Simulationen und Visualisierungstechniken werden sowohl von der Begleitgruppe als auch in der internationalen Literatur als hilfreiche Werkzeuge in der Raum- und Landschaftsplanung bewertet.
- Weil sich die Raum- und Landschaftsplanung mit immer komplexeren Problemstellungen beschäftigt, und die Modellierung diese Komplexität ordnet und systematisiert, wird Modellen ein grosses Potenzial für die Zukunft eingeräumt.
- Modelle und Visualisierungstechniken können Konflikte der Raum- und Landschaftsplanung nicht lösen. Sie können allerdings als Hilfsmittel in Entscheidungsprozessen eingesetzt werden und diese durch zusätzliche Information bereichern, objektivieren und transparenter machen. Bei emotional stark aufgeladenen Themen können Modelle eventuell in partizipativen Ansätzen genutzt werden (im Sinne eines "Mediated Modelling", z.B. van den Beld, 2004).
- Problematisch ist im Moment noch der Aufwand der nötig ist, um die Werkzeuge zu nutzen. Dieser wird sich insbesondere durch technische Fortschritte und eine verbesserte Datenverfügbarkeit in den kommenden Jahren und Jahrzehnten höchstwahrscheinlich stark reduzieren. Empfehlungen dazu sind in Kapitel 3.2.1 zu finden.
- Aufwand und Mehrgewinn durch den Einsatz eines Modells in der Planung müssen in einem sinnvollen Verhältnis stehen. Um die Verhältnismässigkeit zwischen diesem Aufwand und dem Mehrgewinn an Information durch die Modellierung zu gewährleisten, wird das Anwendungspotenzial von Modelle im Moment vor allem bei umfangreichen und komplexen Projekten und Problemen gesehen. Für die nähere Zukunft wird höchstwahrscheinlich noch gelten, dass der Einsatz und die Entwicklung von Modellen in der Praxis auf die grossen und aufwändigen (Planungs-)Fälle beschränkt bleibt. Kleinere Projekte hingegen eignen sich auch weiterhin für die Methodenentwicklung in der Forschung.
- Da im Alpenraum zahlreiche komplexe Probleme und grosse Projekte anstehen, können Modelle auch heute schon hilfreich in den Entscheidungsprozesse der Raum- und Landschaftsplanung genutzt werden. Im Bereich der Grossprojekte sind zum Beispiel das SAWIRIS-Projekt in Andermatt, die Hafencity Flüelen oder auch der Gotthard-Basis-Tunnel, die Porta Alpina und der Grimsel-Stausee als typisch Einsatzbereich zu nennen. Weitere komplexe Probleme des Alpenraums, bei deren Lösung Modelle sinnvoll genutzt werden könnten, sind zum Beispiel die Problematik des Alpentransits, die Etablierung von Naturparks

in der Schweiz und grosse Investitionen in den Wintertourismus vor dem Hintergrund einer erwarteten Klimaänderung.

- Es ist zu beachten, dass dabei die Modellierung als Lernhilfe und Analyse-methode herangezogen werden kann. Bereits bestehende Modelle decken oftmals nur Teilaspekte der anstehenden Frage ab, jedoch zeigen sie den Fundus an Möglichkeiten und Methoden für die Anwendung im konkreten Einzelfall auf.
- Visualisierung spielt als Kommunikationsform eine wichtige Rolle in der Entscheidungsfindung in Raum- und Landschaftsplanung. Dabei gilt es im Sinne der Verhältnismässigkeit die angemessene Technik zu wählen. Je nach Einzelfall kann ein retuschiertes Bild, das durch Manipulation einer realen Aufnahme am Computer entstanden ist, ein rein „oberflächliches“ Landschaftsmodell auf der Basis von Geländedaten, Landnutzungsdaten und Gebäudedaten oder eine komplexe Simulation, die Material-, Geld- und Verkehrsströme einbezieht, angemessen sein.

Können wir Merkmale für wissenschaftliche Modelle finden, die sich auch für die praktische Anwendung eignen?

- Der Einsatzbereich von wissenschaftlichen Modellen liegt vielfach im Erkenntnisgewinn. Sie konzentrieren sich oftmals auf Detailfragen, zu deren Beantwortung zahlreiche Faktoren und Faktorenkombinationen getestet werden. Obwohl diese Erkenntnisse für die Praxis grosse Relevanz haben können, haben diese Modelle oftmals einen Fokus auf wissenschaftliche Fragestellungen oder sind zu detailliert für Anwender.
- Es werden in der Forschung auch Modelle explizit zu angewandten Fragestellungen entwickelt. Doch selbst diese Modelle kommen letztendlich nur selten in der Praxis zum Einsatz. Neben der inhaltlichen Übertragbarkeit sind Datenverfügbarkeiten sowie Dokumentation und Support der Modelle wichtige Aspekte, um ihren Einsatz in der Praxis zu fördern.
- Voraussetzung zur möglichen Anwendung eines solchen Modells in der Praxis ist, dass es auf flächendeckend und öffentlich erhältliche Daten zurückgreift.
- Diese Modelle müssen gut dokumentiert sein. Die Dokumentation muss neben Anleitungen zur Installation und Handhabung des Modells auch über Details zur internen Verarbeitung der Daten und der Kalibrierung des Modells geben. Um im Einzelfall Anpassungen vornehmen zu können, sollte auch der Code gut gegliedert und kommentiert sein.
- Die Verfügbarkeit von für die Praxis geeigneten Modellen über das Internet ist ebenfalls sehr hilfreich. Für manche Modelle ist neben der Dokumentation auch eine Reihe von Anwendungsbeispielen, ein Forum zur Diskussion von allfälligen Fragen potenzieller Nutzer und eine Kontaktadresse angegeben. Diese Verfügbarkeit dieser Information und die Möglichkeit, sich mit eigenen Fragen direkt an die Entwickler des Modells zu wenden, vereinfachen den Einstieg sehr (z.B. www.cluemodel.nl, www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/project_gig.htm oder www.what-if-pss.com).

- Bei Modellen, die aus der Forschung kommen und angewandte Fragestellungen verfolgen, besteht das Problem, dass sich Fragestellungen im einzelnen Anwendungsfall selten ähnlich genug sind, um bereits existierende Modelle einfach anzuwenden, beziehungsweise 1:1 zu übertragen. Je komplexer die Fragestellung ist, umso schwieriger ist es, ein Modell zu finden, das der Ausgangssituation und der Problematik im Einzelnen gerecht wird.

Was sind die Perspektiven von computergestützter Modellierung, Simulation und Visualisierungstechnik für die Praxis? Welches sind die nächsten Schritte, um deren Einsatz in der Praxis in Zukunft zu erleichtern?

- Aufgrund der zunehmenden Komplexität von Entscheiden und der Reduktion technischer Schwierigkeiten wird angenommen, dass die Bedeutung von Modellen in der Zukunft eher zunehmen wird.
- Modelle können verschiedene Aufgaben in der Planungspraxis übernehmen. Für die Planung sind folgende drei Aufgaben relevant: (1) Simulationsmodelle, (2) Visualisierungstechniken; und (3) partizipative Modellierungsansätze. Die Bedeutung von Bewertungsansätzen wird in der Planung (noch) nicht sehr hoch eingeschätzt.
- Die Simulation von Varianten hat in der Planung einen hohen Stellenwert. Simulationsmodelle, die vielschichtige Entwicklungen abbilden und damit Diskussionsgrundlagen liefern können, werden als zukünftig wichtige Instrumente der Planung eingeschätzt.
- Diese Simulationsmodelle müssen eventuell speziell zu den konkreten Fragestellungen konzipiert werden. Gerade bei grossen Projekten, zu deren Beurteilung sowieso Daten erhoben werden (müssen), kann dies allerdings eine lohnende Anstrengung sein.
- Photorealistische Visualisierungen können abstraktes Wissen zu einem eindrücklichen Bild verhelfen. Ihr Vorteil wird insbesondere bei der Kommunikation an die Öffentlichkeit und Entscheidungsträger, die keine vertiefte Erfahrung im Bereich der Raum- und Landschaftsplanung haben, gesehen. Da es oftmals sehr schwierig ist, sich einen visuellen, konkreten Eindruck von einer zukünftigen Entwicklung zu machen, kann die photorealistische Visualisierung ein wichtiges Kommunikationsmittel sein.
- Die photorealistische Visualisierung transportiert neben der reinen Information auch immer eine emotionale Komponente. Auf der einen Seite führt dies dazu, dass sie eindrücklich und leicht verständlich ist, auf der anderen Seite besteht damit das Problem der Manipulation.
- Partizipative Modellierungsansätze können insbesondere bei schlecht abzugrenzenden Problemen ein hilfreiches Mittel zur Strukturierung und Lösung des Problems sein. Der Prozess der Modellierung tritt auch im oben beschriebenen Fall von der Entwicklung von Simulationsmodellen für einzelne anfallende Fragestellungen in den Vordergrund. Hier bestehen grosse Potenziale, die beiden Funktionen der Modelle zu kombinieren.

- Technische Schwierigkeiten im Bereich der Schnittstellen zwischen Softwareumgebungen und im Bereich der Datenaufbereitung machen die Arbeit mit Modellen und Visualisierungstechniken schwerfällig. Aufgrund aktueller Entwicklungen in diesem Bereich kann man davon ausgehen, dass diese Schwierigkeiten in Zukunft relativ rasch geringer werden.
- Die Datenverfügbarkeit in lokalen, kantonalen und Bundesinstitutionen hat in den letzten Jahren rasch zugenommen. Um den Aufwand zu reduzieren, der im Moment noch nötig ist, um Daten zur Modellierung aufzunehmen und aufzubereiten, empfehlen wir gezielt Lücken in den Datenbeständen zu schliessen.
- Datengrundlagen verschiedener Institutionen und Organisationen sollten gemeinsam und über einzelne administrative Ebenen hinaus verwaltet und zugänglich gemacht werden. Selbst wenn die Daten selbst nicht zentral gelagert werden, sollten die Daten über öffentlich zugängliche Datenkataloge („Metametadaten“) sichtbar sein und der Inhalt und die Eigenschaften der Daten über deren Metadaten die Eigenschaften verschiedener Datensätze ständig aktualisiert einsehbar sein.
- Weil Forschungsprojekte oftmals an kleineren Fallbeispielen Methodenentwicklung betreiben, ist die Einbindung von Akteuren aus der Praxis oftmals schwierig. Der Aufwand einer Modellierung lohnt sich in der Planungspraxis erst bei grossen Projekten. Um die Modellierung als Methode in der Planungspraxis zu etablieren, sollte vor allem bei diesen grossen Projekten eine Zusammenarbeit zwischen Forschung und Praxis stattfinden. In diesen tatsächlichen Anwendungsfällen könnte das methodischen Know-How der Forschung in die Praxis transportieren werden.

Wie können die Bedürfnisse potenzieller Anwender in die Entwicklung eines Modells direkt einfließen?

- (xxx)

Verwendete Literatur

- Antunes, P., Santos, R., Videira, N., 2006. Participatory decision making for sustainable development - the use of mediated modelling techniques. *Land Use Policy* 23, 44-52.
- Augsburger, M., Weber, G., Le Bayon, C., Gobat, J.-M., 2004. Relationships between soil and vegetation in alluvial zones at two different spatial scales, *in* Proceedings of European Congress Eurosoil, Freiburg i.B., 4-12. Sept. 2004, Freiburg i.B.,
- Backhaus, N., Reichler, C., Stremlow, M., 2007. Alpenlandschaften - Von der Vorstellung zur Handlung - Thematische Synthese I "Prozesse der Wahrnehmung und Darstellung von Landschaften und Lebensräumen der Alpen". vdf, Zürich, Lausanne und Burgdorf.
- Baumgart, K., 2005. Bewertung landschaftsrelevanter Projekte im Schweizer Alpenraum - Die Methode der Discrete-Choice-Experimente, Bern.
- Baumgart, K., Bernhard, T., Kooijmann, C., Roth, G., Schwarzwälder, B., 2005. Projektbewertung mit ALPRO - Auswirkungen auf Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt, Bern.
- Baur, P., 2006. Die Rückkehr des Waldes im südlichen Alpenraum der Schweiz: Hintergründe eines Landschaftswandels. *Agrarwirtschaft und Agrarsoziologie* 2/06, 3-26.
- Bebi, P., Kytzia, S., Lundström, C., Walz, A., Grêt-Regamey, A., Lardelli, C., 2005. NFP48 ALPSCAPE - Schlussbericht, Davos. Available: http://www.slf.ch/lebensraum-alpen/pdfs/NFP48/final_report.pdf.
- BFS, 2001. GEOSTAT Benutzerhandbuch, 11 ed., Bern.
- Bishop, I., Lange, E. (Eds.) 2005. Visualization in Landscape and Environmental Planning. Technology and applications. Taylor & Francis, London, New York.
- Bishop, I.D., 1998. Planning support: hardware and software in search of a system. *Computers, Environment and Urban Systems* 22, 189-202.
- Bolliger, J., Kienast, F., Soliva, R., Rutherford, G.N., 2007. Spatial sensitivity of species habitat distribution patterns to scenarios of land-use change (Switzerland). *Landscape Ecology* 22, 773-789.
- Brail, R., Klosterman, R.E. (Eds.) 2001. Planning support systems: Integrating Geographic Information Systems, Models and Visualisation Tools. ESRI Press, Redlands, USA.
- Brang, P., Duc, P., 2002. Zu wenig Verjüngung im Schweizer Gebirgs-Fichtenwald: Nachweis mit einem neuen Modellansatz. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 153, 219-227.
- Brang, P., Schönenberger, W., Bachofen, H., Zingg, H., Wehrli, A., 2004. Schutzwalddynamik unter Störungen und Eingriffen: Auf dem Weg zu einer systematischen Sicht, *in* Forum für Wissen "Schutzwald und Naturgefahren", Davos, pp. 55-66.
- Brang, P., Schönenberger, W., Zingg, A., Bachofen, H., Wehrli, A., in revision. Evaluating management options in protection forest using a comprehensive simulation model. *Forest Snow and Landscape Research*.
- BRP, EJP, 1998. Vademecum Raumplanung Schweiz, Bundesamt für Raumplanung und Eidg. Justiz- und Polizeidepartment, Bern.
- BSLA, 2005. Landschaftsplanung. www.bsla.ch.

Bullinger-Weber, G., Gobat, J.M., 2006. Identification of facies models in alluvial soil formation: The case of a Swiss alpine floodplain. *Geomorphology* 74, 181-195.

Cavens, D., Lange, E., 2004. Hiking in Real and Virtual Worlds, *in* Koll-Schretzenmayr, M., Keiner, M., Nussbaumer, G. (Eds.), *The Real and Virtual Worlds of Spatial Planning*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 207-215.

Cavens, D., Lange, E., Schmid, B., 2003. Virtual Alpine Landscapes and Autonomous Agents, *in* Buhmann, E., Ervin, S. (Eds.), *Trends in Landscape Modeling - Proceedings at Anhalt University of Applied Sciences 2003*. Wichmann Verlag, Heidelberg. Available: http://www.hs-anhalt.de/CONTENT/la/mla_fl/conf/pdf/conf2003/61cavens.pdf,

Cockburn, A., 2000. *Writing Effective Use Cases*. Addison-Wesley Professional.

Cockerill, K., Tidwell, V., Passell, H., 2004. Assessing public perceptions of computer-based models. *Environmental Management* 34, 609-619.

Costanza, R., 1998. Using dynamis modelling to scope environmental problems and build consensus. *Environmental Management* 22, 183-195.

Droz, Y., Miéville-Ott, V., 2005. *La polyphonie du paysage*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.

Felber, P., 2005. *Landschaftsveränderung in der Wahrnehmung und Bewertung der Bevölkerung. Eine qualitative Studie in vier Schweizer Gemeinden*, Bern.

Forrester, J.W., 1972. *Grundzüge einer Systemtheorie*. Gabler, Wiesbaden.

Förster, R., Kytzia, S., 2004. How can integrative modelling contribute to sustainable regional development in practice? The potential of group model building - results of a case study, *in* Pahl-Wostl, C., Schmidt, S., Jakeman, T. (Eds.), *iEMSs 2004 International Congress: "Complexity and Integrated Resources Management"*. International Environmental Modelling and Software Society, Osnabrueck, Germany,

Fry, G.L.A., 2001. Multifunctional landscapes - towards transdisciplinary research. *Landscape and Urban Planning* 57, 159-168.

Geertman, S., Stillwell, J., 2004. Planning support systems: an inventory of current practice. *Computers, Environment and Urban Systems* 28, 291-310.

Gellrich, M., Baur, P., Koch, B., Zimmermann, N.E., 2007. Agricultural land abandonment and natural forest re-growth in the Swiss mountains: A spatially explicit economic analysis. *Agriculture Ecosystems & Environment* 118, 93-108.

Gellrich, M., Baur, P., Robinson, B.H., Bebi, P., In Press. Combining classification tree analyses with interviews to study why sub-alpine grasslands sometimes revert to forest: a case study from the Swiss Alps. *Agricultural Systems*.

Gloor, C., Mauron, L., Nagel, K., 2003. A pedestrian simulation for hiking in the alps, *in* 3rd Swiss Transport Research Conference, Monte Verita/Ascona. Available: <http://www.strc.ch/Paper/gloor.pdf>,

Gloor, C., Stucki, P., Nagel, K., 2004. Cellular Automata, *Proceedings of the 3rd Swiss Transport Research Conference, Monte Verita/Ascona, March 19-21, 2003*, pp. 581-590.

Graf, C.K., 1995. *Realistic landscape rendering using remote sensing images, digital terrain models and 3D objects*. PhD-Thesis at University of Zurich, Zurich.

Graf, H.G., Klein, G., 2003. In die Zukunft führen. Strategieentwicklung mit Szenarien. Rüegger Verlag, Zürich.

Gremaud, J., Weber, G., Gobat, J.-M., 2004. Spatio-temporal dynamic of the vegetation of a Swiss alpine floodplain: from landscape to seed, *in* Proceedings of the 5th International workshop on sustainable land-use planning "Multiple Landscape merging past and present in landscape planning", Wageningen, The Netherlands, 7-9 Juin 2004, pp. xx.

Grêt-Regamey, A., Bebi, P., Bishop, I.D., Schmid, W., In Press-a. Linking GIS-based models to value ecosystem services in an Alpine region. Environmental Management.

Grêt-Regamey, A., Bishop, I.D., Bebi, P., In Press-b. Predicting the scenic beauty value of mapped landscape changes in a mountainous regio using GIS. Environment and Planning B: Planning and Design.

Grêt-Regamey, A., Walz, A., Bebi, P., subm. Framework for integrating ecosystem service values and their uncertainties in landscape planning. Environmental Planning and Management.

Hare, M., Letcher, R.A., Jakeman, A.J., 2003. Participatory modelling in natural resource management: a comparison of four case studies. Integrated Assessment 4, 62-72.

Hirsch Hadorn, G., Bradley, D., Pohl, C., Rist, S., Wiesmann, U., 2006. Implications of transdisciplinarity for sustainability research. Ecological Economics 60, 119-128.

IPCC, 2007. Forth Assessment Report on Climate Change 2007. <http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>.

Isenegger, D., 2006. IPODLAS - A Framework for Coupling Temporal Simulation Systems, Virtual Reality, and Geographic Information Systems, Zurich.

Isenegger, D., Price, B., Wu, Y., Fischlin, A., Frei, U., Weibel, R., Allgower, B., 2005. IPODLAS - A software architecture for coupling temporal simulation systems, VR, and GIS. Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 60, 34-47.

Kahn, H., Wiener, A.J., 1967. The Year 2000: A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years. Macmillan, New York.

Killer, V., 2005. GIS-gestützte Modellierung und Bewertung subalpiner Agrarlandschaften des Albulatals und des Surses - Modellierungsansätze zwischen landschaftsökologischer Theorie und Praxis. Diplomarbeit. Geographisches Institut der Universität Zürich.

Klein, J.T., Grossenbacher-Mansuy, W., Häberli, R., Bill, A., Scholz, R.W., Welti, M. (Eds.) 2001. Transdisciplinarity: Joint problem-solving among science, technology and society. An effective way of managing complexity. Birkhauser Verlag, Basel.

Koll-Schretzenmayr, M., Keiner, M., Nussbaumer, G. (Eds.) 2004. The real and the virtual world of spatial planning. Springer, Berlin, Heidelberg.

Lange, E., 1994. Integration of computerized visual simulation and visual assessment in environmental planning. Landscape and Urban Planning 30, 99-112.

Lange, E., Wissen, U., Schroth, O., 2005. Sich die Landschaft ausmalen. 3D-Visualisierungen als Instrument für partizipative Planungen. tec21 45, 10-14.

Lauber, S., 2005. Berglandwirtschaft in 15 Jahren - Strukturentwicklung und Landschaftsveränderung im Albulatal und Surses. Ergebnisse der NFP48-Projekt SULAPS - Zusammenfassung der SULAPS- Informationsveranstaltungen vom 9./10.November 2005, Tänikon.

Lauber, S.U., 2006. Agrarstrukturwandel im Berggebiet : Ein agentenbasiertes, räumlich explizites Agrarstruktur- und Landnutzungsmodell für zwei Regionen Mittelbündens. Diss. ETH Zürich, Nr. 16716, Zürich: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART.

Lundström, C., Kytzia, S., Walz, A., Grêt-Regamey, A., Bebi, P., Accepted. ALPSCAPE - Linking models of land-use, resources and economy to simulate the development of Mountain regions. Environmental Management.

Lütolf, M., 2006. Changing landscapes of Switzerland: Assessing effects of historic and future land uses and land covers on the occurrence of selected butterfly species, Lausanne.

Meadows, D.L., Meadows, D.H., Jorgen Randers, III, W.W.B., 1972. Die Grenzen des Wachstums. DVA, Stuttgart.

Mittelstrass, J., 2003. Transdisziplinarität - wissenschaftliche Zukunft und institutionelle Wirklichkeit, Konstanz.

Mortberg, U.M., Balfors, B., Knol, W.C., 2007. Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning. Journal of Environmental Management 82, 457-470.

Price, B., 2005. Spatio-temporal modelling and analysis of larch bud moth population dynamics in the European Alps. Diss. ETH No. 16423, Swiss Federal Institute of Technology: Zurich, Switzerland. Sierke Verlag, Göttingen.

Price, B., Allgower, B., Fischlin, A., 2006. Synchrony and travelling waves of larch bud moth? Time series analysis with changing scale. Ecological Modelling 199, 433-441.

Rothenbühler, 2006. GISALP - räumlich-zeitliche Modellierung der klimasensitiven Hochgebirgslandschaft des Oberengadins. PhD, Zürich.

Rutherford, G.N., 2006. The use of land-use statistics to investigate large-scale successional processes. Diss. ETH No 16507.

Schneeberger, N., 2005. Transformation rates and driving forces of landscape change on the Northern fringe of the Swiss Alps. Dissertation ETHZ Nr. 16202, Zürich.

Schneeberger, N., Burgi, M., Hersperger, A.M., Ewald, K.C., 2007a. Driving forces and rates of landscape change as a promising combination for landscape change research--An application on the northern fringe of the Swiss Alps. Land Use Policy 24, 349-361.

Schneeberger, N., Burgi, M., Kienast, P.D.F., 2007b. Rates of landscape change at the northern fringe of the Swiss Alps: Historical and recent tendencies. Landscape and Urban Planning 80, 127-136.

Scholz, R.W., Tietje, O., 2002. Embedded case study methods - integrating quantitative and qualitative knowledge. Sage Publications, Inc., Thousand Oaks, California.

Schwarzwälder, B., Kooijman, C., 2005. Projektbewertung mit e-ALPRO: Auswirkungen eines landschaftsverändernden Projekts auf Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt im Alpenraum. IC Infraconsult AG, Bern.

Sendzimir, J., Magnuszewski, P., Balogh, P., Vari, A., 2007. Anticipatory modeling of biocomplexity in the Tisza River Basin: First steps to establish a participatory adaptive framework. Environmental Modelling & Software, 599-609.

Shell, 2001. Energy needs, choices and possibilities - scenarios for 2050. Shell International Ltd., London.

Simma, A., Axhausen, K.W., 2003. Destination and mode choice for skiing trips within Switzerland. *Stadt Region Land* 73, 211-221.

Simmen, H., Walter, F., 2007. Landschaft gemeinsam gestalten - Möglichkeiten und Grenzen der Partizipation - Thematische Synthese II "Zielfindung und Gestaltung". vdf, Altdorf und Bern.

Simmen, H., Walter, F., Marti, M., 2007. Den Wert der Alpenlandschaft nutzen - Thematische Synthese zum Forschungsschwerpunkt IV "Raumnutzung und Wertschöpfung", Altdorf/Bern.

Stevens, D., Dragicevic, S., Rothley, K., 2007. iCity: A GIS-CA modelling tool for urban planning and decision making. *Environmental Modeling and Software* 22, 761-773.

Stillwell, J., Geertman, S., Openshaw, S., 1999. Developments in geographical information and planning, *in* *Geographical Information and Planning*. Springer, Berlin, pp. 3-22.

Stöcklin, J., Bosshard, A., Klaus, G., Rudmann-Maurer, K., Fischer, M., 2007. Landnutzung und biologische Vielfalt in den Alpen - Fakten, Perspektiven, Empfehlungen - Thematische Synthese zum Forschungsschwerpunkt II "Land- und Forstwirtschaft im Alpen Lebensraum", Basel, Oberwil-Lieli, Rothenfluh, Potsdam, Berlin.

Stoffel, M., Wehrli, A., Kuhne, R., Dorren, L.K.A., Perret, S., Kienholz, H., 2006. Assessing the protective effect of mountain forests against rockfall using a 3D simulation model. *Forest Ecology and Management* 225, 113-122.

Straatman, B., White, R., Engelen, G., 2004. Towards an automatic calibration procedure for constrained cellular automata. *Computers Environment and Urban Systems* 28, 149-170.

Swisstopo, 2006. Vector25 - Das digitale Landschaftsmodell der Schweiz, Wabern.

Thalmann, H., 2006. Projekt Leitbild Davos: Ergebnisse Herbst 2006. http://www.gemeinde-davos.ch/pdf/leitbild_2036.pdf.

Tress, B., Tress, G., 2001. Capitalising on multiplicity: a transdisciplinary systems approach to landscape research. *Landscape and Urban Planning* 57, 143-157.

Tschopp, M., Fröhlich, P., Axhausen, K.W., 2005. Verkehrssystem, Touristenverhalten und Raumstruktur in alpinen Landschaften - Bericht zu Raumstruktur und lokaler und interregionaler Erreichbarkeit. *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

Tschopp, M., Fröhlich, P., Keller, P., Axhausen, K.W., 2003a. Accessibility, spatial organisation and demography in Switzerland through 1920 to 2000: First results. *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*. Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

Tschopp, M., Keller, P., Axhausen, K.W., 2003b. Raumnutzung in der Schweiz: Eine historische Raumstruktur-Datenbank. IVT, ETH Zürich, Zürich.

USEPA, 2000. Projecting land-use change: a summary of models for assessing the effects of community growth and change of land-use patterns, Washington, D.C.

van den Beld, M., 2004. Mediated modelling: a system dynamics approach to environmental consensus building. Island Press, Washington, DC.

van Notten, P.W.F., Rotmans, J., van Asselt, M.B.A., Rothman, D.S., 2003. An updated scenario typology. *Futures* 35, 423-443.

VDI, 1993. VDI 3633 - Simulation of systems in materials handling, logistics and production. *in*, Germany.

Vennix, J.A.M., 1996. Group model building - facilitating team learning using system dynamics. Wiley, Chichester.

Vennix, J.A.M., 1999. Group model-building: tackling messy problems. *Systems Dynamics Review* 15, 379-401.

Vester, F., von Hesler, A., 1980. Sensitivitätsmodell, Frankfurt a.M.

von Ballmoos, M., Bebi, P., 2003. Raumentwicklung und Nachhaltigkeit in der Landschaft Davos. *Geomatik Schweiz*, 661-664.

Vonk, G., Geertmann, S., Schot, P., 2005. Bottleneck blocking widespread usage of planning support systems. *Environment and Planning A* 37, 909-924.

Walz, A., 2006. Land use modelling for an integrated approach to regional development in the Swiss Alps. Dissertation. University of Zurich, Zurich.

Walz, A., Lardelli, C., Behrendt, H., Grêt-Regamey, A., Lundstrom, C., Kytzia, S., Bebi, P., 2007. Participatory scenario analysis for integrated regional modelling. *Landscape and Urban Planning* 81, 114-131.

Weber, G., Guex, D., Nedelcu, M., Gobat, J.-M., 2004. Historical changes of landscape, land-use and environmental perceptions in a Swiss alpine floodplain: an interdisciplinary approach, *in* Proceedings of the 5th International workshop on sustainable land-use planning "Multiple Landscape merging past and present in landscape planning", Wageningen, The Netherlands, 7-9 Juin 2004, pp. xx.

Wegmann, M., Kytzia, S., 2005. Input-Output Table for Davos, 2002. Institute for Spatial and Landscape Planning NSL, Zurich.

Wehrli, A., Weisberg, P.J., Schoenenberger, W., Brang, P., Bugmann, H., 2007. Improving the establishment submodel of a forest patch model to assess the long-term protective effect of mountain forests. *European Journal of Forest Research* 126, 131-145.

Wehrli, A., Zingg, A., Bugmann, H., Huth, A., 2005. Using a forest patch model to predict the dynamics of stand structure in Swiss mountain forests. *Forest Ecology and Management* 205, 149-167.

Wiek, A., Binder, C., Scholz, R.W., 2006. Functions of scenarios in transition processes. *Futures* 38, 740-766.

Wu, Y., 2007. Knowledge-based 4D Visualization of Amorphous Phenomena in Complex Terrain. Dissertation zur Erlangung der naturwissenschaftlichen Doktorwürde (Dr. sc. nat.), Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich, Zürich.

Wu, Y., Price, B., Isenegger, D., Fischlin, A., Allgower, B., Nuesch, D., 2006. Real-time 4D visualization of migratory insect dynamics within an integrated spatiotemporal system. *Ecological Informatics* 1, 179-187.

6 Anhang

6.1 Dokumentation des Begleitgruppenprozesses

Um die Meinungen und Erfahrungen der Fachleute einzubeziehen, wurde die Synthese V von einer Gruppe von 14 Personen aus der Raum- und Landschaftsplanung begleitet. Die Begleitgruppe bestand aus Mitgliedern der Leitung des NFP48 und neun weiteren Fachleuten aus den Bereichen Verwaltung, Politik, Beratung und Wissenschaft und deckte von der lokalen bis zur nationalen Ebene alle räumlich-administrativen Ebenen ab. Die Mitglieder sind zugleich auch Stakeholder auf dem Gebiet der Landschafts- und Regionalentwicklung und vertreten zahlreiche Instanzen der Planung.

Dieser Personenkreis kam während des Projektes zwei Mal zu Workshops zusammen. Vor dem ersten Workshop am 17. August 2006 wurden durch eine Fragebogen-Umfrage die Erfahrungen und Erwartungen der Teilnehmer im Umgang mit computergestützten Modellen ermittelt. Inhalte dieses Workshops waren die Vorstellung des Synthese-Projekts und eine Diskussion über Gemeinsamkeiten im Verständnis von Modellen sowie über Möglichkeiten und Probleme ihres Einsatzes. Nach dem Workshop haben die Teilnehmer den gleichen Fragebogen noch einmal ausgefüllt.

Im zweiten Workshop am 19. Januar 2007 wurden Anforderungsprofile an mögliche Modelle zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen in einem Rollenspiel erarbeiten. Dazu wurden die Erwartungen an virtuelle Planungsinstrumente aus Sicht der Verwaltung, der Politik, der Praxis und des Tourismus anhand des Beispiels Schatzalpturm zuerst in Kleingruppen und dann im Plenum diskutiert. Abschliessend wurden die vorgeschlagenen Modelleigenschaften im Plenum auf ihre Bedeutsamkeit hin bewertet.

6.1.1 Auswertung der Fragebögen

Ziel der Befragung war es, verschiedene Erfahrungen mit computergestützten Modellen und entsprechende Erwartungen für verschiedene Einsatzgebiete zu erfassen. Die Anzahl der befragten Begleitgruppenmitglieder ist zu gering, um ein repräsentatives Ergebnis zu erwarten. Doch zeigen die Antworten bereits ein Spektrum auf, das im Vergleich zur einschlägigen Fachliteratur (z.B. Brail and Klosterman, 2001; Cockerill et al., 2004; Vonk et al. 2005) als typisch bewertet werden kann. Der Fragebogen vom 18. August 2006 deckte die im Folgenden diskutierten Gebiete ab.

Einsatzgebiet

Ein Einsatz von computergestützten Modellen in den Bereichen Raum- und Landschaftsplanung erscheint sowohl den Teilnehmern mit Erfahrung als auch Teilnehmern ohne Erfahrung in der Anwendung computergestützter Modelle als hilfreich. Als wichtige Einsatzgebiete werden vor allem die Zusammenhänge in der Regionalentwicklung, Bewertung von Landschaftsveränderungen, Klimaänderung, Tourismusentwicklung und wirtschaftliche Entwicklung genannt.

Bewertung verschiedener Funktionen

Das grösste Potential von Modellen sehen die Begleitgruppe in deren Funktion, komplexe Zusammenhänge aufzuzeigen und komplexe Entwicklungen in Form von Simulationen darzustellen können. Wenn Modelle damit inhaltlich glaubwürdige und methodisch nachvollziehbare Informationen und Argumente liefern, können sie damit die Entscheidungsträger für langfristige Entwicklungen sensibilisieren und den Entscheidungsprozess entscheidend bereichern.

Eine weitere als sehr wichtig eingestufte Funktion der Modelle ist es, diese Information auch ansprechend zu visualisieren. Gerade dieser Aspekt der Visualisierung wurde in der Diskussion vielfach wieder aufgenommen und stellt insbesondere für die Teilnehmer, die auf lokaler und kantonaler Ebene arbeiten, das wichtigste Argument für den Einsatz computergestützter Modelle dar.

Ein letztes, sowohl in den Fragebögen als auch in der Diskussion immer wieder genanntes Argument für den Einsatz computergestützter Modelle kommt vielmehr bei der Entwicklung des Modells selbst als bei seiner Anwendung zum Tragen. Es handelt sich dabei um den Lernprozess, der im Verlauf der Modellierung auftritt und zu einem tieferen Verständnis des bearbeiteten Problems führt. Der Entscheidungsprozess profitiert unabhängig von den eigentlichen Simulationsergebnissen davon, dass im Verlauf der Modellierung ein klares Problemverständnis und eine Strukturierung sämtlicher Einflussgrössen notwendig sind.

Die Möglichkeit, anhand von Modellen systematische Bewertungen durch Indikatoren durchzuführen, wurde von der Begleitgruppe zum Grossteil als „schön, aber nicht zwingend“ eingeschätzt.

Nutzer

Der Einsatz von computergestützten Modellen wird als besonders bedeutsam für Experten eingestuft. Die damit erarbeiteten Grundlagen können weiter in den Entscheidungsprozess eingespeist werden. Viele der Befragten halten es ausserdem für sinnvoll und wünschenswert, wenn die Modelle direkt „life“ in Gremien und Sitzungen genutzt werden können, Voraussetzung dafür sind eine entsprechend Nutzerfreundliche Ausarbeitung des Modells und schnelle Rechenzeiten. Nur einzelne Personen der Begleitgruppe sehen die Öffentlichkeit als möglichen Nutzer, in dem sie z.B. über ein Internet-Portal von dem Modell Gebrauch macht.

Zeitaufwand

Die Befragung zeigt, dass die meisten Teilnehmer nur einen geringen Arbeitsaufwand für den Einsatz eines computergestützten Modells aufwenden würden. Ein Tag zum Kennenlernen des Modells und zu seiner Anwendung oder eine Woche, so dass eventuelle notwendige Adaptionen auch noch vorgenommen werden können, ist für die meisten der Befragten ein vertretbarer Aufwand. Nur wenige wären bereit, auch ein grösseres Zeit- und Kostenbudget einzuräumen.

Diese Antworten der Begleitgruppe zeigen auf, warum sich Erwartungen und gewünschte Funktionen von Modellen und ihr tatsächlicher Einsatz so weit

unterscheiden. Die Erwartung, komplexe Systeme darstellen und langfristige Entwicklungen aufzeigen zu können und Modellierung zur Verbesserung des eigenen Problemverständnisses zu nutzen, liegt in deutlichem Widerspruch zum geringen Aufwand, den sich viele Nutzer nur leisten können.

Bedeutung auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen

Die Bedeutung von Modellen auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen bewerten die Experten der Begleitgruppe sehr unterschiedlich. Tendenziell zeichnen sich dabei zwei Richtungen ab. Zum einen wird Bezug genommen auf Möglichkeit, die Landschaftsveränderungen kleinräumig und detailliert zu visualisieren, was insbesondere für die Entscheidung über Einzelprojekte und auf lokaler Ebene bedeutsam ist. Zum anderen wird Bezug genommen auf die Möglichkeit, durch die Modellierung komplexe Systeme darzustellen und besser zu verstehen, was insbesondere für grossräumigere Fragestellungen interessant ist. Dabei wird allerdings auch darauf hingewiesen, dass Modelle gerade in konfliktreichen Entscheiden meistens keine Hilfe bieten können. Zwei Personen schätzen die Bedeutung computergestützter Modelle auf allen Ebenen gleich hoch bzw. gleich niedrig ein.

Zukünftige Bedeutung

Die zukünftige Bedeutung von computergestützten Modellen in der Raum- und Landschaftsplanung wird von den Experten der Begleitgruppe ebenfalls recht unterschiedlich bewertet.

Die meisten der befragten Experten gehen davon aus, dass die Bedeutung computergestützter Modelle in Zukunft zunehmen wird. Die zunehmend zur Verfügung stehenden Inputdaten und die wachsende Vertrautheit mit der Technologie werden als wichtige Gründe genannt. Aber auch die Beobachtung, dass die Komplexität vieler Entscheide zunimmt und immer umfangreichere Datengrundlagen zur Entscheidungsfindung erwartet werden, sprechen für den zunehmenden Einsatz von Modellen. Schliesslich wird auch angenommen, dass weiter verbesserte Modelle erfolgreich in der Praxis Einsatz finden, und so die allgemeine Akzeptanz von Modellen in Zukunft wächst.

Doch vertreten auch mehrere Experten die Meinung, dass computergestützte Modelle in Zukunft nicht an Bedeutung gewinnen werden. Gründe dafür sind zum einen Glaubwürdigkeit und Qualität der Modelle selbst, zum anderen aber auch die mangelnde Sachlichkeit und Systematik, mit denen Entscheide im Bereich der Raum- und Landschaftsplanung häufig gefällt werden.

Aus den Begründungen sowie der Gruppendiskussion ging hervor, dass die grundlegende Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz computergestützter Modelle eine relative sachlich geführte Diskussion ist. Einschränkend wirkt sich entsprechend insbesondere politisches Taktieren auf den Einsatz von Modellen in der Entscheidungsfindung aus. Auch wird ein Modell nie zwischen verschiedenen Interessenvertreter vermitteln können, so dass konfliktreiche Entscheide nur bedingt durch den Einsatz von Modellen unterstützt werden können.

Alle Teilnehmer des ersten Workshops haben den Fragebogen im Voraus ausgefüllt. Die meisten dieser Teilnehmer haben dies noch ein zweites Mal nach bzw. im Verlauf des Workshops getan. Es fällt auf, dass die Teilnehmer in beiden Befragungen nahezu ausnahmslos identisch geantwortet haben. Nur graduelle Unterschiede in der Bewertung sind festzustellen, wobei Personen, die vorher nicht selbst mit Modellen gearbeitet haben nach den Diskussionen ihre Bedeutung eher höher einschätzen.

6.1.2 Anforderungsprofil an Modelle aus Sicht der (potenziellen) Anwender

Ziel des zweiten Workshops war es, die Bedürfnisse potenzieller Nutzer aus den verschiedenen Bereichen zusammenzutragen und aus der Diskussion heraus Anforderungsprofile für diese Benutzergruppen zu entwickeln. Als Beispiel eines möglichen Modelleinsatzes wurde dazu der Schatzalpturm vorgeschlagen und eingehend auch erste Ergebnisse der Wanderer-Simulation, die in Kapitel 4 vorgestellt wird, vorgestellt.

Im Rahmen des Workshops wurden die Anforderungen an mögliche Modelle in vier Gruppen zusammengetragen, die jeweils entweder die Sicht von Politik, Verwaltung, Wirtschaft/Praxis oder der Tourismusbranche vertraten.

Die Gruppen waren aufgefordert, in der geschlossenen Gruppe während 15 Minuten rund sechs Anforderungen an ein potenzielles Modell zu sammeln. In einer gruppen-internen Diskussion, die das Plenum allerdings verfolgen konnte, wurden die einzelnen Anforderungen während 10 Minuten nach ihrer Bedeutung rangiert (Vorgehen und Teilnehmerliste, siehe Programm vom 19.1.2007, Anhang). Schliesslich wurde die Diskussion für weitere 10 Minuten für das Plenum geöffnet. Abschliessend wurden im Plenum die Anforderungen gesammelt, diskutiert und ihre Bedeutung im Einzelnen bewertet.

Jeder Teilnehmer war aufgefordert frei und unabhängig von seiner oder ihrer beruflichen Funktion zwischen den Gruppen zu wählen. Insofern stellte die Gruppenarbeit eine Art Rollenspiel dar, in der nach Möglichkeit frei argumentiert werden konnte.

Anforderungsprofil aus Sicht der Politik

Transparenz im Sinne von Modellverständnis und Vertrauen in das Modell wurden in der Gruppe Politik am höchsten bewertet (Abbildung 29). Dabei wurde der Begriff „Transparenz“ in der Diskussion weitgehend identisch mit „Vertrauen“ gebraucht. Als Entscheidungsträgerin muss die Politik nicht genau die mathematischen Details eines Modells kennen, sondern in erster Linie Vertrauen, in die Ergebnisse der Modellierung haben. Dies basiert nicht in erster Linie auf methodisch-technischen Aspekten, sondern vielmehr auf dem Vertrauen, das den verantwortlichen Entwicklern entgegengebracht wird und das vor allem durch die entsprechende Kommunikation gefördert werden kann.

Grosse Bedeutung wurde ausserdem der Visualisierung zugeschrieben (Abbildung 29). Ihre Bedeutung sei aus zwei Gründen so hoch. Zum einen liessen sich damit sinnvolle Lösungen „überzeugend verkaufen“. Und zum anderen hätten sowohl Politiker als auch die Öffentlichkeit oftmals grosse Mühe, sich die Folgen eines Entscheides visuell

vorzustellen, wie z.B. bei der Genehmigung eines Bauprojektes oder einer Änderung der Zonenplanung. Obwohl sie nicht ausdrücklich in der Liste auftaucht, habe aus dem gleichen Grund auch die Simulation auf der Zeitachse einen hohen Stellenwert.

Obwohl die Bewertung von Simulationsergebnisse einen hohen Stellenwert eingeräumt wurde (Abbildung 29), wurde das Thema kontrovers diskutiert. Es konnte keine Einigkeit erzielt werden darüber, ob die Politik diese Bewertung selbst vornehmen sollte, oder entsprechend vorher festgelegter Kriterien eine Bewertung direkt durch das Instrument durchgeführt werden sollte.

In der anschliessenden Diskussion wurde die Bedeutung der aufgeführten Anforderungen an computergestützte Entscheidungshilfen noch einmal grundlegend relativiert. Als übergeordnete Notwendigkeit wurde die Fähigkeit aufgeführt, einen Dialog und einen Entscheidungsprozess in unterschiedlichen Phasen zu unterstützen. Das Anforderungsprofil könne in diesen verschiedenen Phasen sehr unterschiedlich aussehen.

Anforderungsprofil aus Sicht der Verwaltung

Aus Sicht der Verwaltung werden zwei Einsatzgebiete eines Modells von vorne herein unterschieden (Abbildung 29). Zum einen werden Modelle rein intern eingesetzt, um Datengrundlagen für Entscheide zu schaffen. Zum anderen werden sie zur Kommunikationsmitteln in partizipativen Prozessen und in der Öffentlichkeitsarbeit verwendet.

Beim internen Gebrauch steht die Abbildung komplexer Zusammenhänge zur Schaffung von Entscheidungsgrundlagen im Vordergrund, wie z.B. die möglichen Folgewirkungen eines diskutierten Eingriffs in die Landschaft. Um Entscheide auf der Basis der simulierten Information zu treffen, ist die Transparenz des Modells dabei von grundlegender Bedeutung. Die Möglichkeit, Varianten zu berechnen, wird sowohl für den internen als auch für den externen Gebrauch als wichtige Eigenschaft bewertet. Dabei wird festgehalten, dass diese nicht unbedingt direkt in der Diskussion interaktiv berechenbar sein müssten. Beim heutigen Stand der Technik wird die automatisierte Bewertung nach Indikatoren als wünschenswert, jedoch weniger bedeutsam angesehen.

Insgesamt wird angenommen, dass zum internen Gebrauch von Modellen in der Verwaltung ein recht technokratischer Ansatz verfolgt werden kann. Im Gegensatz zu den Anforderungen der Gruppe Politik oder auch zu den Anforderungen, die für extern genutzte Modelle der Verwaltung aufgezeigt wurden, ist eine realitätsnahe Visualisierung nicht unbedingt notwendig.

Beim externen Gebrauch für die Öffentlichkeitsbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit hat die Visualisierung einen sehr hohen Stellenwert. Dabei setzen Computerspiele einen hohen Massstab an Realitätsnähe, die allerdings im Moment von Simulationsmodellen noch nicht erreicht wird. Ähnlich wie in der Gruppe Politik, wird auch die Möglichkeit, alternative Entwicklungsszenarien als Diskussionsgrundlage simulieren und präsentieren zu können, als überaus wichtig bewertet. Im Verlauf der Diskussion wird noch einmal darauf hingewiesen, dass Öffentlichkeitsbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit nicht die

Hauptaufgabe der Verwaltung darstellen, sondern bereits in den Bereich Politikvorbereitung gehören.

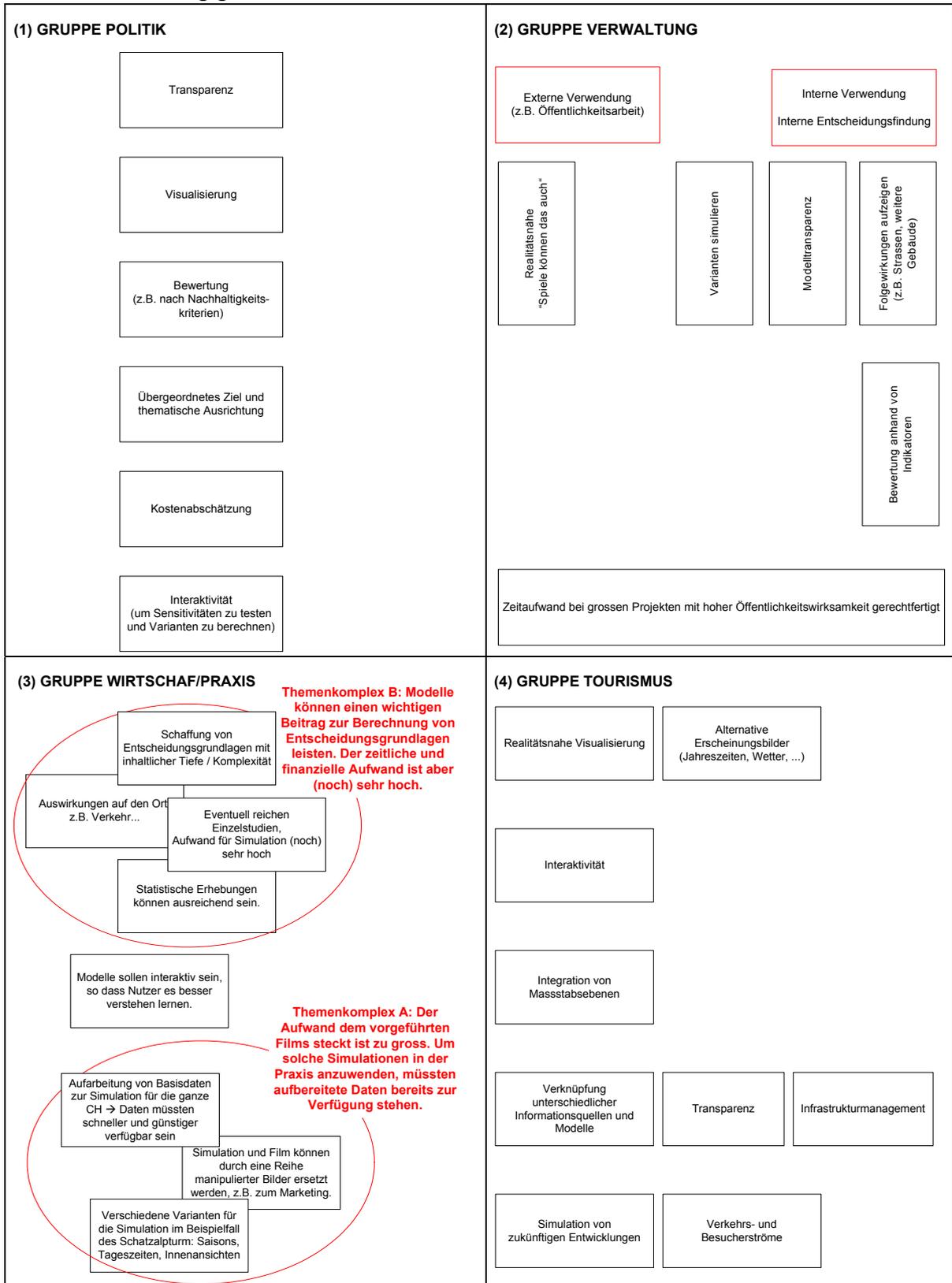


Abbildung 29: Ergebnis der Gruppenarbeiten zur Zusammenstellung von Anforderungen von Modellen zum Schatzalpturm aus Sicht der Politik, der Verwaltung, der Praxis und des Tourismus.

Anforderungsprofil aus Sicht der Wirtschaft/Praxis

Die Diskussion in der Gruppe „Wirtschaft/Praxis“ war stark vom Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen des potentiellen Modelleinsatzes geprägt. Das Ergebnis der Gruppe lässt sich in zwei grösseren Themenkomplexen zusammenfassen (Abbildung 29) und bildet keine Rangliste wie eigentlich vorgesehen.

Der Themenkomplex A baut stark auf dem vorgeführten Demonstrationsfilm der Wandersimulation auf und kritisiert, dass zur Herstellung einer solchen Visualisierung ein zu grosser Aufwand notwendig ist. Als weniger aufwändige Alternative zur Simulation von Filmen werden Bilderreihen mit manipulierten Photos vorgeschlagen, die als Kommunikationshilfe eingesetzt werden könnten. Auf der anderen Seite wird deutlich, dass der Aufwand, der im Fall des Demonstrationsfilms betrieben wurde, sehr viel geringer wäre, würden die entsprechend aufbereiteten Daten bereits zur Verfügung stehen. Insofern wurde in der Diskussion dieser visualisierungskritische Standpunkt mit dem Hinweis auf die zu erwartenden technischen Entwicklungen vom Plenum stark kritisiert.

Der Themenkomplex B entfernt sich stark vom Demonstrationsfilm und der Visualisierung. Wenn man den Aufwand einer Modellierung auf sich nähme, so wird in der Möglichkeit, komplexe Systeme darzustellen und Entscheidungsgrundlagen zu schaffen, ein grosses Potenzial gesehen. Allerdings wird auch dazu der Aufwand zur Modellierung sehr hoch eingeschätzt, und nach Meinung der Experten können in den meisten Fällen Einzelstudien mit gezielter Datenaufnahme effizienter sein.

Basierend auf dieser Demonstration wurde ausserdem der dringende Wunsch nach Interaktivität geäussert. Durch Interaktivität könne der Nutzer das Modell verstehen und nutzen lernen.

In der Diskussion im Plenum wird der visualisierungskritische Standpunkt der Gruppe Wirtschaft/Praxis sehr überrascht aufgenommen. Gerade Investoren müssten ein grosses Interesse an der Visualisierung haben, da sie sich sehr effektiv im Marketing einsetzen liesse.

Anforderungsprofil aus Sicht des Tourismus

Die Gruppe Tourismus sieht in der Nutzung von Modellen und computergestützten Entscheidungshilfen vor allem bei der Vermarktung ein grosses Potenzial. Deswegen war für sie eine realitätsnahe Visualisierung von grösster Bedeutung (Abbildung 29), in der auch alternative Erscheinungsbilder zu verschiedenen Jahres- und Tageszeiten berücksichtigt werden sollten.

Ausserdem wird ein hoher Grad an Interaktivität gefordert, so dass das Tool direkt in Sitzungen eingesetzt und zu Marketingzwecken über ein Internet-Portal genutzt werden kann.

Die Folgewirkungen eines diskutierten Eingriffes in die Landschaft auf die Attraktivität der Tourismusdestination sollten, ähnlich wie bei den vorangegangenen Gruppen, durch

die Simulation von zukünftigen Entwicklungen abgeschätzt werden können. Dabei weist die Gruppe explizit daraufhin, dass dazu verschiedene Informationsquellen und Modelle verknüpft werden müssten, um die Komplexität der Situation gerecht zu werden.

Die Transparenz des Modells wird wie bei vorangegangenen Gruppen als Voraussetzung zur Nutzung des Modells gesehen. Ähnlich wie bei der Gruppe Politik wird dabei Transparenz weitgehend synonym mit Vertrauen verwendet.

Gemeinsame Bewertung von Modelleigenschaften

In der anschliessenden Diskussion wurden die Eigenschaften, die in den einzelnen Gruppen genannt wurden, gemeinsam durch das Plenum bewertet. Die Eigenschaften und die Bewertungen, die in Tabelle 9 aufgeführt sind, verfolgen weder den Anspruch auf Vollständigkeit noch eine bis ins letzte Detail differenzierte Beurteilung. Vielmehr spiegelt sie sehr gut den Verlauf der Diskussion wider und fasst sie in grossen Teilen zusammen.

Die bereits in den Gruppen Verwaltung und Wirtschaft/Praxis diskutierte Differenzierung nach Modellen, deren Ergebnisse intern als Entscheidungsgrundlage und jenen deren Ergebnisse vorwiegend zur Kommunikation nach aussen verwendet werden, wurde dabei in Tabelle 9 als grundsätzliches Unterscheidungsmerkmal aufgenommen.

Als einen der wichtigsten Punkte wurde die Modelltransparenz aufgeführt. Im Sinne einer detaillierten und kompletten Dokumentation ist Transparenz in erster Linie für Nutzer bedeutsam, die der einzelnen Sachfrage mit grossem Detaillierungsgrad nachgehen. Im Laufe der Diskussion erwies sich allerdings der Begriff „Transparenz“ nicht für alle potenziellen Nutzer als ganz treffend. Denn in Bereichen, in denen die Auseinandersetzung mit der einzelnen Sachfrage nicht bis in einen grossen Detaillierungsgrad erfolgt, wie zum Beispiel in der Politik, ist nicht die Modelltransparenz, sondern eigentlich das Vertrauen in das Modell, seine Entwickler und seine Anwender entscheidend. Ergebnisse, die an die Öffentlichkeit weitergegeben werden, sollten auf ihre Richtigkeit und ihre Vertrauenswürdigkeit hin bereits überprüft sein. Insofern spielt die Transparenz und Vertrauensbildung im Vorfeld eine wichtigere Rolle. In Tabelle 9 wird neben der Modelltransparenz auch die Transparenz des Entscheidungsprozesses aufgeführt. Obwohl Modelleigenschaften nur einen geringen Anteil an dieser Transparenz gegenüber der Öffentlichkeit haben, wurde er von den Entscheidungsträgern und Praktikern sehr hoch bewertet.

Weitere als wichtig eingestufte Ansprüche an ein mögliches Modell waren die Fähigkeiten, verschiedenartige Folgewirkungen von Entscheiden abbilden und Alternativen simulieren zu können. Diese beiden Ansprüche deuten darauf hin, dass Simulationsmodelle eines hohen Komplexitätsgrades durchaus von Anwendern gewünscht werden. Denn zukünftige Entwicklungen systematisch zu abzuschätzen, wird durchaus als hilfreicher Beitrag zu Entscheidungsgrundlagen gewertet. Welchen Grad der Komplexität diese Modelle abdecken sollen, kann von einem Anwendungsfall zum

nächsten stark variieren. Doch zeigt die Diskussion während des Workshops, dass im Bereich der Simulationsmodelle oftmals gerade hohe Komplexitäten gefragt sind.

Tabelle 9: Bewertung von Modelleigenschaften im Plenum des zweiten Begleitgruppen-Workshop am 19. Januar 2007.

Modelleigenschaften	Zur internen Entscheidungsunterstützung	Zur Kommunikation nach Aussen
Modelltransparenz / Vertrauensbildung	+++	++
Folgewirkungen darstellen	+++	++
Möglichkeit zur Erzeugung von Varianten	+++ (bis zu 30 Varianten, bis zu 3 Tage Arbeits-/Rechenzeit pro Szenario akzeptabel)	+++ (ca. 3 Varianten)
Realitätsnahe Wirkung	+	+++
Interaktivität	Kann bis zu gewissem Grad durch "Varianten" ersetzt werden. Auf Dauer wünschenswert (=++)	Interaktive Betrachtung der Szenarien
Datengrundlagen für Modellanwendung	++	
Indikatorensysteme	+	
Transparenz des Entscheidungsprozesses		++++

Die realitätsnahe Visualisierung nimmt, wie bereits in den Kleingruppen besprochen, insbesondere bei der Kommunikation nach Aussen an ein Publikum, das über keinen grossen professionellen Erfahrungsschatz in der Planung verfügt, eine sehr hohen Stellenwert ein. Dies sind neben der Öffentlichkeit auch Entscheidungsträger der Politik. Ergänzend zur Diskussion während des Workshops muss ausserdem erwähnt werden, dass eine Visualisierung oftmals auch Experten und Entscheidungsträgern im planungsnahen Umfeld überraschende Eindrücke vermitteln kann. Zum Beispiel ist es auch für Experten sehr schwer, sich vor Augen zu führen, was eine höhere Auslastung der gegebenen Ausnutzungsziffer für Konsequenzen für das Stadtbild haben kann.

Obwohl die technischen Probleme und der Mehraufwand bei der Implementierung eines Modells den Experten der Begleitgruppe durchaus bewusst ist, wäre für sie ein interaktives Instrument ein langfristig erstrebenswertes Ziel. Eine hohe Interaktivität in Verbindung mit schnellen Rechenzeiten ermöglicht das ‚Herumspielen‘ mit dem Modell. So könnten professionelle Anwender die Plausibilität und die Grenzen des Modells relativ schnell abschätzen, und es könnte ausserdem direkt in Sitzungen und öffentlichen Veranstaltungen genutzt werden.

Die Verfügbarkeit und Aufbereitung von Daten wird als eine rein interne Herausforderung eher weniger hoch bewertet. Und auch die automatisierte Bewertung von Simulationsergebnissen anhand eines vordefinierten Indikatorensystems wird als weniger bedeutsam in diesem Stadium betrachtet.

Zusammenfassung des zweiten Begleitgruppen-Workshops

Die ausführliche Dokumentation des zweiten Begleitgruppen-Workshops lässt sich in ein paar Hauptergebnisse zusammenfassen. Die wichtigsten Ergebnisse der Diskussion waren demnach:

- dass die Anwendung von Simulationsmodellen heute oftmals noch einen grossen Aufwand bedeutet, und dieser Aufwand sich bei kleineren Projekten in der Praxis nicht lohnt,

- dass dieser Aufwand den heutigen Stand der Entwicklung abbildet und in der nahen Zukunft bereits ganz andere Standards anzunehmen sind, insbesondere hinsichtlich der Datenverfügbarkeit sowie technischer Probleme,
- dass zwischen der Nutzung von Modellen zur Berechnung von Datengrundlagen für die interne Ausarbeitung von Entscheidungen und der Nutzung von Visualisierungen zur Kommunikation nach Aussen differenziert werden muss, weil sich daraus andere Anforderungen an die virtuellen Planungsinstrumente ergeben,
- dass die Anforderungen an Modelle und Werkzeuge in allen Nutzergruppen während des Rollenspiels ähnlich waren und sich nur die Gewichtung je nach Fokus auf die interne oder externe Nutzung etwas verlagert,
- dass komplexe und interdisziplinär angelegte Simulationsmodelle als Idealvorstellung immer noch die Diskussion beherrschen,
- dass die Verfügbarkeit und Aufbereitung von Daten als eine rein interne Herausforderung eher weniger hoch bewertet wird.
- dass die automatisierte Bewertung von Simulationsergebnissen anhand eines vordefinierten Indikatorensystems als weniger bedeutsam betrachtet wird.

6.2 Technische Details zum Use Case

Um herauszufinden, was eine Änderung im Szenario bewirkt, stehen folgende Ansätze zur Verfügung:

- Darüber nachdenken, mit Experten sprechen
- Modell bilden (analytisch)
- Szenario simulieren
- Szenario nachspielen/ausprobieren

Das Nachdenken stellt sich insofern als schwierig heraus, da das Problem sich nicht auf die Aussage „Gefällt mir die Änderung?“ reduzieren lässt. Die Frage ist mehr: „Wie viel wird was durch einen Eingriff verändert“. Dabei soll das Resultat keine Bewertung sein, sondern eine sachliche Darstellung (z.B.: Wenn ich eine Staumauer baue, steigt der Wasserspiegel, die neu überfluteten Gebiete sind dargestellt). Diese neutralen Resultate können nachher zur Unterstützung einer Bewertung verwendet werden (z.B.: diese Dörfer müssten aufgegeben werden, also ist die Mauer schlecht). Es braucht aber dafür Argumente, die möglichst auch von anderen Personen nachvollzogen werden können, mindestens muss aber erkennbar sein, dass dies im Prinzip möglich wäre.

Ein Modell erfasst zwar nicht alle Eigenschaften der Realität, bietet aber genau einen solchen „Spielplatz“, mit dem Argumente betrachtet werden können. Ist das Problem einfach genug, können so Zusammenhänge sogar „bewiesen“ werden.

Sobald allerdings die geographische Position eines Fussgängers wichtig wird, stösst man schnell an die Grenzen der analytischen Auswertung. Für ganz kleine und isolierte Fragen kann manchmal eine analytische Lösung formuliert werden. Steigt die

Komplexität (was bei gesteigerter Realität meistens unausweichlich ist), kann eine Multi-Agenten-Simulation (MAS) schneller zum Ziel führen.

Es existieren bereits sehr viele Computer-Programme, mit denen eine Multi-Agenten-Simulation durchgeführt werden kann. Als eine einfache Variante soll hier exemplarisch *NetLogo* vorgestellt werden. NetLogo ist eine komplette Programmierumgebung zur Modellierung komplexer natürlicher und sozialer Phänomene unter Verwendung der Multiagententechnologie. Es wird am *Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling* der Northwestern University in Evanston, USA, entwickelt und ist frei verfügbar.

NetLogo unterscheidet sich von anderen Simulationsumgebungen vor allem dadurch, dass es speziell für Forschung und Lehre geschaffen wurde und daher sehr einfach zu erlernen und bedienen ist. Es beinhaltet einen einfachen Editor, mit dem der Programmcode (in der Sprache *Logo*) direkt bearbeitet werden kann, einen Feld für Regler, mit denen sich die Parameter grafisch ändern lassen und ein 2- oder 3-dimensionales Ausgabefenster, mit dem der Ausgang der Simulation beobachtet werden kann (siehe Abbildung 30).

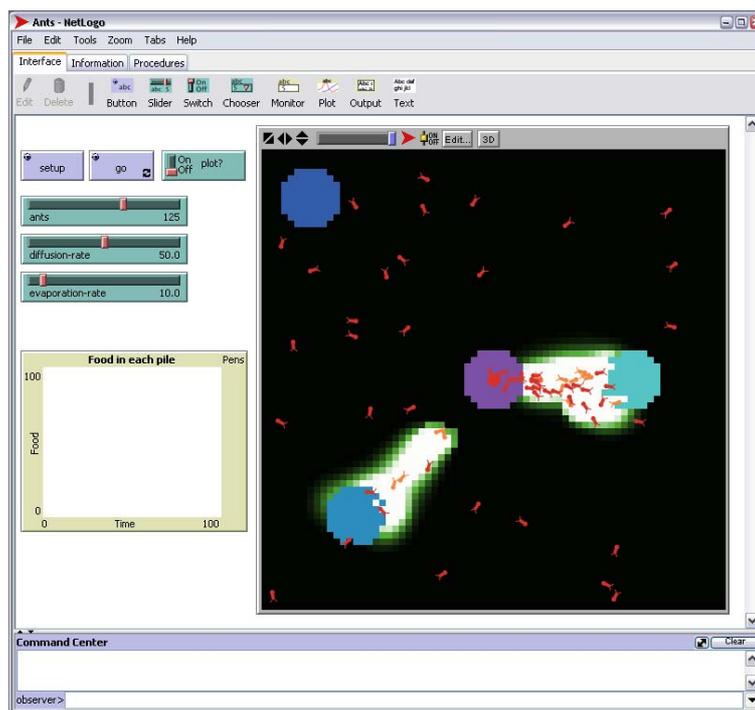


Abbildung 30: Das Nutzerinterface (das Beispiel simuliert die räumlichen Korridore, welche von Ameisen bei der Nahrungssuche und der Informationsübermittlung dazu via Pheromone abgedeckt werden)

Der Verlauf der Simulation kann in direkt verfolgt werden über einen 2- oder 3-dimensionalen Viewer. Allerdings beinhaltet NetLogo (noch) keine Höheninformationen, so dass sich der 3-dimensionale Viewer lediglich auf ein Rotieren

der Ebene beschränkt (Abbildung 31). Die Geschwindigkeit der Simulation ist einstellbar, es kann also zwischen zuschauen/analysieren und schnell durchspulen unterschieden werden.

Die wichtigen Daten einer Simulation können über mehrere Durchgänge aufgezeichnet und z.B. nach Excel zur Auswertung übertragen werden. Ferner besteht die Möglichkeit, freie Textmeldungen direkt vom Programmcode in ein File zu schreiben.

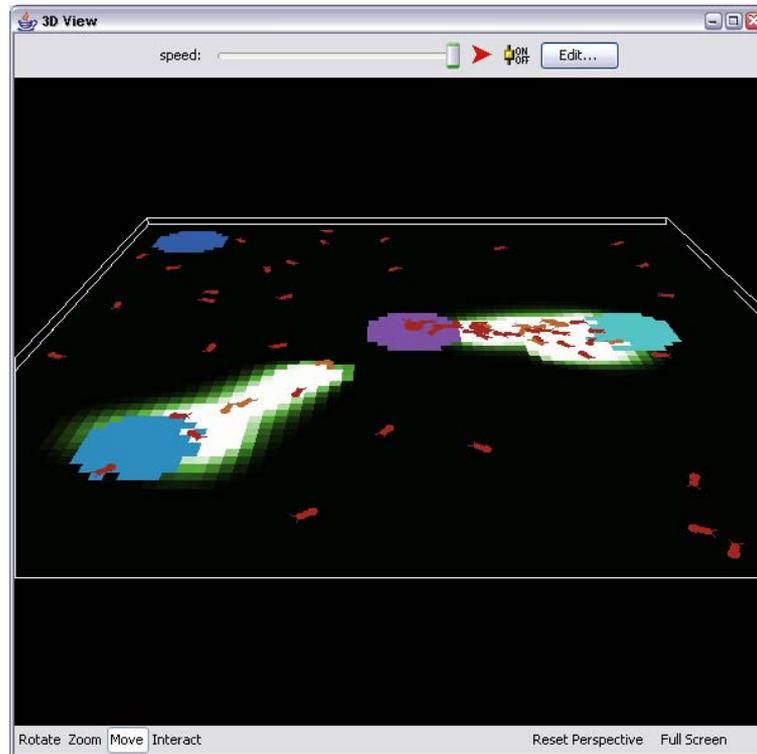


Abbildung 31: 3-Dimensionale Ansicht in einem externen Fenster

NetLogo eignet sich jedoch nur für erste Schritte mit einer Multi-Agenten-Simulation. Sobald man ernsthaft versucht, ein grösseres oder realistischeres Modell abzubilden, muss eine andere Software gefunden werden. NetLogo kann nur mit bis ca. 60x60 Zellen angenehm schnell ausgeführt werden. Auch ausgeklügelte Verhaltensautomaten lassen sich nur schwer in der Programmiersprache Logo verwirklichen.

Es existieren noch weitere Pakete wie NetLogo, die auch umfangreicher sind (z.B. SWARM (www.swarm.org) oder repast (www.repast.org)). Jedoch steigt damit auch die Zeit, die man braucht, das System zu beherrschen. Je nach Anforderung kann es daher einfacher sein, das gesamte System selbst zu programmieren – die grundlegenden Funktionen einer solchen Simulation können durchaus in einer Woche geschrieben sein.

Der grosse Nachteil einer Eigenentwicklung ist, dass andere Personen fast unmöglich damit weiterarbeiten können, weil für sie ein Vielfaches an Aufwand erforderlich ist, das System kennen zu lernen.

6.2.1 Schichtenprinzip

Physikalische Schicht

Die Intelligenz eines Agenten setzt sich aus mehreren *Schichten* zusammen. Zuunterst steht die physikalische Schicht. Diese bildet die Einschränkungen der Welt ab: Agenten können nicht durch Wände gehen und bewegen sich maximal mit einer gewissen Geschwindigkeit fort.

Es existieren zwei verschiedene Ansätze, um eine solche Welt zu modellieren:

Die Welt wird in quadratische Zellen aufgeteilt (mit typischerweise 10 cm – 1m Seitenlänge). Jede dieser Zellen verkörpert die Eigenschaften des Stückes der Welt, die sie abbildet. So kann eine Zelle z.B. für eine Wand stehen oder für ein Stück begehbaren Weg. Die Einschränkung ist hier, dass man die Welt nur gerastert mit der Auflösung der Zellen wiedergeben kann. Diagonale Wände z.B. erscheinen als Treppe. Ein Agent steht immer in der Mitte einer Zelle. Möchte er sich bewegen, kann er auf eine der Nachbarzellen „hüpfen“ und befindet sich danach wieder in der Mitte einer Zelle.

Die Vorteile dieses Systems ist seine Einfachheit, aber auch die Geschwindigkeit, mit der Simulationen durchgeführt werden können. Als Nachteil ist die Beschränkung auf Bewegungen in 4 (ev. 8) Richtungen zu sehen. Dies sieht nicht nur unnatürlich aus, es kann auch schnell passieren, dass unerwünschte Effekte auftreten (z.B. ist die Fortbewegungsgeschwindigkeit in Gitterrichtung grösser). Bei grossen Szenarien fällt der Speicherverbrauch ins Gewicht: jede Zelle muss gespeichert werden, egal, ob darauf ein Agent steht, oder nicht.

Als zweite Variante kann die Welt kontinuierlich dargestellt werden: Die Welt wird nicht in Zellen aufgeteilt, die Agenten besitzen nur die Koordinaten ihrer Position. Wollen sie sich fortbewegen, kann zu der aktuellen Position der Geschwindigkeitsvektor addiert werden, was die neue Position ergibt (Die Position ist also durch Differenzialgleichungen beschrieben). Die Agenten können sich so in beliebiger Richtung und mit beliebiger Geschwindigkeit fortbewegen. Die Hindernisse sind nun als Objekte definiert, also als Polygone mit ebenfalls Koordinaten als Eckpunkte. Bei jeder Bewegung eines Agenten wird eine Kollisionsberechnung mit jedem Hindernis durchgeführt.

Dieses Modell ist sehr flexibel, es entstehen keine der Effekte des oben erwähnten Gridmodells. Die potentielle Grösse ist unbeschränkt, da nicht mehr Speicher benötigt wird, wenn die Welt grösser ist. Der Speicherverbrauch ist nur abhängig von der Anzahl Agenten und Objekte. Problematisch ist jedoch die Darstellung von Daten, die ursprünglich gerastert vorhanden sind (z.B. Karten, Gebäude): Diese Daten müssen erst in Objekte konvertiert werden. Nimmt man der Einfachheit halber jeder Datenpunkt als Objekt, vervielfacht sich die Datenmenge gegenüber dem Zellbasierten Modell. Ferner kommen die Agenten dann nicht automatisch mit den Treppennustern klar und verfangen sich z.B. leicht in Ecken.

Es ist jedoch möglich, diese beiden Ansätze zu kombinieren: es existieren Zellen, die Informationen zur Umgebung speichern, die Agenten können sich aber beliebig darüber hinweg bewegen. Die Zellen können so als eine Art „Bodenplatten“ verstanden werden, auf denen die Agenten gehen. Die Berechnungsgeschwindigkeit ist hoch, da jeder Agent die Zelle kennt, auf der er gerade steht, und jede Zelle Bescheid über ihre Nachbarn weiss.

Die Vorteile der beiden ursprünglichen Modelle bleiben weitgehend erhalten, die Nachteile verschwinden allerdings nur zum Teil: der Speicherverbrauch bleibt hoch, und die Agenten müssen weiterhin mit gerasterten Hindernissen klar kommen.

NetLogo sowie auch das NFP48-Projekt *ALPSIM* verwenden dieses *Hybridmodell*. Diese unterste Schicht ist die einzige, die in einem generischen Simulationspaket (wie NetLogo) bereits einhalten sein kann. Alles, was über das Abbilden der physikalischen Welt geht, bezieht sich auf das simulierte Objekt, in unserem Falle einen Wanderer.

Die physikalische Schicht kann aber gewisse Dienste zur Verfügung stellen, die den darüberliegenden Schichten die Berechnungen vereinfachen. So kann in NetLogo z.B. abgefragt werden, welche Nachbarzellen noch nicht von einem Agenten besetzt sind, oder welche Nachbarzelle den höchsten Wert nach einer bestimmten Formel enthält. Das Resultat verarbeiten muss aber schlussendlich eine der oberen Schichten.

Intuitive Schicht

In der zweituntersten Schicht wird das intuitive Verhalten nachgebildet. Wie weit dies reicht, muss je nach Situation entschieden werden. Typischerweise ist das Verhalten noch in dieser Schicht angesiedelt, das gerade noch kein Planen erfordert. Also z.B.:

- Erreichen eines einfachen Zieles wie z.B. „nach unten gehen“
- Ausweichen der Agenten untereinander
- Umgehen von kleinen Hindernissen wie z.B. Bäumen

Potentialfeld

Eine Möglichkeit, das intuitive Wissen abzubilden, ist die Verwendung eines Potentialfeldes. Jede Zelle des Hybridmodelles erhält die Fähigkeit, zusätzliche Daten zu speichern. Dieses bildet den Wert jeder Zelle für einen Agenten für ein bestimmtes Verhalten. Mögliche Werte sind z.B.:

- Distanz zum Ziel
- Distanz zum nächsten Agenten
- Die Zeit, wann eine Zelle zum letzten mal betreten wurde

Der gesamte Wert einer Zelle bestimmt sich durch die (gewichtete) Summe aller Einzelwerte:

$$\sum a_w \times W_{ij}$$

Alle Agenten einer bestimmten Farbe teilen sich normalerweise dasselbe Potentialfeld. D.h. ihr Wissen ist auch identisch. Da aber die Agenten unter Umständen verschiedene

Prioritäten haben, gewichten sie die Information unterschiedlich. Ein Agent bewegt sich nun in jedem Zeitschritt in Richtung derjenigen Nachbarzelle, die für ihn den grössten Wert besitzt. Es kann durchaus sein, dass er diese noch nicht in diesem Zeitschritt erreicht.

Realitätsgrad dieser Schicht

Die intuitive Schicht muss nicht unbedingt in allen Details der Realität entsprechen. Ihr Zweck ist, ein vernünftiges Niveau an Verhalten zur Verfügung zu stellen. Die höheren Schichten bauen darauf auf und müssen sich nicht mehr um die Details des Fortbewegens kümmern.

Die intuitive Schicht bildet die Basis in der künstlichen Welt, sozusagen die Rahmenbedingungen der Fortbewegung. Diese können, müssen aber nicht, identisch mit denen der echten Welt sein. Sind sie verschieden, muss nachgewiesen werden, dass die Unterschiede in den zu erwartenden Resultate vernachlässigbar sind. Vielleicht ist es ja sogar besser, die Experimente mit z.B. Ameisen durchzuführen, damit man jederzeit den Unterschied zur Realität vor Augen hat und nie in Versuchung kommt, quantitative Resultate direkt in die Realität zu übertragen.

Mentale Schicht

Aufbauend auf den unteren Schichten kann nun die eigentliche Automatik entwickelt werden. Diese koordiniert die Agenten und kann auch komplexere Aufgaben planen. Es steht dafür nicht nur das lokale Wissen zur Verfügung. Die mentale Schicht kann zurückgreifen auf:

- die Pläne der anderen Agenten
- vergangene Ereignisse
- externe Informationen (z.B. die Zeit, das Wetter)
- Vermutungen (z.B. aufgrund Wahrscheinlichkeitsberechnungen)
- etc.

Die mentale Schicht gibt nun den einzelnen Agenten einfache Anweisungen und wartet, bis diese erfüllt worden sind. Aufgrund der Rückmeldungen der physikalischen Schicht kann der Erfolg bewertet werden, z.B. ob die befohlene Laufrichtung auch wirklich vernünftig war und der Agent nicht an einem grösseren Hindernis hängen blieb.

Routenberechnung

Die Berechnung des kürzesten Weges von A nach B kann als Dienst auf der Ebene der mentalen Schicht angesehen werden. Eine Anfrage wird auf Basis der bekannten Hindernisse beantwortet.

Die Anfrage kann eine ganze Route sein (Zelle1, Zelle 3, Zelle 4 ... Zelle 8), oder aber auch nur die nächste Zelle in Richtung des Ziels. Im offenen Feld und bei Gittermustern in der Art, wie hier erwartet wird, ist das trivial: die nächste Zelle ist diejenige mit der kleinsten Distanz zum Ziel. Sobald aber z.B. U-förmige Hindernisse vorkommen, wird sich der Agent darin verfangen. Es ist dann eine bessere Berechnung notwendig (z.B.

kann jede Zelle als Knoten in einem Graphen angeschaut werden, auf dem eine Routenberechnung nach Dijkstra vorgenommen werden kann).

Generalisierung

MultiAgenten-Simulationen müssen nicht auf mobile Teilchen beschränkt sein. Es wäre z.B. möglich, eine MultiAgenten-Simulation für den Verhandlungsprozess bei der Flurbereinigung aufzusetzen; hier würden Grundstückbesitzer und Beteiligte über Kauf, Verkauf, Tausch, Nutzungen verhandeln. Eine solche Simulation hätte eine mentale Schicht; die Interaktion zwischen den Agenten wäre eher eine Art Markt; und als physikalisches Modell würde eine Art GIS ausreichen.

Es bleibt beim Prinzip, dass es denkende Agenten und eine physikalische Realität gibt, aber gerade wenn sich die Agenten in der physikalischen Realität nicht bewegen, sieht die Ausgestaltung doch deutlich anders aus.

6.2.2 Validierung des Modells

Werden die Resultate einer solchen Simulation betrachtet, können oft viele Aussagen gemacht werden, die aber alle gemeinsam haben, dass eine Validierung schwierig ist.

Ein möglicher Weg ist, mit dem System zuerst den Status Quo abzubilden und es damit zu kalibrieren. Danach kann an einer Modifikation, von der die Auswirkungen bekannt sind, der Fehler überprüft werden.

Gerade bei komplexen Systemen kann aber eine kleine Änderung der Eingabeparameter grosse Änderungen der Resultate bewirken. Es ist niemals möglich, alle Parameter korrekt einzustellen, es muss fast immer mit Annahmen gearbeitet werden. Ist ihr Einfluss zu gross, kann das Resultat nicht direkt verwendet werden.

Oft ist es auch so, dass diese Aussagen auch intuitiv und ohne ein Simulationssystem gemacht werden könnten. Aber nichtsdestotrotz lohnt sich der Aufwand, denn:

wer das Problem modelliert hat, ist auch in der Lage, es im Detail zu verstehen (**Modellieren = Verstehen**),

Es kann auf einfache Weise mit den Parametern gespielt werden. Es können „was wäre, wenn ...“-Hypothesen betrachtet werden, **makroskopische Muster** können entstehen, an die man nicht a priori gedacht hat, und daraus können neue Ideen folgen, auf die man ebenfalls nicht selbst gekommen wäre, kann eine solche Simulation eine **Diskussionsgrundlage** bilden, die mehr ist als nur eine Vermutung.

Aus den mit einer solchen Simulation gewonnenen Daten dürfen also nicht direkt Schlüsse auf die Realität gezogen werden, vielmehr sind daraus neue Hypothesen zu bilden, die dann in weiteren, realistischeren Experimenten getestet werden müssen.

7 Begleit-CD