



**CANTON DU VALAIS**  
**KANTON WALLIS**

Département des transports, de l'équipement et de l'environnement  
Service des forêts et du paysage  
**Arrondissement du Bas-Valais**

Departement für Verkehr, Bau und Umwelt  
Dienststelle für Wald und Landschaft  
**Kreis Unterwallis**

# Wald und Klimawandel im Wallis



# Wald und Klimawandel im Wallis

## **Autor**

Roland Métral, Forstingenieur, Dienststelle für  
Wald und Landschaft (DWL)

## **Herausgeber**

Dienststelle für Wald und Landschaft (DWL),  
Gebäude Mutua, PF 478, 1951 Sitten

[www.vs.ch/dwl](http://www.vs.ch/dwl)

Die DWL ist eine Dienststelle des Departements für Verkehr, Bau und Umwelt (DVBU)

2015

# Wald und Klimawandel im Wallis

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Stand des Wissens über den Klimawandel</b> .....	<b>5</b>
2.1	Temperaturen .....	5
2.2	Niederschläge.....	5
2.3	Witterungsextreme (Klima-Unfälle).....	5
2.4	CO <sub>2</sub> -Konzentration.....	5
2.5	Luftverschmutzung und saurer Regen .....	5
<b>3</b>	<b>Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald</b> .....	<b>6</b>
3.1	Temperatur und Niederschlagsmenge .....	6
3.2	Witterungsextreme (Klima-Unfälle).....	7
3.3	CO <sub>2</sub> -Konzentration .....	9
3.4	Luftverschmutzung und saurer Regen .....	9
3.5	Schadorganismen und Neophyten .....	9
3.6	Waldbrände .....	10
3.7	Die Funktionen des Waldes.....	11
<b>4</b>	<b>Wissensstand über das Verhalten der Baumarten gegenüber Klimaveränderungen</b> .....	<b>12</b>
4.1	Widerstands- und Anpassungsfähigkeit der Baumarten .....	12
4.2	Genetik .....	12
4.3	Verbreitung der Baumarten im Jahr 2100 (Modellierung) .....	13
4.4	Einfluss des Waldklimas.....	13
<b>5</b>	<b>Waldbauliche Massnahmen</b> .....	<b>14</b>
5.1	Resistente Baumarten und resiliente Baumbestände .....	14
5.2	Höhe und Dichte der Bestände .....	15
5.3	Pflanzen – Verjüngen – Gleichgewicht Wald und Wild .....	15
5.4	Bekämpfung von Schadorganismen und Neophyten .....	15
5.5	Waldbrandprävention und -bekämpfung .....	16
5.5.1	Kurzfristige Prävention .....	16
5.5.2	Langfristige Prävention.....	16
<b>6</b>	<b>Brennpunkte der Forschung</b> .....	<b>18</b>
6.1	Modellierung, Szenarien.....	18
6.2	Geographische und klimatische Verbreitung der Arten.....	18
6.3	Verhalten der Arten untereinander in der Waldgesellschaft.....	18
6.4	Gleichgewicht Wald – Wild .....	18
6.5	Resistente Abstammungslinien innerhalb einer Art.....	19
6.6	Einführung gebietsfremder und resistenter Pflanzen .....	19
6.7	Entwicklung des Waldbodens.....	20
6.8	Langzeitkontrollen nach Eingriffen .....	20
<b>7</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>20</b>
	CH2014 – Impacts : Auf dem Weg zu quantitativen Szenarien für die Folgen des Klimawandels in der Schweiz, CH.....	22

Cover-Bild: Rischwald, Gemeinde Bitsch





## 1 Einleitung

Schon in den 1990er Jahren haben Wissenschaftler auf die Auswirkungen des Treibhauseffekts auf die Klimaerwärmung hingewiesen. Die Vorhersagen von damals bezüglich der Temperaturerwärmung im 21. Jahrhundert sind eingetroffen. Offenbar erwärmt sich die Erde schneller als je zuvor. Welche Auswirkungen haben diese Veränderungen auf den Wald im Wallis? Sind die einen Waldstandorte bedroht, wird das Wachstum an anderen gar begünstigt? Unterschiedliche Tendenzen sind feststellbar, die einzeln betrachtet unscheinbar, zusammen jedoch Auslöser von Kettenreaktionen sein können, welche die ohnehin schon sensiblen Wälder an den Walliser Talhängen mit starker Sonneneinstrahlung bedrohen. Der vorliegende Bericht ist das Ergebnis einer Sichtung diverser Fachpublikationen und -artikel über den Klimawandel und dessen mehr oder weniger absehbaren Auswirkungen auf die Entwicklung des Waldes im Wallis.

## 2 Stand des Wissens über den Klimawandel

### 2.1 Temperaturen

Für die durchschnittliche Erhöhung der Jahrestemperatur in der Schweiz von 1960 bis 2010 wurde ein Wert zwischen 1.0° und 1.5° vorhergesagt. Heutige Messungen zeigen, dass dieser Wert näher bei 1.5° liegt. Die Vorhersagen für dieses Jahrhundert variieren zwischen 3.5° und 5° gegenüber 1960. Derzeit ist die Erwärmung im Sommer (+2°) stärker als im Winter (+1°).

### 2.2 Niederschläge

Im Jahresdurchschnitt dürfte sich die Niederschlagsmenge in der Schweiz kaum verändern. Allerdings wurde **im Winter eine leichte Zunahme** und **im Sommer eine leichte Abnahme** verzeichnet. Erschwert werden die Vorhersagen, weil in Skandinavien eine Zunahme, im Mittelmeerraum aber ein Rückgang beobachtet wird und die Schweiz genau zwischen beiden Tendenzen liegt. Für das Mittel- und Oberwallis dürfte dies eher einer Abnahme, für das Unterwallis aber eine leichte Erhöhung der Niederschläge bedeuten.

### 2.3 Witterungsextreme (Klima-Unfälle)

Witterungsextreme dürften häufiger werden. Mit häufigeren Hitze- und längeren Trockenperioden, starken Niederschläge und Stürmen ist in naher Zukunft zu rechnen. **Extrembedingungen wie in den Sommern 2003 und 2015**, als die ganze Schweiz zugleich unter hohen Temperaturen und lang anhaltender Trockenheit litt, dürften ab 2050 zur Gewohnheit werden.

### 2.4 CO<sub>2</sub>-Konzentration

CO<sub>2</sub> verursacht laut Klimaexperten nicht nur den Treibhauseffekt, welcher zur Erderwärmung führt. Bei einer leichten CO<sub>2</sub>-Erhöhung stellt sich mit günstigen klimatischen Bedingungen auch ein positiver Effekt auf das Wachstum der Feinwurzeln der Bäume ein.

### 2.5 Luftverschmutzung und saurer Regen

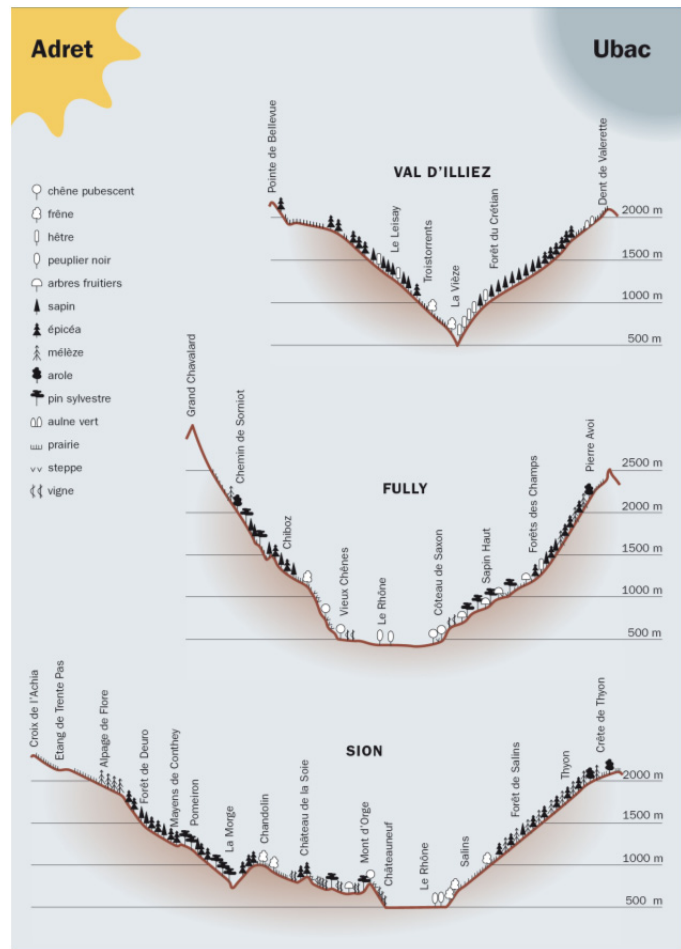
Der Wald wirkt wie ein grosser Filter auf die Umgebungsluft. Darum nehmen die Schwefel-, Schwermetall- und andere Schadstoffkonzentrationen im Wald beständig zu. Im Laub und in den Nadeln haften bleibende Partikel fallen bei Niederschlag auf den Waldboden und dringen dann in diesen ein. Der Wald kann je nachdem zwischen 15 und 30 t Staub pro Hektar und Jahr absorbieren.

### 3 Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald

#### 3.1 Temperatur und Niederschlagsmenge

Höhere Temperaturen und geringere Niederschläge in der Vegetationsperiode (Frühjahr und Sommer) erhöhen den Trockenstress der Bäume. Der Baum erhöht nämlich zur Senkung seiner Innentemperatur seine Ausdunstung und entzieht dem Boden zusätzlich mehr Flüssigkeit. Mit der verringerten Niederschlagsmenge im Sommer kann der Boden den Baumwurzeln aber weniger Wasser hergeben, was sich auf die Produktivität des Baumes auswirkt und auch zu einem teilweisen oder vollständigen Verdorren der Baumkrone führen kann. Das kann wiederum zum Absterben des Baumes führen.

Die Frostperioden werden kürzer und weniger intensiv. Darüber hinaus schmilzt die Schneedecke schneller ab. Der Boden wird schneller wieder freigelegt und erwärmt sich. Kurzum, in einem milderen Klima wird sich die Vegetationsperiode verlängern, was den Vormarsch gebietsfremder Pflanzen begünstigt. Wenn diese Entwicklung andauert, kann der Wald allmählich in höhere Lagen vordringen. Dies wird ein sehr langsamer Vorgang sein, denn Bäume treffen im Gebirge auf widrige klimatische Bedingungen, weshalb man die Waldgrenze oft auch als «Kampfzone» bezeichnet. An den sonnenreichen und trockenen Hängen (Walliser Südhang) in tieferen Lagen hingegen könnte sich der Wald zugunsten der Steppe zurückziehen, da der Trockenstress für Sträucher und Bäume zu gross wird. Nur einzelne besonders resistente Sträucher und Büsche könnten sich da noch behaupten (Grafik 1 und S.20 Bild 9).



**Grafik 1:** Die unterschiedliche Vegetation auf der Sonnenseite (Südhang) und der Schattenseite (Nordhang). Am Südhang von Martinach bis Brig könnte sich die Steppe auf Kosten der Eiche und Föhre ausbreiten (Adret = Südhang, Ubac = Nordhang).

**Eine Erwärmung um 2° C** hätte folgende Auswirkungen:

- Verlängerung der Vegetationsperiode um 20 bis 30 Tage;
- Erhöhung der Waldgrenze um 300 m.

### 3.2 Witterungsextreme (Klima-Unfälle)

Am besorgniserregendsten sind die zunehmend häufiger auftretenden Witterungsextreme für den Wald. Die Sturmresistenz der Bäume nimmt ab einer Höhe von 16 bis 18 m exponentiell ab. Bei einer Zunahme der Unwetterhäufigkeit könnten angesichts des überalterten Walliser Waldes ganze Hänge destabilisiert werden (Bild 1).



**Bild 1:** Vom Sturm «Andrea» heimgesuchter Wald im Trient-Tal (Januar 2012).

Die Folgen extremer Hitzewellen und Trockenheit für die Vegetationsperiode werden erst in den darauffolgenden Jahren richtig sichtbar. Bäume sind so beschaffen, dass sie im Frühling nach der winterlichen Ruhezeit für das Austreiben ihre **Reserven aus dem Vorjahr** aufbrauchen. Bei Trockenstress reduziert der Baum die Photosynthese oder stellt sie ganz ein, um sein Austrocknen zu verhindern. So stellt er die Saftproduktion ein, d.h. die Bildung von Nährstoffen und Reserven für das Folgejahr.

Natürlich verhält sich hier jede Baumart wieder etwas anders. Für an Trockenheit gewohnte Arten zeigt sich das im Folgejahr durch Schwierigkeiten beim Austreiben, kann aber auch das Absterben des Baumes bedeuten, wenn die Nährstoffreserven aus dem Vorjahr fehlen. Andere Arten benötigen mehrere Jahre zur Erholung. Am Mont-Chemin oberhalb Martigny zum Beispiel starben auch 4 Jahre nach dem Sommer 2003 noch Bäume ab, obwohl die klimatischen Bedingungen wieder günstig waren. Sie standen immer noch unter Einwirkung des Schocks von 2003 (S.8 Bild 2). Wenn solche Phänomene häufiger auftreten, wird sich die Mortalität der Bäume erhöhen. Angesichts der Hitze im Sommer 2015 stellt sich auch hier die Frage, wie die Wälder auf diese hohen Temperaturen reagieren werden. Gemäss heutigem Wissensstand ist aber die Gesamtheit des Klimas in einer Vegetationsperiode entscheidend, so dass man hoffen kann, dass die Folgeschäden in den kommenden Jahren weniger schwerwiegend sein werden als nach dem Hitzesommer 2003. Der Winter 2014/2015 sowie das Frühjahr 2015 waren nämlich deutlich niederschlagsreicher als dies 2003 der Fall war.

Angesichts der Aufnahmefähigkeit des Waldbodens sollten sich starke Niederschläge, abgesehen von vereinzelt Erdbeben, eigentlich nicht weiter negativ, oder wenn sogar günstig auf den Wald auswirken. Hingegen können grosse Bäume, die entlang eines Flusses, eines Wildbachs oder einer Runse umstürzen, das Gerinne des Gewässers verstopfen und zu instabilen Dämmen werden. Wenn diese dann nach starkem Niederschlag brechen, kann es zu Murgängen kommen, welche Siedlungsgebiete und Infrastrukturen gefährden (S.8 Bild 3). Die Unwetter vom Mai 2015 haben die Wichtigkeit eines regelmässigen Unterhalts der Bestockung entlang der Wasserläufe eindrücklich in Erinnerung gerufen.





**Bild 2:** Auswirkung der Trockenperiode 2003 nach 4 Jahren (2007) in den Wäldern von Mont-Chemin, oberhalb Martinach.



**Bild 3:** Durch gefallene Bäume verstopftes Gerinne, Gemeinde Vionnaz. Bei starkem Niederschlag können diese zu Sperren werden oder zu Verklausungen führen.



### 3.3 CO<sub>2</sub>-Konzentration

Eine Zunahme des Feinwurzelswachstums und der Photosynthese kann die Produktivität steigern. Diese Wirkung des CO<sub>2</sub> kann sich allerdings ab einer bestimmten Konzentration umkehren. Ausserdem kann durch Wassermangel und Versauerung des Bodens dieser Effekt neutralisiert werden (siehe Kap. 3.4). Die Auswirkungen des CO<sub>2</sub> sind somit nur bedingt positiv zu bewerten.

### 3.4 Luftverschmutzung und saurer Regen

Die im Boden ablaufenden chemischen und physikalischen Umwandlungsprozesse sind dermassen komplex, dass man sie hier nur in groben Zügen beschreiben kann. Hohe Gehalte von beispielsweise Schwermetallen, Schwefel oder Stickstoff usw. können die biologische Aktivität des Bodens verlangsamen (Versauerung), wodurch die Bäume weniger Mineralsalze vorfinden, welche sie für ihr Wachstum benötigen. Allerdings wurden im Boden auch Organismen mit der Fähigkeit beobachtet, welche diese Schadstoffe absorbieren und neutralisieren. Doch angesichts des Ausmasses der jährlich in den Waldböden gelangenden Schadstoffe ist wohl eher mit einer Sättigung zu rechnen. Andererseits können diese Schadstoffe bei einer Auswaschung des Bodens durch starke Niederschläge weiter verschleppt werden und längerfristig die Qualität des Quellwassers im Wald gefährden. Diese Entwicklung sollte man im Auge behalten, wenn man bedenkt, dass **40% des Trinkwassers im Wallis** aus Quellen stammen, welche im Wald gefasst werden.

### 3.5 Schadorganismen und Neophyten

Ein milderer Klima, häufigere Wärme- und Trockenperioden und geschwächte Bäume, sind ideale Voraussetzungen für die Entstehung und Ausbreitung von Schadorganismen und Krankheitserregern. Kommt noch hinzu, dass neue Schadorganismen unabsichtlich eingeschleppt werden. Diese Organismen, wie beispielsweise die Edelkastaniengallwespe, der Asiatische Laubholzbockkäfer oder die Eschenwelke, können Laubbäume zum Absterben bringen. Einige der Neophyten entwickeln sich schneller als unsere einheimischen Baumarten und verdrängen diese. Die Klimaerwärmung verschärft diesen Konkurrenzdruck noch zusätzlich.



**Bild 4:** Eine offene Stelle im Wald, welche vom Götterbaum zu 100% bedeckt worden ist (Graubünden, Alpensüdseite).

Schmetterlingsflieder und Japanischer Staudenknöterich haben sich schon in weiten Teilen des Wallis festgesetzt. Gerade der Staudenknöterich kann an Ufern von Fließgewässern fatale Folgen haben. Dies indem er Uferböschungen vollständig bedeckt und heimische Arten verdrängt, die sonst mit ihren tief reichenden Wurzeln die oft steilen Böschungen stabilisieren würden. Vom Staudenknöterich besetzte Uferböschungen können hingegen abrutschen und den Gewässerabfluss behindern. Mit dem Schmetterlingsflieder kommen die heimischen Arten gut zurecht, und mit einigen Vorsichtmassnahmen kann dessen übermässige Ausbreitung verhindert werden.

Ernster ist dagegen die stetige Ausbreitung des Götterbaums, der auf der Alpensüdseite wuchert und heimische Baumarten verdrängt. Aus Asien kommend, ist der Götterbaum eine wahre "gelbe Gefahr". Bei Martigny wurden bereits einige strauchförmige Exemplare gesichtet. Der Götterbaum kann im Reinbestand gedeihen. Die heimischen Arten verschwinden zuletzt ganz und mit ihnen die von ihnen abhängigen Vögel und Insekten. Ferner ist das Holz des Götterbaums wenig steinschlagresistent und die Schutzwirkung eines mit Götterbaum durchsetzten Waldbestandes nimmt drastisch ab. Will man verhindern, dass sich die Vorgänge wie auf der Alpensüdseite (S.9 Bild 4) im Wallis wiederholen, ist schnelles Handeln gefragt.

### 3.6 Waldbrände

Durch die häufiger auftretenden Sturmereignisse und die zunehmende Ausbreitung der Schadorganismen werden zukünftig mehr Bäume absterben. Damit verbunden wird mit den abgestorbenen Bäumen mehr brennbare Biomasse am Boden liegen. Zusammen mit den vorhersehbar häufigeren Hitze- und Trockenperioden nimmt zusätzlich die Waldbrandgefahr zu (Bild 5). Waldbrände sind aber ein ganz natürlicher Vorgang: gewisse hochspezialisierte Pflanzen überleben beispielsweise nur, indem sich ihre Keime, welche in einer festen Hülle eingeschlossen sind, nur bei hoher Temperatur öffnen und so den Samen freigeben. Angesichts der Gefahren, welche von einem Flächenbrand in schmalen Bergtälern mit steilen Hängen ausgeht, ist der Waldbrandprävention und -bekämpfung trotz dieser Naturphänomene Priorität einzuräumen.



**Bild 5:** Waldbrand bei Visp, 2011.



### 3.7 Die Funktionen des Waldes

"Der Wald braucht keinen Förster" hört man immer häufiger sagen. Gewiss, der Wald wird sich mit der Zeit über die Jahrzehnte oder Jahrhunderte an die Klimaveränderungen und Witterungsextreme (Klima-Unfälle) anzupassen wissen. Doch im Wallis erfüllt er auf 87 % seiner Fläche eine Schutzfunktion. Durch den plötzlichen Ausfall eines Waldbestands, sei es durch Sturm, Brand oder Schädlingsbefall, wird die Schutzwirkung verringert oder ganz verloren gehen. Bauliche Massnahmen sind diesbezüglich notwendig, um Infrastrukturen und Siedlungen zu schützen. Nach dem Waldbrand von Visp im Jahr 2011 wurden Investitionen von **über 2 Millionen Franken in Schutzverbauungen** getätigt, welche mittel- bis langfristig die Schutzwirkung des abgebrannten Waldes übernehmen sollen. Das ist **das Doppelte des Betrags**, der für die Pflege des gesamten Waldbestandes für die nächsten 100 Jahre hätte investiert werden müssen.

Mit der Holzproduktion sind selbstverständlich auch wertvolle Arbeitsplätze verbunden, und nach wie vor kann mit dem Holzerlös der Aufwand für die Waldpflege und damit die Erhaltung der Schutzfunktion zumindest teilweise finanziert werden.

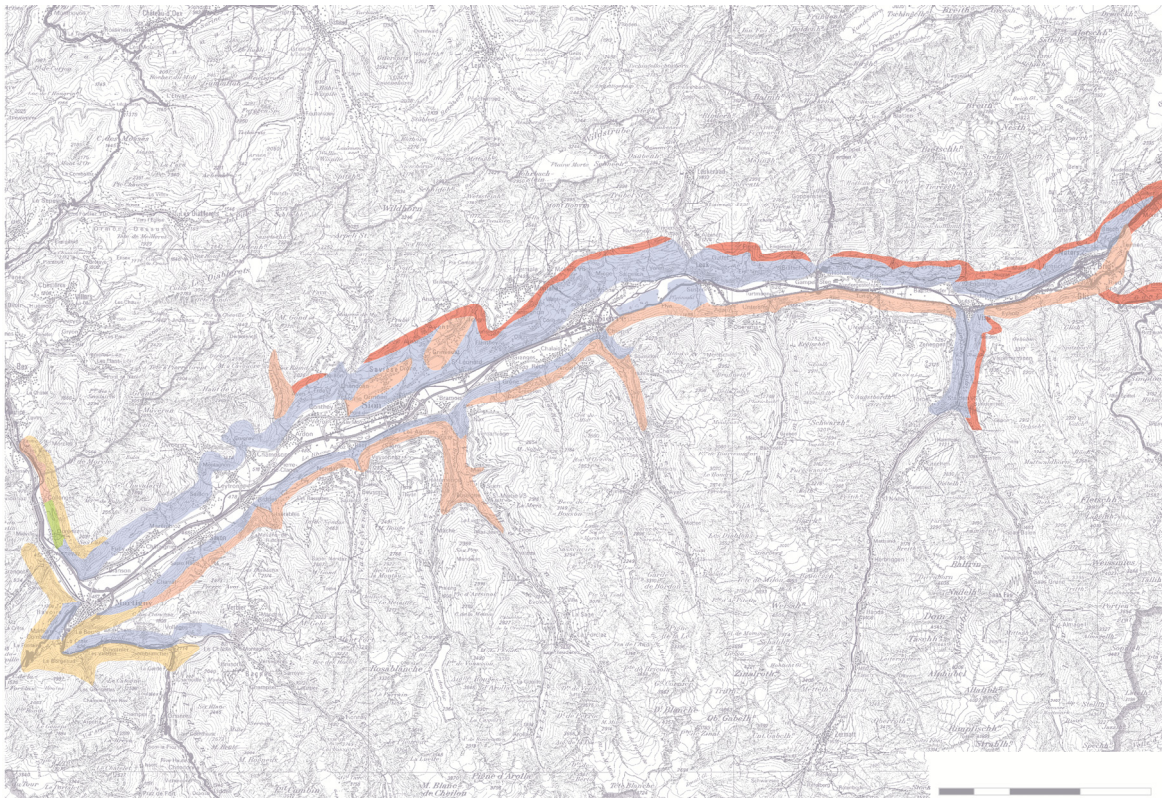
Betreffend **Biodiversität** kann festgestellt werden, dass die Ausbreitung der Neophyten **das natürliche Gleichgewicht stark beeinträchtigt**, welches eine Voraussetzung für die Stabilität der Wälder und so für deren Schutzwirkung ist.

Bezüglich der **Freizeit-, Erholungs- und Tourismusnutzung** werden bewaldete Taleinhänge und deren Farbenspiel von Frühling bis Herbst als wertvoll erachtet. Daher hätte eine Zunahme absterbender Bäume, oder ganzer Wälder, eine gewisse negative psychologische Wirkung auf den Betrachter.

## 4 Wissensstand über das Verhalten der Baumarten gegenüber Klimaveränderungen

### 4.1 Widerstands- und Anpassungsfähigkeit der Baumarten

Jede Baumart ist anders. Alle verfügen sie über eine mehr oder weniger ausgeprägte Widerstands- oder Anpassungsfähigkeit gegenüber allmählichen Klimaveränderungen. Selbst innerhalb einer Art lassen sich grosse Unterschiede im Verhalten feststellen. Die klimaresistenten Arten werden sich allmählich durchsetzen. Doch angesichts der rasanten Entwicklung durch den Klimawandel ist es fraglich, ob die Baumarten, welchen die wiederkehrenden Hitze- und Trockenperioden nichts anhaben können, rechtzeitig Fuss fassen können. **Im Wallis** betrifft dies vor allem die **sonnenreichen Taleinhänge** in tieferen Lagen, welche sich hauptsächlich nördlich zwischen Brig und Martinach befinden (S.6 Grafik 1 und Grafik 2).



**Grafik 2:** Blau und dunkelrot eingezeichnet sind die Föhren- und Eichenwälder; diese stellen die Trockenwälder im Wallis dar, welche besonders anfällig auf hohe Temperaturen und geringe Niederschläge sind.

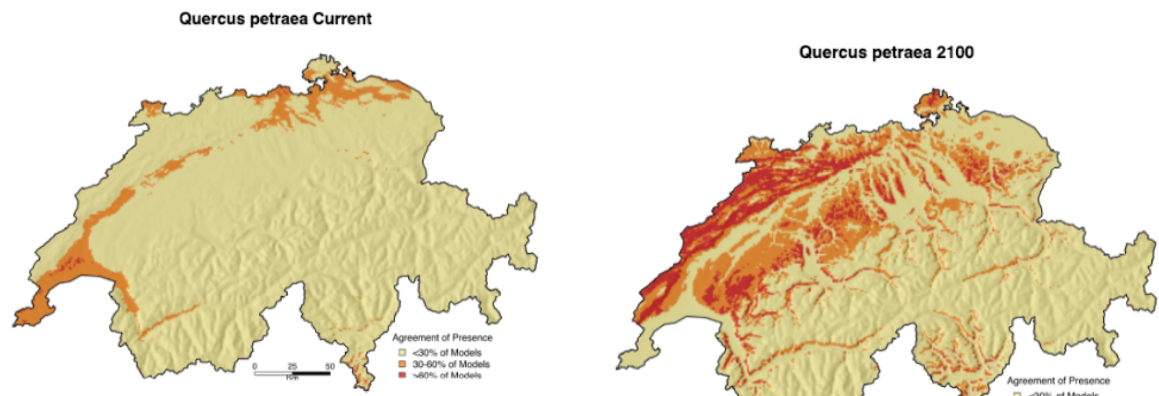
### 4.2 Genetik

Dank der Vertiefung der genetischen Erkenntnisse kann eine Auswahl der klimaresistentesten Baumarten und innerhalb einer Art der klimaresistentesten Provenienzen (Herkunft) getroffen werden. Doch bedingt ein solch umfassender und präziserer Ansatz einen hohen Forschungs- und Zeitaufwand, bei dem man jene Provenienz auswählt, welche in den unterschiedlichen Entwicklungsphasen des Baumes ein optimales Verhalten aufzeigt.

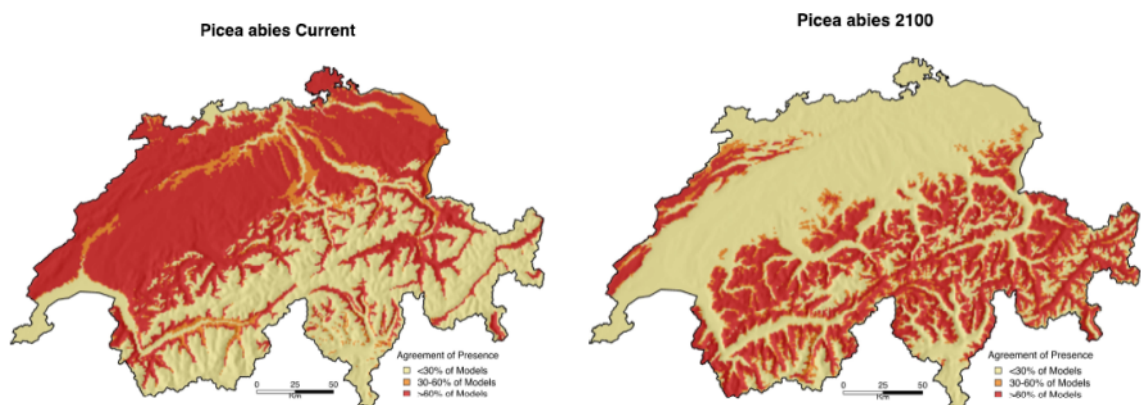
So kann beispielsweise eine Provenienz in der Keimphase und als Jungbaum ein ideales Verhalten zeigen, sich aber in späteren Phasen als sehr sensibel erweisen. Eine andere Provenienz wiederum mag in ihrer frühen Lebensphase Schwierigkeiten bekunden, sich aber als ausgewachsener Baum äusserst resistent erweisen.

### 4.3 Verbreitung der Baumarten im Jahr 2100 (Modellierung)

Man arbeitet heute mit verschiedenen Modellen, welche das Verhalten und die Verbreitung der wichtigsten in der Schweiz heimischen Baumarten bis zum Jahr 2100 aufzeigen (Grafik 3 und 4). So dürfte sich z.B. die Buche zugunsten der Eiche aus dem Schweizer Mittelland zurückziehen. Diese Entwicklungstendenzen gehen von einem Temperaturanstieg von rund 5° aus, lassen allerdings das Verhalten, wenn sie zusammen auftreten, sowie die Besonderheit des Waldklimas ausser Acht.



Grafik 3: Modellierung der Verbreitung der Traubeneiche (*Quercus petraea*), heute und 2100.



Grafik 4: Modellierung der Verbreitung der Fichte (*Picea abies*), heute und 2100.

### 4.4 Einfluss des Waldklimas

Der Wald hat eine ausgleichende Wirkung auf das Klima, was sich bei extremen Temperaturen jedem bei der erfrischenden Wirkung eines Waldspaziergangs im Hochsommer zeigt. Umgekehrt gilt dies aber auch im Winter, indem es im Wald immer etwas wärmer ist. Sein Schatten verhindert ein rasches Austrocknen des Bodens und der Luft, was zu einer höheren Luftfeuchtigkeit führt. Dieses besondere Klima, welches zusammen mit der Dämmerung im Wald herrscht, begünstigt eher Baumarten, welche sich auch bei schwacher Sonneneinstrahlung verjüngen können. Die Buche beispielsweise verjüngt sich im Wald mit Leichtigkeit, oft aber auf Kosten der Eiche, welche mehr direktes Sonnenlicht benötigt.

Diese natürlichen Gegebenheiten relativieren die Ergebnisse der Modellierung. Im Unterholz der Wälder im Schweizer Mittelland wird es die Buche immer geben, doch wird sie es schwerer haben sobald sie mit ihrer Krone das Walddach erreicht. Die Eiche hingegen wird sich nur mit Mühe unter dem Blätterdach verjüngen können, dafür wird sie aber später gegenüber Hitze- und Trockenperioden resistenter sein. Dasselbe gilt für die Fichte, deren Einzugsgebiet sich vor allem auf die Voralpen und die Jurahöhen konzentrieren wird. Die Weisstanne, welche der Trockenheit besser widersteht, wird hingegen nach wie vor auch in den inneralpinen Tälern anzutreffen sein. Voraussetzung hierzu ist allerdings, dass die Weisstanne sich bis dahin halten kann. Ihre natürliche Verjüngung, und somit ihr Erhalt, wird nämlich bereits heute durch den starken Wildverbiss in Frage gestellt.



## 5 Waldbauliche Massnahmen

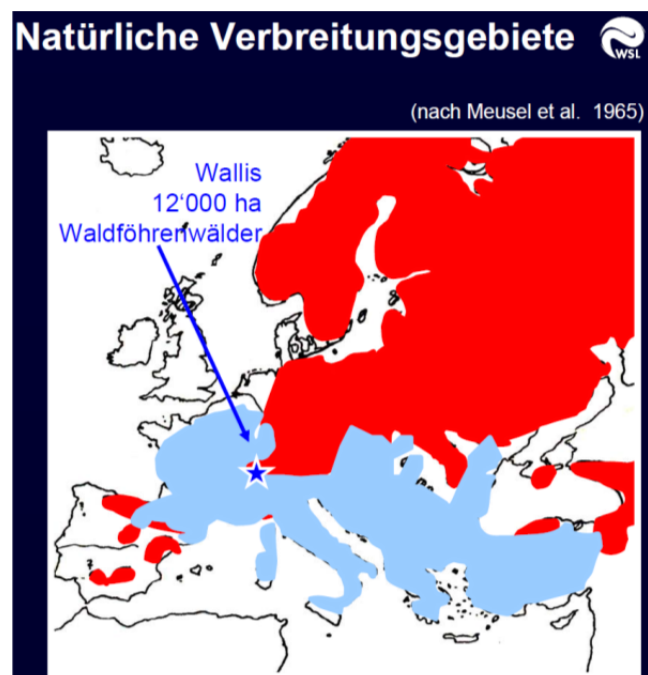
Es wurde bereits erwähnt, dass der Wald sehr träge auf Veränderungen reagiert. Im Wallis reicht das Durchschnittsalter der Waldbestände von 50 Jahren (Niederwälder im Unterwallis) bis zu 800 oder gar 1000 Jahren (Arven- und Lärchenwälder). Am schwersten betroffen von den Klimaveränderungen werden jene Wälder sein, welche sich überhaupt erst unter klimatischen Extrembedingungen entwickeln, und jene Waldbestände, welche auf grossflächige Pflanzungen zurückgehen und sich in keinem naturnahen Zustand befinden.

### 5.1 Resistente Baumarten und resiliente Baumbestände

Die WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) hat die Ursachen für das Absterben der Waldföhren an den Südhängen im Wallis untersucht. Diese an trockene Böden gewohnte Baumart, stösst bei uns an ihre südliche Ausdehnungsgrenze (Grafik 5). Heisse und trockene Sommer machen ihr zu schaffen, denn sie kann die Photosynthese zu diesem Zeitpunkt nicht reduzieren und braucht für ihr Überleben ein Minimum an Wasser. Die Flaumeiche als mediterrane Baumart hingegen hat sich auf Hitze und Trockenheit eingestellt. Sie nutzt den Frühling zur Bildung maximaler Reserven, sodass sie in trockenen Sommern die Photosynthese einstellen kann, wodurch sie resistenter gegen Hitze- und Trockenperioden ist. Gemäss WSL könnte aber auch sie sich beim anzunehmenden Temperaturanstieg aus allzu extrem werdenden Gebieten zurückziehen. Dies ist allerdings nicht erwiesen, denn aus den WSL-Versuchen geht nicht hervor, ob diese mit reinrassigen Flaumeichen durchgeführt wurden. Die Flaumeiche hybridisiert sich nämlich gern mit der weniger hitze- und trockenheitsresistenten Traubeneiche.

Eine der empfohlenen Massnahmen ist die Förderung der Flaumeiche oder gar deren Anpflanzung, um die Ansiedlung zu beschleunigen. Verschiedene an den Südhängen wachsende **Sträucher und Büsche** sind gut trockenstresstauglich (S.20 Bild 9). Darum wird die Erhaltung oder auch Förderung dieser Artenmischung anstelle der Föhre sinnvoll sein. Mehr Laubbäume und **weniger Föhren** würden auch die **Brandgefahr verringern**, denn Föhren fangen schneller Feuer.

Bezüglich der Witterungsextreme (Klima-Unfälle) ist zu bedenken, dass sich resiliente Bestände nach einem Ereignis besser erholen können. Die ideale Zusammensetzung für einen Wald wäre eine gute Mischung aus natürlich wachsenden Arten von unterschiedlichem Alter und unterschiedlicher Höhe, welche sich regelmässig auf die gesamte Fläche des Baumbestandes verteilen.



**Grafik 5:** Natürliche Verbreitungsgebiete der Waldföhre (rot) und der Flaumeiche (blau). Höhere Temperaturen und weniger Niederschläge kommen der Eiche entgegen, wodurch sie ihr Verbreitungsgebiet auf Kosten der Föhre nach Norden ausdehnen kann.

Dasselbe gilt für die aus Pflanzungen hervorgegangenen Reinbestände. Bei der Massnahmenplanung sollten in diesen künstlich geschaffenen, von Wind und Schadorganismen bedrohten Beständen, die natürlich vorkommenden Baumarten gefördert und die Verjüngung beschleunigt werden.

## 5.2 Höhe und Dichte der Bestände

Junge Wälder von geringer Höhe und guter Durchlässigkeit sind wind- und trockenheitsresistenter. Solche Wälder schützen besonders gut vor Naturgefahren. Um sie in diesem Zustand zu erhalten, müssten sie **regelmässig gepflegt** werden. In der Fachliteratur wird dazu empfohlen, zwischen den Bäumen auszulichten, damit die verbleibenden Bäume über mehr Wasser und Nährstoffe verfügen. In Schutzwäldern ist dies nur in geringem Mass möglich, denn zur Gewährleistung der Schutzfunktion braucht es eine hohe Zahl an Stämmen. Eine starke Verringerung der Stammdichte ist demzufolge zu vermeiden.

Auch **eine angemessene Waldrandpflege** verbessert die Windresistenz der Bestände und fördert gleichzeitig die Biodiversität, denn Waldränder sind bekanntermassen offene, pflanzen- und tierreiche Lebensräume.

## 5.3 Pflanzen – Verjüngen – Gleichgewicht Wald und Wild

Für die meisten Wälder im Wallis dürfte es reichen, einen naturnahen Waldbau zu betreiben. Das heisst, dass man auf eine gute Durchmischung mit standorttypischen Arten von unterschiedlichem Alter und unterschiedlichen Höhen achten muss.

Als Massnahmen empfehlen sich am ehesten solche, welche der Verjüngung der heutigen Wälder dienen. Damit Jungbäume keimen und gedeihen können, braucht es ein **Gleichgewicht zwischen Wald und Wild**, das heute in vielen Regionen im Wallis nicht vorhanden ist. In vielen Waldbeständen findet kaum eine Verjüngung statt und nur wenige Baumarten, welche besser gegen Wildverbiss gewappnet sind, können sich behaupten. Unter diesen Voraussetzungen wird die gewünschte Artenmischung nicht zu erreichen sein. Zudem werden die nachwachsenden Bestände, welche manchmal aus nur einer einzigen Art bestehen, nicht besonders widerstandsfähig und klimaresilient sein. Die Lage ist ernst zu nehmen, da die Zukunft des Walliser Waldes und dessen Schutzfunktion in Gefahr sind.

Für die **Trockenwälder an den Walliser Südhängen** (S.6 Grafik 1 und S.12 Grafik 2) kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob sie genügend Zeit haben, um sich an die rasche Klimaveränderung anzupassen. Die Empfehlung aus Fachkreisen lautet sogar, klimaresistente Arten in grossem Stil anzupflanzen, um die Wälder so gut wie möglich auf den Klimawandel vorzubereiten. Aber auch hierzu sind Investitionen in dieser Richtung nutzlos, ohne das **Gleichgewicht zwischen Wald und Wild** zu berücksichtigen. Hinzu kommt, dass die artenspezifisch angepasste Pflanzungstechnik weiter zu verfeinern sein wird.

## 5.4 Bekämpfung von Schadorganismen und Neophyten

Abgesehen vom Gleichgewicht zwischen Wald und Wild muss auch der Befall durch Schädlinge genauer beobachtet und deren Massenvermehrung vermieden werden. Dies stellt eine schwere Aufgabe dar, vor allem in Beständen mit nur einer einzigen Baumart. Dabei kann es sich um Fichtennaturwälder in höheren Lagen, um angepflanzte Fichtenwälder oder um Bestände handeln, welche aufgrund jahrzehntelanger Überpräsenz von Reh, Hirsch und Gämse zu reinen Fichtenwäldern verkommen sind, weil Föhre, Lärche, Weisstanne, Ahorn und andere Laubbäume systematisch durch Wildverbiss ausgefallen und aus der Gegend verschwunden sind. Die Bekämpfung gegen Schadorganismen wird umso aufwändiger sein, je weniger naturnah ein betreffender Wald ist und je weniger standorttypische Baumarten sich darin wegen zu starkem Verbiss und Fegen befinden.

## 5.5 Waldbrandprävention und -bekämpfung

### 5.5.1 Kurzfristige Prävention

Um die Bevölkerung zu sensibilisieren und die erforderlichen Vorsorge- und Alarmierungsmaßnahmen einzuleiten, publiziert der Kanton Wallis durch die Dienststelle für Wald und Landschaft und das kantonale Amt für Feuerwesen, wöchentlich ein Waldbrand-Bulletin. Das Bulletin kann jederzeit online auf der Website [www.vs.ch/waldbrandgefahr](http://www.vs.ch/waldbrandgefahr) abgerufen werden und wird unter der entsprechenden Rubrik auch in den Walliser Tageszeitungen abgedruckt. Bei grosser Gefahr, wie beispielsweise im Sommer 2015, kann ein Verbot für das Entfachen von Feuer im Wald und in Waldesnähe, oder sogar ein allgemeines Feuerverbot erlassen werden.

Neu schaltet der Bund aufgrund der Meldungen der Kantone eine Waldbrandgefahrenkarte für die ganze Schweiz auf ([www.waldbrandgefahr.ch](http://www.waldbrandgefahr.ch)).

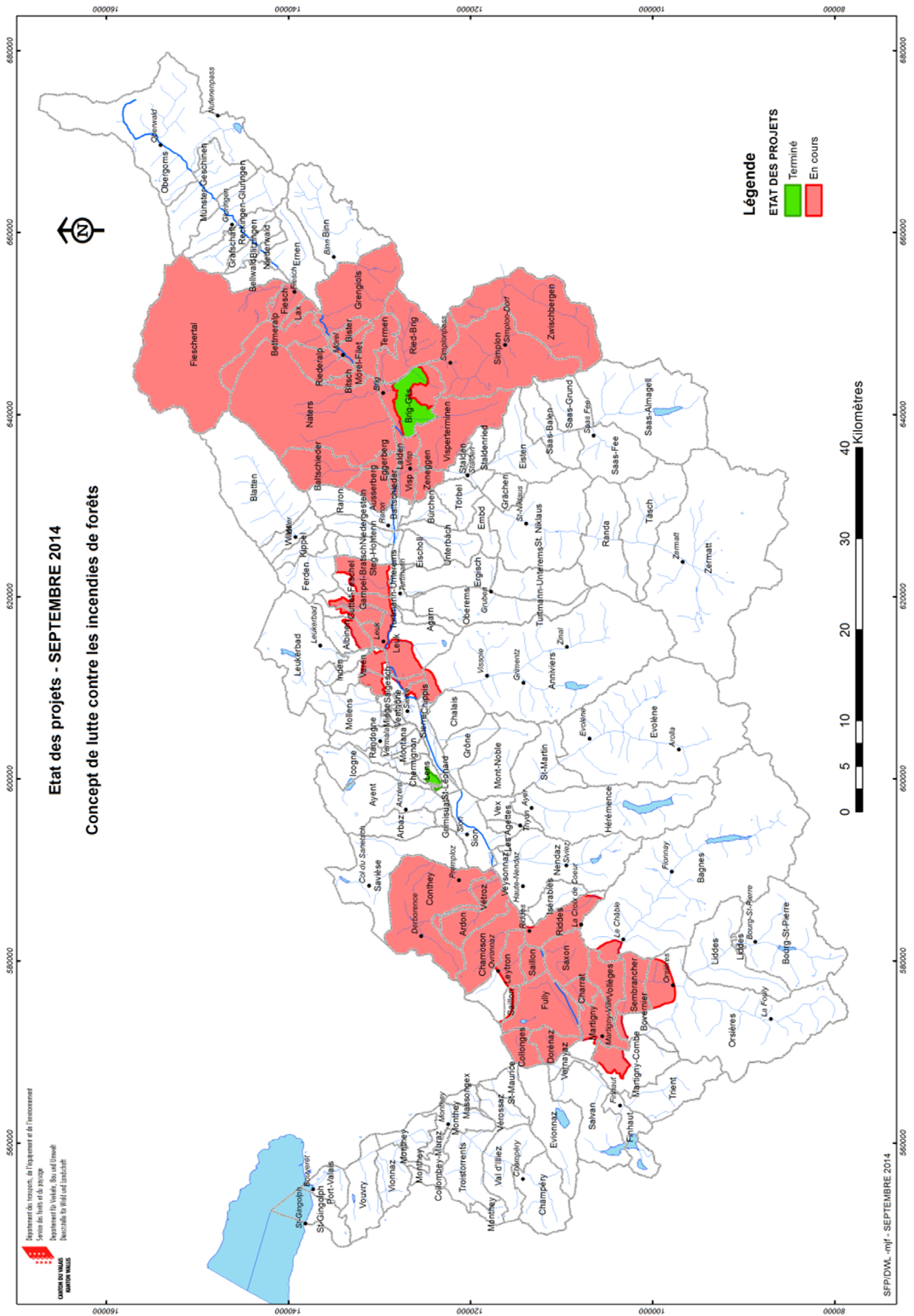
### 5.5.2 Langfristige Prävention

Parallel dazu arbeitet man mit den regionalen Waldbrandvorsorgekonzepten (S.17 Grafik 6) an einer zweiten Präventions- und Interventionsstufe. Für diese Konzepte müssen die Risikowälder ausgeschieden, die Zufahrtswege verbessert, Wasserentnahmestellen eingerichtet und die Feuerwehren mit speziellem Material ausgerüstet werden (Bild 6). Präventivstrategien müssen ausgearbeitet werden, damit der Brandausbruch in der kritischen Phase verhindert werden kann. Zu planen sind zudem realistische Übungen im Gelände, welche mit allen beteiligten Akteuren durchgeführt werden.



**Bild 6:** Mobiles Wasserreservoir mit Zubehör, das per Helikopter sofort ins Einsatzgebiet geflogen werden kann, Aostatal.





Grafik 6: Regionen mit einem Waldbrandvorsorgekonzept, Stand September 2014.

## 6 Brennpunkte der Forschung

### 6.1 Modellierung, Szenarien

Leistungsstärkere Computer führen zwar stets zu genaueren Modellierungen, liefern jedoch nur Szenarien, welche von Variablen wie beispielsweise dem CO<sub>2</sub> abhängig und daher langfristig nur schwer vorhersagbar sind. Sie geben zudem nur Tendenzen für eine einzelne Baumart ab, berücksichtigen aber weder die Interaktion zwischen konkurrierenden Arten noch das Waldklima.

### 6.2 Geographische und klimatische Verbreitung der Arten

Am Beispiel der Weisstanne, an sich besser gegen Klimaveränderungen gerüstet als die Fichte, haben die Forscher festgestellt, dass sie eigentlich weiter verbreitet sein müsste. Ihre stark eingeschränkte Verbreitung ist allein auf den Einfluss des Menschen, auf die frühere **Ziegenhaltung in den Wäldern** oder der **heutigen zu hohen Wilddichte** zurückzuführen. Dasselbe gilt für andere Arten, weshalb es wichtig wäre, mehr über deren natürliches Ausdehnungspotenzial zu wissen. Eine stärkere Durchmischung der Walliser Wälder mit **Weisstannen und Laubbäumen** wäre auf jeden Fall gleichbedeutend mit einer besseren **Stabilität und Resilienz** der Bestände.

### 6.3 Verhalten der Arten untereinander in der Waldgesellschaft

Man weiss noch sehr wenig über dieses Thema, welches angesichts der positiven, aber auch konkurrenzierenden Interaktionen sehr komplex ist. Mit einem besseren Verständnis dieser Verhaltensweisen könnten die waldbaulichen Eingriffe verbessert und die Wälder besser auf die Klimaveränderung vorbereitet werden.

### 6.4 Gleichgewicht Wald – Wild

Eine Langzeitforschung ist erforderlich, um den Einfluss von Schalenwild auf die Verjüngung der Wälder und auf deren langfristiges Gleichgewicht präzisieren und bewerten zu können. Mit wissenschaftlichen Kontrollen muss abgeklärt werden, welche Vorkehrungen getroffen werden können, damit sich der Wald ohne besondere Schutzmassnahmen verjüngen kann. Dies mit allen heimischen und standorttypischen Arten, einschliesslich der Arten, die wegen dem systematischen Verbiss gar nicht mehr über das jugendliche Stadium hinauskommen und Fuss fassen können.



**Bild 7:** Trockenheits- und Hitzeresistenz-Versuche der WSL an verschiedenen Baumarten im Oberwallis.



## 6.5 Resistente Abstammungslinien innerhalb einer Art

Gegenwärtig werden diverse Pflanzungsversuche mit Arten unternommen, welche aus Wäldern mit besonders starkem Trockenstress und verschiedener Herkunft stammen. Diese Pflanzen unterschiedlicher Herkunft werden künstlich starker Hitze und geringer Bewässerung ausgesetzt. So soll herausgefunden werden, welche Herkunft besonders resistent ist und ob sich genetische Unterschiede zwischen diesen Herkünften feststellen lassen (S.18 Bild 7). Bei Flaumeichen wird man sich bei solchen Versuchen vorab vergewissern müssen, ob es sich um reine Flaumeichen und nicht um Traubeneichen-Hybriden handelt. Wohlbemerkt, dass diese Pflanzungen mit extremen Bedingungen fertig werden müssen, wozu man zweifellos zu **neuen Pflanz-Techniken** greifen muss. Solche Versuche fanden im Baderwald im Goms, an einem trockenen und sonnenbestrahltem Hang mit starkem Gefälle statt (Bild 8). Ein ganzes Gebiet musste umzäunt werden um festzustellen, dass sich auch unter diesen extremen Bedingungen, geschützt vor Wildverbiss, Büsche und Sträucher ansiedeln. Mehrere Pflanzungen wurden durchgeführt, bevor der aussergewöhnlich heisse Sommer 2003 fast sämtliche Pflanzungen zunichtemachte.

Andere Pflanzungen mit einer Bewässerung wurden oberhalb der Lötschberg-Bahnlinie durchgeführt. Diese Versuche verursachten hohe Investitions- sowie Pflege- und Bewässerungskosten, was auf lange Sicht keine nachhaltige Lösung ist. Besser wäre es, Bäume, Sträucher und Büsche zu fördern, welche an extreme Bedingungen angepasst sind (siehe auch WSL-Schlussbericht: Schutzwald Lötschberg-Südrampe).

## 6.6 Einführung gebietsfremder und resistenter Pflanzen

Wie zum vorigen Thema laufen auch hier diverse Versuche in Zusammenarbeit mit Forschungsanstalten der Nachbarländer. Wenn unsere heimischen Arten mit den Klimaveränderungen überfordert sein werden, könnte die Einführung gebietsfremder Arten entscheidend sein. Dies um den Fortbestand jener Wälder zu sichern, die eine wichtige Schutzfunktion vor Naturgefahren erfüllen. Diese Versuche finden unter strenger Überwachung statt, um dabei das Einschleppen invasiver Pflanzen zu verhindern (siehe Kap. 3.5 und Kap. 5.4). Auch in diesem Zusammenhang wird als Voraussetzung der Versuche ein Gleichgewicht zwischen Wald und Wild erforderlich sein.



**Bild 8:** Der Baderwald ist ein direkter Schutzwald für die Kantonsstrasse und die Linie der Matterhorn-Gotthard-Bahn durch das Goms. Um Wildschäden zu vermeiden, musste **ein ganzes Gebiet eingezäunt** werden. Heute gedeihen darauf wieder Jungpflanzen, trotz starkem Gefälle, Sonneneinstrahlung und geringer Bodentiefe – nur, weil sie vor Wildverbiss geschützt sind.

## 6.7 Entwicklung des Waldbodens

Wie wird der Waldboden auf eine Zunahme der Schadstoffkonzentration wie dem Stickstoff reagieren? Dazu sind diverse Untersuchungen am Laufen, doch die Vorgänge im Untergrund sind komplex. Es handelt sich um mehrere Tonnen, die vom Wald pro Jahr und Hektare herausgefiltert werden können. Diese werden vom Waldboden aufgenommen und verändern anschliessend die im Boden ablaufenden natürlichen und chemischen Prozesse. Einige Fachleute sprechen von einer tickenden Zeitbombe, andere relativieren das Problem, denn sie haben festgestellt, dass der Boden die Schadstoffe mindestens teilweise zu neutralisieren vermag. Auch hier bedarf es einer langfristig angelegten Forschungsarbeit.

## 6.8 Langzeitkontrollen nach Eingriffen

Derzeit sind einige interessante und sehr gezielte Untersuchungen in Gange. Doch leider ist die Dauer oft auf ein paar Jahre beschränkt, was der langsam ablaufenden Entwicklung der Bäume und Wälder nicht gerecht wird. Forschung im Wald heisst «langfristig beobachten», dies steht im Widerspruch zu dem heute gängigen Anspruch auf «schnellen Ergebnissen».

## 7 Fazit

Auch wenn man insgesamt immer mehr über die Klimaveränderungen zu wissen meint, bleiben auf den einzelnen Gebieten immer noch viele Unbekannte bestehen. Der Wald ist ein komplexes Ökosystem und es ist schwierig, den idealen Wald im Jahr 2050 oder 2100, der dem Klimawandel gewachsen ist, vorherzusehen. Der heute einzig sinnvolle und pragmatische Ansatz liegt darin, sich beim Waldbau auf eine ideale Mischung heimischer und standorttypischer Arten zu konzentrieren und dabei stets auf eine gute Altersdurchmischung und auf ein Gleichgewicht mit den Wildtieren zu achten (Bild 9). Besonders sorgfältig zu beobachten sind die Wälder in tieferen Lagen, wie beispielsweise am rechten Rhone-Ufer zwischen Martinach und Brig, und dies vor allem bei Witterungsextremen und Hitzeperioden. Des Weiteren sind auch die Waldbrandprävention und die Bekämpfung von Schadorganismen zu verstärken.

Für das Wallis gibt es aber auch durchaus Grund zur verhaltenen Zuversicht, denn es wachsen hier bereits schon einige Arten, welche besonders resistent gegen Trockenstress sind (Bild 9). Darauf muss in den kommenden Jahrzehnten aufgebaut werden.



**Bild 9:** Trockenresistente Arten auf einer Geröllhalde am Südhang des Mont-Chemin, wo insgesamt 13 Strauch- und Buscharten gezählt wurden. Besonders eindrücklich: das kräftige Auftreten des Alpen-Kreudzorns (vorne links und rechts).



## Bilder

alle Bilder aufgenommen von **Roland Métral**, ausser:

Titelbild **Philipp Gerold**, Ingenieur Waldbewirtschaftung, Kreis Oberwallis

Bild 3 **Mathilde Wendling**, Praktikantin, Kreis Unterwallis

Bild 5 **Jean-Michel Gaillard**, Forstrevier Les Deux Rives

Bild 8 **Ulrich Wasem**, WSL

## Grafiken

Grafik 1 Graficalia (adaptation) gem. **Philippe Werner**

Grafik 2 **Jacques Burnand**

Grafik 3 und 4 WSL, Forschungsprogramm Wald und Klimawandel, **A. Psomus und N. Zimmermann**, Kompilation aus 36 Modellen.

Grafik 5 WSL, Forschungsprogramm Walddynamik

## Bibliographie

**Rebetez M, 2006** *La Suisse se réchauffe : effet de serre et changement climatique*, PPUR, Collection "Le Savoir Suisse"

**Birot Y, Landmann G. Bohême I, 2009** *La forêt face aux tempêtes*. Quae

**Gauquelin X (coord.), 2010**, *Guide de gestion : forêts en crise sanitaire* ONF

**Nageleisen L.-M., Saintonge F.-X., Piou D., Riou-Nivert, Ph.** *La santé des forêts : maladies, insectes, accidents climatiques... Diagnostic et prévention*, CNPF-IDF

## Publikationen und Zeitschriften

### Kantone

**Arbeitspapier zur Waldpflege und Waldverjüngung unter dem Aspekt der Klimaveränderung**, beide Basel

**Waldbau und Klimaveränderung, Strategiepapier, Empfehlungen des Forstdienstes Kanton Thurgau**, Thurgau

**Waldpflege und Waldverjüngung unter dem Aspekt der Klimaveränderung**, St. Gallen

**Wald und Klimawandel – Waldbauliche Empfehlungen des Zürcher Forstdienstes**, Zürich

**Wald und Klimawandel Kontext Bern**

### Bund

**Forschungsprogramm Wald und Klimawandel. Synthese der ersten Programmphase 2009-2011**, 2011, WSL, Schweizerische Eidgenossenschaft

**Anpassung an den Klimawandel**. Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder. Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012

**Waldpolitik 2020**, 2013, Bern

**Anpassung an den Klimawandel**, Aktionsplan 2014–2019. Zweiter Teil der Strategie des Bundesrates vom 9. April 2014

**CH2014 – Impacts** : Auf dem Weg zu quantitativen Szenarien für die Folgen des Klimawandels in der Schweiz, CH

#### Andere

**Wald und Holz**, *Klimawandel und Waldbau*, Nr. 9/09

#### **Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen,**

*Effekte des Klimawandels auf Windwurf, Waldbrand und Walddynamik im Schweizer Wald*, Nr. 10/2008, Wohlgemuth T. et al

*Klimawandel als waldbauliche Herausforderung*, Nr. 10/2008, Brang P et al

*Die Auswirkungen des globalen Wandels auf Schweizer Wälder aus ökophysiologischer Sicht*, 1/2010, Sébastien Leuzinger

*Wald in einem wärmeren und trockeneren Klima*, Nr. 6/2015, Brang P et al

**Schweizerischer Nationalfonds** *Ein Klimaschlüssel liegt im Boden*, Horizonte Dezember 2008, Olivier Dessibourg

#### **Montagskolloquium**

**Harald Bugmann**, *Tanne oder Palme*, 11 novembre 2013

#### **Rendez-vous techniques ONF**

*Changements climatiques et évolution des usages du bois, quelles incidences sur nos orientations sylvicoles* n° 38/2013

*Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques*, 2007, hors série n° 3

#### **Revue forestière française**

*Conséquences des changements climatiques pour la forêt et la sylviculture*, Numéro spécial 2000, Engref

*Après les tempêtes, un nécessaire bilan*, Numéro spécial 2002, Engref

*Eau et forêts*, 2006, Engref

#### **WSL**

*Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren?* Nr. 41/2006, Merkblatt für die Praxis

*Leben mit Waldbrand*, Nr. 46/2010, Merkblatt für die Praxis

*Der Klimawandel verändert den Wald*, 14.12.2011

*Anpassungsfähigkeit von Bäumen an Trockenheit (WSL + ETHZ)*

*Nachhaltige Landnutzung im Berggebiet unter Klimawandel: Das interdisziplinäre Forschungsprojekt «Mountland», WSL, 2013*

*Schutzwald Lötschberg-Südrampe, Schlussbericht Oktober 2015, WSL, A. Rigling et al*

#### **Fondation Jean-Marcel Aubert**

*Recherche sur l'évolution altitudinale de l'arole (Pinus cembra L.) à la limite supérieure de la forêt dans le Val d'Arpette, Fondation Jean-Marcel Aubert, Champex-Lac Avril 2012*

**Pro Quercus** : [www.proquercus.org](http://www.proquercus.org) : verschiedene Dokumente zu den Eichenarten und ihren Eigenschaften in Zusammenhang mit dem Klimawandel



Foto Rückseite: Föhrenwälder, Südhang und trocken des Mont-Chemin, Gemeinde Bovernier



