

WSL Programm Walddynamik

Die Klimaveränderung bedroht die Föhrenwälder im Wallis

In den vergangenen Jahrzehnten sind in den Tieflagen des Wallis zahlreiche Waldföhren abgestorben, zum Teil auf grosser Fläche. Gleichzeitig verjüngen sich in diesen Wäldern die Föhren nur unzureichend. Die WSL hat diese Absterbe- und Verjüngungsprozesse in den vergangenen fünf Jahren intensiv untersucht und die Ursachen für die Veränderungen entschlüsselt. Der wichtigste Auslöser des Föhrensterbens ist das sich verändernde Klima. In Lagen bis 1200 m wird es der Föhre im Wallis zu warm und zu trocken. Sie wird dort durch Laubbäume verdrängt, allen voran von der Flaumeiche.

Der für das Walliser Rhonetal und seine Seitentäler charakteristische Waldföhrengürtel erstreckt sich vom Talboden auf etwa 450 m bis in eine Höhe von etwa 1500 m ü. M., in einzelnen Gebie-

Matthias Dobbertin, Andreas Rigling, Elizabeth Graf Pannatier, Martine Rebe-
tez, Thomas Wohlgemuth*

ten sogar bis an die Waldgrenze. Die Föhrenwälder schützen vor Lawinen, Stein-
schlag und Erosion, sind Erholungsraum
für die Bevölkerung und Lebensraum für
einzigartige Pflanzen und Tiere.

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts wird
im Wallis immer wieder von sterbenden
Waldföhren berichtet. In den 1970er und
1980er Jahren wurden auffällige Nadel-
nekrosen an Waldföhren beobachtet und
mit Fluor-Immissionen aus nahe ge-
legenen Aluminiumwerken in Zusammen-
hang gebracht. Durch den Einbau von
Filteranlagen anfangs der 1980er-Jahre
reduzierte sich der Schadstoffausstoss
drastisch, so dass die Schadenmerkmale
verschwanden.

* Die Autorinnen und Autoren sind wissenschaft-
liche Mitarbeitende der eidgenössischen For-
schungsanstalt WSL in Birmensdorf.

Zu Beginn der 1990er Jahre setzte
erneut ein Föhrensterben ein. Dabei wurde
häufig ein starker Befall durch verschie-
dene Schadinsekten und zum Teil auch
durch Pilze beobachtet. Mancherorts er-
setzten andere Baumarten wie die Flaum-
eiche oder die Mehlbeere die absterben-
den Waldföhren. An anderen Orten waren
aber keine Ersatzbaumarten zur Stelle,
um zum Beispiel die Schutzfunktion zu
übernehmen. Diese gebietsweise recht
dramatische Entwicklung veranlasste die
Eidgenössische Forschungsanstalt WSL,
gemeinsam mit der Dienststelle für Wald
und Landschaft des Kantons Wallis ein
umfassendes, interdisziplinäres Forschungs-
projekt zu starten. Man wollte verstehen,
weshalb die Föhren grossflächig absterben.
Es sollten zudem Handlungsoptionen
beziehungsweise geeignete Bewirtschaf-
tungsmassnahmen formuliert werden.
Neben dem Kanton Wallis unterstützten
auch das Bundesamt für Umwelt (BAFU)
und die Velux-Stiftung das Projekt mit
namhaften Beiträgen.

Föhren sterben vor allem in Tieflagen

Die Waldföhren sterben heute nicht nur
im Wallis, sondern auch in anderen inner-
alpinen Trockentälern, wie zum Beispiel in
der Region Innsbruck, in der Süd-Steier-
mark und in Kärnten sowie im Vinschgau
und im Aostatal. Dieses alpenweite Phä-
nomen liess eine lokale Ursache, wie zum
Beispiel Schadstoffimmissionen, von vorn-
herein als unwahrscheinlich erscheinen.
Es stellte sich allerdings die Frage nach den

Forschungsprogramm Walddynamik

Das Programm beschäftigte sich von 2001
bis 2006 mit gesellschaftlich bedeuten-
den Waldentwicklungen in mehreren
Regionen der Schweiz. Rund 80 Per-
sonen untersuchten in über 40 Projekten
die ökologischen Folgen von Umwelt-
einflüssen auf die Waldentwicklung. Aus
den Resultaten entstanden im Dialog
mit der Forstpraxis wissenschaftlich fun-
dierte Handlungsanleitungen. Das Thema
Waldföhrenwälder ist eines von sechs
Kernthemen.



Foto: A. Rigling, WSL

Abbildung 1: Tote Föhre mit Mistelbefall
im mittleren Wallis.

Gemeinsamkeiten, denn in allen Untersu-
chungsregionen wurde übereinstimmend
von einer komplexen Ursache für die
Absterbephänomene gesprochen.

Als erstes galt es im Wallis festzustellen,
wo und wie viele Waldföhren abstarben.
Hierzu untersuchten wir auf dem 1u1 km-
Netz des Schweizerischen Landesforst-
inventares LFI, wie viele Bäume seit den
Aufnahmen der Jahre 1983–1985 (LFI I)
und 1993–1995 (LFI II) abstarben oder
genutzt wurden und wie viele Sämlinge
nachgewachsen sind. Die Analysen zeigten
klar, dass in den vergangenen 20 Jahren
die Föhren vor allem in den trockenen
Tieflagen unterhalb etwa 1200 m ü. M.
abstarben, und zwar hauptsächlich im
Zentralwallis. Während in den kühleren
Hochlagen nicht mehr Föhren starben
als im schweizerischen Durchschnitt, waren
es in den Tieflagen gut doppelt so viel
(Abb. 2). Wir gruppierten die Flächen
nach durchschnittlichem Niederschlag
und Temperatur in sehr trockene, trockene

und mässig feuchte Standorte. Auch hier zeigte sich, dass auf den sehr trockenen Standorten doppelt so viele Bäume gestorben waren wie auf den feuchten.

Die Sommer werden wärmer

Mit 500 bis 1000 mm Jahresniederschlag ist das Zentralwallis die niederschlagärmste Region der Schweiz. Dabei gibt es lokal grosse Unterschiede: Von West nach Ost nimmt im Rhonetal der Niederschlag durch die Abschirmung der Berge deutlich ab und das Maximum der Niederschläge verschiebt sich vom Sommer in den Winter. Dadurch nimmt der sommerliche Trockenstress auf die Vegetation Richtung Osten zu und erreicht bei Visp seine stärkste Ausprägung. Dabei kann die jährliche Niederschlagssumme beträchtlich variieren.

Nach einer Periode niederschlagsreicher Jahre waren die Jahre seit 1990 im Wallis deutlich trockener als der Durchschnitt. In den tiefen Lagen des zentralen und östlichen Rhone-Haupttals und in den Seitentälern der Vispa fielen zum Beispiel 1998 zwischen 390 und 490 mm Niederschlag (im Durchschnitt 78% des normalen Niederschlags), 2003 zwischen 300 und 430 mm (62%) und 2004 zwischen 400 und 570 mm (85%). Normal hätte zwischen 500 bis 650 mm Niederschlag fallen müssen.

Betrachtet man die Entwicklung in den letzten 100 Jahren, so liess sich weder eine Abnahme der Niederschläge noch eine signifikante Zunahme von Trockenperioden feststellen. Jedoch sind im Wallis wie auch in der übrigen Schweiz die Temperaturen in diesem Zeitraum stark angestiegen. Auffällig ist der rasche Anstieg der Sommertemperaturen in den letzten 20 Jahren. Die Anzahl heisser Tage mit einer mittleren Temperatur von mehr als 20° C hat in den Tieflagen in den letzten Jahren deutlich zugenommen: Visp verzeichnete seit 1980 einen Anstieg von 18 auf heute knapp 40 Tage, mit dem Rekord von 77 Tagen im Hitzesommer 2003 (siehe **Abb. 3**). Durch die höheren Temperaturen gerade im Sommer steigt der Verdunstungsstress. Das heisst an sehr trocken-heissen Tagen müssen die Bäume frühzeitig die Spaltöffnungen schliessen, um Wasser zu sparen.

Im Sommer trocknet der Boden oft völlig aus

Der Trockenstress eines Baumes hängt hauptsächlich davon ab, wie viel Wasser er aus dem Boden aufnehmen kann. Auf

Abbildung 2: Föhrenmortalität im Wallis im Vergleich zur Schweiz (1984–2003).

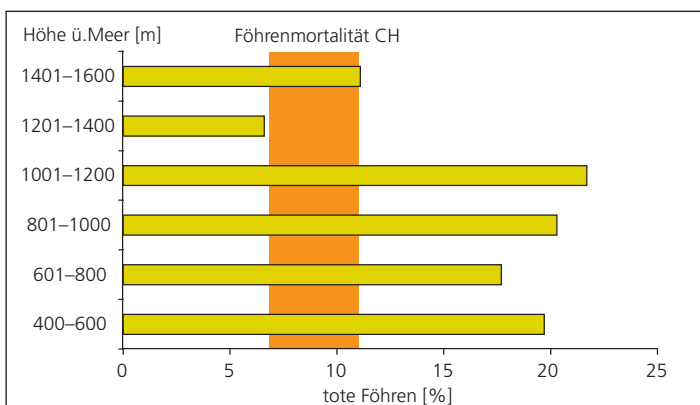
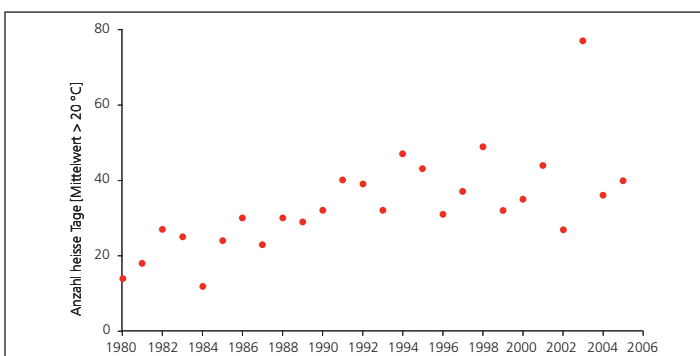


Abbildung 3: Anzahl heisser Tage (Tagesmitteltemperatur höher als 20°C) in Visp seit 1980.



der LWF-Fläche bei Visp messen wir seit Juli 2001 stündlich die Bodenfeuchte. In jedem Sommer werden die Wasserreserven auch in grösseren Tiefen aufgebraucht. Geringe Niederschlagsmengen (<10 mm pro Tag, Linien B in **Abb. 4**) verdunsten im Sommer sehr schnell und gelangen deshalb kaum in den Oberboden. Bei grösseren Mengen sickert das Wasser zwar oberflächlich ein, der Unterboden bleibt jedoch trocken (siehe Linien A in **Abb. 4**). Der Unterboden wirkt in Trockenperioden also nur beschränkt als Wasserlieferant. Solange es keine nennenswerten Niederschläge gibt, bleibt der Wassergehalt bis zum Herbst/Winter auf einem konstant niedrigen Niveau und ist für Pflanzen nicht mehr verfügbar. Nur Starkniederschläge wie zum Beispiel im Sommer 2002 erhöhen die Bodenfeuchtigkeit auch in tieferen Schichten.

Im Herbst und Winter hingegen wird der Wasserspeicher je nach Witterungsbedingungen wieder aufgefüllt. Füllt sich jedoch im Winter der Wasserspeicher nicht vollständig, so setzt die sommerliche Austrocknung früher ein.

Als Fazit stellen wir fest, dass die Bäume auf den Untersuchungsflächen während der Vegetationsperiode regelmässig an Trockenstress leiden. Dies reduziert die Widerstandskraft gegenüber Schadorganismen. Halten diese Perioden länger an, wie im Jahr 2003, so beginnen die ersten Föhren abzusterben.

Nach trockenen Sommern sterben besonders die Föhren

Der Temperaturanstieg in den Sommermonaten erhöht die Verdunstung und führt besonders in Trockenjahren, bei begrenzter Wasserverfügbarkeit, zu höherem Trockenstress der Bäume (Rebetz 2004). Auf der Untersuchungsfläche Visp, auf der seit 1996 schon mehr als 60% der Föhren abgestorben sind, starben jeweils im Jahr nach heissen, trockenen Sommern (z. B. 1998 und 2003) am meisten Bäume ab (**Abb. 5**). Dagegen starben im gleichen Zeitraum nur 15% der Laubbäume, meist Birken und Kirschen, aber keine Eichen und nur wenige Mehlbeeren ab.

Folgen mehrere trockene Jahre aufeinander, so sind die negativen Auswirkungen auf die Föhren umso grösser – dies haben Jahrringuntersuchungen gezeigt. Generell reagieren Föhren in trockenen Jahren im Wallis mit vermehrtem Abwurf der Nadeln und kürzeren Nadeln und Trieben. Föhren mit reduzierter Nadelmasse sind anscheinend stressanfälliger, zum Beispiel bei gleichzeitigem Mistelbefall oder bei Befall durch Nematoden, Insekten und Bläuepilze.

Die submediterrane Flaumeiche, die die Waldföhre an vielen Orten ersetzt, ist grundsätzlich besser an die Trockenheit angepasst. Wachstumsanalysen weisen allerdings darauf hin, dass auch die Flaum-

eiche in extremen Trockenjahren an ihre Grenzen stösst.

Der Temperaturanstieg fördert Schädlinge

Das Vorkommen von Schadinsekten und Krankheiten an Föhren wurde ebenfalls im Projekt untersucht. Generell lässt sich sagen, dass die Temperaturerhöhung den Befall von Schadorganismen und Pilzbefall beschleunigt, entweder direkt, weil sich Schadorganismen besser entwickeln können oder indirekt über die Schwächung der Föhren.

Ein wichtiger Stressfaktor für die Föhren im Wallis ist die Föhrenmistel. Als Wärme liebender Halbparasit entzieht die Mistel dem Baum Wasser und Nährstoffe, betreibt aber selber Photosynthese. Bedingt durch den Temperaturanstieg während der letzten 100 Jahre wächst die temperatur-empfindliche Föhrenmistel heute gut 200 m höher als um 1900. Nach den Trockenjahren 1998 und 2003 starben auf der LWF-Fläche Visp Föhren mit mittlerem bis starkem Mistelbefall zwei- bis dreimal häufiger ab als Föhren ohne Misteln.

Die Waldföhre kennt eine Vielzahl von Pilzkrankheiten an Wurzeln, Stamm und Nadeln, welche die Bäume schwächen und sogar zum Absterben bringen können. Einige von ihnen wurden in den Föhren im Wallis nachgewiesen. Bisher ist noch nicht bekannt, ob die Erwärmung langfristig den Befall durch schädigende Pilze verstärken wird.

Nematoden der Gattung *Bursaphelenchus* (bis ca. 1 mm lange Fadenwürmer) wurden im Splintholz absterbender Föhren im Wallis gefunden. Diese Fadenwürmer stehen ebenfalls im Verdacht, Föhren zu schwächen oder gar zum Absterben zu bringen. Von den Fadenwürmern ist

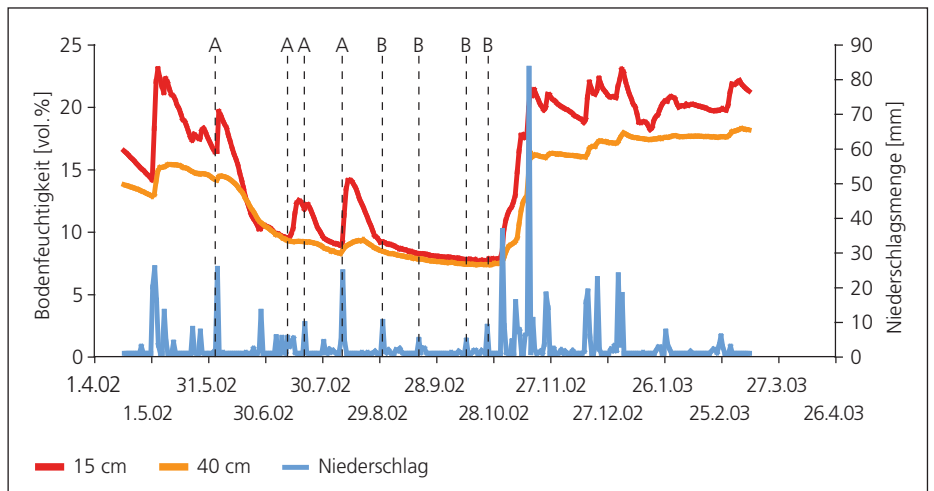


Abbildung 4: Bodenfeuchtigkeit in Visp im Jahr 2002 in verschiedenen Bodentiefen und Niederschlag (Niederschlagsdaten: G. Schneiter, WSL).

bekannt, dass sie sich bei erhöhten Sommertemperaturen schneller vermehren.

Die in abgestorbenen Föhren gefundenen Schadinsekten sind meist sekundär, das heisst, sie befallen vor allem geschwächte Bäume. Besonders nach trockenen Jahren nimmt daher der Befall zu. Es ist aber auch bekannt, dass erhöhte Temperaturen die Entwicklung der Larven beschleunigen. Genauere Ergebnisse zu den gefundenen Schadorganismen werden in einer der nächsten Ausgaben von «WALD und HOLZ» publiziert.

Kein Ende des Föhrensterbens in Sicht

Die Prognosen zur möglichen Klimaentwicklung weisen eine grosse Bandbreite auf. Es werden vor allem eine leichte Zunahme der Winterniederschläge und ein Rückgang der Sommerniederschläge erwartet. Der prognostizierte Temperaturanstieg in diesem Jahrhundert ist mehr als doppelt so hoch wie der gemessene des

letzten Jahrhunderts. Generell wird besonders der Anstieg der Sommertemperaturen die Föhren der Tieflagen weiter schwächen. Die potenziellen Schadorganismen dürften von der Erwärmung eher profitieren. Dies dürfte nicht nur die Sterberaten der Föhren, sondern auch die Föhrenverjüngung beeinträchtigen. Der Waldföhrengürtel dürfte sich dann in höhere Lagen verschieben, da vermutlich auch andere Baumarten wie zum Beispiel Tanne, Lärche und Fichte durch den Klimawandel geschwächt werden. In den Tallagen wird sich vorerst die Flaumeiche behaupten beziehungsweise durchsetzen können. Sollte es jedoch noch trockener werden, wird auch die Flaumeiche leiden. Die Versteppung jetziger Waldgebiete in den Tieflagen des Wallis wäre dann ein mögliches Szenario. Dies wird nach unserem Ermessen den waldbaulichen Handlungsspielraum der Forstpraxis erheblich eingengen.

Ausgewählte Literatur

Hilker, N.; Rigling, A.; Dobbertin, M., 2005: Ist der Verbreitungsanstieg der Mistel im Wallis durch die Klimaerwärmung verursacht? «WALD und HOLZ» 3: 39–42.

Rebetez, M., 2002/2006: Helvetien im Treibhaus. Der weltweite Klimawandel und seine Auswirkungen auf die Schweiz. Le Savoir Suisse, Haupt Verlag, 149 Seiten.

Lock, S.; Pahlmann, S.; Weber, P.; Rigling, A., 2003: Nach Stalden kehrt die Flaumeiche zurück. «WALD und HOLZ» 9: 29–33.

Rigling, A.; Dobbertin, M.; Bürgi, M.; Gimmi, U.; Graf Pannatier, E.; Gugerli, F.; Heiniger, U.; Polomski, J.; Rebetez, M.; Rigling, D.; Weber, P.; Wermelinger, B.; Wohlgenuth, T., 2006: Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren? Merkbl. Prax. 41: 16 S.

Rigling, A.; Weber, P.; Cherubini, P.; Dobbertin, M., 2004: Walddynamische Prozesse und Jahrringe – Bestandesdynamik zentralalpiner Waldföhrenwälder aufgezeigt anhand dendroökologischer Fallstudien aus dem Wallis, Schweiz. Schweiz. Zeitschrift Forstwes. 6: 178–190.

Thalmann, E. et al., 2005: Synthesebericht Hitzesommer 2003. SCNAT, ProClim, GEOForumCH, OeCC und ACP, 31 S.

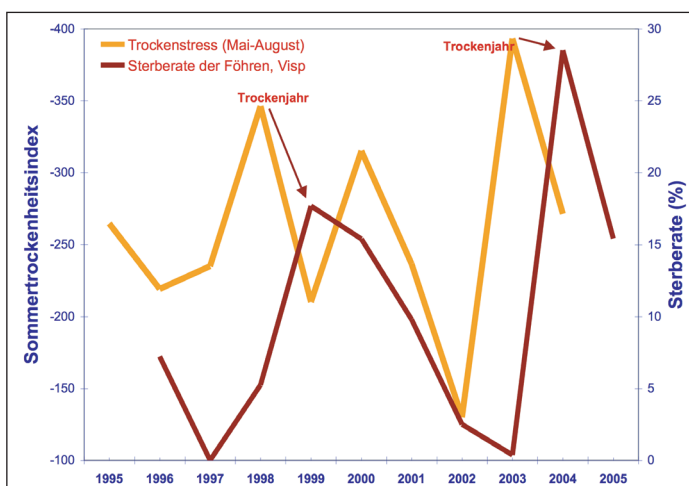


Abbildung 5: Absterben von Föhren im Jahr nach trockenwarmen Sommern.