

**Phil.Alp 2014**

Die Alpen aus der Sicht junger Forschender

**Alp.relève 2014**

Les Alpes sous la loupe des jeunes chercheurs

**Mehr als Holz**

**Plus que du bois**

---

Mark Bertogliati

**From Protected to Protection Forests. *Local communities and forest resources on the southern slopes of the Swiss Alps (1700-1900)***

The present dissertation aims to reconstruct the evolution of the role of forests and to understand past interactions between men and environment on the southern slope of the Swiss Alps in the period 1700-1900, paying particular attention to three study cases located in Ticino and the Mesolcina valley (Italian speaking Grisons). The proposed approach integrates dendrochronological analysis on living trees (study of tree-ring growth) and archival research in order to investigate past forest management practices and provide information about forest uses, policies and social structure of alpine communities. Three topics are specifically considered:

- a. Forest protection on a local scale
- b. Forest management and its impact
- c. Evolution of the society-forest relationship.

For centuries, ancient protected forests have played an important social and economic role for local communities. Because of their position close to settlements, the century-old stand continuity and the fact that they were often balanced between different interests and uses, ancient protected forests represent interesting indicators of change in society, reflected both in historical documents and biological archives.

Human impact on forests increased considerably between the end of the 18<sup>th</sup> and the first half of the 19<sup>th</sup> century. In this phase protection measures and forest regulations proved to be ineffective to contain abuses and mountain deforestation as a result of speculative action. In this phase alpine forests represented object of furious speculation and political debates at cantonal and national levels. Moreover, towards the middle of the century, individual forms of management came into conflict with collective ownership, leading to a process of criminalization of ancient traditional forest uses that worsened internal antagonism.

In Switzerland the transition from the century-old system of protected (banished) forests to a Federal forest policy towards 1876 symbolizes the change in the relationship between society and forest. Towards 1870, the process known as “forest transition” – i.e. the reversal in forest trends on a regional scale – also started in the study area, coinciding with the profound transformations of society and a change of perspective in forestry. Such processes also had strong repercussions on a local scale, e.g. in the implementation of stricter measures and control of forest use. In marginal areas, the decline of mountain pastoralism favored gradual forest expansion. Moreover, dendrochronological data suggest that in the three studied forests close to main settlements stand density and stand age increased, as a result of the decline of some agro-forestry uses and the decrease of the pressure of timber trades, both of which are consequences of socio-economic changes on a broader scale.

After 1870, especially in the mountains, the transfer of authority of forest management from local communities to central authorities produced several conflicts. Pastoralism represented a significant source of controversy, because it was threatened both by forest reforms and forest expansion. The local population tried to counter this situation in various ways.

The described trends are similar to those observed in other parts of the Alps. However, mechanisms, timing and implications varied considerably, depending on the historical paths and peculiarities of single communities. In view of future research, the proposed interdisciplinary approach may allow for a better understanding of the mechanisms of the forest transition process and, especially, its implications in the alpine area.

**Keywords:**

*forest history, environmental history, dendrochronology, historical ecology, protected forests, alpine communities, forest transition, Ticino, Grisons, Switzerland, Swiss Alps.*

Jacqueline BURRI, Die „gute“ Waldwirtschaft. Wandel und Kontinuität in der Wahrnehmung und Bewirtschaftung des Waldes am Beispiel des Gantrischgebietes 1848-1997, 132 Seiten + XI Seiten Anhang inkl. 10 Abbildungen (Masterarbeit am Historischen Institut der Universität Bern, aprobiert September 2013)

Die Studie setzt an einem Zeitpunkt an, in dem die Forstwirtschaft durch Verwissenschaftlichung und Professionalisierung im Wandel begriffen war. Am Ausgangspunkt, der Gründung des Bundesstaates 1848, befand sich die Schweiz im so genannten „hölzernen Zeitalter“ (Martin Stuber). Bevor die Eisenbahn den Import von Steinkohle ermöglichte, bildete Holz noch die primäre Energieressource und der Wald diente für dessen Besitzer vor allem als Finanz- und Erwerbsquelle. Holzpreis und Holzkonsum waren seit Anfang des 19. Jahrhunderts allerdings in bis dahin nicht gekannte Höhen gestiegen, was die Diskussion um Holznot und Übernutzung der Wälder entfachte. Seit 1853 begannen die bernischen Behörden – und seit 1876 auch die Bundesbehörden unter dem Verweis auf die Sicherstellung einer „guten Waldwirtschaft“ – mit Bewirtschaftungsvorschriften und Rodungsverboten in die Eigentumsrechte der Waldbesitzer einzugreifen. Die Ausgangsthese besteht darin, dass die Idee der „guten Waldwirtschaft“ keine überzeitliche Konstante sei, sondern einerseits durch den räumlichen, sozialen und zeitlichen Kontext bestimmt werde, andererseits von den an den Wald gestellten Nutzungsansprüchen abhängen.

Burri legt ihre Masterarbeit als Längsschnittstudie an und versucht, Wandel und Kontinuitäten in der Wahrnehmung und Bewirtschaftung des Waldes aufzuzeigen. Als Untersuchungsraum wählt sie hierfür das Gantrischgebiet, wo der Wald für die Bevölkerung in der ländlich geprägten Region mannigfaltige Nutzfunktionen einnimmt, sowohl in Bezug auf die Holzproduktion als auch in Bezug auf die Formen traditioneller, agrarischer Waldnutzungen wie etwa der Waldweide. Die Arbeit sieht sich in der Tradition der historischen Waldforschung, sie rezipiert jedoch auch wald- und forstgeschichtliche Werke, da diese eine Vielfalt an Arbeiten mit nationaler bzw. regionaler Fokussierung bieten und somit Lücken schliessen, welche die historische Waldforschung bis anhin nicht zu schliessen vermochte.

Mit ihrem diskursanalytischen Ansatz schliesst Burri an die Arbeiten von Daniel Brändli (1998), Martin Stuber (2008) und Stephanie Summermatter (2012) an, verlagert aber dabei ihren Schwerpunkt von einer bundesstaatlichen oder kantonalen Ebene auf eine regionale. Hauptthemen Burris sind die Konzeption der „guten Waldwirtschaft“ in Bezug auf die Nutzungsansprüche an den Wald und den aus diesen abgeleiteten Bewirtschaftungsmassnahmen sowie die Identifizierung der Einflussfaktoren auf die Bewirtschaftungsverhältnisse im Gantrischgebiet. Unter der Prämisse der sich wandelnden Ansprüche an den Wald liegt der Fokus auf Momenten der Veränderungen einerseits und darunterliegenden Kontinuitäten andererseits. In Bezug auf die Bewirtschaftung der Waldungen treten Wirtschaftsziele, waldbauliche Massnahmen, insbesondere Aufforstungen und Abholzungen, sowie Nutzungskonflikte in den Vordergrund. Die Analyse auf lokaler Ebene erfordert den Bezug auf Entwicklungstendenzen auf in den übergeordneten Ebenen des Kantons und des Bundes. Zugleich erlaubt dieser Zugang stichprobenartig die Beurteilung der Durchsetzungskraft der oberen Ebenen, da gemäss dem föderalen Aufbau der Schweiz Konzeptionen erst dann als umgesetzt und erfolgreich bezeichnet werden können, wenn sie auf Gemeindeebene perpetuiert werden.

Burris Hauptteil ist chronologisch aufgebaut, wobei jeweils zu Beginn der Kapitel die Entwicklungen auf eidgenössischer und kantonaler Ebene präsentiert werden. Unter der Prämisse, dass der Erlass beziehungsweise die Revision von Rechtsnormen ein Moment der Veränderung widerspiegeln, folgen die Kapitel und somit die Zäsursetzungen der jeweiligen Gesetzgebung. Die Kriegszeit werden dabei bewusst ausgeklammert.

Kapitel 3 schildert die Auseinandersetzung mit den Entwicklungen bis zum eidgenössischen Forstpolizeigesetz [FPoG] von 1876. Die forstpolitische Entwicklung im 19. Jahrhundert ist sowohl für die Schweiz als auch für den Kanton Bern historisch vertieft aufbereitet, weshalb sich dieses Kapitel stark auf die bestehende Forschungsliteratur stützt. Aufgrund der Quellenlage dient dieses Kapitel auf lokaler Ebene vor allem einer Art Bestandsaufnahme. Kapitel 4 beschäftigt sich anschliessend mit dem Ausbau der Forstverwaltung auf eidgenössischer und kantonaler Ebene bis 1905, respektive auf lokaler Ebene bis zum Ausbruch des Ersten Weltkrieges. Burri arbeitet für das Gantrischgebiet die Bewirtschaftungsgrundsätze und Wirtschaftsziele heraus und analysiert ferner die Themen Aufforstung, Wegebau sowie organische und anorganische Schäden. Diese Untersuchungsparameter werden in der Folge jeweils auch für die nachfolgenden Zeitabschnitte untersucht. Mit diesem systematischen Ansatz stellt Burri die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicher.

Kapitel 5 umfasst die Zwischenkriegszeit und steht unter dem Titel „Krisen und Sparzwang“, Kapitel 6 behandelt die Zeit zwischen 1945 und 1973, als sich nach den Zeiten des Konjunkturbooms allmählich ein neues Paradigma entwickelte, das schliesslich im kantonalen Forstgesetz von 1973

seinen Niederschlag fand, indem darin neben der Nutz- und Schutzfunktion auch die Erholungsfunktion des Waldes explizit thematisiert wird. Kapitel 7 befasst sich schliesslich mit dem Paradigmenwechsel in der Forstpolitik nach der so genannten ökologischen Wende und reicht bis 1997. Es umfasst damit auch die Zeit der Waldsterbensdebatte in den 1980er-Jahren sowie die Entstehungszeit des eidgenössischen Waldgesetzes von 1991 sowie des kantonalen Waldgesetzes von 1997.

Die erste Phase zwischen 1848 und 1924 bezeichnet Burri als Periode der Durchsetzung der staatlichen Diskurshoheit in Forstfragen sowie der politischen Durchsetzung des Abholzungsparadigmas. Das Gebot des nachhaltigen Ertrages im Sinne des Naturhaushaltes der Wälder erlaubte die Nutzungseinschränkungen. Diese waren anfänglich auf die Waldungen in der Hügel- und Gebirgszone beschränkt, da diesen aufgrund ihrer geographischen Lage Schutzcharakter zugeschrieben wurde. Zudem drängten die Forstgesetze durch die Beschränkung der traditionellen agrarischen Waldnutzungen auf eine Trennung zwischen Forst- und Landwirtschaft. 1902 wurde diese dichotome Sichtweise der Nutz- und Schutzwaldkonzeption schliesslich auf das gesamte Gebiet der Schweiz ausgeweitet und gleichzeitig die Bewirtschaftung der Schutzwälder sowie der öffentlichen Nichtschutzwälder durch das Verbot des Kahlschlages weiter eingeschränkt. Nach dem Ersten Weltkrieg wurde diese Einschränkung schliesslich auch auf die privaten Nichtschutzwälder übertragen, wodurch die staatlichen Behörden in die Bewirtschaftung aller Formen des Waldeigentums eingriffen. Dies widerspiegelt aber auch die diskursive Vormachtstellung des Bundes, welche sich innerhalb von 50 Jahren etabliert hatte.

Diese Vorstellung der „guten“ Waldwirtschaft, geprägt durch das Abholzungsparadigma einerseits und die Dichotomie Nutz- und Schutzwald andererseits, blieb auch während der zweiten Phase – der Zwischenkriegszeit – bestehen. Den Sparmassnahmen in der Subventionspolitik des Bundes und des Kantons Bern während den zwei Krisenzeiten lag keine Veränderung der Vorstellung über die Waldwirtschaft zu Grunde, sondern waren, wie dies Summermatter für den Wasserbau gezeigt hat, durch allgemeine finanzpolitische Überlegungen geprägt. Für die lokale Ebene zeigt Burri, dass diese Zweiteilung aufgeweicht wurde, indem auch innerhalb der Schutzwaldungen zwischen Wirtschaftswäldern und Aufforstungsgebieten unterschieden wurde und somit die Holzproduktion in den Vordergrund rückte. Dieser Vorgang fällt mit der auf eidgenössischer Ebene postulierten Forderung der forstwirtschaftlichen Vertreter nach einem wirtschaftsfreundlicheren Forstgesetz zusammen.

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde der bisherige Grundsatz der Nachhaltigkeit, das Ansparen eines Holzvorrates, zu Gunsten einer funktionsorientierten Nachhaltigkeit aufgegeben. Gleichzeitig allerdings wurden die Funktionen, welche der Wald zu erfüllen hatte, ausgebaut. Einerseits wurde die Kategorie des Schutzes erweitert, andererseits die Wohlfahrtsfunktion hinzugefügt. Insbesondere letztere stellt eine immaterielle Wertzuschreibung an den Wald dar, über deren Form der finanziellen Abgeltung damals wie heute Akteure aus Forstwirtschaft und Politik diskutieren. Trotz diesen Erneuerungen hielt der Bund jedoch an der Gliederung zwischen Nutz- und Schutzwäldern fest. Auch auf der lokalen Ebene zeigt sich ein Nebeneinander neuer und alter Konzeptionen. Daher versteht Burri die Phase zwischen 1945 und 1973 als Phase der Transition.

Ab den 1960er bis in die 1990er Jahre erfolgte in Form des naturnahen Waldbaus jedoch ein Paradigmenwechsel in der Forstpolitik des Bundes und des Kantons Bern. Anstelle der Nutzungseinschränkungen trat nun die Sicherstellung einer minimalen Pflege des Waldes. Diesem Wandel gingen drei Entwicklungen voraus. Erstens hatte die so genannte ökologische Wende zur Folge, dass der bisher beinahe ausschliesslich forstpolitische Diskurs aufgebrochen wurde. Zu den bisher gestellten Anforderungen an das Objekt Wald wurden nun auch Fragen der Biodiversität und Artenvielfalt an die Forstpolitik herangetragen. Zweitens öffnete die Waldsterbensdebatte den Blick für den Gesundheitszustand des Waldes und hinterfragte damit die bisher auf quantitative Merkmale ausgerichtete Walderhaltungspolitik des Bundes. Drittens förderte wohl auch die seit den 1960er-Jahren wahrgenommene Strukturkrise in der Wald- und Holzwirtschaft sowie die dadurch bedingte anwachsende Anzahl defizitärer Forstbetriebe diesen Paradigmenwechsel. Im Zusammenhang damit verlor auch die Aufforstungstätigkeit an Bedeutung. Zwar war die überschwemmungsvermindernde Wirkung zumindest im Gantrischgebiet noch immer bedeutend, jedoch wurde die direkte Kausalität ab den 1970er Jahren auch für das Untersuchungsgebiet immer mehr hinterfragt.

## Qualitätsmerkmale (Astigkeit) der Zirbe in Abhängigkeit von Bestandesalter und –struktur

Dipl.-Ing. Magdalena Langmaier

Masterarbeit am Institut für Waldbau an der Universität für Bodenkultur

Trotz des geringen Vorkommens der Zirbe in Österreich (0,5 % Ertragswald) kann Zirbenholz für Forstbetriebe ein erfolgreiches Nischenprodukt sein. Vor allem für Furnierholz der Zirbe werden beachtliche Preise (320 €/fm) bezahlt. Die wichtigsten Merkmale beim Furnierholz der Zirbe sind ein gleichmäßiges Astbild ohne Durchfalläste und ohne zu dicke Astbasisdurchmesser. Aufgrund des hohen Wertschöpfungspotenzials bei der Zirbenbewirtschaftung besteht vonseiten der Waldbewirtschaftler ein großes Interesse zu einer zielorientierten Einzelbaum- und Bestandesbehandlung in Rein- und Mischbeständen. Deshalb war das Hauptziel der Arbeit die waldbaulichen Kenntnisse für eine zielorientierte Bewirtschaftung von Zirbenbeständen zur Erreichung eines hohen Furnieranteiles zu verbessern. Dies soll durch folgende Teilziele erreicht werden: i) Beschreibung der Astreinigung anhand unterschiedlich alten Zirbenbeständen, ii) Analyse der Ästigkeitsstruktur und Qualität der Astreinigung und iii) Beschreibung und Analyse der Ästigkeit und Astentwicklung bei intra- und interspezifischer Konkurrenz.

Dafür wurden in der Obersteiermark an 99 Zentralstämmen (41 Jungwuchs/Dickungs-, 16 Stangenholz- und 42 Baumholzbäume) allgemeine Baumparameter, Astigkeitsparameter bis 2 m Stammhöhe, Kronenablotungen erhoben und die Nachbarschaftsverhältnisse unter Verwendung eines fixen Probekreisverfahren aufgenommen.

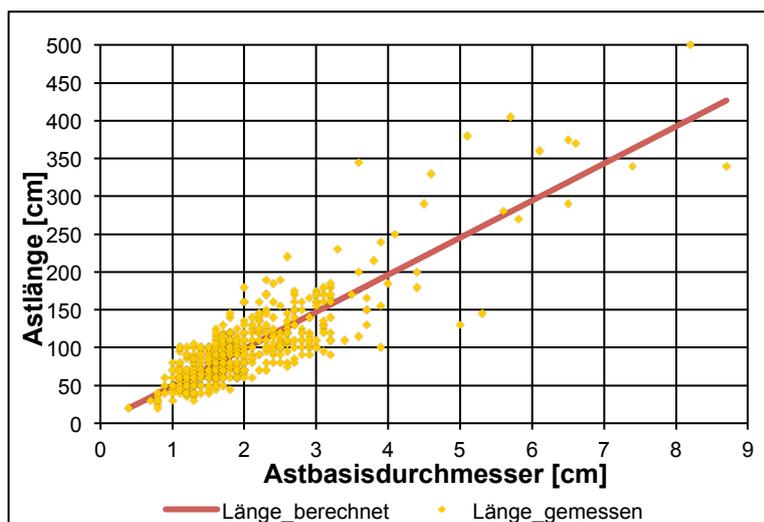


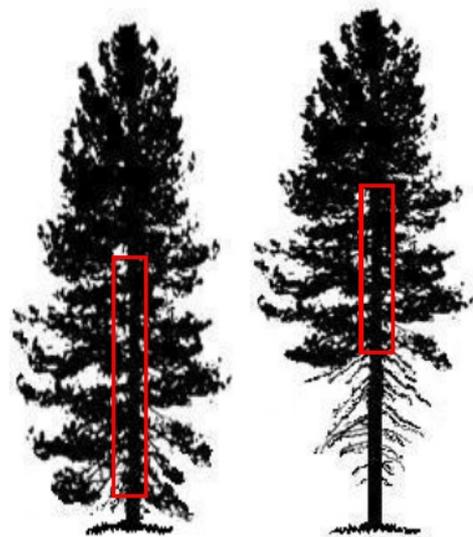
Abbildung 1: Zusammenhang von Astlänge zu Astbasisdurchmesser, gesamt für alle Grünäste der Zentralstämmen

Deskriptiv wurde die Aststärkenentwicklung und der Astreinigungsprozess in den jeweiligen Wachstumsphasen analysiert. Beim Übergang von der Dickungs- in die Stangenholzphase, ab einem mittleren Brusthöhendurchmesser von 10 cm und einer mittleren Grundfläche von 20 m<sup>2</sup>/ha,

beginnt das Absterben der Äste im unteren Stammabschnitt (Stammhöhe bis 2m) und somit die Verschiebung des potenziellen Wertholzbloches nach oben. Anhand des vorliegenden Untersuchungsmaterials konnte kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden, ob intraspezifische (Zir-Zir) oder interspezifische (Zir-Lä; Zir-Fi) Konkurrenz mehr ein Einfluss auf die Astdynamik hat. Jedoch wurde ein straffer Zusammenhang zwischen Astbasisdurchmesser und Astlänge festgestellt, der vereinfacht mit dem Verhältnis von 1:50 beschrieben werden kann. Demzufolge entsprechen 1 cm Astbasisdurchmesser einer Astlänge von 50 cm.

Mit dem derzeitigen Stand des Wissens zur Holzverwendung ist wichtig, die Grünastzone der Zirbe möglichst bodennah zu halten. Eine zielorientierte Dichteregulung in der Dickungs- und Stangenholzphase ist unabdinglich um zu langen Dichtstand sowie Totastzonenentwicklung zu vermeiden.

Durch Erhaltung einer tiefansetzenden Krone mit mittelstarken Ästen erhöht sich der potentielle Wertholzanteil.



**Abbildung 2:** Erwünschter (links) versus derzeitiger (rechts) Wertholzbereich bei Zirbe

Durch das erarbeitete Verhältnis Astlänge zu Astbasisdurchmesser sowie der Beziehung Kronenbreite zu Brusthöhendurchmesser, aber auch auf Grund der deskriptiv beschriebenen Astdynamik werden verschiedene Behandlungskonzepte diskutiert.

**Tabelle 1:** Behandlungskonzept für Zirben-Lärchen-Fichtenwald im Quadratverband 1,5 m x 1,5 m

<b>Beispiel: Konzept Quadratverband - Erweiterung (5 Zirbe, 3 Lärche, 2 Fichte)</b>	
Bestandesbegründung: Verband 1,5 m x 1,5 m	4500 Stück Pflanzen pro Hektar (2250 Zirben, 1350 Lärchen, 900 Fichten)
1. Eingriff: BHD 7-9 (11) cm	Entnahme von 1-2 Bedränger pro Z-Baum
2. Eingriff: BHD 15-19 (21) cm	Weitere Entnahme von mindestens 1-2 Bedränger pro Z-Baum
<b>Endbestand: 320 Bäume [300-350] (200 Zirben, 60 Lärchen, 60 Fichten) (80 % Überschirmung)</b>	

Weitere Untersuchungen zur Ästigidynamik in Rein- und Mischbeständen sowie von Solitär-Zirben werden angestrebt.

# Snow avalanches in forested terrain

---

Dissertation-Nr. 21478 ETH Zürich

Michaela Teich

## Zusammenfassung

Lawinen sind eine der bedeutendsten Naturgefahren in Gebirgsregionen; sie bedrohen Menschen, Siedlungen und Infrastruktur. Gebirgswälder bieten einen biologischen, effektiven und kostengünstigen Lawinenschutz. Zum einen stabilisiert Wald in potentiellen Lawinenanrissgebieten die Schneedecke und verhindert das Anreissen von grossen destruktiven Lawinen. Zum anderen kann Wald in der Lawinenbahn kleine bis mittelgrosse Lawinen bremsen und somit deren Auslaufdistanz verkürzen. Ziel der Dissertation war es, Wechselwirkungen zwischen Wald und Lawinen in der Sturzbahn und der Auslaufzone zu analysieren und die gewonnenen Erkenntnisse in die Lawinensimulation und die Bewertung der Schutzwaldleistung zu integrieren. Darüber hinaus sollte der Einfluss klimatisch bedingter Veränderungen auf die Bedeutung und Zuverlässigkeit der Lawinenschutzfunktion von Gebirgswäldern untersucht werden. Die aus diesen Zielen abgeleiteten Fragestellungen wurden in sechs Publikationskapiteln bearbeitet:

In der ersten Publikation (Publikation I) wurde die Wirkung eines Schutzwaldes gegen Lawinen räumlich explizit quantifiziert und bewertet. Dabei wurde eine GIS-gestützte Risikoanalyse angewendet, mit der die Schutzleistung unterschiedlicher Waldstrukturen gegen Lawinenanrisse bewertet werden konnte. Die Wirkung des Waldes auf die Lawinenauslaufdistanz wurde anhand von fünf Waldzustandsszenarien und deren Einfluss auf (1) Lawinensimulationen und (2) das sich daraus ergebende Risiko für die Fallstudienregion analysiert. Die Studie zeigt auf, wie durch einen risikobasierten Bewertungsansatz die Schutzleistung unterschiedlicher Waldzustände abgebildet werden kann, um quantitative und qualitative Informationen für eine effektive und kosteneffiziente Schutzwaldbewirtschaftung bereitzustellen. Die Ergebnisse verdeutlichten aber auch die Notwendigkeit für detaillierte Untersuchungen der Wechselwirkungen zwischen Wald und Lawinen, um die Lawinensimulation in bewaldetem Gelände zu verbessern.

Deshalb wurden zwei gut dokumentierte Datensätze zu Lawinenereignissen in den europäischen Alpen bezüglich dem Einfluss des Waldes auf die Auslaufdistanz statistisch ausgewertet (Publikation II). Insgesamt wurde für 60 Wald-, Schnee- und Geländeparameter analysiert, ob und wie sie die Auslaufdistanz von Waldlawinen beziehungsweise von oberhalb der Waldgrenze angebrochenen Lawinen beeinflussten: Unterschiedliche Waldstrukturen hatten einen signifikanten Einfluss auf die Auslaufdistanz kleiner bis mittelgrosser Waldlawinen. Hingegen tangierten einzelne Strukturparameter die Auslaufdistanz mittelgrosser bis grosser weit oberhalb der Baumgrenze angerissener Lawinen kaum. Insbesondere beeinflusste die Anzahl von Bäumen mit einem kleinen Stammdurchmesser (1-15 cm) in der Anrisszone die Auslaufdistanz von Lawinen, die in immergrünen Nadel- oder Mischwäldern anbrachen, signifikant. Für Lawinen, welche nicht innerhalb von 200 m gestoppt wurden, war dieser Effekt kaum noch nachweisbar. Die gewonnenen Erkenntnisse trugen wesentlich dazu bei, Wechselwirkungen zwischen Wald und Lawinen in Lawinensimulationen besser abzubilden.

In Publikation III wurde die beobachtete Bremswirkung des Waldes mit einer Funktion beschrieben. Diese Funktion modelliert den direkten Entzug von Lawinenmasse, welche hinter Bäumen, Baumgruppen oder Baumstümpfen liegenbleibt. Die Beziehung ist mit dem empirischen Koeffizienten  $K$  parametrisiert, welcher durch Waldstrukturmerkmale, wie z.B. Walddichte oder

Stammdurchmesser-Verteilung, charakterisiert ist. Die Funktion wurde in ein numerisches Lawinensimulationsmodell implementiert und im Rahmen eines numerischen Experiments getestet: Im Vergleich zum bisher verwendeten Reibungsansatz, verbessert die neue geschwindigkeitsabhängige Funktion die Simulation von kleinen bis mittelgrossen Lawinen in bewaldetem Gelände.

Dieser neue Modellierungsansatz wurde in Publikation IV umfassend getestet. Dafür wurden 40 gut dokumentierte, kleine bis mittelgrosse Waldlawinen simuliert und dabei der Koeffizient  $K$  variiert. Um die grosse Anzahl zweidimensionaler Simulationen mit den eindimensionalen Beobachtungen objektiv vergleichen zu können, wurden die Simulationsergebnisse mit einer kürzlich entwickelten Analyse- und Bewertungsmethode automatisch ausgewertet. Diese Methode definiert die Auslaufdistanz in Abhängigkeit eines Schwellwertes des Spitzendrucks in einem lawinenpfadabhängigen Koordinatensystem. Der Einfluss von  $K$  auf den Unterschied zwischen simulierter und beobachteter Auslaufdistanz wurde statistisch ausgewertet. Es hat sich gezeigt, dass optimale Werte für  $K$  von den Waldstrukturmerkmalen Waldtyp, Kronendeckungsgrad, vertikale Struktur und Bodenrauigkeit abgeleitet werden können, z.B. sind die Werte für  $K$  höher für dichte Fichten- und Fichten-Buchen-Wälder im Vergleich zu offenen Lärchenwäldern an der oberen Baumgrenze.

In Publikation V wurden kritische meteorologische Situationen analysiert, welche in der Vergangenheit zu Lawinenanrissen im Wald führten. Durch die Anwendung einer Clusteranalyse konnten zwei typische Situationen von kritischen Schnee- und Witterungsbedingungen definiert werden: (1) "Neuschnee-Waldlawinen" und (2) "Altschnee-Waldlawinen" (später als "andere Waldlawinen" bezeichnet). Mit einem logistischen Regressionsmodell wurde auf Trends im Auftreten der beiden Situationen während der letzten 41 Winter getestet. Die beobachteten negativen Trends deuten auf einen weiteren Rückgang im Auftreten von solchen kritischen Schnee- und Witterungsbedingungen im Zuge des Klimawandels hin.

Häufigkeit und Ausmass von Lawinen im Wald sind auch durch Veränderungen in der Waldbedeckung und -struktur betroffen. In Publikation VI wurden wichtige Ergebnisse aus den Publikationen II und V sowie aktuelle Erkenntnisse aus anderen Studien zur Waldentwicklung zusammengefasst und hinsichtlich ihrer Bedeutung im Kontext globaler Erwärmung diskutiert. Zusätzlich wurde mit dem räumlich expliziten Wald- und Landschaftsmodell TREEMIG-AVAL eine mögliche Entwicklung von Lawinenhäufigkeit und -ausmass unter einem Klimaszenario für ein Fallstudiengebiet simuliert: Die Ergebnisse zeigen eine Abnahme der Lawinenanrissfläche in der Fallstudienregion. Häufigkeit und Ausmass von Lawinen in bewaldetem Gelände könnten daher abnehmen aufgrund von (1) weniger häufigen Schnee- und Witterungsbedingungen, welche Waldlawinenanrisse begünstigen und (2) Änderungen in Ausdehnung, Zusammensetzung und Struktur von Gebirgswäldern.

An der thematischen Schnittstelle zwischen Lawinen und Wäldern wurden in dieser Dissertation verschiedene Fragestellungen zum Thema "Snow avalanches in forested terrain" untersucht. Die Ergebnisse dieser Forschung können dazu beitragen, Empfehlungen für Naturgefahren- und Schutzwaldmanagement weiterzuentwickeln.

Als Teil des interdisziplinären Forschungsprojektes MOUNTLAND (Competence Center Environment and Sustainability CCES der ETH) können die Erkenntnisse dieser Dissertation die Bewertung der Ökosystemdienstleistung "Lawinenschutz durch Wälder" verbessern und somit Entscheidungen im Hinblick auf eine nachhaltige Bewirtschaftung und Nutzung von Bergregionen unterstützen.

## Wie wirkt sich der Wald auf die Anfälligkeit für flachgründige Hangrutschungen aus?

Hangrutschungen stellen im Alpenraum eine ernsthafte Bedrohung für Menschen, Infrastruktur und landwirtschaftlich genutztes Land dar. Generell wird angenommen, dass sich Vegetation und insbesondere Wald positiv auf die Hangstabilität auswirken. Der Gebirgswald nimmt somit eine wichtige Schutzfunktion gegen Rutschungen ein. Feldinventuren von flachgründigen Rutschungen aus verschiedenen Regionen der Schweiz zeigen jedoch, dass der Rutschungsanteil in Wäldern beträchtlich sein kann. Dies lässt vermuten, dass nicht nur die Präsenz von Wald, sondern auch die Waldstruktur eine wichtige Rolle für die Hangstabilität spielt. Ziel der vorliegenden Masterarbeit ist es, statistische Modelle zur Vorhersage der Anfälligkeit für Hangrutschungen zu entwerfen, die neben geomorphologischen, topographischen und hydrologischen Parametern insbesondere auch verschiedene Waldstruktur-Variablen enthalten. Auf diese Weise soll aufgezeigt werden, inwiefern die Waldstruktur das Auftreten von flachgründigen Hangrutschungen beeinflusst.

Die Grundlage der Studie bilden zwei Rutschungsinventuren, welche die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) 1997 in Sachseln OW und 2005 in St. Antönien GR durchgeführt hat. Für jede Rutschfläche sowie für vergleichbare Kontrollflächen wurden im Rahmen der vorliegenden Studie Variablen erhoben, die den Wald, das Terrain sowie die hydrologischen Verhältnisse beschreiben. Sie wurden im Feld gemessen (St. Antönien) und mittels LiDAR-basierten Höhenmodellen berechnet (St. Antönien und Sachseln), respektive von einer Bestandeskarte abgeleitet (Sachseln). Anschliessend wurden die Daten mit univariater und multivariater Statistik analysiert. Es kamen drei verschiedene multivariate Modelle – logistische Regression, Klassifikationsbäume und Random Forests – zur Anwendung. Die Güte der Modelle wurde jeweils mittels Kreuzvalidierung des gesamten Datensatzes erhoben. Dabei diente die Fläche unter der *Receiver Operating Characteristic Curve* (AUC) als Mass für die Klassifikationsgenauigkeit.

Nebst Gelände- und hydrologischen Faktoren hatte die Waldstruktur einen signifikanten Einfluss auf die Hangstabilität. Gemäss den Felddaten von St. Antönien steigt die Anfälligkeit für Hangrutschungen mit abnehmendem Kronendeckungsgrad, zunehmender Lückenlänge und einer zunehmenden Distanz zwischen dem (potentiellen) Auslösepunkt der Rutschung und den nächsten Bäumen. Die Analyse von Höhenmodellen von St. Antönien ergab hingegen nur signifikante Effekte für die Neigung, die Krümmung, den *weighted Topographic Wetness Index* (niedriger bei Rutschungen) und die Baumkantendichte. Letztere dient als Mass für die strukturelle Diversität des Waldes und war bei Rutschungen signifikant höher als in Kontrollflächen. In Sachseln waren die maximale und die minimale Baumhöhe, die Standardabweichung der Baumhöhe sowie die Baumkantendichte in Rutschflächen signifikant niedriger als in Kontrollflächen. Zudem wurden Rutschflächen häufiger von Jungwuchs sowie von Nadel- und Mischwäldern dominiert. Kontrollflächen hingegen gehören generell zu älteren Beständen und haben einen höheren Laubbaumanteil.

Multivariate Modelle, welche die Waldstruktur miteinbeziehen, erzielten eine höhere Leistung als Modelle, die nur auf Gelände- und hydrologischen Variablen basieren. Ferner war die Klassifikationsgenauigkeit der Modelle basierend auf Feld-Variablen deutlich höher als jene der Modelle basierend auf LiDAR-Variablen. Dies deutet darauf hin, dass die Auflösung der hier verwendeten digitalen Höhenmodelle (*cell size* = 2 m) zu gering ist, um lokale Unterschiede in der Waldstruktur, welche die Hangstabilität beeinflussen, zu erkennen. So konnten Bestandeslücken sowie Einzelbäume mit dem digitalen Vegetationshöhenmodell nur unbefriedigend eruiert werden. Die unterschiedlichen Resultate der beiden Untersuchungsgebiete zeigen, dass der Effekt der Waldstruktur stark von regionalen und lokalen Gegebenheiten, wie beispielsweise von den Vegetationszonen, den Höhenstufen, der Grösse des Untersuchungsgebietes und vom auslösenden Niederschlag, abhängt. Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Resultate leicht verzerrt sind, da die Datenaufnahme erst einige Jahre nach den Rutschereignissen erfolgte.

Trotz dieser Einschränkungen hat die Studie neue Erkenntnisse über den Einfluss der Waldstruktur auf die Hangstabilität hervorgebracht, die für das Naturgefahrenmanagement und die Gebirgswaldpflege relevant sind. Um diese Resultate noch besser auf andere Gebiete übertragen zu können, empfehlen sich weitere Analysen mit grösseren Datensätzen in verschiedenen Untersuchungsgebieten.

**Phil.Alp 2014**

Die Alpen aus der Sicht junger Forschender

**Alp.relève 2014**

Les Alpes sous la loupe des jeunes chercheurs

**Mehr als Landwirtschaft**

**Plus que de l'agriculture**

---

## Résumé

Les prairies montagnardes et subalpines sont des milieux abritant une biodiversité remarquable mais menacée. En effet, la gestion de ces prairies n'a de cesse de s'intensifier afin de répondre aux nouvelles demandes du marché, mais ceci n'est pas sans conséquence pour les espèces qui y sont associées. Il est par conséquent impératif de procéder à des recherches qui permettent de définir une gestion optimale de ces prairies qui allie production et respect de la biodiversité.

Afin d'adresser cette question, une expérience à large échelle a été mise sur pied en 2010 : 6 « niveaux » graduels de fertilisation et d'irrigation sont testés dans 12 prairie subalpines du Valais (chacune divisée en 6 sous-plots expérimentaux). En 2013, les orthoptères ont été échantillonnés afin de déterminer les effets de l'intensification sur leur population. Afin de comprendre les mécanismes sous-jacents, le microclimat et la hauteur de végétation ont également été mesurés dans chaque sous-plot.

Les résultats montrent que l'intensification a un effet négatif sur la richesse d'espèces et sur l'abondance des orthoptères, avec des réponses différentes entre criquets et sauterelles. Les criquets sont généralement plus touchés que les sauterelles, avec un déclin de 50% des populations et 30% moins d'espèces en moyenne dans les plots gérés de manière intensive. L'un des facteurs explicatif est le refroidissement du microclimat et de la température du sol du à la densification de la végétation. En effet, sur une moyenne saisonnière, des écarts de températures de 4.5° pour l'air et de 2° pour le sol ont été mesurés.

Ce travail amène une pierre de plus à l'édifice qui nous permettra d'améliorer les connaissances scientifiques nécessaires à l'établissement de mesures agro-environnementales adaptées pour le futur.

## **Result-oriented biodiversity measures for alpine agriculture**

The Swiss alpine biodiversity is increasingly threatened by a dichotomous development: on the one hand by intensification of better suitable alpine areas and on the other hand by abandonment of less suitable alpine areas. To counteract the development of decreasing biodiversity effective measures to increase or at least stabilize the biodiversity level in the Swiss alpine region are needed. Two different approaches are applied by the Swiss government: an action-oriented approach since 1993 and additionally a result-oriented approach since 2001. The action-oriented approach demands certain actions from farmers, for example late cutting and no fertilization for an extensive meadow. If these actions are followed, the farmers receive subsidies. The result-oriented approach has no actions predefined. The farmers get subsidies if they achieve a high biodiversity-related result measured by a certain amount of indicator species present in their land. This thesis investigates the potential for result-oriented biodiversity measures that can create a higher income and at the same time increase biodiversity on Swiss mountain farms. The following research questions are tackled:

- How committed are the farmers currently towards result-oriented biodiversity measures?
- How do the farmers judge the result-oriented approach and why?
- Which result-oriented biodiversity measures are seen implementable by the farmers in the future and what are the reasons therefore?
- Which support do the mountain farmers need to better implement the result-oriented biodiversity measures?

The thesis is based on literature review, expert interviews, a qualitative and a quantitative survey. 21 farmers in the Canton of Lucerne were interviewed qualitatively as part of the European MERIT project (Merit based income from sustainable land management in mountain farming). The results obtained in these interviews were used to refine the questionnaire for the quantitative survey conducted with 1000 farmers in the German-speaking alpine region of Switzerland. Finally, 146 questionnaires were evaluated with several socio-economic statistical methods.

Currently one third of the surveyed farmers are committed to do the minimum requirements for biodiversity, which is to have at least 7% of their land used for biodiversity promotion. One sixth of the farmers are very committed as they have more than 27% of their land used for biodiversity promotion. Considering the preference on action- or result-oriented approaches, three quarters of the surveyed farmers prefer the action-oriented approach. This preference refers to the fact that less controlling is needed and clearer information which actions farmers have to take to receive subsidies are given. One quarter of the farmers prefer the result-oriented approach, mainly because they expect it to promote biodiversity more effectively. However, in the qualitative interviews many farmers mentioned that both approaches are needed to effectively increase biodiversity. The most preferred measures that farmers are willing to implement are the ecological improvement of meadows and forest edges, as they believe that this is socially desired. The least preferred measures that farmers are willing to implement are the ecological improvement of hedges as they believe that this is practically complicated and the ecological improvement compromises certain plant species which are disliked by the farmers. In order to support farmers in their efforts to increase biodiversity in the mountains, they mostly favor to be supported locally by the cantonal consultancy, the agricultural representatives and agricultural magazines.

As it can be deduced from the results, there are two types of farmers, one type that is implementing measures without knowing their detailed implications and wanting the least amount of controlling possible, the other type implements measures knowing which species are favored by the measures. Therefore it is important to adjust the consulting to the specific farmer group accordingly: The farmers preferring the result-oriented approach might be interested in projects that involve the definition of target species and measures for their support. Further it would make sense to continue regionalizing biodiversity-related measures in order to achieve specific ecological goals. These might be accomplished with voluntary meadow competitions that activate farmers preferring the action-related approach. Further research is needed to evaluate the ecological effectiveness of result-oriented

approaches in the alpine region especially regarding the impacts on faunistic diversity. Swiss agricultural politics, which promote action- and result-oriented approaches simultaneously, are generally appreciated by the Swiss mountain farmers and can therefore be continued the way they are proposed for the time period 2014-2017.

The summarized master thesis is written by Sophia Rudin, supervised by Florian Knaus from ETH Zürich and co-supervised by Otto Schmid from FiBL in Frick.

## Zusammenfassung

Seit der Anpassung des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG) 2008 werden in der Schweiz drei Kategorien von Pärken von nationaler Bedeutung definiert: Nationalpark, Naturerlebnispark und Regionaler Naturpark. Im Jahre 2013 befinden sich 14 Schweizer Regionale Naturpärke in der Betriebsphase. Die Ziele solcher Pärke werden im NHG definiert (Art. 23g): Regionale Naturpärke sollen die Qualität von Natur und Landschaft erhalten und aufwerten, sowie die nachhaltig betriebene Wirtschaft stärken und die Vermarktung ihrer Produkte und Dienstleistungen fördern. Dies erfolgt über die Umsetzung von Projekten, an denen die lokalen Akteure freiwillig teilnehmen. Der Einbezug der lokalen Bevölkerung spielt demnach eine bedeutende Rolle.

Diese Masterarbeit befasst sich mit der Perspektive von LandwirtInnen eines Regionalen Naturparks und erzielt eine Untersuchung der Vor- oder Nachteile welche in ihrer Hinsicht wegen des Parks entstehen. Die Fragestellung dieser Arbeit lautet: Inwiefern bringt ein Regionaler Naturpark Vorteile und Nachteile für die LandwirtInnen seines Gebietes; was ist die Perspektive der LandwirtInnen diesbezüglich?

Die Studie wurde am Beispiel des sich seit 2012 in Betriebsphase befindlichen Regionalen Naturparks Gruyère Pays-d'Enhaut durchgeführt. Dieser westschweizerische Park umfasst ca. 500 km<sup>2</sup> und hat etwa 12'500 BewohnerInnen. Neben der wichtigen sozio-ökonomischen Rolle der Landwirtschaft in der Region, erfüllt sie wichtige Aufgaben im Bereich der Umwelt und der Landschaft. Somit gehört sie zu den zentralen Akteuren der Region.

Um die Fragestellung zu beantworten wurden verschiedene Methoden eingesetzt. In einem ersten Teil wurden die politischen Rahmenbedingungen analysiert: die Agrarpolitik sowie die Pärkepolitik geben den LandwirtInnen eines Parks einen gesetzlichen Rahmen. Bestehende Studien zur Landwirtschaft in den Regionalen Naturpärken sowie Studien zur Akzeptanz der Pärke und zur Partizipation der lokalen Akteure wurden ebenfalls als Grundlage in die Arbeit einbezogen.

Der Hauptteil der Arbeit bildet die Feldforschung: Dabei wurden zehn problemzentrierte Interviews (nach WITZEL 2000) mit LandwirtInnen durchgeführt, sowie zwei Experteninterviews (nach MEUSER UND NAGEL 2009) mit Mitarbeitern des Parks und des Schweizerischen Bauernverbands. Zusätzlich wurden Rankings nach HAWKINS (o.D.) durchgeführt, um die Ansichten der Interviewteilnehmenden bezüglich der Erkenntnisse einer Arbeit von DUHEM (2011) zu erfassen sowie miteinander zu vergleichen. Die gesammelten Daten wurden hauptsächlich qualitativ ausgewertet, basierend auf der *grounded theory* von CORBIN UND STRAUSS (2008). Bei der Auswertung des Rankings wurden auch quantitative Aspekte untersucht.

Die Ergebnisse der Feldforschung wurden mit Hilfe des *sustainable livelihood* Ansatzes von SCOONES (1998) strukturiert: einerseits wurde die Wirkung des Parks auf die Ressourcen der LandwirtInnen entlang von vier Arten von Kapitalien untersucht (natürliches, finanzielles, humanes und soziales Kapital). Andererseits wurde die Haltung der LandwirtInnen bezüglich des Parks als Struktur untersucht.

Obwohl die Haltung der befragten LandwirtInnen bezüglich des Parks vielfältig ist, konnten verschiedene Erkenntnisse gewonnen werden. Die allgemeine Perspektive ist grundsätzlich positiv. Unter den befragten LandwirtInnen befanden sich kaum negative Stimmen und es wird gegen den Park keinen aktiven Widerstand geleistet. Durch die Anwendung des *sustainable livelihood* Ansatzes konnte die Multidimensionalität der Wirkung des Parks besonders hervortreten: alle vier Arten von Kapitalien der LandwirtInnen werden vom Park in verschiedenen Weisen betroffen:

Der Park kann über Projekte im landwirtschaftlichen Bereich zum Erhalt des natürlichen und landschaftlichen Erbes beitragen. Die Haltung der LandwirtInnen gegenüber solchen Projekten ist von der allgemeinen Bewertung der Agrarumweltmassnahmen abhängig. Im Bereich des Landschaftsschutzes ist die Akzeptanz generell höher als beim Naturschutz. Es wird zum Teil eine grössere Wirkung des Parks erwartet, beispielsweise für den Erhalt von landwirtschaftlichem Land.

Wirtschaftlich wird der Park als eine Chance gesehen, um die Vermarktung von Produkten und Dienstleistungen zu fördern, beispielsweise mit einem Produktelabel oder im Bereich des Agrotourismus. Die direkte finanzielle Unterstützung von Projekten durch den Park ist wirtschaftlich auch vorteilhaft, sowie die indirekten Erträge, welche aus der Realisierung dieser Projekte entstehen. Die wirtschaftlichen Ergebnisse sind aber auch umstritten, und es wird daran gezweifelt, ob die Region von den investierten Summen wirtschaftlich profitieren kann.

Bezüglich des humanen Kapitals kann der Park eine Unterstützung für die Realisierung von Projekten anbieten: das Wissen der ParkmitarbeiterInnen sowie von Fachpersonen, mit welchen die LandwirtInnen in Verbindung gebracht werden ist für die LandwirtInnen ein Vorteil. Wollen sie sich aber in Projekten oder in Parkorganen engagieren, ist von ihnen eine zeitliche Investition nötig, welche mit ihren Arbeitsbedingungen nicht immer kompatibel ist.

Auf der sozialen Ebene spielt der Park ebenfalls eine wichtige Rolle. Insbesondere LandwirtInnen, welche sich im Park engagieren, können von der interregionalen und sektorenübergreifenden Zusammenarbeit profitieren. Die Projekte des Parks ermöglichen nämlich sowohl LandwirtInnen aus verschiedenen Gebieten des Parks miteinander zu verbinden als auch diese mit anderen Akteuren der Region in Kontakt zu bringen. Insbesondere in diesem kantonübergreifenden Park wird eine solche Zusammenarbeit über den üblichen Grenzen hinweg geschätzt. Zudem kann der Park durch seine Kommunikation sowie seine Sensibilisierungsmassnahmen den sozialen Zusammenhalt fördern, indem das gegenseitige Verständnis der LandwirtInnen und der restlichen Bevölkerung verbessert werden kann.

Der Park als Struktur wird ebenfalls positiv wahrgenommen: die Zusammenarbeit mit dem Park wird als gut geschätzt, und die Freiwilligkeit bei der Beteiligung in den Projekten sowie die Möglichkeit, sich einzubringen werden grundsätzlich als etwas positives wahrgenommen. Dabei bedauern einige LandwirtInnen eine zu kleine Beteiligung. Es werden sowohl eine kurzfristige als auch eine langfristige Wirkung des Parks erwartet. Einige LandwirtInnen befürchten Einschränkungen, welche ihrer Meinung nach mit dem Park entstehen könnten.

Der Vergleich dieser Ergebnisse mit bestehenden Forschungen oder mit den Schilderungen von Mitarbeitern des Parks und vom Schweizerischen Bauernverband hat keine bedeutenden Unterschiede aufgedeckt.

Basierend auf diesen Ergebnissen konnten schliesslich einige Empfehlungen vorgeschlagen werden, die hauptsächlich auf gut gelungenen Aspekte des Regionalen Natuparks Gruyère Pays-d'Enhaut basieren. Diese Erfolgsfaktoren betreffen die Kommunikation und die Information, die Freiwilligkeit bei der Beteiligung, das Gleichgewicht zwischen kurzfristigen und langfristigen Wirkungen, die Partizipation sowie die geteilten Werte und Vorstellungen.

### Zitierte Quellen

CORBIN, J. UND STRAUSS, A. (2008). *Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory* (3rd ed., Vol. 2). Los Angeles: Sage Publications.

DUHEM, V. (2011). *Naturpärke und Landwirtschaft: Eine gewinnbringende Partnerschaft*. Bern: Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für die Berggebiete.

HAWKINS, R. (o.D.). *Ranking and Scoring - Guidelines*. Wageningen: International Centre for development oriented Research in Agriculture. Abrufbar unter: [www.icra-edu.org/objects/anglolearn/ACFaHt1tC.pdf](http://www.icra-edu.org/objects/anglolearn/ACFaHt1tC.pdf) (letzter Zugriff: 10.6.13)

MEUSER, M. UND NAGEL, U. (2009). Das Experteninterview – konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In S. Pickel, G. Pickel, H.-J. Lauth, & D. Jahn (Eds.), *Methoden der vergleichenden Politik- und Sozialwissenschaft* (465–479). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

SCOONES, I. (1998). *Sustainable Rural Livelihoods. A Framework for Analysis. IDS Working paper, 72*. Brighton: Institute of Development studies.

WITZEL, A. (2000). Das problemzentrierte Interview. *Forum Qualitative Sozialforschung [Online Zeitschrift]*, 1(1). Abrufbar unter: <http://qualitative-research.net/fqs> (letzter Zugriff: 10.6.13)

**Phil.Alp 2014**

Die Alpen aus der Sicht junger Forschender

**Alp.relève 2014**

Les Alpes sous la loupe des jeunes chercheurs

**Mehr als Klimawandel**

**Plus que des changements climatiques**

---

# LENA THÖLE

## ZUSAMMENFASSUNG DER MASTERARBEIT

Der alpine Lebensraum ist durch eine außergewöhnlich hohe Biodiversität und Sensibilität gekennzeichnet. Aber der gegenwärtige Klimawandel wirkt sich schon jetzt drastisch auf diese schützenswerte Region aus und wird auch in Zukunft schwerwiegende Veränderungen herbeiführen. Um diese besser einschätzen und mögliche Schutzmaßnahmen ergreifen zu können, kann es von immenser Bedeutung sein, ökologische Reaktionen auf vergangene Klimaveränderungen zu verstehen. Es war Ziel der Masterarbeit, die holozäne Vegetationsdynamik am Lac de Bretaye im Hinblick auf Klimaveränderungen und menschliche Einflüsse zu rekonstruieren um möglicherweise die daraus gewonnenen Erkenntnisse auf die heutige Zeit anzuwenden.

Der Lac de Bretaye im Kanton Waadt liegt auf 1780 m ü. M. in den Schweizer Nordalpen und wird von einer anthropogenen Landschaft dominiert: alpine Weiden umgeben den See, während die Waldgrenze in tiefere Lagen zurückgedrängt worden ist. Im September 2012 wurde dem See ein fast 10 Meter langer Sedimentkern entnommen und dessen Alter mittels  $^{14}\text{C}$ -Datierung auf rund 11800 Jahre ermittelt. Weitere  $^{14}\text{C}$ -Datierungen lieferten ein stabiles Alters-Tiefen-Modell. Über den gesamten Kern verteilt wurden diskrete Proben genommen und primär auf ihre Pollen-, Holzkohle- und Makrofossilienzusammensetzung untersucht, so dass mit Hilfe von unabhängigen Klima-Proxies die Vegetationsdynamik mit den Klimaveränderungen in Zusammenhang gebracht werden konnte.

Die Ergebnisse vom Lac de Bretaye zeigen auf, dass mit dem Temperaturanstieg nach der jüngeren Dryas die Baumgrenze sehr schnell bis auf die Höhenlage des Sees stieg (vor ca. 11500 Jahren), während die Waldgrenze den See erst vor 10350 Jahren erreichte. Damit werden auch Ergebnisse vorheriger Studien bestätigt und alles deutet darauf hin, dass die Bewaldung der Schweizer Nordalpen ca. 1500 Jahre später stattgefunden hat als in den Süd- und Zentralalpen. Die Waldgrenze befand sich zu dieser Zeit in einem dynamischen Gleichgewicht mit dem Klima und reagierte auf die Erwärmung mit einem Anstieg von ca. 60 Höhenmetern pro 100 Jahre (zusammen mit den Ergebnissen vom Iffigsee berechnet) ausgesprochen schnell.

Zeitgleich breiteten sich in den tieferen Lagen wärmeliebende Baumarten wie Ulme (*Ulmus*), Linde (*Tilia*) und Ahorn (*Acer*) aus, die klimabedingt etwas später ebenfalls das höhere Gebiet um den Lac de Bretaye erreichten und mit den Baumgrenzarten (*Pinus cembra*,

*Larix*, *Betula* und nach 8000 cal. BP *Abies alba*) für die Alpen nahezu einzigartige boreo-nemorale Wälder bildeten.

Diese Wälder blieben solange bestehen, bis vor 5500 Jahren der menschliche Einfluss auf die Landschaft dramatisch zunahm und die wärmeliebenden und zugleich störungsanfälligen Baumarten zurückgedrängt wurden. Einerseits kann dieser Einfluss durch das erhöhte Aufkommen von Holzkohle belegt werden, wodurch auf eine erhöhte Nutzung des Feuers durch den Menschen zu schließen ist. Andererseits begann zu dieser Zeit die Massenexpansion der gemeinen Fichte (*Picea abies*), die nach neuesten Forschungsergebnissen nur durch die anthropogene Landnutzung möglich war. Ulmen, Linden und zu einem geringen Anteil auch Ahorn konnten weder den häufiger auftretenden Bränden noch der Widerstandsfähigkeit der Fichte standhalten und wurden aus der subalpinen Stufe verdrängt.

Die intensive Landnutzung führt bis heute dazu, dass die Wälder um den Lac de Bretaye immer noch von Fichten dominiert werden und durch Rodung und Beweidung keine Wiederbewaldung in den höheren Lagen möglich ist.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der bis vor ca. 5500 Jahren auf die Vegetation vorherrschende Faktor Klima danach durch den menschlichen Einfluss abgelöst wurde.

In Anbetracht des heutigen Klimawandels haben diese Ergebnisse folgende Bedeutung: mit steigenden Temperaturen wird sich die Waldgrenze rasant in höhere Gebiete verlagern. Daraus entsteht aller Wahrscheinlichkeit nach ein großer Verlust der alpinen Rasen und somit auch ein Rückgang der Biodiversität. Die Landnutzung verlangsamt diese Bewegung momentan noch, allerdings nimmt die Bedeutung der alpinen Landwirtschaft ab. Dies führt mit der zu erwartenden Erwärmung auch dazu, dass die heutigen artenarmen Fichtenstände von wärmeliebenden Baumarten wie Linde, Ulme und Ahorn durchbrochen werden und somit artenreichere Wälder entstehen können.

# Drivers of Holocene vegetation dynamics in the Northwestern Swiss Alps

Dissertation von Christoph Schwörer

## Zusammenfassung

Die zukünftige Zusammensetzung und Verteilung der Vegetation in den Alpen wird hauptsächlich von zwei wichtigen Faktoren bestimmt: Klimawandel und Landnutzung. Steigende Temperaturen haben zur Folge, dass Pflanzenarten ihr Verbreitungsgebiet in höhergelegene Gebiete verschieben. Die landwirtschaftliche Nutzung des Berggebiets z.B. durch Beweidung hat aber ebenfalls einen grossen Einfluss auf die Vegetation. Paläoökologische Methoden erlauben es, den langfristigen Einfluss dieser beiden Faktoren auf die Vegetation in der Vergangenheit zu bestimmen und liefern so wichtige Informationen über mögliche Veränderungen in der Zukunft. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die lokale und regionale Vegetationsdynamik seit der letzten Eiszeit in den westlichen Berner Alpen zu rekonstruieren. Dazu analysieren wir Pollen, Sporen, Pflanzenreste und Holzkohle welche im Sediment von Seen konserviert wurden und Rückschlüsse auf die lokale und regionale Vegetations- und Feuergeschichte zulassen. Wir sind besonders interessiert an den Ursachen und Auswirkungen von Vegetationsveränderungen und benützen ökologische Ordinationsmethoden und Zeitreihenanalysen sowie numerische Modelle, um den Einfluss verschiedener Faktoren auf die Vegetation zu bestimmen.

Für die vorliegende Arbeit wurden drei Standorte auf einem Höhentransekt in den westlichen Berner Alpen untersucht: Iffigsee (2065 m.ü.M.), Emines (2288 m.ü.M.) und Lauenensee (1382 m.ü.M.). Die Analyse von Pflanzenresten im Sediment des Iffigsees weist darauf hin, dass die Waldgrenze im Früh- und Mittelholozän (vor ca. 10'000 – 4000 Jahren) deutlich höher lag als heute. In Kombination mit der Analyse des Standortes Emines können wir darauf schliessen, dass die Waldgrenze eine maximale Höhe von ca. 2100 – 2250 m.ü.M. erreichte. Die alpinen Weiden oberhalb von ca. 2300 m.ü.M. waren niemals bewaldet seit der letzten Eiszeit und zeigen keine Veränderungen durch Temperaturänderungen von +/- 1°C. Im Vergleich zu den Zentralalpen fand die Wiederbewaldung der heutigen Waldgrenze nach der letzten Eiszeit rund 1500 Jahre später statt, was auf kältere Temperaturen in den Nordalpen im Frühholozän (vor ca. 11'600 – 10'000 Jahren) schliessen lässt.

Archäologische Funde aus einem abschmelzenden Eisfeld am nahegelegenen Schnidejoch (2756 m.ü.M.) belegen, dass sich Menschen bereits seit der Jungsteinzeit (vor ca. 6800 Jahren) in der Gegend aufgehalten haben. Das zeitgleiche Auftreten von Pollen und Sporen die typisch sind für alpine Weidenutzung im Sediment des Iffigsees weisen darauf hin, dass es sich dabei höchstwahrscheinlich um Hirten aus dem Wallis gehandelt hat. Eine signifikante Korrelation dieser Weidezeiger mit Holzkohlepartikel zeigt zudem, dass der Mensch Feuer verwendete um die Weideflächen an der Waldgrenze zu erweitern. Diese menschliche Störung hatte einen negativen Einfluss auf wichtige Baumarten wie *Abies alba* (Weisstanne), *Pinus cembra* (Arve) und *Larix decidua* (Lärche) und ermöglichte die Ausbreitung von *Picea abies* (Fichte) in den Alpen. Dieses Resultat wird durch die Analyse von Pollen und Holzkohlepartikel aus dem tiefergelegenen Lauenensee (1382 m.ü.M.) gestützt. Zudem belegen unsere Resultate, dass im Untersuchungsgebiet seit mindestens 5800 Jahren eine Sömmerungswirtschaft betrieben wurde mit Viehhaltung in den alpinen Weiden und Ackerbau im Tal. Durch Beweidung und Feuer

wurde die Waldgrenze während der Bronzezeit, der Eisenzeit und dem Mittelalter mehrere Male bis unterhalb des Iffigsees gesenkt. Die heutigen alpinen Weiden rund um den See entstanden im Mittelalter, als Bauern die verbleibenden Bäume rodeten um die Alpweiden zu erweitern

Für die zukünftige Entwicklung von Bergwäldern lässt sich aus unseren Resultaten ableiten, dass die gemässigte Weisstanne wahrscheinlich besser an den Klimawandel angepasst ist als die trockenheitsempfindliche Fichte, besonders in abgelegenen Gegenden mit wenig Störung. Unsere Studie weist zudem auf eine Verschiebung der realisierten ökologischen Nische der Weisstanne durch Brandrodung und Beweidung hin, was die Simulation der zukünftigen Verbreitung basierend auf ihrem heutigen Vorkommen mit statischen Vegetationsmodellen stark erschwert. Wir verwendeten deswegen LANDCLIM, ein dynamisches Vegetationsmodell, um verschiedene Hypothesen zu testen, welche die späte Wiederbewaldung am Iffigsee im Vergleich zu den Zentralalpen erklären könnten. Das Auftreten erster Bäume vor ca. 9800 Jahren kann erfolgreich durch das Modell simuliert werden, wenn die erhöhte Saisonalität aufgrund einer veränderten Sonneneinstrahlung im Frühholozän berücksichtigt und die Bodenfeuchtigkeit reduziert wird. LANDCLIM simuliert tiefgreifende Veränderungen in der Bergvegetation unter zukünftigen Klimaszenarien. Aufgrund der Erwärmung von 4 °C und der Niederschlagsreduktion im Sommer von 30 % bis zum Ende dieses Jahrhunderts, werden sich die Vegetationsgürtel um ca. 500 Meter nach oben verschieben und die Waldgrenze wird in den Nordalpen bis ca. 2500 m.ü.M ansteigen.

Diese Dissertation zeigt eindeutig, dass der Mensch die Vegetation in den Alpen seit Jahrtausenden prägt. Die Aufgabe von landwirtschaftlich genutzten Flächen in unrentablen Gebieten wird kurzfristig einen grösseren Einfluss auf die Vegetationsentwicklung haben als der Klimawandel. Langfristig hingegen wird der Klimawandel zu einer drastischen Veränderung der Vegetationszusammensetzung und -verbreitung führen, indem er die Pflanzen in höhergelegene Gebiete zwingt. Dies führt unausweichlich zu einer Verkleinerung des Verbreitungsareals aufgrund topographischer Gegebenheiten und möglicherweise auch zum Aussterben endemischer Arten auf tiefergelegenen Berggipfeln. Die artenreichen alpinen Wiesen sind von einem Anstieg der Waldgrenze besonders betroffen, da oberhalb der alpinen Stufe genügend Bodensubstrat fehlt. Unsere Studie zeigt jedoch, dass traditionelle Alpwirtschaft und/oder kleinere Waldbrände die Ausbreitung von Wald in der heutigen alpinen Stufe verhindern und so die hohe Biodiversität der alpinen Ökosysteme bewahren können. Politische Massnahmen wie etwa die Förderung von ökologischen Ausgleichsflächen oder die finanzielle Unterstützung der alpinen Weidewirtschaft in abgelegenen Gebieten haben das Potenzial die Bewaldung landwirtschaftlicher Flächen in den Alpen aufzuhalten und können so die artenreichen alpinen Wiesen für zukünftige Generationen bewahren.

## **Les changements climatiques augmenteront-ils le risque d'invasion en montagne par les néophytes ?**

### *Contexte de l'étude*

Ce travail s'inscrit en tant que chapitre de ma thèse de doctorat, défendue en janvier 2014 et intitulée *Using environmental niche modeling to understand biological invasions in a changing world* (que l'on pourrait traduire par *L'utilisation de modèles de niche environnementale pour comprendre les invasions biologiques dans un monde soumis aux changements globaux*). Par cette thèse, j'ai étudié et modélisé la niche des espèces envahissantes à une échelle très globale afin de mieux prédire leur distribution. Ces espèces représentent un danger majeur pour la biodiversité. Un des chapitres s'intéresse spécifiquement à leur distribution dans les Alpes suisses et comment cette dernière pourrait changer avec le réchauffement climatique.

### *But de l'étude*

Actuellement, les invasions biologiques ne concernent que marginalement les écosystèmes alpins. En effet, à cause de conditions climatiques plus rudes et d'une activité humaine moins présente en montagne, c'est surtout en plaine que les espèces envahissantes sont introduites et capables de se disperser. Toutefois, cette situation pourrait changer dans un futur proche. Premièrement, le réchauffement climatique entraînera des conditions plus favorables en montagne pour ces espèces. Deuxièmement, le tourisme d'altitude augmente les perturbations sur les écosystèmes alpins, les rendant plus vulnérables aux invasions biologiques. Enfin, la plupart des espèces envahissantes de plaine se dispersent et augmentent leurs effectifs, agissant ainsi comme une pression de propagule supplémentaire sur les milieux d'altitude. Il est donc crucial d'estimer le potentiel d'invasions des milieux alpins, afin de mieux préserver la biodiversité alpines qui sera déjà bouleversée par les nouvelles conditions environnementales dues aux changements climatiques.

### *Méthode*

J'ai modélisé la niche de 24 espèces présentes dans la liste noire ou la watch list d'infoflora (<http://www.infoflora.ch/fr/flore/neophytes/listes-et-fiches.html>). Il s'agit d'espèces qui causent, ou sont susceptibles de causer, des dommages importants à la biodiversité, à la santé ou à l'économie en Suisse. La modélisation de niche consiste à relier par un modèle statistique la distribution d'une espèce aux conditions environnementales où elle est observée. Si les informations sur les conditions environnementales sont spatialement explicites (c.-à-d. couvrant exhaustivement une zone géographique d'intérêt, dans mon cas : la Suisse), il est possible de projeter ce modèle de niche, obtenant ainsi une distribution potentielle géographique de l'espèce. J'ai donc utilisé des données climatiques (p.ex. la température moyenne annuelle, la somme des

précipitations), hydrologique (influence des rivières) ou anthropiques (degré d'urbanisation) pour obtenir la distribution potentielle de ces 24 espèces en Suisse. De plus, j'ai appliqué des scénarios de changement climatique à ces projections, pour obtenir des distributions potentielles en 2030 et en 2070. Enfin, j'ai essayé de comprendre les facteurs expliquant l'ascension potentielles de ces espèces en altitude, en m'intéressant aux traits fonctionnels de ces espèces et en répliquant cette étude dans une chaîne de montagnes australiennes en Nouvelle Galles du Sud, où l'on trouve des conditions environnementales complètement différentes.

### *Résultats*

Actuellement, la distribution potentielle de ces espèces se trouve essentiellement en plaine (jusqu'à 800 m d'altitude). D'ici à 2070, l'étage montagnard (801 -1500 m) deviendra hautement favorables aux espèces envahissantes. L'étage subalpin (1501 - 2200 m) pourrait lui aussi devenir colonisable selon les modèles. Les espèces envahissantes capables de survivre aux altitudes les plus élevées sont celles qui sont le mieux adaptées au froid, disposant de rosettes basales et n'ayant qu'une paire de chromosomes (diploïdes) .

En Australie, la situation est différente. Actuellement, les conditions les plus favorables aux plantes envahissantes se trouvent déjà à l'étage montagnard (701 - 1400 m) et subalpin (1401 - 1800 m). D'ici à 2070, les modèles de niche indiquent que cette situation ne changera pas aussi radicalement que dans les Alpes Suisse. Seul l'étage alpin pourrait devenir plus favorable. Les espèces capables de survivre aux altitudes les plus élevées sont celles qui sont mieux adaptées aux sols humides et qui ne dépendent pas de l'activité humaine pour se disperser.

### *Conclusion*

Bien qu'actuellement relativement faible, le risque d'invasion de néophyte va augmenter d'ici à 2070 dans les Alpes suisses. Ces espèces envahissantes représentent une pression supplémentaire sur la biodiversité alpine qui sera déjà mise à rude épreuve par les changements de conditions liées au réchauffement climatique. Cette tendance n'est pas généralisable à toutes les chaînes de montagnes. En Australie, où l'aridité est plus stressante que le froid, l'altitude des néophytes n'augmentera pas aussi abruptement que dans les Alpes suisses. Toutefois, en anticipant la distribution potentielle de ces néophytes dans les programmes de conservation de la biodiversité alpine, il devrait être possible de limiter l'impacte de ces invasions biologiques. En effet, la prévention des espèces envahissante s'est montrée beaucoup plus efficace que leur éradication.

**Phil.Alp 2014**

Die Alpen aus der Sicht junger Forschender

**Alp.relève 2014**

Les Alpes sous la loupe des jeunes chercheurs

**Mehr als Unterkünfte**

**Plus que de l'hébergement**

---

# Auswirkungen von Tourismusresorts auf die Landschaft

Masterarbeit an der Universität Bern | Priska Lorenz | Abschluss 02/2013

---

Die Schweiz erlebt seit einigen Jahren einen Resortboom. Der Bau und der Betrieb von Resorts beeinflussen die Landschaft in der näheren und weiteren Umgebung des Resorts, etwa durch den Ausbau von Verkehrswegen oder touristischer Infrastruktur. Auch der Siedlungs- und Wirtschaftsraum, das Ortsbild, die natürliche Umwelt, das soziale Gefüge und die Identität der einheimischen Bevölkerung können sich verändern. Zur Abschätzung dieser Veränderungen gibt es bisher kein Instrument.

Die Arbeit verfolgt drei Ziele: erstens die Inventarisierung aller Resorts und Resortprojekte der Schweiz, zweitens das Entwickeln eines Instruments zur Abschätzung der Auswirkungen von Resorts auf die Landschaft und drittens das Anwenden dieses Instruments anhand einer vergleichenden Analyse verschiedener Resort- und Landschaftstypen.

Den theoretischen Hintergrund der Arbeit bilden Konzepte zur nachhaltigen Entwicklung, welche die drei Dimensionen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt umfasst. Auf Basis von weiteren vorhandenen Konzepten und Typologisierungen fassen die in der Arbeit verwendeten fünf Resorttypen (Komplexes Resort/Hotelresort/Apartmentresort/Feriendorf/Zweitwohnungsresort) und die drei Landschaftstypen (agrarisch geprägte Landschaft/Agrar- und Tourismuslandschaft/stark genutzte Tourismuslandschaft).

Verschiedene vorhandene Methoden zur Abschätzung bzw. Quantifizierung der Auswirkungen menschlichen Handelns auf die natürliche Umwelt wurden auf ihre Eignung zur Adaption für das neu entwickelte Instrument geprüft. Diese Analyse ergab, dass die Übernahme von Ideen aus Fussabdruck-Konzepten – entgegen den ersten Ideen – nicht sinnvoll ist. Gedanklich-konzeptionelle wie auch inhaltliche Inspiration fand sich aber in bestehenden Methoden und Instrumenten zur Bewertung von nachhaltiger Entwicklung im Tourismus. Dabei flossen insbesondere die Projektorientierung, das Einbinden von qualitativen und quantitativen Elementen, die Orientierung an verschiedenen Funktionen der Landschaft sowie das Arbeiten mit Zielen und Indikatoren in das entwickelte Instrument ein.

Als Grundlage für das entwickelte Instrument wurde ein Inventar der Resorts und Resortprojekte der Schweiz erstellt. Es enthält 47 Resorts in Betrieb, 15 in Bau und 29 in Planung. Die zahlenmässig wichtigsten Resorttypen sind dabei Hotelresorts und Feriendörfer. Die grosse Mehrheit der Resorts in der Schweiz wird in Agrar- und Tourismuslandschaften sowie in stark genutzten Tourismuslandschaften betrieben, gebaut und geplant. Zukünftig dürften komplexe Resorts an Bedeutung gewinnen.

Das entwickelte Instrument ist an verschiedene Bewertungsmethoden aus dem Tourismus angelehnt, aber einzigartig in seiner Fokussierung auf Resorts und im Anspruch, deren Auswirkungen auch auf die umliegende Landschaft zu thematisieren. Es vergleicht die Auswirkungen der Resorts mit einem Referenztypen, der die Entwicklung der Landschaft ohne Resortprojekt beschreibt. In Tourismusgebieten beinhaltet dies den Bau der konventionellen touristischen Unterkünften: Hotels, Ferien- und Zweitwohnungen. In ein Zielsystem, welches im Sinne der nachhaltigen Entwicklung für vier Landschaftsfunktionen (Lebens-, Kultur- und Identifikationsraum / Naturraum / Wirtschaftsraum / Erlebnis- und Erholungsraum) Ziele definiert, sind 26 Indikatoren eingebettet, die deren Erreichung überprüfen. Für jeden Indikator wird dabei abgeschätzt, wie er sich beim Bau des Resorts im Vergleich zum Referenztyp verhält. Diese Abschätzung zwischen Resort und Referenztyp durchläuft danach einen Filter, welcher die Wirkung der Indikatoren auf die Landschaftsfunktionen definiert. Die daraus folgenden Resultate zeigen auf, ob das Resort im Vergleich zum Referenztyp positivere, gleiche oder negativere Auswirkungen auf die vier Landschaftsfunktionen hat.

In einer vergleichenden Analyse wurde das Instrument anhand der fünf Resorttypen und der drei Landschaftstypen angewandt. Dabei resultierten – nicht in allen Landschaftstypen gleich ausgeprägt - für die meisten Resorttypen im Vergleich zum Referenztyp positivere Auswirkungen auf Wirtschaftsraum und Erlebnis-/Erholungsraum sowie negativere Auswirkungen auf Lebens-, Kultur- und Identifikationsraum sowie Naturraum. Für Apartmentresorts und Feriendörfer fiel die Analyse im Vergleich zu einer konventionellen Entwicklung tendenziell am besten aus, klar schlechter als der Referenztyp schnitten Zweitwohnungsresorts ab.

Ob Resorts schlussendlich dem konventionellem Bau von touristischen Unterkünften vorzuziehen sind, hängt vom Resorttyp, der konkreten Ausgestaltung des Resorts, dem Zustand der Landschaft und den strategischen Zielen der Region, in der es gebaut werden soll, ab. In naturräumlich belassenen Räumen sind die Auswirkungen von allen Resorttypen auf die Landschaft zu gross, als dass die Entwicklung, die ein Resort mit sich zieht, nachhaltig sein könnte. Anders verhält es sich in wirtschaftlichen Entwicklungsschwerpunkten und touristischen Kerngebieten, wo Resorts durchaus eine Alternative zum konventionellen Unterkunftsmix sein können. Wichtig ist dabei insbesondere eine kompakte und umweltschonende Bauweise, ein Standort im oder angrenzend zum bestehenden Siedlungsgebiet und ein Betriebskonzept, welches kalte Betten verhindert. Zudem muss die Biodiversität gefördert werden und das Resort sollte auf einheimische Betriebe und schon vorhandene Infrastrukturen abstützen. Sind diese Kriterien erfüllt, kann ein Resort eine nachhaltigere Alternative zur konventionellen Entwicklung sein.

*Priska Lorenz, 13. Februar 2014*



# SOUS LES SOMMETS, UNE ÉTUDE SUR LES CABANES DE MONTAGNE EN VALAIS

Stéphanie Hasler et Barbora Pisanova

**« Quelles sont les caractéristiques des cabanes aujourd’hui et quelle sera leur évolution? Comment sauvegarder et éviter de dénaturer la définition de la cabane au profit d’un luxe technologique, tout en satisfaisant une grande diversité d’hôtes? »**

Mots clés: *Cabane, alpinisme, territoire alpin, architecture alpine, sauvegarde des cabanes, paysage alpin*

Nous présentons le premier volet de notre travail de diplôme, *l’Enoncé Théorique de Master*, qui aboutira à un projet de cabane de montagne au-dessus d’Arolla. Notre recherche est axée principalement sur le canton du Valais et se développe en trois parties: une contextualisation historique et sociale, une analyse architecturale et phénoménologique de quelques exemples de cabane et une ouverture sur leur avenir.

Les cabanes de montagne évoluent dans un paysage culturel parfois méconnu, influencé par un mythe tissé autour d’une représentation de l’alpinisme. Pourtant, leur architecture se base sur des principes similaires à ceux utilisés en plaine, mais dans un contexte totalement différent. Les cabanes peuplent les Alpes et interagissent entre elles tout en fonctionnant de façon indépendante. Par leur situation isolée au cœur d’un environnement aux contraintes extrêmes, elles soulèvent des questions d’intégration et de préservation de la nature et du paysage. L’absence de contexte construit permet-elle une liberté d’expression architecturale ou au contraire, implique-t-il des règles strictes?

Dès le milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle, des scientifiques se rendent en montagne pour explorer les glaciers et les sommets, comme par exemple le genevois H.-B. De Saussure, qui fut par ailleurs l’un des premiers commanditaires de refuges. Quelques-uns de ces chercheurs commencent aussi à apprécier ces activités pour le seul plaisir contemplatif. Dès les années 1850, les principaux clubs alpins sont fondés et la plupart des cabanes sont construites. Puis a lieu la

grande démocratisation du ski alpin dans les années 1960. Enfin, nous assistons actuellement à une nouvelle phase de médiatisation de la montagne avec la popularisation du ski de randonnée et de l’escalade, amenant une nouvelle clientèle dans les cabanes.

Les cabanes de montagne en tant qu’abris sommaires ne suffisent plus depuis longtemps. Chaque génération amène son lot de nouveaux besoins. La demande change: non seulement la fréquentation augmente, nécessitant plus d’espace, mais les besoins des utilisateurs se complexifient, tant en matière d’équipement que d’entretien. Il en résulte un urgent besoin d’adaptation. Un confort croissant est exigé par la clientèle, mais est-ce une évolution souhaitable? Le Club Alpin Suisse (CAS) doit actuellement faire face à ces questions. Afin de répondre aux nouvelles demandes, de nombreuses innovations sont réalisées. Dès lors, la remise à jour des cabanes est une thématique actuelle. Cet intérêt est encore augmenté par l’avènement d’une conscience écologique qui met en avant les constructions énergétiquement autonomes, dans un souci de développement durable. Certaines cabanes sont un modèle autant pour les autres constructions en autarcie que pour les constructions conventionnelles en plaine. Le réchauffement climatique a placé au centre des discussions le problème de la modification du paysage alpin, à travers des manifestations géologiques telles que la fonte des glaciers et du permafrost, la multiplication des glissements de terrain et l’accélération de l’érosion. Les cabanes permettent d’accéder à ce patrimoine naturel qui s’évapore peu à peu.

De plus, dans un climat de globalisation et d'urbanisation constante, la population helvétique a besoin de réaffirmer son caractère national, qui est en partie montagnard. En effet, la Suisse est souvent perçue comme un pays où la tradition et l'ordre cadrent les paysages, parallèlement à une technologie toujours à la pointe. Afin de tenir la cadence de la modernité, il faut sans cesse renouveler cette image. Il devient donc presque logique d'allier montagne et technologie pour faire parler de soi et réactualiser la tradition. Et comme l'attrait touristique de la Suisse réside en grande partie dans ses montagnes, celles-ci doivent conserver une image positive, tant pour ses habitants que pour les visiteurs étrangers. La cabane, précisément, a le potentiel de réaliser à merveille cette fusion entre montagne et technologie.

Par leur expression, les nouvelles cabanes permettent de donner une image novatrice à une région. Elles sont en outre devenues un outil de communication puissant et ont acquis un pouvoir socio-économique important.

Les cabanes ont passé par différents stades d'évolution et différents niveaux de confort. À l'origine, elles étaient essentiellement simples et d'inspiration vernaculaire, souvent réalisées par les alpinistes ou les guides. Peu à peu, les architectes s'y sont intéressés et leur programme fut théorisé et défini. Aujourd'hui, cette définition et cet intérêt de la part des architectes ont abouti aux cabanes réalisées sur concours avec comme base un programme clairement énoncé. La relation à la nature et au paysage ou encore les questions de forme et de spatialité sont maintenant des aspects importants dans l'architecture des cabanes. Elles ont acquis au fur et à mesure des décennies une certaine place sur la scène architecturale suisse.

Grâce à une analyse thématique des cabanes (implantation, forme, relation intérieur-extérieur, distribution, fonctionnalité du plan, techniques, spatialité et expression), nous soulignons plusieurs points relatifs à leur évolution. Tout d'abord, nous remarquons une constante privatisation des espaces, tant entre le gardien et les clients qu'entre les clients eux-mêmes. Ceci est accompagné d'une augmentation croissante du confort, matérialisée par des sanitaires de plus en plus présents, des lits plus grands, et un passage de quelques grands dortoirs à plusieurs petites chambres. Certes, les cabanes doivent s'adapter à la clientèle pour survivre, mais de façon mesurée pour ne pas tomber dans une manière de faire hôtelière, qui dénaturerait son caractère propre. Le risque est en effet de perdre l'esprit communautaire intrinsèque

aux cabanes. Notons d'ailleurs que ces dernières, de plus en plus grandes, génèrent déjà des relations de plus en plus anonymes entre les visiteurs.

Ensuite, l'évolution de la clientèle, qui n'est plus composée uniquement d'alpinistes, nécessite toujours plus de polyvalence. Des activités complémentaires à l'alpinisme ou à la randonnée telles que des expositions artistiques, des cours de dessins ou encore des soirées thématiques sont accueillies dans les cabanes et leurs environs. Elles doivent donc être en mesure de gérer cette nouvelle diversité en hébergeant une plus grande mixité de personne. On assiste à une anthropisation et même une urbanisation de l'étage alpin. Après avoir englobé les stations de ski, les modes de vie urbains, caractérisés par des activités cosmopolites, viennent aussi dans les cabanes. Il faudrait générer plusieurs sous-communautés autonomes au sein d'une même cabane plutôt que de construire pour la satisfaction de la moyenne. Cela pourrait être atteint en offrant plus de diversité afin de garder un attrait mixte tout en sauvegardant certaines traditions de la culture alpine.

Alors que la montagne est un territoire sur lequel l'architecte jouit d'une grande liberté conceptuelle, ce sont aujourd'hui l'éthique, mais aussi les préoccupations écologistes qui imposent les limites de ce qui peut être construit en haute montagne. Nous sommes convaincues que l'architecte d'une cabane doit mener des réflexions à propos du confort, de la mixité et de l'environnement, afin de faire les choix de conception optimaux dans un lieu aussi exceptionnel que les Alpes. Le défi est d'arriver à concilier des aspects parfois en contradiction pour répondre au mieux aux attentes des divers clients, tout en ménageant la nature et sa tranquillité.

Notre travail se poursuit actuellement par un projet de cabane qui se base sur les points relevés dans cette première partie théorique et qui peut être considéré comme faisant partie intégrante de la recherche.

# Gemeinschaftshaus Alte Bergstation

## Stoos



### Das Projekt

Das neue Wohn- und Atelierhaus in Stoos ist ein Um- und Erweiterungsbau der ehemaligen Standseilbahn-Bergstation Schlattli - Stoos. Die alte Bergstation befindet sich am Dorfrand. Der 42 Meter lange siebengeschossige Bau ist auch von einer weiteren Distanz nicht zu übersehen. (Die Überdimensionierung kommt von der Aufgabenstellung her.) Durch Aufteilung in mehrere ineinander eingeschobene Kuben wird das für Stoos ungewöhnlich grosse Gebäude versucht an örtliche Körnung anzupassen. Die Standseilbahn wird im Dezember 2014 geschlossen und eine Neue wird in Betrieb genommen. Sie hatte zwei klar voneinander getrennte Ebenen, eine Personen- und eine Güterebene. Die untere Güterebene ist komplett aus Beton, während die obere Personenebene teilweise aus einer Stahlskelettkonstruktion und teilweise aus Beton bestand. Für das Projekt wird der gut erhaltene Betonteil als Sockel für die Erweiterung genutzt. Der Er ist im steilen Gelände eingebettet und im Fels verankert. Auf dem bestehenden Betonteil werden weitere sechs Splitlevel-Geschosse in Holztafelkonstruktion aufgebaut. Die Räume im bestehenden Sockel werden in öffentliche Ateliers und Werkstätte umgenutzt, die neuen Räumlichkeiten aus Holz sind für Wohnungen und Gemeinschaftsräume vorgesehen. Der öffentliche Charakter des Gebäudes bleibt erhalten. Nicht nur weil die Bergstation über achtzig Jahre der Öffentlichkeit diente, sondern auch weil mit dem Umbau und der Erweiterung die Anzahl der permanenten Einwohner in Stoos um ein Drittel schlagartig anwachsen würde. Ein Projekt dieses Ausmasses bedingt eine starke Einbindung in die Dorfstruktur. Es handelt sich theoretisch um ein neues Dorfquartier, das in einem einzelnen Gebäude konzentriert wird. Ebenfalls die prominente Lage mit der Aussicht auf den Vierwaldstättersee verlangt nach öffentlicher Nutzung.

### Ort und Nutzung

Die autofreie Gemeinde Stoos ist ein kleines alpines Ressort, liegt auf einem Bergplateau auf 1300 M.ü.M und die umgebende intakte Natur stellt für das Dorf die grösste Devise dar. Während die Zahl der permanenten Bewohner sich um die 130 bewegt, beträgt die Zahl der Fremdbetten etwa 2200. In der Hochsaison muss die Infrastruktur dem Druck von bis zu 7000 Besuchern pro Tag standhalten. Stoos entstand in der Mitte des 19. Jahrhunderts als Kur- und Ferienort und der Tourismus prägt das Dorf bis heute: Wirtschaftlich ist Stoos auf den Tourismus angewiesen. Die komplette Ver- sowie Entsorgung passiert vom Tal. Ausser einem Schreiner und zwei Landwirten gibt es keinen Handwerker im Dorf. Selbstversorgung und Selbstgenügsamkeit sind in Stoos nicht mal ansatzweise vorhanden. Es gibt in Stoos Einwohner, die im Dorf selber wohnen und arbeiten, es gibt solche, die nach Stoos pendeln, weil es einen Mangel an Familienwohnungen gibt, und es gibt auch Leute, die von Stoos aus täglich wegpPendeln, weil Stoos nicht über ausreichende Telekommunikationsinfrastruktur für Heimarbeit verfügt. Die Selbstgenügsamkeitsidee als ideologische Grundlage, in der Geschichte immer in der Form vom Handwerk repräsentiert, die fehlende Infrastruktur für Heimarbeit und der Mangel an Familienwohnungen führten zum Nutzungskonzept des Projekts. Die Umnutzung der bestehenden Bergstation bietet öffentliche Werkstätten und Ateliers mit Infrastruktur für manuelle und geistige Arbeit, ihre Erweiterung Wohnräumlichkeiten für kleine und grosse Familien.

### Räumliches Konzept

Einfachheit und Funktionalität prägen die Bergstation in Stoos. Die Einfachheit des Baus sieht man in mehreren aneinander platzierten Kuben mit unterschiedlichen Höhen und Grössen. Die Funktionalität des Gebäudes wird durch den Seilbahnantrieb und -betrieb geprägt. Ein- und Ausfahrt der Bahn, das Antriebseil sowie der Bahnantrieb selber müssen verbunden sein, was zum Verschmelzen von fünf einfachen kubischen Räumen auf zwei Höhenebenen zu einem merkwürdigen Raumkontinuum führt. Diese aus technischen Gründen entstandene räumliche Konstellation wird aufgenommen und im Treppenhaus der neuen Erweiterung fortgesetzt.

Das Treppenhaus bildet als vertikale Achse das Rückgrat der Erweiterung. Es ist komplett aus Beton gebaut, im Sinne einer Fortführung des bestehenden Raumkontinuums. Während sich die Raumfolge im Altbau horizontal erstreckt, bekommt sie im Aufbau eine vertikale Ausrichtung. Das Treppenhaus beherbergt neben der vertikalen Erschliessung halböffentliche Räume für die Hausbewohner. Sie sind ein Teil des Treppenhauses, direkt an der Verkehrsfläche angedockt, dadurch wird das Treppenhaus plastisch geformt. Es entsteht eine Betonskulptur, die in ihrem Inneren begehbar ist. Die Aufenthaltsräume sind sehr individuell ausformuliert, sie bieten unterschiedliche Räume an, die auf jedem Geschoss neue Durch- und Ausblicke ermöglichen. An das Treppenhaus sind Wohnungen angeschlossen, deren Raumaufteilung durch die Räumlichkeiten des Treppenhauses determiniert ist. Die Wohnungen gehorchen den vorgegebenen Strukturen, was dazu führt, dass jede Wohnung individuell entworfen und ausgestattet wird.

### Energie

Es gibt zwei Strategien betreffend Energiekonzepte; Erstens Energiegewinn und zweitens Energieverlustminimierung. Es wird auf beide eingegangen. Die einzige sinnvolle Naturenergiequelle in Stoos ist die Sonne. Auf dem Dach werden hybride Sonnenkollektoren installiert, die für den Stromgewinn und gleichzeitig für die Heizung des Gebäudes und die Brauchwarmwasserzubereitung sorgen. Durch eine gute Fassade sollten Energieverluste minimiert werden.

### Konstruktion, Materialisierung

Der bestehende, massive Betonbau der Station bildet den Sockel für die Erweiterung. Die Erweiterung ist in Holztafelbauweise gefertigt. Dies auf Grund der konstruktiven Unterscheidung zwischen dem öffentlichen (Werkstätte, Atelier, Treppenhaus) und dem privaten Bereich (Wohnungen) des Gebäudes, dem geringen Gewicht und der Nachhaltigkeit des Holzes. Das Treppenhaus ist statisch unabhängig und bietet dem Aufbau eine statische Unterstützung. Die Erweiterung ist auf einem Achsenraster aufgebaut, der zum Gestaltungsraster der Fassade wird.

In der Anlehnung an den ursprünglichen Bau werden in der Erweiterung Materialien mit industriellem Charakter eingesetzt. Herkömmliches Aluminium wird durch Eloxierung veredelt und die Aluminiumfassade erhält eine bräunliche Verfärbung mit Schimmer von Bronze und Anthrazit.

### Begehbare Skulpturen

Beim Betreten des Gemeinschaftshauses gelangt man in einen fast zehn Meter hohen Raum. Die Eingangshalle ist ein zentraler Raum des Hauses. Hier überschneiden sich der Bestand und der Aufbau. Das Atelier, die ehemalige Ein- und Ausstiegshalle, beherbergt eine monolithische Treppenanlage, die einen starken skulpturalen Charakter hat. Sie ermöglichte einst das Ein- und Aussteigen in der schrägen Ebene auf fünf verschiedenen Höhenniveaus. Die Treppenanlage wird erhalten und bleibt Teil des Ateliers. Sie wird zu einem begehbaren skulpturalen Arbeitsraum. Das neue Treppenhaus hingegen ist eine Skulptur, die man in ihrem Inneren betreten kann. Es beherbergt die vertikale Erschliessung und Gemeinschaftsräume. Die Gemeinschaftsräume werden auf jedem Geschoss anders ausgebildet und weisen unterschiedliche Qualitäten auf, von einfachen kubischen Räumen, über Aussenräume, eine Galerie, Räumen mit Sichtbeziehung bis hin zu einer zweigeschossigen Loggia. Die Anordnung der Räume ermöglicht ständig neue Durch- und Ausblicke. Im obersten Geschoss an das Treppenhaus angedockt befindet sich ein öffentliches Restaurant mit Dachterrasse und der imposanten Aussicht ins Tal.

# Transithotel im Steinbruch - Eine typologische Spekulation

Masterthesis in Architektur | Eingereicht am 5. Juli 2013 | Hochschule Luzern | Cyrill Chrétien

Betreuung Thesiprojekt: Prof. Johannes Käferstein | Betreuung Thesisbuch: Dr. Oliver Dufner

Ein stillgelegter Steinbruch am Vierwaldstättersee sowie die Bauaufgabe „Hotel“ – diese beiden Bestandteile umreissen im Wesentlichen die Ausgangslage für die vorliegende Thesearbeit. Es folgte eine intensive Auseinandersetzung mit der Thematik des Tourismus in und um Luzern – und die Erkenntnis, dass sich die Tourismusbranche schweizweit in einer grossen Umbruchphase zu befinden scheint. Ein Grund dafür ist in erster Linie die Vielzahl an neuen Gästen aus den Mittelschichten aufstrebender Schwellenländer wie China oder Russland, welche sich seit einigen Jahren Reisen nach Europa und eben auch in die Schweiz leisten können. Während die Logiernächte von inländischen und europäischen Gästen seit Jahren stagnieren oder gar sinken, verzeichnen beispielsweise jene von Gästen aus dem asiatischen Raum ein rasantes Wachstum.

Diese neuen Gäste stossen in der Schweiz auf eine Hotelinfrastruktur, welche sich bisher kaum auf die veränderten Anforderungen eingestellt hat. Es gibt zwar eine grosse Auswahl an verschiedenen Hotels, jedoch sind die meisten davon, gerade in den klassischen alpinen Tourismusregionen, gemessen an den heutigen Anforderungen eher zu klein. So sind beispielsweise die asiatischen Gäste fast ausschliesslich in grossen Gruppen unterwegs und haben nur eine sehr kurze Aufenthaltsdauer in der Schweiz. Für die wenigen Stunden welche sie im Hotel verbringen bevorzugen sie deshalb grosse, moderne Hotels mit einer reibungslos funktionierenden Infrastruktur. Und auch für die Reiseveranstalter ist die Grösse eines Hotels von hoher Relevanz damit sie, ähnlich wie bei Flugreisen, Hotelzimmer über Kontingente buchen können.

Auch in der Art der Fortbewegung der Touristen hat sich viel verändert: Die asiatischen Reisegruppen steuern die zahlreichen Stationen ihrer Reise aus organisatorischen Gründen fast ausschliesslich im Reisecar an. Viele Hotels sind dafür nicht ideal ausgestattet – gerade in engen Städten fehlen geeignete Vorfahrten oder Parkplätze bei der gleichzeitigen Ankunft von mehreren Reisecars.

Und schliesslich gibt es eine ganze Reihe von kulturellen Unterschieden welche die neuen Gäste von den allseits bekannten, „traditionellen“ Hotelgästen unterscheiden. Dazu zählen neben anderen Wünschen, Interessen und Zielen für die Reise auch ganz alltägliche Dinge wie Sprachunterschied oder unterschiedliche Essgewohnheiten.

Die Arbeit widmet sich nach dieser analytisch geprägten Einführung und dem Erkennen und Beschreiben der Problematik einem – vorerst theoretischen – Gedankenspiel. Ziel dabei ist es, eine neuartige Hoteltypologie zu entwickeln, welche es erlaubt, konsequent auf die Bedürfnisse einer bestimmten Gästesicht einzugehen – nämlich diejenige von Gruppenreisenden mit einer kurzen Aufenthaltsdauer. Diese „typologische Spekulation“ erfolgt auf Basis einer breit abgestützten, ausgedehnten Recherche in ganz verschiedenen Bereichen wie Architektur, Tourismus oder Soziokultur. Gruppiert in die drei Themengebiete „Ordnung/Unordnung“, „Global/Lokal“ und „Illusion/Realität“ werden so vereinzelt Tiefenbohrungen angestellt um den anschliessend folgenden, architektonischen Entwurf auf ein thematisch solides Fundament stellen zu können.

Der zweite Teil der Thesearbeit ist vollumfänglich dem architektonischen Entwurf gewidmet und zeigt auf, wie das Gedankenkonstrukt dieser „typologischen Spekulation“ in ein reales Gebäude an einem konkreten Ort übersetzt werden könnte. Ausgehend von den Überlegungen zum Ort, seiner Geschichte sowie der markanten Topografie ging es dabei zunächst um grossmassstäbliche

Überlegungen. Wie kann ein derart grosses Volumen in ein bestehendes Siedlungsgefüge eingegliedert werden, welches Verhältnis nimmt es zur Kulisse des Steinbruches im Hintergrund ein, wie ist es vom Strassenraum her erschlossen?

Schritt für Schritt konnten die Erkenntnisse des ersten Teils der Arbeit dann auch in ein räumliches Konzept im Innenraum überführt werden. Drei wichtige Bereiche des „Transithotels“ gilt es dabei herauszuheben: Der Ankunftsbereich mit dem grossen Busterminal, die gemeinschaftlich genutzten Bereiche des Hotels sowie die Zimmertrakte.

Die Ankunft im „Transithotel“ findet in einem grossen Busterminal statt, welches ähnlich wie an Bahnhöfen oder Flughäfen grosse Parkbuchten für Reisecars bietet. Die Fahrzeuge behindern sich aufgrund der Anordnung der Parkfelder gegenseitig nicht bei Ankunft und Abfahrt und können über Nacht im Busterminal stehen bleiben. Über einen zentralen Haupteingang betritt man die gemeinschaftlichen Bereiche des Hotels.

Diese befinden sich in einem 200m langen, sechsgeschossigen Gebäuderiegel welcher mit seiner Längsseite dem See zugewandt ist. In diesem riesigen, hallenartigen Raum befinden sich neben den zentral gelegenen Erschliessungsanlagen eine Vielzahl von unterschiedlichen Nutzungen wie diverse Restaurants, Shoppingmöglichkeiten, Kinos, Bars oder ein Theatersaal. Der gesamte Gebäudekörper ist zum See hin grosszügig verglast und bietet damit sowohl am Tag wie auch in der Nacht eine spektakuläre Aussicht. Diese kann auch von einer der zahlreichen Terrassenbereiche im Aussenraum genossen werden.

Die sechs Zimmertrakte befinden sich „eingespannt“ zwischen der Felswand und dem gemeinschaftlich genutzten Gebäuderiegel aus welchem sie an ihrer Kopfseite jeweils erschlossen werden. Zwischen den Zimmertrakten bilden sich grosse Innenhöfe welche der Belichtung der Zimmer dienen. In jedem der sechs Zimmertrakte befindet sich ein mittig gelegener Erschliessungsgang, welcher jeweils zweiseitig die zum Innenhof und der Felswand orientierten Zimmer erschliesst. Die Zimmer sind einfach ausgestattet, bieten durch ihre abgewinkelte Lage zueinander aber ein hohes Mass an Privatheit und Ruhe. Als Alternative zu diesen günstigen Zimmern werden im gemeinschaftlich genutzten Gebäuderiegel zusätzlich noch einige Suiten mit Seesicht in einem gehobenen Standard angeboten. Insgesamt verfügt das Transithotel so über 1'000 Betten – pro Jahr könnten theoretisch also bis zu 365'000 Gäste beherbergt werden.

In einem abschliessenden Resümee werden noch einmal die entscheidenden Erkenntnisse der Untersuchung hervorgehoben. Aufgrund der erfolgten typologischen Spekulation wird dabei insbesondere auch die Rolle der Architektur bei der Produktion von „touristischen Räumen“ aller Art noch einmal kritisch beleuchtet und hinterfragt.

Sicherlich bleiben aufgrund der bewussten Anlage der Arbeit als Spekulation, als „gedankliches Experiment“ viele Fragen offen. Ebenfalls ist nicht von der Hand zu weisen, dass das mögliche Szenario eines Transithotels mit 1000 Betten in Brunnen ganz bewusst auch eine Provokation darstellt. Schlussendlich soll die Arbeit beim Leser aber vor allem eigene Gedanken, Haltungen und Ideen anregen, Reaktionen und Diskussionen hervorrufen und dem möglichen Umgang mit dem gesellschaftlichen Phänomen des Massentourismus in der Schweiz ein Gesicht geben. Diese Diskussionen sind dringend notwendig, denn für die Schweiz ist der Markt des internationalen Tourismus viel zu wichtig und die Abhängigkeit davon zu gross, um eine zurückhaltende und abwartende Haltung einzunehmen.

Die Arbeit kann online eingesehen werden unter <http://goo.gl/FpLBzS>

**Phil.Alp 2014**

Die Alpen aus der Sicht junger Forschender

**Alp.relève 2014**

Les Alpes sous la loupe des jeunes chercheurs

**Mehr als Wasser**

**Plus que de l'eau**

---

## EINFLUSS DER WASSERFÜHRUNG AUF DAS ERSCHEINUNGSBILD UND DIE AKUSTIK VON WASSERFÄLLEN

Wasserfälle sind besondere Landschaftselemente. Die zunehmende bundesweite Förderung von Kleinwasserkraftwerken führt zu vermehrten Konflikten zwischen Wasserentnahmen und Interessen des Natur- und Landschaftsschutzes an Gewässern mit Wasserfällen. Eine im Jahr 2010 entwickelte Methode (Hiller, 2010) zur Bestimmung von Restwassermengen unter Berücksichtigung der Beeinträchtigungsdauer eines Wasserfalls und der Änderung seines Erscheinungsbildes durch Wasserentnahmen (Einwirkungsintensität) wurde in dieser Masterarbeit auf Schweizer Wasserfälle angewandt und weiterentwickelt. Neu berücksichtigt die Methode auch den Einfluss von Wasserentnahmen auf die Akustik (Lautstärke) von Wasserfällen. Die Quantifizierung des Erscheinungsbildes als wasserbedeckte Fläche  $A_i$  erfolgte neu digital mit einer in Photoshop entwickelten Methode (Abb. 1). Zudem steht nun, basierend auf bestehenden Dokumenten und Arbeitshilfen von Bund und Kantonen, ein ausführlicher Kriterienkatalog zur Bestimmung des „Wertes“ / der Bedeutung von Wasserfällen zur Verfügung.

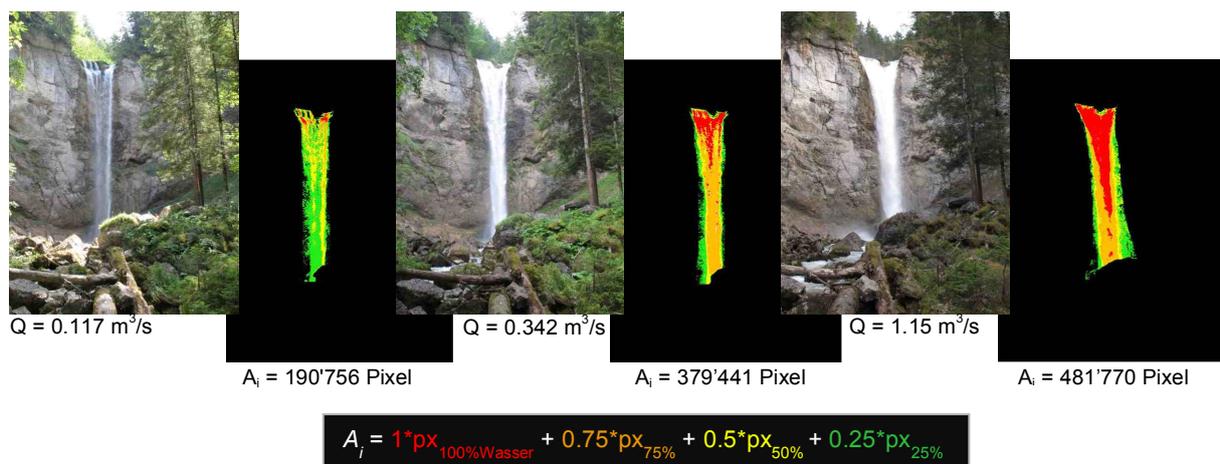


Abbildung 1: Auszug aus der Fotoreihe und Fotoauswertung des Leuenfalls (AI). Morphologischer Typ = einfach freifallend.  $A_i$  = wasserbedeckte Fläche; px = Pixel (eigene Abbildungen).

Nach eigenen Datenerhebungen (Fotografien, Schallmessungen, Abflussmessungen) wurde mit systematischen Analysen der Einfluss der Wasserführung Q auf das Erscheinungsbild (s. Abb. 2) und die Akustik von sieben Wasserfällen verschiedener morphologischer Typen untersucht. Es zeigte sich, dass wahrnehmbare Änderungen des Erscheinungsbildes und der Akustik abhängig von der Wasserführung und vom morphologischen Typ des betreffenden Wasserfalls sind, wobei Änderungen der Akustik (wahrnehmbare Lautstärke) weniger ausgeprägt sind als optische Änderungen. Bei geringen Wassermengen sind die sicht- und hörbaren Änderungen bedeutender, als bei grossen Wassermengen. Je weniger Fliesswege ein Wasserfall mit zunehmender Wasserführung aktivieren kann, desto eher gibt es eine kritische Wassermenge, nach deren Unterschreitung sowohl das Erscheinungsbild als auch die Akustik stärker abnehmen. Dies ist für die drei morphologischen Typen der freifallenden Wasserfälle der Fall. Je mehr potenzielle Fliesswege ein Wasserfall aktivieren kann (morphologische Typen der kaskadenartigen), desto kontinuierlicher ist die relative Änderung des Erscheinungsbildes und der Akustik bzw. es sind mehrere kritische Wassermengen zu identifizieren.

Für die Festlegung von Restwassermengen ist jene kritische Wassermenge zu identifizieren, bei der die typischen, das Erscheinungsbildes des Wasserfalls prägenden Fließwege aktiviert werden.

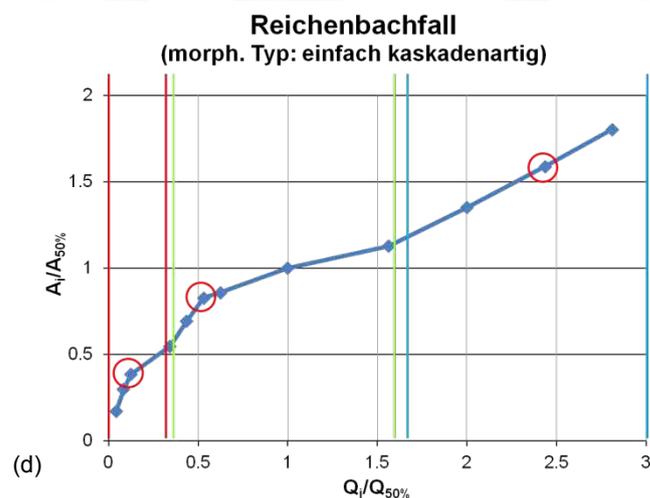


Abbildung 2: Fließwegaktivierung in mehreren Schritten am Bsp. des Reichenbachfalls (BE).  
(a) 30.03.2012,  $Q = 0.135 \text{ m}^3/\text{s}$ ; (b) 30.03.2012,  $Q = 0.85 \text{ m}^3/\text{s}$ ; (c) 04.05.2012,  $Q = 3.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ; (d): Kurve der relativen Änderung von  $A_i$ . Die roten Kreise entsprechen den  $Q_i$  der drei Fotos (*eigene Fotos, eigene Grafik*).

Nebst den quantitativen Analysen wurde mit den Fotoreihen der sieben Wasserfälle bei unterschiedlicher Wasserführung eine Umfrage zur subjektiven Wahrnehmung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten: Je mehr Wasser, desto besser gefällt ein Wasserfall generell. Zudem beeinflusst die Umgebung des Wasserfalls (Jahreszeit, Vegetation, Lichtverhältnisse) die Wahrnehmung bedeutend.

Die hier weiterentwickelte Methode kann bei der Bestimmung von Restwassermengen an Gewässern mit Wasserfällen angewandt werden, um die Einwirkungsintensität der geplanten Wasserentnahme auf das Erscheinungsbild und die Akustik (Lautstärke) des betreffenden Wasserfalls abzuschätzen. Die Einwirkungsintensität wird der Bedeutung des Wasserfalls in einer Matrix gegenübergestellt, woraus die Konsequenz der geplanten Wasserentnahme sichtbar wird, die für den Wasserfall und dessen Bedeutung als Landschaftselement entsteht.

Schlüsselwörter: Wasserfälle, Wassernutzungen, Wasserentnahmen, Restwassermenge, Landschaft, Ästhetik

# Traditional versus sprinkler irrigation of mountain hay meadows in the Valais: Consequences for biodiversity

Eliane Riedener: Doctoral dissertation, University of Basel, February 2014

---

Semi-natural grasslands including hay meadows belong to the most species-rich habitats in Central Europe and are therefore of high conservation value. The high biodiversity of semi-natural grasslands has been maintained for many centuries through the regular disturbance by traditional management practices such as grazing or mowing. In the Valais, an arid mountain region of Switzerland, traditional management of hay meadows includes irrigation by open water channels. In the past decades, however, the traditional irrigation technique was increasingly replaced by more efficient sprinkler-irrigation systems or irrigation was stopped on marginal, poorly accessible areas. The aim of this PhD thesis was to examine the consequences of these changes in meadow irrigation for the biodiversity of species-rich hay meadows in the Valais.

The first study examined whether land-use abandonment resulting from the cessation of irrigation influenced the biodiversity of hay meadows. For this purpose, plant and gastropod surveys were conducted in three serial stages of succession (hay meadows, early abandoned meadows and young forests). Meadow abandonment resulted in an increase in gastropod species richness and a loss of plant and gastropod species characteristic for open grassland habitats. Furthermore, functional traits of plants and gastropods were affected by abandonment.

Traditional meadow irrigation is assumed to distribute the water more heterogeneously than sprinkler irrigation, which might affect meadow biodiversity as well as the distribution of plants in a small scale. The aim of the second study was to examine whether the change from traditional to sprinkler irrigation affected the local biodiversity (plants and gastropods) of hay meadows in the Valais. The diversity and composition of plant and gastropod species did not differ between traditionally and sprinkler-irrigated meadows. However, the installation of sprinkler systems resulted in an increase in the grass-to-forb ratio and affected the leaf distribution and the start of seed shedding in plants.

The third study aimed to investigate whether the change in irrigation technique affected the small-scale distribution of plants and soil characteristics in these hay meadows. Three sampling plots consisting of 13 subplots of increasing size were installed in traditionally and sprinkler-irrigated meadows to assess plant species richness and soil characteristics within subplots. The type of irrigation technique did not affect the shape of the plant species-area relationship. Furthermore, spatial autocorrelation in the soil characteristics examined was low and their small-scale distributions were mostly not influenced by the irrigation technique. These findings indicate a pronounced small-scale heterogeneity in the distribution of plant species and soil characteristics in the hay meadows investigated. Therefore, as practiced in

our study areas, the distribution of water by sprinklers might be less homogenous than commonly assumed.

The abandonment of traditional management practices of semi-natural grasslands is suggested to result in a reduced landscape heterogeneity, which in turn might contribute to the loss of local plant diversity. The fourth study aimed to investigate whether traditionally and sprinkler-irrigated meadows differed in the landscape heterogeneity of their close surroundings and whether the type of irrigation, landscape heterogeneity and particular landscape traits influenced plant diversity of these meadows. Hay meadows irrigated with sprinklers had a reduced landscape heterogeneity in their surroundings and an increased number of generalist plant species. The total number of plant species and the number of specialists and generalists were positively influenced by landscape heterogeneity in the close surroundings of hay meadows, whereas the percentage of area covered by woodland had a negative effect.

The findings of this thesis suggest that the installation of sprinklers did not affect the local species richness of plants and gastropods in the hay meadows investigated. Nevertheless, the change in irrigation technique influenced functional aspects of plant diversity (plant traits, grass-to-forb ratio, generalist species). Furthermore, the installation of sprinkler systems was associated with a homogenization of the landscape, which indicates an intensification of land use. For the conservation of the biodiversity of these hay meadows it is recommended to maintain the relatively extensive irrigation and management practices. Furthermore, a heterogeneous landscape within the close surroundings of hay meadows should be promoted, consisting of differently managed grassland habitats and small-scale habitat structures.

# Impacts des changements climatiques et de la libéralisation du marché de l'électricité sur l'hydroélectricité

Ludovic Gaudard

L'hydroélectricité est un pilier de l'énergie suisse, même si son avenir est instable. La production moyenne de 36 TWh an<sup>-1</sup> représente environ 56% de l'électricité suisse (années 2002–2012, (SFOE, 2012)). De plus, les revenus annuels reversés aux collectivités publiques sous forme de taxes et de redevance représentent plus de  $560 \times 10^6$  CHF an<sup>-1</sup> (années 2006–2012, (SFOE, 2012)). Dans la perspective d'une sortie programmée de l'énergie nucléaire, le rôle de l'hydroélectricité est accru. Cependant, l'ouverture des marchés à la concurrence, la nouvelle politique énergétique, le renouvellement des concessions, les nouvelles technologies ainsi que le réchauffement climatique sont des sources d'incertitude. Afin de mieux préparer la transition énergétique et les scénarios à long terme, une évaluation de ces impacts et risques est nécessaire. Cette thèse analyse cette problématique complexe tout en se concentrant sur les changements climatiques et la libéralisation des marchés de l'électricité.

Les changements climatiques vont affecter l'hydroélectricité de diverses manières. Le ruissellement va différer en terme de volume annuel et de saisonnalité (Beniston, 2012). Ceci influence la gestion des installations avec réservoir et leurs revenus (Gaudard et al., 2013b). La hausse des températures modifie également la consommation d'électricité qui est liée aux variables météorologiques (Pardo et al., 2002). Le profil annuel de la demande pourrait changer et les barrages devront s'y adapter. Pour finir, le réchauffement climatique peut apporter des opportunités. De nouveaux lacs vont se former dans des zones actuellement recouvertes de glaciers (Haeberli et al., 2012). Ainsi, une installation de pompage-turbinage est envisagée en amont du barrage actuel de Mauvoisin (Gaudard, 2014b; Terrier et al., 2011).

La libéralisation des marchés de l'électricité est un changement de paradigme. Par rapport au monopole public, les investissements dans les technologies intensives en capital sont défavorisés (Finon, 2009). La volatilité des prix et les incertitudes augmentent, ce qui influence aussi les investissements. Une analyse détaillée de ces changements et de leurs impacts sur l'hydroélectricité permet de planifier la sortie de l'énergie nucléaire.

Une première approche englobe tous les 'drivers' en se basant sur la littérature scientifique et des rapports officiels. La méthode systémique permet d'identifier les variables relevantes et leurs interactions. Cette approche est essentiellement qualitative (Gaudard and Romerio, 2013a)

L'impact des changements climatiques et de la libéralisation des marchés de l'électricité est analysé par des méthodes spécifiques et quantitatives. Les données de ruissellements ont été fournies suivant divers scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (Gabbi et al., 2012; Fatichi et al., 2013). Les conséquences du réchauffement sur la demande en électricité sont analysées par des méthodes économétriques combinées à la méthode des deltas de la distribution empirique (Gaudard et al., 2013b; Keller et al., 2005). La projection des prix de l'électricité considère divers modèles de séries temporelles, dont ARMA-GARCH (Bollerslev,

1986; Box and Pierce, 1970), mean-reversing (Uhlenbeck and Ornstein, 1930), mean-reversion jump diffusion (Kaminski, 1997), mouvements géométriques browniens (Black and Scholes, 1973). Sur la base de ces données, un modèle de gestion du réservoir est optimisé par un algorithme de seuil accepté (Dueck and Scheuer, 1990; Moscato and Fontanari, 1990). Des revenus annuels et des niveaux du réservoir sont obtenus. L'incertitude sur les premiers est discutée à l'aide de matrices d'incertitude (Walker et al., 2003). Les revenus annuels servent également à effectuer une analyse d'investissement, par le biais de la valeur actuelle nette et des options réelles (Quiry et al., 2011; Dixit and Pindyck, 1994).

Dans les cas étudiés en Suisse et Italie, les changements climatiques ont un impact limité. Les caractéristiques locales sont importantes. Par exemple, le volume annuel de ruissellement peut varier de  $-21\%$  à  $+15\%$  à moyen terme selon le bassin versant (Gaudard et al., 2013c). Cependant, une gestion appropriée des installations hydroélectriques permet de réduire les pertes en terme d'énergie produite et de revenus (Gaudard et al., 2013b). Les incertitudes sont également faibles, car les divers scénarios d'émission de gaz à effet de serre apportent peu de variation dans les prévisions à long terme (Gaudard et al., 2014a). L'impact de l'augmentation des températures sur la consommation d'électricité est également limité, sauf si l'on induit des changements de comportement (Gaudard et al., 2013b).

Les prix de l'électricité sont une source d'incertitude importante (Gaudard et al., 2014a). Les projections à long terme sont difficiles, car les séries temporelles historiques sont relativement courtes et le design du marché évolue encore. Les projets de pompage-turbinage sont également particuliers, car ils dépendent à la fois du prix moyen et de l'écart entre le prix de pointe et hors pointe (Gaudard, 2014b). Les méthodes ont été adaptées à cet effet. Les résultats d'un projet en amont du barrage actuel de Mauvoisin montrent que les conditions de marché actuelles compromettent les investissements dans le stockage de l'énergie. Cependant, la valeur d'option de la concession reste positive (Gaudard, 2014b).

Cette thèse cible trois publics différents, c'est-à-dire les scientifiques, les instances politiques et les opérateurs hydroélectriques. L'intégration d'un modèle économique avec des projections de ruissellement est nouvelle. Il apporte des résultats intéressants comparés aux modèles utilisés jusqu'ici dans le cadre des changements climatiques. La combinaison d'approches quantitative et qualitative est également un point fort de ce travail. Pour les autorités publiques, l'intérêt principal est de pouvoir comparer les effets des changements climatiques et de la libéralisation du marché de l'électricité sur une base commune, à savoir les revenus annuels. Ceci devrait les aider dans leurs décisions futures sur la politique climatique et énergétique. Finalement, les opérateurs peuvent obtenir des informations intéressantes à propos de la gestion de leurs installations et à la planification de leurs investissements. Les résultats de ce travail peuvent donc éclairer certains débats actuels sur le renouvellement des concessions et la sortie de l'énergie nucléaire.

# Impact of Climate Change and Electricity Market Liberalization on Hydropower

Ludovic Gaudard

Hydropower is a very important component of the Swiss energy mix, but its future is jeopardized by several factors. The mean production of  $36 \text{ TWh year}^{-1}$  represents about 56% of the domestic electricity supply (years 2002–2012, SFOE (2012)). Furthermore, taxes and royalties represent an income of about  $560 \times 10^6 \text{ CHF year}^{-1}$  for cantons and municipalities (years 2006–2012, SFOE (2012)). In principle, with the phasing-out of nuclear energy, hydropower should play an even more important role. However, the opening of the electricity markets to competition, a new energy policy, the water concessions end, the new technologies, and the global warming create significant uncertainties. To carry out the transition and to clarify the long-term scenarios, an assessment of the risks and opportunities is necessary. This thesis analyses these complex dynamics, and focuses more particularly on the problems related to climate change and the liberalization of electricity markets .

Climate change may affect the hydropower in different ways. The runoff's annual volume and seasonality will change (Beniston, 2012). They affect both the management of hydropower plant with reservoir and revenue creation (Gaudard et al., 2013b). The temperature rise also alters the consumption in electricity, partially determined by meteorological variables (Pardo et al., 2002). However, global warming may bring about new opportunities. New lakes will appear in areas covered at present by glaciers (Haeberli et al., 2012). This means that pumping-storage installations may be considered, as in the case of Mauvoisin, upstream of the existing dam (Gaudard, 2014b; Terrier et al., 2011).

The opening of electricity markets to competition represents a change in paradigm. Investments in capital-intensive technologies become more challenging compared to monopoly (Finon, 2009). Investments are affected by high uncertainty and price volatility. A deep analysis of these dynamics and their impact of hydropower are essential to plan the phasing out of nuclear power.

A general analysis of all the drivers that can affect hydropower is first carried out on the basis of a rich literature, including scientific articles and official reports. A systemic approach allows the identification of the most relevant variables and their interactions. This approach is essentially qualitative (Gaudard and Romerio, 2013a).

The impacts of climate change and market liberalization are analysed by means of specific quantitative methods. Runoff data are related to several greenhouse gas scenarios (Gabbi et al., 2012; Fatichi et al., 2013). Econometric tools and the empirical distribution delta method were used to assess the impact of climate change on the demand of electricity (Gaudard et al., 2013b; Keller et al., 2005). Electricity's price forecasting is based on various time series models: ARMA-GARCH (Bollerslev, 1986; Box and Pierce, 1970), mean-reversing (Uhlenbeck and Ornstein, 1930), mean-reversion jump diffusion (Kaminski, 1997), and geometric brownian motion (Black and Scholes, 1973). On the basis on these data, a

management model is optimized by means of a threshold accepting algorithm (Dueck and Scheuer, 1990; Moscato and Fontanari, 1990) allowing for the annual revenue and reservoir level evaluation. The uncertainty related to revenue is discussed by means of an uncertainty matrix (Walker et al., 2003). Annual revenue is also used to carry out an investment analysis, based on the net present value approach and real options theory (Quiry et al., 2011; Dixit and Pindyck, 1994).

The case studies in Switzerland and Italy show that the climate change impact is relatively low. Local characteristics are important. For example, annual runoff volume may vary from  $-21$  to  $+15\%$  in the medium term depending on the considered catchment (Gaudard et al., 2013c). However, an appropriate management may significantly reduce energy production and revenue losses (Gaudard et al., 2013b). Uncertainties are also relatively low, because long-term forecasting is only slightly affected by the different greenhouse gas scenarios (Gaudard et al., 2014a). The impact of the temperature raise on electricity consumption, neglecting changes in human behavior, is also low (Gaudard et al., 2013b).

Electricity prices create more uncertainty (Gaudard et al., 2014a). Long-term forecasting is difficult, because historical time series are relatively short and market design is still evolving. Pumped-storage projects are unique in the fact that their turnover depends upon the mean price, as well as the spread between peak and off-peak prices (Gaudard, 2014b). Specific tools of analysis were used to address these particularities. Results from a project upstream from the Mauvoisin dam show that present market conditions jeopardize investment in energy storage. The option value of the concession is positive (Gaudard, 2014b).

This thesis addresses three audiences: scientists, policy makers and hydropower companies. To our best knowledge, the integration of the runoff's forecasting within an economic model is new. It generates interesting results compared to former models used in the framework of climate change. The originality of the thesis also lies in coupling quantitative and qualitative approaches. For policy makers, an interesting outcome is the comparison between the impacts of climate change and market liberalization on a same basis, i.e. revenue generated by hydropower plants. Hydropower companies may find useful results concerning the reservoir's management and new investments. These are inputs that may fuel the generally hot debates on water concession's renewal and the new Swiss energy strategy.

# Bibliography

- Beniston, M., 2012. Impacts of climatic change on water and associated economic activities in the Swiss Alps. *Journal of Hydrology* 412, 291–296.
- Black, F., Scholes, M., 1973. The pricing of options and corporate-liabilities. *The Journal of Political Economy* 81, 637–654.
- Bollerslev, T., 1986. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of econometrics* 31, 307–327. doi:{10.1016/0304-4076(86)90063-1}.
- Box, G., Pierce, D., 1970. Distribution of residual autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. *Journal of the American Statistical Association* 65, 1509–1526.
- Dixit, A., Pindyck, R., 1994. *Investment under uncertainty*. Princeton University Press.
- Dueck, G., Scheuer, T., 1990. Threshold accepting. a general purpose optimization algorithm superior to simulated annealing. *Journal of Computational Physics* 90, 161–175.
- Fatichi, S., Rimkus, S., Burlando, P., Bordoy, R., Molnar, P., 2013. Elevational dependence of climate change impacts on water resources in an alpine catchment. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 10, 3743–3794.
- Finon, D., 2009. European low carbon strategies in liberalized electricity industries : lessons about the efficiency of the market paradigm, in: *Electricity Policy design*. University of Toronto Press.
- Gabbi, J., Farinotti, D., Bauder, A., Maurer, H., 2012. Ice volume distribution and implications on runoff projections in a glacierized catchment. *Hydrology and Earth System Sciences* 16, 4543–4556.
- Gaudard, L., 2014b. Climate change: an opportunity for new investment in hydropower submitted.
- Gaudard, L., Gabbi, J., Bauder, A., Funk, M., Gilli, M., Romerio, F., 2014a. Long term uncertainty of hydropower revenue following climate change and electricity market liberalization submitted.
- Gaudard, L., Gilli, M., Romerio, F., 2013b. Climate change impacts on hydropower management. *Water Resources Management* 27, 5143–5156.

- Gaudard, L., Romerio, F., 2013a. The future of hydropower in europe: Interconnecting climate, markets and policies. *Environmental Science and Policy*, online, in press .
- Gaudard, L., Romerio, F., Dalla Valle, F., Gorret, R., Maran, S., Ravazzani, G., Stoffel, M., Volonterio, M., 2013c. Climate change impacts on hydropower in the Swiss and Italian alps. *Science of the Total Environment* .
- Haerberli, W., Schleiss, A., Linsbauer, A., Künzler, M., Bütler, M., 2012. Gletscherschwund und neue seen in den schweizer alpen: Perspektiven und optionen im bereich naturgefahren und wasserkraft. *Wasser Energie Luft* , 93–102.
- Johnson, B., Barz, G., 1999. Selecting stochastic processes for modelling electricity prices, in: *Energy Modelling and the Management of Uncertainty*. Risk Books, London.
- Kaminski, V., 1997. The challenge of pricing and risk managing electricity derivatives, in: *The US Power Market*. Risk Books, London.
- Keller, F., Goyette, S., Beniston, M., 2005. Sensitivity analysis of snow cover to climate change scenarios and their impact on plant habitats in alpine terrain. *Climatic Change* 72, 299–319.
- Moscato, P., Fontanari, J., 1990. Stochastic Versus Deterministic Update in Simulated Annealing. *Physics Letters A* 146, 204–208.
- Pardo, A., Meneu, V., Valor, E., 2002. Temperature and seasonality influences on spanish electricity load. *Energy Economics* 24, 55–70.
- Quiry, P., Le Fur, Y., Salvi, A., Dallochio, M., Vernimmen, P., 2011. *Corporate Finance: Theory and Practice*. John Wiley & Sons.
- SFOE, 2012. Swiss statistics of electricity 2012. Swiss Federal Office of Energy.
- Terrier, S., Jordan, F., Schleiss, A., Haerberli, W., Huggel, C., Künzler, M., 2011. Optimized and adapted hydropower management considering glacier shrinkage scenarios in the Swiss Alps.
- Uhlenbeck, G., Ornstein, L., 1930. On the theory of brownian motion. *Physical Review* 36, 823–841.
- Walker, W., Harremoës, P., Rotmans, J., Van Des Sluijs, J., Van Asselt, M., Janssen, P., Kraye Von Krauss, M., 2003. Defining uncertainty - a conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. *Integrated Assessment* 4, 5–17.

## **Bestimmung der Abflusszusammensetzung im Gebiet des Plaine-Morte Gletschers. Durchführung einer End-Member-Mixing Analyse (EMMA) zur Bestimmung der Abflusskomponenten im Kanton Bern und Wallis**

*Silvia Hunkeler, Dominique Kröppli, Geografisches Institut Bern*

Klimamodelle zeigen in allen Ausführungen für die nördlich gelegenen Berggebiete einen bodennahen Erwärmungstrend, hauptsächlich verursacht durch die ansteigenden Treibhausgase in der Atmosphäre (Barnet et al., 2005). Der hydraulische Kreislauf wird sich durch den Klimawandel verändern, insbesondere dort wo Regionen durch Gletscher- und Schneeschmelze, wie zum Beispiel in den Alpen, gekennzeichnet sind. Diese Veränderungen im Wasserhaushalt und der gesamten Wasserressource können zur Folge haben, dass vermehrt Interessenskonflikte verschiedener Ortschaften und Nutzergruppen auftauchen. Aus diesem Grund sind Abschätzungen zukünftiger Wassermengen für die nachhaltige Planung und Bewertung der Wasserressourcen sehr wichtig.

Im Rahmen des Schweizer Nationalfonds Projekts „*Nachhaltige Wassernutzung*“ NFP61, werden seit Februar 2010 in der Region *Crans-Montana-Sierre* Untersuchungen durchgeführt. Die Forschungsarbeiten dienen einer räumlich-zeitlich detaillierten Erfassung und Modellierung der heutigen und in Zukunft verfügbaren Wasserressourcen im Untersuchungsgebiet, inklusive den gespeicherten Ressourcen im Plaine Morte Gletscher (Weingartner et al., 2010). Weiter wird der heutige und künftige Wasserverbrauch abgeschätzt und Richtlinien für ein verbessertes Wassermanagement erarbeitet.

Bisherige Resultate zeigen, dass der Plaine Morte Gletscher eine zentrale Rolle im lokalen hydrologischen System spielt und ein grosser Anteil des Schmelzwassers durch das unterirdische Karst System ins Wallis und aber auch in den Kanton Bern fliessen (Finger et al., 2013). Demzufolge ist der Gletscher von grosser Bedeutung für die heutige und zukünftige Wasserversorgung der Region Crans-Montana (Kanton Wallis) und Lenk (Kanton Bern).

Die vorliegenden Masterarbeiten wurden in der Region Lenk (Kanton Bern) von Silvia Hunkeler und in der Region Crans Montana (Kanton Wallis) von Dominique Kröppli unter der Leitung von Prof. Dr. Rolf Weingartner im Rahmen des NFP61 durchgeführt.

Die Gletscherschmelze in den Alpen, die sich seit den 1980er Jahren verstärkt hat, ist ein deutliches Zeichen für die voranschreitende Klimaerwärmung. Durch den erwarteten Temperaturanstieg, welcher durch verschiedene Klimastudien belegt wird, ist in Zukunft mit einem noch ausgeprägteren Gletscher-rückzug zu rechnen (CCHydro, 2012). Davon betroffen sind auch die Regionen Lenk im Kanton Bern und Crans-Montana-Sierre im Kanton Wallis, eine der trockensten Regionen der Schweiz. Bisherige Studien zeigen, dass der Gletscher Plaine Morte in den Berner Alpen, der durch ein Karstsystem in die Kantone Bern und Wallis entwässert, infolge der Klimaerwärmung bis im Jahr 2080 vollständig abgeschmolzen sein wird.

Das Ziel dieser Masterarbeiten war es, die Abflusszusammensetzung im Gebiet des Plaine Morte Gletschers, anhand einer neu konzipierten End Member Mixing Analyse (EMMA) zu untersuchen. Dabei werden im Abfluss, wie auch in den abflussrelevanten End Members wie Gletscher-, Schnee- und Regenwasser, die Konzentration von 42 verschiedenen chemischen Elementen mit einem Massenspektrometer gemessen. Die Frage lautete, ob sich die Konzentrationen in den abflussrelevanten End Member signifikant voneinander unterscheiden und ob mittels einer End Member Mixing Analyse die prozentualen Anteile der End Members und somit die heutigen Mengen an verfügbarem Gletscherwasser im Abfluss quantifiziert und dessen saisonalen Verlauf aufgezeigt werden kann.

### **Resultate**

In beiden Untersuchungsgebieten konnte gezeigt werden, dass Gletscherschmelz-, Schnee- und Regenwasser mit signifikant unterschiedlichen chemischen Elementen angereichert sind.

#### Kanton Bern

Das Gletscherschmelzwasser wird durch die Elemente Na, Mg, Al, Si, Fe, Ga, As, Sr, Cs, Ba, Ce, Nd, U und die Ionen Fluorid und Sulfat, das Regenwasser durch die Elemente V, Ni, Zn, Cd, Pb und das Ion Nitrit und das Schneewasser durch die Elemente Rb, Pr, Eu, Gd, Ho, Er, Tm, Yb, Lu und das Ion Nitrat angereichert. Der saisonale Verlauf der in den End Member angereicherten Elemente wurde im Abflusswasser von April bis November 2012 nachverfolgt. Anhand dieser Elementverläufe und den angereicher-

ten Elemente wurden die Schlüsselemente Al, Fe und As für das Gletscherschmelzwasser V, Ni, Zn, Cd, Pb für das Regenwasser und Rb, Pr, Tm für das Schneewasser identifiziert.

#### Kanton Wallis

Die Untersuchung hat gezeigt, dass sich im Kanton Wallis im Gletscherwasser die Elemente Al, Ag, As, Ba, Cs, Er, Eu, Fe, Gd, Ga, Ho, Lu, Mg, Na, Pr, Si, Sr, Th, Tm, U, Yb und das Ion Sulfat signifikant von den End Member Schnee- und Regenwasser unterscheiden. Im Schneewasser sind es die Elemente und Ionen Cr, Rb, Ni und im Regenwasser Cd, Chlorid, Nitrat, Pb, Sm, Ti, V, Zn die sich signifikant in der Konzentration unterscheiden. Der saisonale Verlauf der angereicherten Elemente in den End Members wurde im Abflusswasser von Anfang Juni bis Ende August 2012 nachverfolgt. Anhand dieser Elementverläufe und den angereicherten Elemente wurden die Schlüsselemente Al, Fe, As und Pr für das Gletscherschmelzwasser V, Zn, Cd, Pb, Ti und Nitrat für das Regenwasser und Cr, Rb und Ni für das Schneewasser identifiziert.

Mit den definierten Schlüsselementen wurden Verhältnisse gebildet und für die End Member Mixing Analyse (EMMA) verwendet. In beiden Untersuchungsgebieten haben die Schlüsselementverhältnisse Al : Rb und V : Pr plausible, nachvollziehbare und überprüfbare Resultate ergeben. Das Resultat der EMMA liefert die prozentualen Anteile an Regen-, Schnee- und Gletscherwasser im Abfluss.

#### Kanton Bern

In den Monaten April, Mai, Oktober und November sind die Abflüsse bei Siebenbrünnen, Trüebbach und Oberried von Schneewasser dominiert. Schneewasser wird während des gesamten saisonalen Verlaufs im Abfluss vorgefunden, da der Gletscher nur an wenigen Tagen schneefrei ist. Im Mai wird das Gletscherschmelzwasser im Abfluss nachweisbar und erhöht seinen Anteil bis im Juli und August auf praktisch 100%. Im September fällt der Anteil des Gletscherschmelzwassers auf einen geringen Wert zurück. Im Oberflächenabfluss des Trüebbachs tritt der Peak der Gletscherschmelze früher auf, als bei der Karstquelle Siebenbrünnen, da dort das Gletscherschmelzwasser erst auftritt, wenn innerhalb des Gletschers schneefreie Kanäle ausgebildet werden.

#### Kanton Wallis

Die untersuchten Gewässer Loquesse-Quelle, Liène und Lournatse werden deutlich von Gletscherwasser gespiesen. Alle drei Standorte zeigen einen Peak von bis zu 60% an Gletscherwasser im Abfluss im August. Auch bei den Standorten im Wallis ist Schneewasser während des gesamten saisonalen Verlaufs im Abfluss vorhanden. Beim Untersuchungsstandort Ertentse wird kein Gletscherwasser berechnet, das Abflusswasser enthält während der gesamten Messperiode einen Schneewasseranteil von mindestens 70%.

#### **Fazit**

Die Überprüfung der EMMA-Resultate erfolgte anhand von Gletscherschmelz- und Schneemodellierungen, sowie Abfluss- und Regendaten und belegt, dass die durchgeführte Methodik in dieser Form anwendbar ist.

Auf Grund der Klimaerwärmung und der damit verbundenen Gletscherschmelze wird der Abfluss im Untersuchungsgebiet bis im Jahr 2060 zunehmen, anschliessend drastisch abnehmen. Der Abfluss wird sich von einem glacialen zu einem nivalen Regimetyp verändern, mit einem Vergletscherungsgrad von bis zu 0% und einer Abflussspitze im Monat Mai. Die Konkurrenzsituation zwischen den verschiedenen Wassernutzern (Landwirtschaft, Tourismus, Stromproduktion, Trinkwasserversorgung), aber auch zwischen den beiden Kantonen wird sich in Zukunft vor allem in den Monaten Juli und August, wenn der Wasserbedarf hoch ist und kein Schmelzwasser nachfliessen wird, weiter zuspitzen.

Barnet T.P., Adam J.C., Lettenmaier D.P., 2005: *Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions*. Nature 438, S.303-309.

CCHydro (2012): Auswirkungen der Klimaerwärmung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt „Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz“. Hrsg. Bundesamt für Umwelt (BAFU).

Finger D., Hugentobler A., Huss M., Voinesco A., Wernli H., Fischer D., Weber E., Jeannin P.-Y., Kauzlaric M., Wirz A., Vennemann T., Hüsler F., Schädler B., Weingartner R., 2013: *Identification of glacial melt water runoff in a karstic environment and its implication for present and future water availability*. Hydrology and Earth System Sciences Discussions 10, S. 2743-2788.

Weingartner R., Herweg D., Liniger H., Rist S., Schädler B., Graefe B., Hoelzle M., Reynard E., 2010: *Wasser-knappheit in inneralpinen Regionen – Optionen für eine nachhaltige Wassernutzung in der Region Crans-Montana-Sierre (Wallis)*. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 54(4), S. 251-252.

## **Einflüsse von Hang-Gerinne-Kopplungen auf zwei Gebirgsbäche im Schweizerischen Nationalpark**

### **Diplomarbeit, Universität Bonn**

Anna Schoch

Geographisches Institut der Universität Bonn, Meckenheimer Allee 166, 53115 Bonn, Germany

anna.schoch@uni-bonn.de

Betreuer: Prof. Dr. Richard Dikau

Abgabe: Mai 2013

### Zusammenfassung der Abschlussarbeit

Sedimentflüsse in den Oberläufen alpiner Gebiete werden stark durch den Sedimenteintrag von den Hängen und folglich die Hang-Gerinne-Kopplungen beeinflusst. Diese Kopplungen sind als Verbindungen durch Sedimenttransport definiert und ein wichtiger Bestandteil der Sedimentkaskade in alpinen Systemen. Sie verbinden den Hang mit dem Gerinne, dem letzten Teil der Sedimentkaskade in einem Einzugsgebiet.

Das Hauptziel der Arbeit ist ein besseres Verständnis der Einflüsse des Sedimenteintrags auf die Gerinne in zwei Untersuchungsgebieten zu erlangen. Dies wurde durch die Untersuchung des Gerinnetyps nach MONTGOMERY & BUFFINGTON (1997), der morphometrischen und sedimentologischen Eigenschaften des Gerinnes sowie der Hang-Gerinne-Kopplungen erreicht.

Die Studie wurde in zwei mesoskaligen Einzugsgebieten im Schweizerischen Nationalpark, der Val dal Botsch (VdB) und der Val Müschauns (VMu), durchgeführt. In beiden Gebieten sind Hänge und Gerinne durch häufige Murgänge und räumliche Nähe effektiv gekoppelt. Beide Einzugsgebiete waren im Pleistozän vergletschert, aber weisen heute deutlich voneinander abweichende glaziale Überprägungen auf. Während die VdB eine V-förmige Talmorphometrie hat und die Oberfläche durch Lockermaterial (v.a. Schutthalden- und Moränenmaterial) dominiert wird, ist in der VMu in den oberen Talsegmenten eine U-förmige Talmorphometrie ausgeprägt. Die Oberfläche besteht zum Großteil aus anstehendem Gestein.

Für die Bearbeitung des Themas wurden verschiedene Methoden der Datenerhebung und Datenauswertung angewandt: (1) Klassifizierung des Gerinnetyps, (2) DEM-basierte Untersuchung des Längsprofils, der  $k_{sn}$ -Werte und der slope-area-plots (Gerinneneigungs-Einzugsgebietsgrößen-Diagramme) wie auch Vermessung von Querprofilen im Gelände, (3) Erhebung von sedimentologischen Eigenschaften des Gerinnes mit der Pebble Count-Methode sowie (4) die Kartierung der rezenten Hang-Gerinne-Kopplungen und die Bestimmung der Konnektivität (Kopplungseffektivität) mit einem heuristischen Ansatz.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass der Sedimenteintrag vom Hang in die Gerinne von Murgängen dominiert wird. Die Einzugsgebiete der Murgänge als Teilbereiche des Hanges weisen die höchste Konnektivität zum Gerinne auf. In beiden Untersuchungsgebieten führen massive Sedimenteinträge durch

Muren zu den größten und länger anhaltenden Veränderungen der untersuchten Gerinnecharakteristika. Anpassungen im Gerinne an den erhöhten Sedimenteintrag umfassen das Größerwerden der Korngrößen, die Verschlechterung des Rundungsgrads und der Sortierung, die Zunahme der Blockdichte, die Erhöhung der Neigung sowie Veränderungen der Querprofile durch das tiefe Einschneiden des Gerinnes in das abgelagerte Murgangmaterial. Der Gerinnetyp kann in seiner Zustandsstufe zurückgeworfen werden, z.B. von Step Pool zu Cascade.

Die Intensität des Einflusses auf die Gerinne variiert zwischen den untersuchten Murgängen. Murgänge mit einem durch anstehendes Gestein dominierten Einzugsgebiet, das absolut und relativ zum Einzugsgebiet des Hauptgerinnes groß ist, haben einen stärkeren Einfluss. Dies spiegelt sich in Unterschieden zwischen den beiden Untersuchungsgebieten wider. Da in der VMu die Oberfläche durch anstehendes Gestein dominiert wird, haben die Murgänge hier einen größeren Einfluss auf die Gerinne. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die variable Intensität des Einflusses auf die Gerinne in den beiden Untersuchungsgebieten mit unterschiedlichen Überprägungen durch die pleistozäne Vergletscherung zusammenhängt. Folglich spielt das geomorphologische Erbe eine entscheidende Rolle in rezenten alpinen Systemen.

Referenz:

MONTGOMERY, D. R. & J. M. BUFFINGTON (1997): Channel-Reach Morphology in Mountain Drainage Basins. Geol. Soc. Am. Bull. 109 (5), 596-611.

**Phil.Alp 2014**

Die Alpen aus der Sicht junger Forschender

**Alp.relève 2014**

Les Alpes sous la loupe des jeunes chercheurs

**Mehr als Geschichte**

**Plus que de l'histoire**

## **Das Wetter der Nation**

### **Meteorologie und Alpendiskurs, 1860–1880**

Franziska Hupfer, Institut für Geschichte ETH Zürich

Gegenstand der Masterarbeit ist die Geschichte eines naturwissenschaftliches Grossprojekts: das nationale meteorologische Netz, welches im Dezember 1863 seinen Betrieb aufnahm. An über 80 Orten in der Schweiz führten fortan freiwillige Beobachter drei Mal täglich Wettermessungen durch. Die *Schweizerische Naturforschende Gesellschaft* koordinierte das Beobachtungsnetz mit finanzieller Unterstützung des Bundesstaates. Das Ziel bestand darin, eine nationale Klimastatistik auf der Grundlage von synchronen Messungen mit einheitlichen Instrumenten zu erstellen. Aus mehr als 1000 Tabellen jährlich sollte erkennbar werden, wie die Alpen als Wetterfaktor wirkten.

Anhand des Aufbaus des schweizerischen Beobachtungsnetzes untersucht die Arbeit die Verbindungen von Wissenschaft und Gesellschaft. Im Anschluss an die kulturhistorisch orientierte Geschichtsschreibung behandelt sie die Naturwissenschaften nicht als geschlossenes System, sondern beleuchtet die Wechselwirkungen mit dem gesellschaftlichen Umfeld. Es wird danach gefragt, wie politische Entwicklungen, institutionelle Bedingungen und ideologische Prägungen auf die meteorologischen Forschungspraktiken einwirkten. Die Arbeit stützt sich auf die systematische Auswertung von Berichten, Protokollen und Korrespondenzen. Der umfangreiche Bestand zur meteorologischen Kommission im Bundesarchiv dient als Quellenbasis, die durch Presseartikel und wissenschaftliche Publikationen ergänzt wird.

Zunächst rekonstruiert die Arbeit die institutionellen Entwicklungen und sozialen Strukturen der Meteorologie. Die Kooperation mit dem Bundesstaat ermöglichte es der *Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft*, homogene Daten aus der ganzen Schweiz zu sammeln. Das meteorologische Netz gehörte zu den ersten naturwissenschaftlichen Projekten in der Schweiz, die staatlich subventioniert waren. Der Bund bezahlte jährlich um die 10,000 Franken an die meteorologische Kommission der *Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft*, die das Projekt koordinierte. Die zentralisierte Projektorganisation führte zu einer Vereinheitlichung der meteorologischen Praktiken. Grösstenteils verfügten die Beobachter, von denen mehr als die Hälfte Primarschullehrer oder Pfarrer waren, nicht über eine naturwissenschaftliche Ausbildung. Die Handhabung der Instrumente, die Beobachtungszeiten und die Schreibweisen wurden ihnen minutiös vorgeschrieben. Die Wissenschaftler der Hochschulen beobachteten meistens nicht selbst, sondern übernahmen die Kontrolle und Auswertung der Daten. Ihre Autorität war bei der Disziplinierung der Beobachter, die alle unbezahlt arbeiteten, wirkungsmächtig. Zudem deklarierten die Organisatoren das Freiwilligkeitsprinzip als eine schweizerische Tradition.

Die Erforschung des Schweizer Naturraums stand in enger Wechselwirkung mit der Konstruktion einer nationalen Identität. Die *Schweizerische Naturforschende Gesellschaft* bezeichnete ihr meteorologisches Netz als „wahrhaft patriotisch“ und sprach von einem „grossen vaterländischen Unternehmen“.<sup>1</sup> Für die Organisatoren des Beobachtungsnetzes war es selbstverständlich, den Wetterverhältnissen in den Bergen am meisten Aufmerksamkeit zu schenken. Mehr als ein Drittel der Beobachtungsstationen lag höher als 1000 Meter über Meer. Ein Aushängeschild des schweizerischen Netzes war die auf 3300 Meter über Meer gelegene Station auf dem Theodulpass. Um meteorologische Messungen durchzuführen, verbrachten dort zwei Männer den ganzen Winter 1865/66, wobei sie in ihrer Steinhütte mehrere Monate lang eingeschneit und ohne Kontaktmöglichkeiten zur Aussenwelt ausharren mussten. Mit der Erforschung der hohen Lagen beabsichtigte die Kommission, „den Einfluss eines Gebirgslandes, wie die Schweiz, auf die allgemeinen meteorologischen Verhältnisse Europa’s zu ermitteln“.<sup>2</sup> Sie bezeichnete die Alpen als Wetterzentrum Europas und die Schweiz als „Wächterin dieses Centralknotens“.<sup>3</sup> Indem das Hauptgewicht des meteorologischen Netzes auf die Verhältnisse in den Bergen gelegt wurde, vermittelten die Meteorologen die Vorstellung eines Gebirgslandes. Die Schweiz wurde als alpin wahrgenommen, obwohl der Schweizer Anteil an den Alpen nur 15 Prozent betrug und die grosse Mehrheit der Schweizer Bevölkerung nicht in den Berggebieten lebte. Als Konsequenz wurde nicht etwa das Flachland unschweizerisch, vielmehr wurde der Bezug der verschiedenen Regionen zu den Alpen gestärkt.

Der nationale Bezugsrahmen stand in einem Spannungsfeld mit dem global orientierten Wissenschaftsverständnis. Zeitgleich zum nationalen Integrationsprozess nahm die internationale Vernetzung der Naturwissenschaften zu, was einerseits kooperative Strukturen und andererseits Konkurrenzsituationen zwischen den Nationen entstehen liess. Ab den 1870er Jahren fanden internationale meteorologische Kongresse statt, die eine globale Standardisierung der Messpraktiken und ein internationales Netz anstrebten. Die Beschlüsse wurden indes nur partiell umgesetzt. Der Blick über die Landesgrenzen hinaus prägte die Diskussion um die Einführung von Wetterprognosen. Zahlreiche Staaten führten in den 1870er Jahren Prognosedienste ein, worauf sich in der Schweiz die Forderungen mehrten, das meteorologische Netz nicht nur zum Studium des vergangenen Wetters, sondern auch für Vorhersagen zu nutzen. Viele Meteorologen standen der Prognostik jedoch kritisch gegenüber und sahen darin eine Gefahr für die Wissenschaftlichkeit ihrer Disziplin. Der Bundesstaat setzte schliesslich die Einführung von Wetterberichten durch. Dies zeigt, wie eng die Entwicklung der Meteorologie mit der bundesstaatlichen Politik verwoben war. Das Aufgabenpensum der *Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* wuchs durch die Wetterberichte so stark an, dass der Bundesstaat die Zentralanstalt des meteorologischen Netzes zu einem amtlichen Bureau machte. Bis heute sammelt dieses Bundesamt, das seit 2000 den Namen MeteoSchweiz trägt, Daten für Klimastatistiken und Wetterprognosen.

---

<sup>1</sup> Wolf, Rudolf 1871. Einleitung, in: *Schweizerische Meteorologische Beobachtungen*, 8, S. III.

<sup>2</sup> Mousson, Albert 1862. Bericht der meteorologischen Kommission über die Organisation eines Systems gemeinsamer meteorologischer Beobachtungen durch die ganze Schweiz, in: *Bundesblatt*, 2 (26), S. 498.

<sup>3</sup> Ebd., S. 490.

## **SCHNEE VON GESTERN**

### **GLETSCHERARCHÄOLOGIE IN GRAUBÜNDEN**

Seit Jahrzehnten geniesst der offensichtliche Klimawandel in den Alpen sowohl in der Wissenschaft wie auch in der Öffentlichkeit maximale Aufmerksamkeit. Zunehmend wird deutlich, dass dieses Thema auch für den heimischen Kulturgüterschutz zahlreiche Herausforderungen bereithält, denen die verantwortlichen Fachstellen allerdings bislang unzureichend gegenüber stehen. So birgt die starke Veränderung der Erdoberfläche insbesondere für die Archäologie und ihre vielfältigen, natur- und kulturwissenschaftlichen Nachbarwissenschaften neben zahlreichen Bedrohungen auch einzigartige Chancen, die es rechtzeitig zu erkennen und nutzen gilt.

Während sich alpine Gletscher, Firnfelder und der Permafrost mit rasanter Geschwindigkeit zurückziehen, gibt das scheinbar «ewige Eis» nicht nur bisher unzugängliches Neuland, sondern auch einzigartige Relikte und Informationen aus der Vergangenheit frei.

Dieses immense umwelt- und kulturgeschichtliche Potential des alpinen Eisarchivs ist erstmals durch den einzigartigen Fund des 5300 Jahre alten Südtiroler Eismannes «Ötzi» im September 1991 deutlich geworden. Seither belegen aussergewöhnliche (prä)historische Funde, wie sie zuletzt am Schni-dejoch und Lötschenpass im Berner Oberland, aber auch in zahlreichen weiteren Gebieten der Alpen gemacht wurden, dass es sich bei diesem Phänomen keineswegs um Einzelfälle handelt.

Insbesondere die wissenschaftlich wertvollen organischen Objekte fallen – einmal aus dem schützenden Eis ausgeapert – der raschen Zerstörung durch Wind, Wetter, Tiere und Menschen zum Opfer. Zugleich bleibt nur ein sehr begrenztes Zeitfenster von wenigen Wochen im Hochsommer, um gezielt und systematisch die noch verbleibenden alpinen Eisflächen zu erreichen, nach möglichen Objekten abzusuchen und diese allenfalls rechtzeitig und professionell zu bergen.

Die relative Berechenbarkeit der bisher bekannten Deponierungsmuster entlang Jahrtausende alter Mobilitätskorridore erlaubt es, potentielle hochalpine Eisfundstellen mit Hilfe ausgewählter Einflussfaktoren in einem Vorhersagemodell (predictive model) zu berechnen. Auf dieser Grundlage ist es erstmals möglich, ein geeignetes Monitoring- und Managementprogramm für die durch den Klimawandel akut gefährdete alpine Kulturlandschaft zu entwickeln.

Im Rahmen der Masterarbeit «Alpines Eis – bedrohtes Kulturarchiv» wurde in Anlehnung an skandinavische und nordamerikanische Vergleichsstudien sowie ein eigenes, von der Universität Zürich mit dem Semesterpreis prämiertes Pilotprojekt (Forschungsseminararbeit) sowohl erstmalig eine methodische Grundlage für eine systematische Gletscherarchäologie im Alpenraum erarbeitet, als auch ein konkretes Modell für den Kanton Graubünden konzipiert.

Als diachrone Kanalisationspunkte hochalpiner Mobilität stehen natürliche Pässe, Jöcher und begehbare Lücken im Zentrum der Vorhersagemodellierung. In einem ersten Schritt wurden sämtliche, d.h. gut 600 Übergänge in Höhen ab 2500 m ü. M. auf der Grundlage von rezentem und historischem Kartenmaterial kartiert und anschliessend in einem komplexen, mehrstufigen Modellierungsverfahren anhand unterschiedlicher Kriterien nach ihrem spezifischen archäologischen Funderwartungspotential bewertet.

Hierbei fanden kulturelle Aspekte wie die Nähe zu archäologischen Fundstellen oder die Erwähnung einzelner Übergänge in historischen Quellen (z.B. Viehtrieb oder Saumpfad über vergletscherte Pässe) ebenso Berücksichtigung wie topographische Einflussfaktoren, die sich positiv auf die Erhaltungsbedingungen von Eis und Permafrost auswirken (Hangneigung, Höhenlage, Sonneneinstrahlung etc.). Die jeweiligen Bewertungsschritte wurden mit einem GIS ausgeführt

und abschliessend in einem Gewichtungungsverhältnis, welches sich an den bisher bekannten Fundstellen orientiert, zu einer priorisierenden Fundpotentialkartierung zusammengefasst.

Da die Modellierung allein jedoch lediglich die theoretische Grundlage für die von Beginn an geplante praktische Umsetzung im Gelände darstellt, wurden die (Zwischen-)Resultate der Arbeit punktuell im Feld überprüft, um eine laufende Adaption und Optimierung der Methodik zu gewährleisten. Diese punktuellen praktischen Erfahrungen vermochten die gewählte Strategie weitgehend zu bestätigen, auch wenn die "spektakulären" (prä)historischen Funde bisher noch ausgeblieben sind.

Der Unterstützung des Instituts für Kulturforschung Graubünden sowie zahlreichen weiteren Partnern ist es zu verdanken, dass die theoretisch-methodische Grundlage der Masterarbeit derzeit im Rahmen des Projektes «<sup>k</sup>Altes Eis» (2013-2015, [www.kalteseis.com](http://www.kalteseis.com)) im Wortsinn realisiert und weiterentwickelt werden kann. Nach einem zweijährigen Monitoring der gefährdeten Stellen wird diese Aufgabe 2016 ins reguläre Pflichtenheft des Archäologischen Dienstes Graubünden übergehen.

Da die eigentliche archäologische Prospektion jedoch auch im Rahmen dieses Programmes sehr selektiv bleiben muss und keinesfalls das gesamte, weitläufige hochalpine Gelände abdecken kann, wird zusätzlich zur Weiterführung der gletscherarchäologischen Forschung auch eine breit angelegte Awareness-Kampagne innerhalb des Arbeitsgebietes durchgeführt.

Wanderer, Bergführer, Hüttenwarte, Hirten, Jäger, Mineraliensammler u.a. sollen auf das Phänomen möglicher Eisfunde aufmerksam gemacht und für deren wissenschaftliche Bedeutung sensibilisiert werden, um die Entdeckung wie fachgerechte Dokumentation und Bergung von Fundobjekten auch ausserhalb der evaluierten Monitoring-Perimeter zu gewährleisten. Das Vermittlungskonzept umfasst sowohl die weite Verbreitung einer mehrsprachigen Informationsbroschüre und eine regelmässige Präsenz in einschlägigen Zeitschriften und (über)regionalen Tagesmedien, wie auch eine Ausstellungsreihe, die in Form von kleinen, mobilen Ausstellungsmodulen unmittelbar vor Ort – verteilt auf verschiedene SAC-Hütten im Kantonsgebiet – in den Sommern 2014 und 2015 gezeigt wird.

Ein weiteres Anliegen von «<sup>k</sup>Altes Eis besteht im gletscherarchäologischen Wissenstransfer zwischen wissenschaftlichen Institutionen im In- und Ausland. So finden dieses Jahr in den benachbarten und thematisch ebenfalls direkt betroffenen Regionen Bern, Nord- und Südtirol universitäre Veranstaltungen mit Studierenden statt, die – in Zusammenarbeit mit «<sup>k</sup>Altes Eis» – auch eine stark interdisziplinär ausgerichtete, Praxis bezogene field school beinhalten.

## **PUBLIKATIONEN:**

Naef, L./Reitmaier, Th.: Ice patches. First steps towards a long-term survey and monitoring programme of the high Alpine cultural heritage in the Central Swiss Alps. *Journal of Glacial Archaeology* 1, 2014, *im Druck*.

Della Casa, Ph./Naef, L./Reitmaier, Th.: Valleys, Pastures and Passes: New Research Issues from the Swiss Central Alps. In: *Preistoria Alpina* n. 47 vol. I (2014), *im Druck*.

Naef, L.: <sup>k</sup>Altes Eis. In: *Mitteilungen Kulturforschung Graubünden* 14 (2014), 21-22.

Naef, L./Reitmaier, Th.: Eisschrank abgetaut! Ein neues Monitoring- und Awarenessprogramm zu Eisfundstellen in Graubünden. In: *NIKE-Bulletin* 5/2013, 4-7.

Naef, L.: Eisfelder im Hochgebirge. Bedrohte Archive zur alpinen Landschaftsnutzung. In: Reitmaier, Th. (Hg.): *Letzte Jäger, erste Hirten. Hochalpine Archäologie in der Silvretta. Archäologie in Graubünden, Sonderheft 1* (Chur 2012), 221-235.

Bucher, J./Gut, U./Hubmann, P./Naef, L.: Ice Patches im Silvrettagebirge (CH/A). *Bedrohte Archive zu Kommunikationswegen und hochalpiner Landschaftsnutzung*, 2011:  
<http://www.prehist.uzh.ch/onlineart/SilvrettaIcePatches1.htm> (prämierte Forschungsseminararbeit).

# «Vil mehr feys khässen» – Wüstungsforschung und Alpwirtschaft in der Region Oberhasli. Eine archäologisch-historische Einordnung

Zusammenfassung der Dissertation

---

## 1 Ausgangslage

Der Archäologische Dienst des Kantons Bern führte in den Jahren 2003, 2004 und 2006 in drei Tälern der Region Oberhasli Prospektionen durch, um das archäologische Potential im Perimeter des Ski-ausbauprojekts «Schneeparadies Hasliberg-Frutt-Titlis» zu eruieren. Die systematischen Geländebegehungen am Hasliberg, im Gental und Gadmertal lieferten knapp 400 bisher unbekannte archäologische Strukturen. An den neuen Fundplätzen, die mehrheitlich in einer Höhe zwischen 1600 und 2000 m ü. M. liegen, konnten verschiedene Befundkategorien wie Gebäudegrundrisse, Konstruktionen unter Fels, Pferche, Weidemauern, Wegabschnitte und Erzabbaustätten dokumentiert werden.

Das Ziel der Prospektionen lag in erster Linie darin, ein Fundstelleninventar für diejenigen Alpgebiete zu erstellen, die möglicherweise vom Bau neuer Skiinfrastrukturanlagen betroffen sind. Da auf den Alpweiden noch heute Vieh gesömmert wird, stellte sich die Frage nach früheren alpwirtschaftlichen Tätigkeiten und den Überresten von ehemaligen Alpgebäuden. Daneben interessierten Standorte mit Hinweisen auf eine prähistorische Nutzung oder Abbau von Rohstoffen.

## 2 Wüstungs- und Bauforschung im Alpgebiet

Archäologische Untersuchungen im alpinen Gebiet wurden und werden in der Schweiz selten durchgeführt. Meistens handelt es sich um lokale oder regionale Projekte, die auf einzelne Täler, Alpgebiete oder Passübergänge begrenzt sind.

Die alpine Wüstungsforschung als Teil der alpinen Archäologie begann im Schweizer Alpenraum in den 1970er-Jahren und liegt an der Schnittstelle von Archäologie, Geschichte, Volkskunde und Bauernhausforschung. Als Wüstungen werden in der Regel mittelalterliche und neuzeitliche ländliche Siedlungsbefunde im landwirtschaftlichen, gewerblichen oder industriellen Kontext bezeichnet. Die dort ausgeübten Tätigkeiten hatten in unterschiedlichem Masse Einfluss auf die jeweilige Umgebung, weshalb die Kenntnis der Besiedlungs- und Wüstungsprozesse zum Verständnis von Kulturlandschaften beiträgt.

Der Überblick über die Wüstungsforschung im Schweizer Alpenraum zu Beginn der Arbeit zeigt einige Forschungslücken. Archäologische Ausgrabungen von Alpwüstungen fanden bisher schwerpunktmässig in der Innerschweiz und im Wallis statt.

## 3 Wüstungsforschung im Oberhasli

Das Augenmerk lag bei den Begehungen im Oberhasli vor allem auf im Gelände noch sichtbaren Strukturen wie Trockenmauerresten.

Am häufigsten vertreten sind die Befundkategorien der Gebäudegrundrisse und Konstruktionen unter Fels; diese Befunde werden in der Arbeit in Text und Bild ausführlich vorgestellt und verglichen. Bei den Gebäudegrundrissen lässt sich vielerorts die von Schutzüberlegungen geprägte Standortwahl beobachten. Die Mehrheit der Gebäudegrundrisse ist einräumig und weist weniger als 15 m<sup>2</sup> Innenfläche auf. Je grösser die Strukturen werden, desto öfter finden sich rechteckige anstelle von quadratischen Formen. Zudem können vermehrt Raumunterteilungen und Inneneinrichtungen wie Ablagebänke und Feuerstellen oder Anbauten wie Mistgruben beobachtet werden.

Die als Konstruktionen unter Fels bezeichneten Bauten an einem Felsblock oder einer Felswand bilden mit ihren unterschiedlich ausgestalteten und unregelmässigen Nutzungsflächen eine sehr heterogene Befundkategorie mit gewissen Verbreitungsschwerpunkten.

#### **4 Alpwirtschaft im Spiegel nichtarchäologischer Quellen**

Bei den neu entdeckten Strukturen handelt es sich um Prospektionsergebnisse und nicht um Grabungsbefunde, weshalb für die Deutung und Datierung der Strukturen auch nichtarchäologische Quellen eine wichtige Rolle spielen.

Um Anhaltspunkte für eine zeitliche Einordnung der Gebäudegrundrisse zu gewinnen, wurden aufgearbeitete und publizierte Schriftquellen von 1200 bis 1900 durchgesehen. Es handelt sich bei den überwiegend die Region betreffenden Texten im Wesentlichen um Rechtsquellen, Topographische Beschreibungen, Reiseberichte und Alpstatistiken, in denen verschiedene Aspekte der Alpwirtschaft zur Sprache kommen. Spezifische Beschreibungen von Alpgebäuden sind rar. Angaben zur Wirtschaftsweise, wie etwa die Art der Käseproduktion, liefern jedoch indirekte Hinweise auf die bauliche Infrastruktur.

In den regionalen Quellen werden kurz nach dem Einsetzen der Schriftlichkeit im 13. Jahrhundert bereits die Probleme einer intensivierten Weidewirtschaft anhand von Grenzstreitigkeiten fassbar. Fast alle Fluren, die heute Alpwüstungen aufweisen, wurden im 14. und 15. Jahrhundert im Kontext von Weidestreitigkeiten oder Handänderungen erwähnt und demnach bereits alpwirtschaftlich genutzt.

#### **5 Kulturhistorische Einordnung**

Neben den Schrift- und Bildquellen ergänzen Vergleiche mit noch bestehenden Alpgebäuden und archäologischen Grabungsergebnissen aus anderen Regionen die Auswertung. Eine Annäherung an die Funktion der Bauten erfolgt auch über die historisch überlieferte oder heute noch bekannte alpwirtschaftliche Infrastruktur. Ausgehend vom archäologischen Befund wurde versucht, die baulichen Strukturen der Wüstungen einer Funktion oder einem Tätigkeitsfeld zuzuordnen. Auf einer Alp mit Milchwirtschaft braucht es eine entsprechende Infrastruktur zur Verarbeitung von Milch und zur Lagerung der Molkereiprodukte. Die Viehhaltung zeigt sich im Befund in Form von Weidemauern, Stall- und Pferchgrundrissen.

Der derzeitige Forschungsstand weist auf eine Entwicklung von den kleinen einräumigen Bauten von trapezförmiger oder quadratischer Form hin zu den grösseren, rechteckigen Gebäuden. Dabei werden die kleinen unregelmässigen, oft am Rand von Geröllhalden gelegenen Grundrisse als ältere Form eingestuft. Ausgrabungsbefunde und Ergebnisse aus der Bauernhausforschung zeigen in Regionen wie der Innerschweiz, Wallis, Graubünden oder dem westlichen Berner Oberland eine Zunahme von mehrräumigen Bauten ab etwa 1600. Diese frühneuzeitliche Entwicklung zur Mehrräumigkeit konnte an den Befunden im Oberhasli nicht beobachtet werden.

Der Hauptgrund für die Einräumigkeit ist auf die in der Region verbreitete Produktion von Vollfettkäse zurückzuführen, bei der kein separater Kühlraum zum Abrahmen der Milch nötig ist. Aus den Schriftquellen geht hervor, dass Herstellung und Handel von fettem Hartkäse lukrativer waren als der Verkauf von Butter; durch die lange Lagerung eignete sich der Hartkäse zudem für den Transport über die Saumpfade nach Norditalien. Auch der Käsespeicher war im östlichen Berner Oberland nicht in einem Raum in der Sennhütte integriert, sondern es gab eigene, freistehende Bauten. Die einräumigen Alphütten wurden erst ab 1800 allmählich von Mehrzweckbauten abgelöst, die vorerst aus einem Sennerei- und einem Stallteil bestanden und stellenweise noch heute erhalten sind.

Spätestens nach der Umstellung auf die Labkäserei im 16. Jahrhundert ist damit in den verschiedenen Regionen von einer unterschiedlichen Alpgebäudeentwicklung auszugehen. Ausschlaggebend dafür können neben der Wirtschaftsweise auch die Besitzform oder Topographie sein.

**Dr. phil. Rico Franc Valär**  
**Weder Italiener noch Deutsche!**  
**Die rätoromanische Sprachbewegung 1863-1938**

Am 20. Februar 1938 wurde das Rätoromanische mit 92% Ja-Stimmen zur vierten Nationalsprache erklärt. Eine historische Einigkeit in einer Abstimmung mit einer Zustimmungszahl, die in der Geschichte der Eidgenossenschaft nur zwei Mal übertroffen wurde. Im Zentrum dieser Forschungsarbeit steht die Frage, wie es zu diesem erstaunlichen Resultat kam, welche Bilder und Mythen in der Abstimmungspropaganda mobilisiert wurden und welche nationalen und regionalen Akteure sich für dieses Anliegen einsetzten.

Auf der Suche nach Spuren und Antworten schreibt diese Forschungsarbeit die Geschichte der rätoromanischen Sprachbewegung neu, indem sie diese in einen nationalen und internationalen Kontext stellt. Die Aufarbeitung des zusammengestellten Textkorpus zeigt deutlich, dass die Geschichtsschreibung über die Schweiz, welche seit dem Humanismus die Schweiz als Alpenland und die Eidgenossen als tugendhafte Alpenbewohner darstellte, für den Prozess des «nation-building» während der Entstehung des Bundesstaates, für das Selbstverständnis der Schweiz in der Zwischenkriegszeit sowie für die Propaganda zur Anerkennung des Rätoromanischen als Nationalsprache von eminenter Bedeutung war. Daneben war die Konjunktur der patriotischen Gesellschaften in der Schweiz seit der Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert (Heimatschutz, Naturschutz, Trachtenverein, Bauernverband, Neue Helvetische Gesellschaft, Sprachvereine) auch für den Aufschwung der rätoromanischen Sprach- und Heimatbewegung grundlegend. Diese entstand im Kreis von Bündner Intellektuellen als Gegenbewegung zur Forderung fortschrittlicher Liberaler, das Rätoromanische in Graubünden auszurotten, weil es ein Hindernis für den Anschluss des Kantons an die moderne Welt sei. Seit der Gründung der rätoromanischen Sprachorganisation «Lia Rumantscha» (1919) stand das Postulat der Anerkennung des Rätoromanischen als vierte Nationalsprache im Raum.

Neben dieser nationalen Dimension, haben die rätoromanische Sprach- und Heimatbewegung sowie die Abstimmungspropaganda für die Anerkennung des Rätoromanischen als Nationalsprache auch eine internationale Dimension. Einerseits waren für die Gründung und Ausgestaltung der rätoromanischen Sprach- und Heimatbewegungen ideologische und persönliche Bezüge zu sprachlichen Emanzipationsbewegungen anderer romanischer Kleinsprachen (Galizisch, Katalanisch, Provenzalisch) zentral. Andererseits gab erst die internationale politische Situation der 1930-er Jahre mit der faschistischen Bedrohung aus Norden und Süden dem Postulat der rätoromanischen Sprachorganisationen die notwendige politische Brisanz: Das Motto «Weder Italiener noch Deutsche!», während des Ersten Weltkrieges als Leitspruch der Rätoromanen lanciert, wurde in der Zwischenkriegszeit im Zuge der geistigen Landesverteidigung zum Programm schweizerischer Selbstbehauptung.

Zwischen 1936 und 1938 starteten die politische Elite der Schweiz um Bundesrat Philipp Etter und die rätoromanischen Sprachvereinigungen eine beispiellose Propagandaaktion. Die Rätoromanen wurden in über 1500 Presseartikeln, in Radiosendungen, Bildberichten und Themenabenden als traditionsverbundenes, wehrhaftes, bescheidenes kleines Bergvolk dargestellt. Die Bezugnahme zu den althergebrachten Mythen und Ikonen der Schweiz als Alpenland und der Schweizer als Hirtenvolk war die Grundlage für eine Glorifizierung der Rätoromanen als perfekte Bergler und damit als perfekte Schweizer. Die Tatsache, dass es sich beim Rätoromanischen um eine Alpensprache und bei den meisten Rätoromaninnen und Rätoromanen um Alpenbewohner handelte, war also für die verfassungsrechtliche Anerkennung dieser Kleinsprache in der Zwischenkriegszeit absolut grundlegend.

Rico Franc Valär, 1981, ist in Zuoz/Oberengadin aufgewachsen und studierte an der Universität Zürich vergleichende romanische Sprachwissenschaft, Rätoromanisch und französische Literatur. Mit seiner Forschungsarbeit zur rätoromanischen Sprach- und Heimatbewegung promovierte er 2011. Sein Buch *Weder Italiener noch Deutsche! Die rätoromanische Heimatbewegung 1863–1938* erschien im April 2013 beim hier + jetzt Verlag in Baden. Rico Valär arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter beim Bundesamt für Kultur sowie als freier Lehrbeauftragter, Publizist und Fernsehmoderator.