

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.