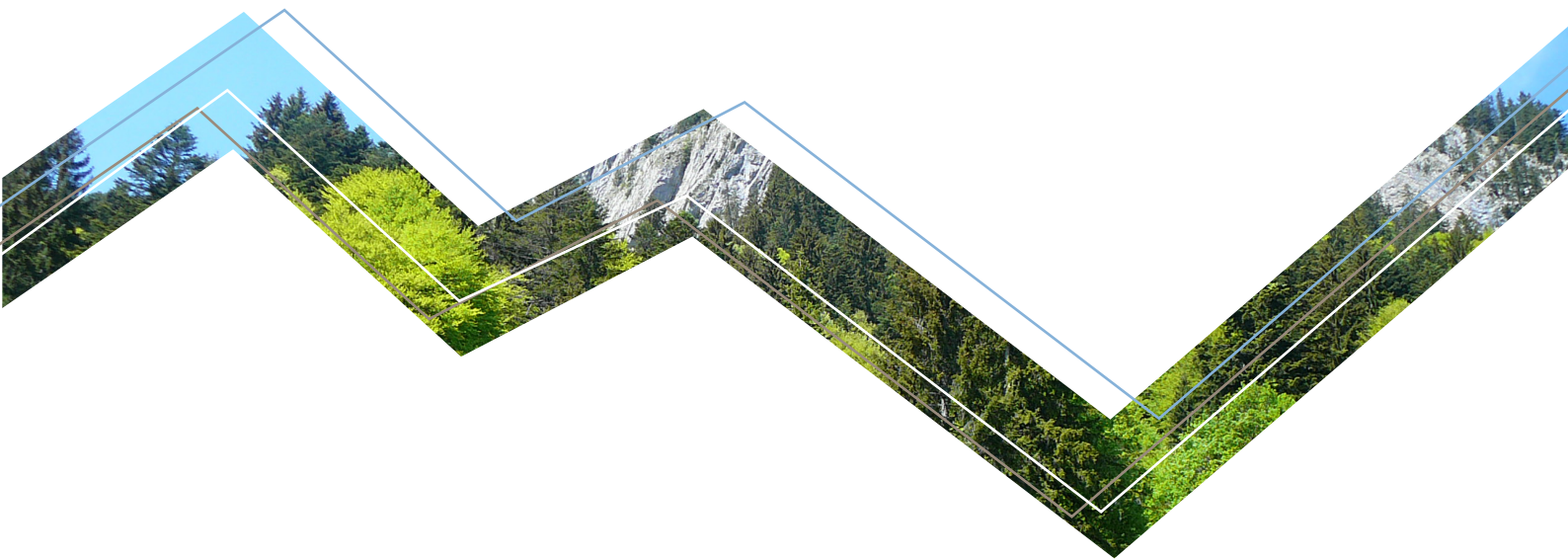


**COMPACT**

**NR 01/2012**

# **WALDWIRTSCHAFT IM KLIMAWANDEL**

**EIN HINTERGRUNDBERICHT DER CIPRA**



**CIPRA**

# INHALTSVERZEICHNIS

|     |                                                                  |    |
|-----|------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | <b>EINLEITUNG</b>                                                | 3  |
| 2   | <b>CIPRA-FORDERUNGEN ZUR WALDWIRTSCHAFT</b>                      | 4  |
| 3   | <b>WALDWIRTSCHAFT UND KLIMAWANDEL IM ALPENRAUM</b>               | 7  |
| 3.1 | VIELFALT DER NUTZUNGSANSPRÜCHE IN DER WALDBEWIRTSCHAFTUNG        | 7  |
| 3.2 | KLIMAWANDEL IN DEN ALPEN                                         | 8  |
| 3.3 | AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF WÄLDER UND WALDBEWIRTSCHAFTUNG | 9  |
| 3.4 | ANPASSUNG UND KLIMASCHUTZ IN DER WALDBEWIRTSCHAFTUNG             | 14 |
| 4   | <b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>                                        | 25 |
| 5   | <b>GOOD PRACTICE-BEISPIELE</b>                                   | 27 |
| 6   | <b>WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN</b>                              | 31 |

## Impressum

Herausgeber: CIPRA International,  
Im Bretscha 22, FL-9494 Schaan  
T +423 237 53 53, F +423 237 53 54  
international@cipra.org

Verfasser: Manfred J. Lexer  
Layoutkonzept: IDconnect AG  
Layout: Carole Piton  
Titelbild: © Christian Schneider  
März 2012

## cc.alps in Kürze

Das Projekt «cc.alps – Klimawandel: einen Schritt weiter denken!» wird von der Internationalen Alpenschutzkommission CIPRA getragen und von der MAVIA-Stiftung für Natur finanziert. Die CIPRA trägt mit dem Projekt dazu bei, dass Klimamassnahmen im Alpenraum mit dem Prinzip der nachhaltigen Entwicklung in Einklang stehen.

[www.cipra.org/de/cc.alps/ergebnisse/compacts](http://www.cipra.org/de/cc.alps/ergebnisse/compacts)



# EINLEITUNG

Mit dem Projekt «cc.alps – Klimawandel: einen Schritt weiter denken!» stellt die Internationale Alpenschutzkommission CIPRA Klimamassnahmen in den Alpen auf den Prüfstand. Die CIPRA sammelt Aktivitäten zum Klimaschutz und zur Klimaanpassung in den Alpen (im Weiteren Klimamassnahmen) und untersucht, welche Auswirkungen sie auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft haben. Ziel der CIPRA ist es, jene Klimamassnahmen einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen, die mit den Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung im Einklang stehen und vor jenen Klimamassnahmen zu warnen, die negative Folgewirkungen auf Natur und Umwelt, aber auch auf das soziale Gefüge und die Wirtschaft haben.

Die «CIPRA compact» Reihe umfasst mehrere Themenhefte, die sich kritisch mit Klimamassnahmen in den Alpen auseinandersetzen. Neben der Waldwirtschaft werden auch die Bereiche Energie, Bauen und Sanieren, energieautarke Regionen, Raumplanung, Verkehr, Naturschutz, Landwirtschaft, Tourismus und Wasser behandelt.

Das CIPRA compact «Waldwirtschaft» bietet einen Überblick über **Massnahmen** der Waldwirtschaft für die Verminderung und die Anpassung an den Klimawandel. Im zweiten Kapitel bringt die CIPRA ihre zentralen Anliegen auf den Punkt: Da waldbauliche Massnahmen langfristig wirken, sind die Wälder im Alpenraum rasch und mit Vorsicht an neue klimatische Situationen anzupassen. Die CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität der Wälder muss ausgenutzt werden. Holz ist möglichst als Bau- und Rohstoff zu nutzen und nur bedingt zum Heizen. Kurze, regionale Wirtschaftskreisläufe sind zu schaffen. Naturnahe Wälder müssen gefördert werden, da diese klimaresistenter sind. Waldeigentümer, die zugunsten des Klimaschutzes auf Erträge verzichten, sind zu entschädigen. Schliesslich muss eine zielgerichtete Forschung zur Erarbeitung praktikabler Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel eine wichtige Daueraufgabe sein.

Das dritte Kapitel beschreibt und analysiert Zusammenhänge, und im vierten Kapitel fasst der Autor wichtige Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zusammen. Kapitel fünf liefert vorbildliche Beispiele für klimafreundliche Waldwirtschaft in den Alpen. Diese Beispiele zeigen, wie es gemacht wird und regen zur Nachahmung an.

# VITALE, NATURNAHE WÄLDER ALS ANTWORT AUF DEN KLIMAWANDEL!

## CC.ALPS: CIPRA-FORDERUNGEN ZUR WALDWIRTSCHAFT

Wälder haben eine vielfältige Bedeutung für den Alpenraum. Sie liefern den wertvollen Rohstoff Holz, sind Lebensraum zahlreicher Tier- und Pflanzenarten und schützen die Menschen vor Naturgefahren. Des Weiteren bieten sie uns Möglichkeiten zur Erholung und Freizeitgestaltung.

Sich ändernde klimatische Bedingungen beeinflussen den Wald zusehends. Höhere Temperaturen und verringerter Niederschlag führen zu neuen Wachstumsbedingungen für die Bäume. Bedingt durch den langen Lebenszyklus von Bäumen bringen klimatische Veränderungen besonders starke Auswirkungen für das Ökosystem Wald mit sich. Nötige sinnvolle Anpassungen der Waldbewirtschaftung müssen daher auf einen sehr langfristigen Zeitraum ausgelegt sein und Szenarien der Klimaentwicklungen berücksichtigen.

Der Wald ist aber nicht nur vom Klimawandel betroffen, sondern spielt auch bei der Anpassung daran und für den Klimaschutz eine Schlüsselrolle. Die Fähigkeit Kohlenstoff zu speichern, hängt dabei von der Vitalität und dem Wachstumsvermögen des Waldes ab. Die Fähigkeit des Waldes, in der Biomasse und im Boden Kohlenstoff zu speichern, ist eine effektive Möglichkeit, der Atmosphäre emittiertes CO<sub>2</sub> wieder zu entziehen. Durch vielerorts ständig zunehmende Holznutzung, derzeit vor allem zur Energiegewinnung, wird die Speicherfähigkeit des Waldes unter dem Deckmantel des Klimaschutzes reduziert und so das Kind mit dem Bade ausgeschüttet. Für Österreich ergab eine Studie, dass eine intensivierete Biomassenutzung von Feinreisig und Ästen bereits auf über 50 Prozent der Wirtschaftswaldfläche wegen begrenzter Nährstoffnachlieferung problematisch ist. Eine einseitige Nutzung des Waldes zu Energiezwecken hat deshalb zu unterbleiben.

Da waldbauliche Massnahmen lange Vorlaufzeiten und langfristige Auswirkungen haben und die Alpen noch mehr als die übrige kontinentale Landmasse vom Klimawandel betroffen sind, muss besonders rasch, aber auch mit besonders grosser Vorsicht begonnen werden, Wälder an neue klimatische Situationen anzupassen.

Darum fordert die CIPRA:

### Den Wald vermehrt als CO<sub>2</sub>-Speicher nutzen statt das Holz zu verfeuern!

Durch jahrhundertelange Übernutzung der Wälder haben sich kaum irgendwo in den Alpen hohe Holzvorräte mit vielen Altholzbeständen angesammelt. Damit haben die Alpenwälder meist noch ein grosses Holzzuwachs-Potenzial und damit eine sehr grosse zusätzliche CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität. Auch das stehende und liegende Totholz ist zur CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität dazuzurechnen und wird am Ende des Abbauzyklus zur Stärkung der Humusschicht im Wald beitragen.

Deshalb ist es wenig sinnvoll, unter dem Deckmantel des Klimaschutzes die Holznutzung zur Energiegewinnung stark voranzutreiben und damit unnötig CO<sub>2</sub> freizusetzen, statt es im Wald langfristig zu speichern. Darum ist in einer „kaskadischen Nutzung“ das Holz zuerst als Bau- und Rohstoff zu nutzen und möglichst nur Holzabfälle oder nicht mehr benötigte Holzprodukte zum Heizen zu verwenden. Dies wird aber nur dann ausreichen, wenn der Heizenergieverbrauch drastisch reduziert wird. Ausserdem müssen neben Holz weitere erneuerbare Energien zur Heizung genutzt werden.

### Schaffen kurzer Kreisläufe mit regionaler Holzverwertung!

Wo Holz genutzt wird, soll es von regionalen Unternehmen aus dem Wald entnommen und möglichst an ortsansässige Firmen geliefert werden, die es in der Region verarbeiten und vermarkten. Diese Art der Holznutzung ermöglicht geschlossene Wirtschaftskreisläufe, steigert die regionale Wertschöpfung und schafft Arbeitsplätze. Ressourcen bleiben in der Region und die lokale Wirtschaft wird angekurbelt. Darüber hinaus werden lange Verkehrswege und somit hohe Treibstoffkosten und CO<sub>2</sub> eingespart.

### Mit naturnahen Wäldern Risikoresistenz schaffen!

Die Förderung von naturnah aufgebauten Wäldern, also mit Verwendung heimischer standortgerechter Baumarten und grossem Struktureichtum, verbessert die Stabilität gegenüber Wetterereignissen und Schädlingsbefall und erhöht das Anpassungsvermögen der Wälder an ein sich veränderndes Klima. Die naturnahe Waldbewirtschaftung erfordert darüber hinaus einen Verzicht auf Kahlschlag und auf den Pestizideinsatz, sie fördert die natürliche Verjüngung, schafft wertvolle Waldränder und belässt auch im Wirtschaftswald Alt- und Totholzzellen.

### Klimaschutz im Wald entschädigen!

Es herrscht ein Mangel an Waldreservaten mit freier Dynamik. Sie dienen neben der Lebensraumerhaltung der vermehrten Speicherung von CO<sub>2</sub> im Wald. Im Alpenbogen sind mindestens zehn Prozent der Waldfläche der freien Entwicklung zu überlassen, wobei die verschiedenen natürlichen Waldgesellschaften zu berücksichtigen sind. Für den Arten- und Biotopschutz sind weitergehend Sonderwaldreservate auszuscheiden. Waldeigentümer, die zugunsten des Klima- und Naturschutzes auf einen

Teil ihrer Erträge und Flächen verzichten, sind für den Nutzungsentgang, insbesondere aber für diese Senkenwirkung und -leistung zu entschädigen. Die derzeitigen Fördersysteme der EU und der meisten Alpenländer bieten keine ausreichenden Entschädigungen für solche Fälle. Dies muss sich schnellstmöglich ändern.

Der Klimawandel verlangt nach neuen Erkenntnissen und nach der Verbreitung des gesammelten Wissens!

Eine zielgerichtete Forschung zur Erarbeitung praktikabler Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel ist eine wichtige Daueraufgabe. Neue Erkenntnisse über den Klimawandel und dessen Auswirkungen müssen grossflächig verbreitet und in die Anwendung gebracht werden.

Eine Summenbilanz von CO<sub>2</sub>-Absorption und CO<sub>2</sub>-Emission eines Waldes einerseits und der Holzverwendung andererseits sind als ganzheitliches System zu betrachten, damit eine zuverlässige Optimierung möglich wird. Dazu fehlen noch wichtige Informationen, insbesondere betreffend das potenziell mögliche Kohlenstoffspeichervermögen von Wäldern verschiedenster Art und unterschiedlichster Qualität im Klimawandel einschliesslich des Kohlenstoffgehalts im Boden. Hier werden neue Erkenntnisse aus Forschung und Wissenschaft benötigt.

# WALDWIRTSCHAFT UND KLIMAWANDEL IM ALPENRAUM

## 3.1

### VIelfalt der Nutzungsansprüche in der Waldbewirtschaftung

Traditionell war die Holzproduktion der primäre Nutzungsanspruch in mitteleuropäischen Wäldern, in dessen «Kielwasser» quasi automatisch andere gesellschaftlich wichtige Ansprüche an den Wald miterfüllt wurden. Dementsprechend waren die traditionellen forstlichen Nachhaltigkeitskonzepte darauf ausgerichtet, die Produktion von Holz sicherzustellen. Zunehmendes Interesse an unterschiedlichen Waldfunktionen führte zu einem neuen umfassenderen Verständnis von Nachhaltigkeit in der Waldbewirtschaftung.

Die Vereinten Nationen prägten mit dem Millennium Assessment (MEA 2005) den Begriff der «Waldleistungen» (ecosystem services) synonym zum in Mitteleuropa gebräuchlichen Begriff der Waldfunktionen. Wald-ökosystemleistungen umfassen Holz- und Nichtholzprodukte, Trinkwasserbereitstellung, Klimaschutz durch Kohlenstoffspeicherung, Wasserabflussregulierung, aber auch Erholung und andere nichtmaterielle spirituell-kulturelle Werte. In Europa wurden auf politischer Ebene im Ministerprozess zum Schutz der europäischen Wälder (MCPFE 2003, 2007) die Pan-Europäischen Nachhaltigkeitsrichtlinien als Rahmen für nachhaltige Waldbewirtschaftung geschaffen. Sinngemäß findet sich der Anspruch an multifunktionale Wälder in nationalen Gesetzen und Raumordnungswerken in allen Alpenländern.

Die Bedeutung einzelner Waldleistungen variiert natürlich örtlich stark und kann in einzelnen Regionen in Abhängigkeit von ökologischen Produktionsbedingungen oder der jeweiligen Regionalpolitik generell recht unterschiedlich sein (EEA 2010).

Wälder mit Schutzfunktion haben im Alpenraum eine besondere Relevanz. So geht etwa in der Schweiz das Bundesamt für Umwelt derzeit davon aus, dass zirka 40 bis 60 Prozent des Schweizer Waldes eine



**Bild 1:**

Schutz vor Naturgefahren  
(hier Lawine und Steinschlag) für  
Siedlungsraum und Infrastruktur  
- in den Alpen eine wichtige  
Waldfunktion.

Schutzfunktion gegen Naturgefahren haben (Wehrli et al. 2007). In den Bayerischen Alpen gelten gemäss Waldgesetz ungefähr 60 Prozent des Waldes als Schutzwald, in Österreich sind etwa 31 Prozent der gesamten Waldfläche prioritär mit einer Schutzfunktion belegt (Niese, G. 2011). In einzelnen alpinen Regionen liegt der Schutzwaldanteil noch deutlich höher, beispielsweise in Tirol mit mehr als 66 Prozent, oder in der Autonomen Region Aostatal in Italien mit ungefähr 80 Prozent Schutzwaldfläche. In den letzten Jahrzehnten hat die Bedeutung der Schutzfunktionalität noch zugenommen, weil zum Beispiel Gebiete, die früher im Winter gemieden wurden, heute ganzjährig besiedelt sind oder eine bedeutende Rolle im Tourismus spielen.

Der Wald ist im Alpenraum nicht nur wegen der Holzproduktion oder des Schutzes vor Naturereignissen von grosser Bedeutung, sondern er spielt auch für den Naturschutz eine besondere Rolle. Mit der Umsetzung des europäischen Natura 2000-Schutzgebietskonzeptes sind in der EU derzeit etwa 18 Prozent der Landfläche speziell dem Lebensraum- und Artenschutz gewidmet. Bergwälder leistendabei wegen ihrer häufig hohen Naturnähe und relativ geringen Fragmentierung einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität.

Als Kohlenstoffspeicher und Quelle erneuerbarer Energieträger in Form von Waldbiomasse sind Wälder kürzlich auch in der internationalen Klimaschutzpolitik in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt. Dabei umfassen die Vorschläge verschiedener Anspruchsgruppen sowohl das Ausser-Nutzung-Stellen grösserer Waldanteile als auch die Intensivierung der Biomassenutzung, um vermehrt fossile Energieträger oder energieintensivere Materialien zu substituieren. Der Nachhaltigkeit verpflichtete Waldbewirtschaftungskonzepte müssen soweit wie möglich einen Ausgleich schaffen zwischen unterschiedlichen Ansprüchen.

### 3.2 KLIMAWANDEL IN DEN ALPEN

Im Alpenraum hat die Jahresmitteltemperatur seit dem späten 19. Jahrhundert um etwa zwei Grad Celsius zugenommen, davon alleine in den letzten 25 Jahren um 1,2 Grad (Auer et al. 2007, EEA 2010). Mit zunehmender Seehöhe fällt dieser Erwärmungstrend stärker aus. Beim Niederschlag konnte in den vergangenen Jahrzehnten kein eindeutiger Trend beobachtet werden. So haben im nordwestlichen Teil der Alpen (Frankreich, nördliche Schweiz, Süddeutschland und westliches Österreich) die Jahresniederschläge zugenommen, während Gebiete im Südosten (Slowenien, der östliche Teil von Österreich) abnehmende Niederschläge verzeichneten.

In den kommenden Jahrzehnten ist der Erwärmungstrend nicht mehr umzukehren und ein weiterer Temperaturanstieg von etwa zwei bis drei Grad wahrscheinlich (Solomon et al. 2007). Gegen Ende des 21. Jahrhunderts liegt die Bandbreite der erwarteten Erwärmung dann zwischen drei und sechs Grad Celsius, je nach Emissionsszenario. Für die Niederschlagssummen zeichnet sich im Alpenraum zwar kein eindeutiger Veränderungstrend ab, wohl jedoch eine zum Teil deutliche Verschiebung von

Niederschlagsanteilen vom Sommer- ins Winterhalbjahr. Die Niederschläge werden auch stärker schwanken. Das heisst, es wird sowohl häufiger zu trockenen als auch zu feuchteren Jahren kommen. Generell wird ein höherer Niederschlagsanteil in Form von Starkniederschlägen fallen. Die Sturmtiefs vom Atlantik, die schon bisher während des Winterhalbjahres zu Schäden durch Windwurf und -bruch geführt haben, werden an Stärke zunehmen, könnten aber in Zukunft etwas weiter nördlich des Alpenraumes durchziehen (Matulla et al. 2008, 2011). Allerdings ist davon auszugehen, dass auch regionale Föhnstürme und lokale Gewitterstürme zunehmen werden (u.a. Eitzinger et al. 2009).

### 3.3

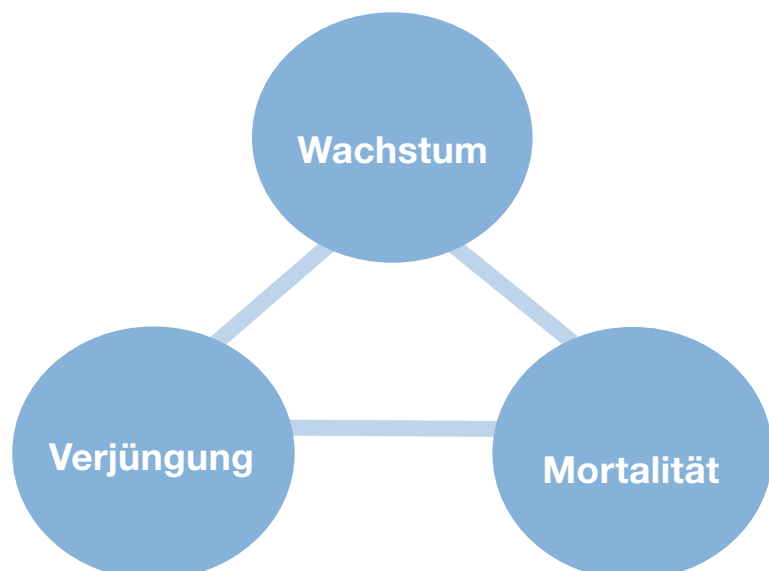
## AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF WÄLDER UND WALDBEWIRTSCHAFTUNG

Waldökosysteme sind von einer Klimaveränderung besonders betroffen. Ein Hauptgrund dafür ist der lange Generationszyklus von Waldbäumen, der in bewirtschafteten europäischen Gebirgswäldern in der Regel 100 bis 200 Jahre dauert, und in unbewirtschafteten Wäldern noch weit darüber liegt. Das bedeutet bei der erwarteten Geschwindigkeit des Klimawandels von etwa 0,5 bis 0,7 Grad je Dekade, dass ein Baum stark unterschiedlichen Klimabedingungen ausgesetzt sein wird. Ökologisch wird sich eine Klimaveränderung auf die Baumartenzusammensetzung in den Alpenwäldern unterschiedlich auswirken:

- (i) Die Veränderungen (z.B. häufigere Trockenperioden) an einem Standort sind stärker als es die dort vorkommenden Baumarten tolerieren können. Als Folge nimmt die Baummortalität zu.
- (ii) Der Klimawandel bringt Baumarten an die Grenzen ihrer Stresstoleranz, führt zu einer physiologischen Schwächung der Bäume und dadurch zu erhöhter Anfälligkeit für Krankheiten und Schädlinge. Teilweise wird diese Entwicklung noch dadurch verstärkt, dass sich in einem wärmeren Klima die Schadinsekten selbst rascher entwickeln können (z.B. Borkenkäfer, Schwammspinner).

**Abbildung 1:**

Wachstum, Verjüngung und Mortalität von Waldbäumen bestimmen die Waldentwicklung, den Waldaufbau und die davon abhängigen Waldleistungen. Alle diese Ökosystemprozesse sind von einer Klimaänderung betroffen.



(iii) Störungen wie zum Beispiel Stürme führen unabhängig von den Wachstumsbedingungen zu verstärkter Baum mortalität.

(iv) Durch den Klimawandel begünstigte Baumarten werden konkurrenzkräftiger, indem sie rascher wachsen oder sich besser verjüngen können und verdrängen dadurch bisher vorkommende Baumarten von ihren Standorten.

Da jede Baumart in Bezug auf Wachstum, Verjüngung und Mortalität anders auf Standortveränderungen reagiert und sich einzelne Baumarten in Mischwäldern wechselseitig beeinflussen, sind die langfristigen Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Entwicklungsdynamik von Wäldern schwierig abzuschätzen (Abbildung 1). Im Folgenden werden bereits jetzt zu beobachtende Klimaänderungsfolgen dargestellt und Einschätzungen zur zukünftigen Erbringung von gesellschaftlich erwünschten Waldleistungen gegeben.

### 3.3.1 WALDWACHSTUM

Seit den 1980er Jahren stellen nationale Waldinventuren in Europa (z.B. Deutschland, Österreich, Schweiz, Frankreich) zum Teil deutlich höhere Holzzuwächse fest als erwartet. Daran haben Klimawandel-bedingte Faktoren wie verlängerte Vegetationsperioden und erhöhter  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre einen beträchtlichen Anteil, aber auch z.B. der Stickstoffeintrag in Waldökosysteme (u.a. Spiecker et al. 2000).

Ein Anstieg der Lufttemperatur um ein Grad führt zu einer um eine Woche früher einsetzenden Blühphase wie Scheifinger und Koch (2009) am Beispiel von Hasel und Kirsche nachweisen konnten. Im Herbst verzögert sich die Verfärbung der Blattorgane. Diese Beobachtungen werden auch durch Erkenntnisse im übrigen Europa und an anderen Pflanzenarten bestätigt (Menzel et al. 2006). Auf vielen Waldstandorten, insbesondere in Gebirgslagen, sind die optimalen täglichen Temperaturbedingungen für die pflanzliche Nettoprimärproduktion bei weitem noch nicht erreicht. Somit ist bei weiterer Erwärmung mit verbessertem Wachstum zu rechnen, solange andere wichtige Wachstumsfaktoren nicht limitierend wirken. Das Auftreten von Spätfrost könnte etwa die Vorteile einer früher beginnenden Vegetationsperiode wieder zunichte machen. Temperaturveränderungen wirken sich nicht nur auf das Baumwachstum aus, sondern auch auf die Samenproduktion selber sowie auf die Entwicklung von Keimlingen und Jungpflanzen, die besonders anfällig sind für Frostschäden.



**Bild 2:**

Seit den 1980er Jahren werden auf Versuchsflächen und von nationalen Waldinventuren erhöhte Holzzuwächse festgestellt.

### 3.3.2 EXTREME WETTEREREIGNISSE UND STÖRUNGEN

Der Klimawandel wird auch deutliche Auswirkungen auf das Störungsregime durch Stürme, Trockenheit, Schnee- und Eisbruch, sowie Insekten wie z.B. Borkenkäfer im Wald haben. Störungen sind natürlicher Bestandteil eines jeden Waldökosystems, schaffen Verjüngungsnischen für unterschiedliche Baumarten und spielen eine wichtige Rolle in der Selbstregulierung von Waldökosystemen. Aus der Sicht des Bewirtschafters stellt sich eine Störung allerdings meist als Schaden dar, der zu Holzentwertung, Beeinträchtigung anderer Waldleistungen wie etwa dem Schutz vor



**Bild 3:**

Borkenkäfer im hochmontanen  
Nadelwald in den österreichi-  
schen Alpen.

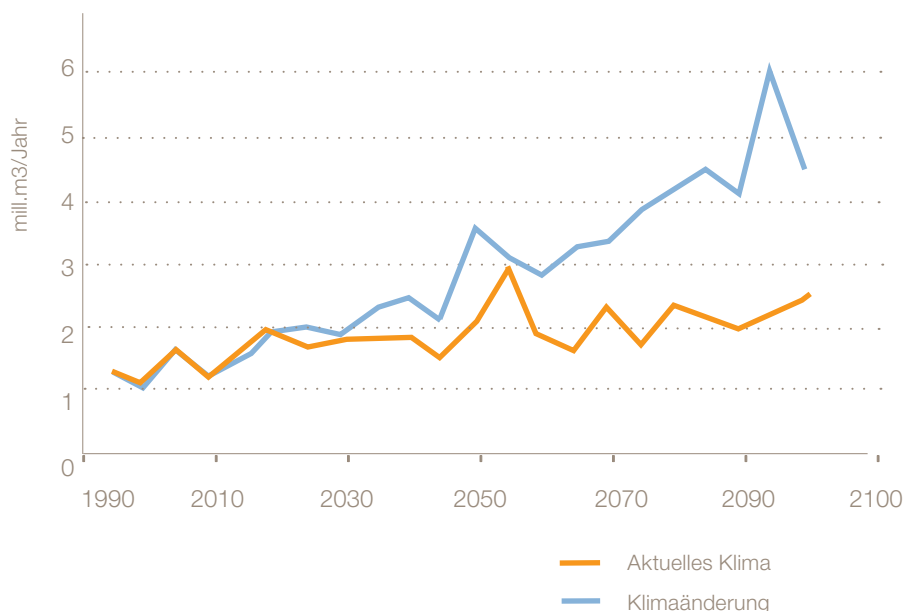
Naturgefahren und erhöhtem Bewirtschaftungsaufwand führt.

Müssen Waldbesitzer bei Störungen beschädigte oder abgestorbene Bäume vorzeitig ernten, um das Holz noch zu verwerten und die Ausbreitung von Schadinsekten zu verhindern, bezeichnet man dies sinngemäss als Zwangsnutzung (auch als Kalamitätsnutzung bezeichnet). In Österreich liegen die jährlichen durch Borkenkäferbefall erzwungenen Nutzungen seit den 1990er Jahren bei ca. zwei Millionen Kubikmeter, das sind im Mittel etwa zehn bis 15 Prozent der gesamten jährlichen Nutzungsmenge. In einzelnen Jahren betrugen die Kalamitätsnutzungen durch Sturm, Schnee und Borkenkäfer insgesamt mehr als 50 bis 60 Prozent der jährlichen Gesamtnutzungsmengen (u.a. Anonymus 2009). So löste der Wintersturm Vivian im Jahr 1990 eine Massenvermehrung der Fichtenborkenkäfer *Ips typographus* und *Pityogenes chalcographus* aus, die zu hohen Schadholzmengen geführt haben. Das in ganz Europa sehr trockene und heisse Jahr 2003 führte faktisch fast in allen Regionen zu geringeren Zuwächsen und teilweise stark erhöhter Baummortalität. In Slowenien stiegen etwa die Schäden durch Borkenkäfer und andere Insekten nach der Trockenheit im Jahr 2003 von 100'000 auf 500-700'000 Kubikmeter pro Jahr an (Ogris und Jurc 2010). Im Wallis in der Schweiz kam es im trockenen Sommer 2003 zu verstärktem Absterben der Weisskiefer, was drastisch vor Augen führte, wie rasch sich klimatische Extremereignisse in Kombination mit sekundären Schadinsekten wie z.B. Borkenkäfern (*Ips sexdentatus* und *Ips acuminatus* im Fall der Weisskiefer im Wallis) auf Walddynamik und Baumartenzusammensetzung auswirken können (u.a. Bigler et al. 2006).

Die zunehmenden Schäden durch Borkenkäfer in fichtenreichen Bergwäldern bis in die subalpine Höhenstufe zeigen deutlich an, dass sich mit dem Klima auch die bisherigen Störungsregime teilweise drastisch verändern werden. Seidl et al. (2009) zeigen in einer Simulationsstudie für Österreich, dass sich in Fichtenwäldern unter einem Erwärmungsszenario und Beibehaltung der derzeitigen Bewirtschaftungspraktiken die Schäden durch Borkenkäfer langfristig verdoppeln könnten (Abbildung 2). Eine ähnliche Abschätzung liegt für Slowenien vor (Ogris & Jurc 2009).

**Abbildung 2:**

Simulierte Entwicklung der Zwangsnutzungen nach Borkenkäferbefall in Fichtenwäldern in Österreich unter einem Erwärmungsszenario (+2.4°C Temperaturerhöhung bis 2100) im Vergleich zu einer Zukunft ohne Klimaänderung. Quelle: Seidl et al. (2009).





© Thomas Siepmann / Pixello

**Bild 4:**

Waldbrand in den Alpen.  
Ein in Zukunft häufigeres Bild?

### 3.3.3

In Südtirol kommt der Kiefernprozessionsspinner in zunehmend höheren Lagen vor, da einerseits wärmere Temperaturen die Flugaktivität der Insekten erhöhen, andererseits die Mortalität durch mildere Winter verringert wird (Battisti et al. 2006). Eigentlich eine mediterrane Insektenart, kommt er mittlerweile auch in Nordtirol vor und ist ein gutes Beispiel dafür, wie Insekten ihr Verbreitungsgebiet im Klimawandel nach Norden ausdehnen.

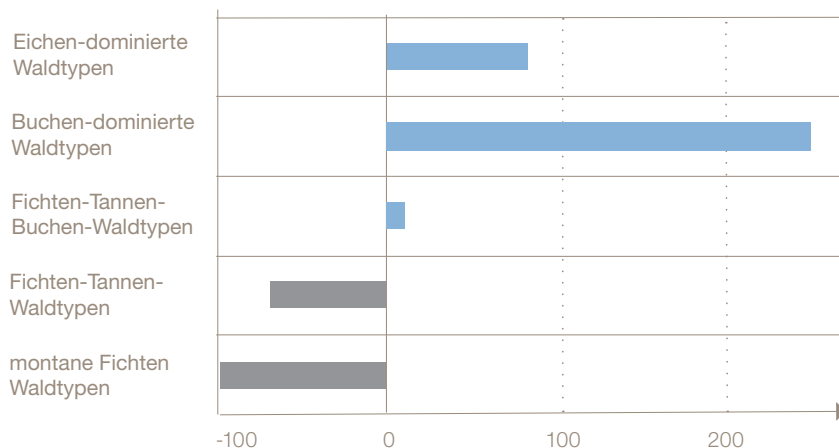
Im gesamten Alpenraum sind derzeit jährlich mehrere tausend Hektar Waldfläche von Waldbrand betroffen. Auch wenn die meisten Brände durch menschliches Verhalten ausgelöst werden, steigt durch die klimabedingte Verlängerung der Waldbrandsaison die Gefährdung insgesamt an. Vor allem in den trockeneren Regionen der Alpen, etwa in inneralpinen Tälern und Becken auf südexponierten Hängen mit Nadelholzbestockung, wird die Waldbrandgefährdung zunehmen ([www.alpfirs.eu](http://www.alpfirs.eu)).

## AREALVERÄNDERUNGEN VON PFLANZENARTEN UND WALDGESELLSCHAFTEN

In den Tiroler Alpen am Schrankogel/A wurde festgestellt, dass durch das Höherwandern von alpinen Pflanzenarten in die nivale Zone sich mittelfristig die Artenzahl erhöht, langfristig ist jedoch davon auszugehen, dass es bei fortschreitender Erwärmung zu einem Artenverlust in den heutigen nivalen und alpinen Höhenstufen kommen wird (Pauli et al. 2007). Für die Schweiz und für Österreich liegen Studien vor, die davon ausgehen, dass artenreiche Laubwaldtypen ihr potenzielles Areal im Klimawandel vergrößern werden (Kienast et al. 1998, Lexer et al. 2002). In Österreich würde es demzufolge bei einer Klimaerwärmung von zwei Grad und reduziertem Niederschlag auf knapp 80 Prozent der Waldfläche zu einer Veränderung der potenziell natürlichen Waldgesellschaft kommen, wobei vor allem Buchen-, aber auch Eichen- und Buchen-Tannen-Fichtenwaldtypen ihren Flächenanteil erhöhen würden (Abbildung 3). Ähnliche Einschätzungen liegen auch aus Slowenien vor (Kajfež-bogataj, L. et al. 1999). Courbaud et al. (2010) weisen am Beispiel der französischen Alpenwälder darauf hin, dass durch die starke Heterogenität der Gebirgswaldstandorte die Abschätzung, wie sich natürliche Waldtypen verändern würden, extrem schwierig ist.

**Abbildung 3:**

Relative Veränderung des Flächenanteils häufiger natürlicher Waldtypen für 3,2 Millionen Hektar Wald in Österreich unter einem Klimaänderungsszenario (+2°C, -15 % Sommerniederschlag).



Quelle: Lexer et al.

Die Holzproduktion könnte einerseits von höheren Zuwächsen profitieren, doch wird es vor allem in jetzt schon trockenen inneralpinen Tallagen und auf seichtgründigen Standorten, die wenig Wasser speichern können, zu einem teilweisen Rückgang der Produktivität durch Trockenperioden und Hitzewellen kommen. Die Fichte wird in submontanen Höhenlagen auf grossen Flächenanteilen als Hauptbaumart für eine geregelte Forstwirtschaft nicht mehr geeignet sein, da sich durch eine Klimaerwärmung in diesen Höhenlagen regelmässig zwei bis drei Generationen Fichtenborkenkäfer pro Jahr entwickeln können. Allgemein wird im heute nadelholzdominierten Bergwald durch die zunehmende Konkurrenzkraft von Laubhölzern wie z.B. Buche und Bergahorn die Baumartenvielfalt und damit der waldbauliche Entscheidungsspielraum bei der Baumartenwahl vergrössert. Der durchschnittliche Holzvorrat in den Alpenwäldern wird sich aufgrund von zwei Faktoren wahrscheinlich weiter erhöhen und damit das Schadensrisiko bei Kalamitäten: Erstens, durch Fortsetzung des derzeitigen Trends, dass weniger Holz genutzt wird als zuwächst; und zweitens durch den Umstand, dass durch das Älterwerden der Waldbestände auch quasi automatisch der Holzvorrat ansteigt.

Gebirgswälder dürften daher in grossen Bereichen des Alpenraumes bis in die Mitte des 21. Jahrhunderts auch weiter zusätzlichen Kohlenstoff speichern (z.B. Zierl und Bugmann 2007; Seidl et al. 2008, Hagedorn et al. 2010).

Durch häufigere Störungen wird auch zunehmend der Schutz vor Naturgefahren betroffen sein. Dadurch werden vermehrt temporäre technische Schutzmassnahmen wie Steinschlagnetze und Schneewerke erforderlich werden. Insgesamt werden die Anforderungen in Bezug auf stabile, ausreichend stammzahlreiche Dauerbestockungen gegen Steinschlag und Lawinenanbrüche sowie gutes Wasserrückhaltevermögen durch humusreiche, biologisch aktive Böden zur Vorbeugung und Abschwächung von Hochwasserereignissen in Zukunft noch wichtiger werden. Zusätzlich wird wahrscheinlich auch das Naturgefahrenpotenzial selbst regionsspezifisch zunehmen. Zum Beispiel wird etwa die Erosionsgefährdung aufgrund der Zunahme von Starkniederschlägen ansteigen. In tieferen Lagen ist zwar allgemein mit geringeren Schneehöhen zu rechnen, jedoch aufgrund von häufigeren Nassschneesituationen auch mit vermehrten Lawinenanbrüchen im Waldbereich (Perzl und Kammerlander 2010). Ein Beispiel aus den Dolomiten in Italien zeigt auf, dass es durch den Klimawandel aber auch zu geringerer Gefährdung kommen könnte. So wird wegen der geringeren Schmelzwassermengen im Frühjahr mit einer Verminderung von Hangrutschungen gerechnet (Dehn 1999).



**Bild 5**

Schäden durch Sturm:  
Im Gebirgswald mit weitreichenden  
Folgen für die Schutzwirkung.

Bisher stellte die Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigem Trinkwasser im Alpenraum kein Problem dar. Mit Ausnahme einiger prioritär als Quellschutzwälder bewirtschafteter Flächen wurde die Sicherstellung der Trinkwasserschüttung quasi im «Kielwasser» anderer Waldfunktionen als gegeben unterstellt. Bei weiter anhaltendem Eintrag von atmosphärischem



#### Bilder 6

Damit Wälder auch in Zukunft sauberes Trinkwasser liefern können, muss das Waldmanagement den Quellschutz berücksichtigen

Stickstoff in Waldökosysteme bei gleichzeitig klimabedingt zunehmenden Störungen und häufigeren Starkniederschlägen könnten die Nitratgehalte im Quellwasser jedoch über die Grenzwerte ansteigen (u.a. Herman et al. 2007). Um die Wasserqualität zu sichern, werden daher in Zukunft auf Quellschutz zugeschnittene Waldbaukonzepte notwendig werden, die spezielles Augenmerk auf waldhydrologisch günstige Baumartenzusammensetzung und Humusmanagement legen.

Neophyten wie z.B. der Götterbaum aber auch heimische Baumarten finden im Klimawandel neue Nischen auf Standorten, wo sie bisher nicht konkurrenzstark genug waren. Für den Naturschutz ergeben sich aus diesen «natürlichen» Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung neue Herausforderungen.

### 3.4.

## ANPASSUNG UND KLIMASCHUTZ IN DER WALDBEWIRTSCHAFTUNG

#### 3.4.1

### ANPASSUNGSMASSNAHMEN

Zumindest auf einem Teil der Flächen wird der alpine Wald seine Ökosystemleistungen ohne aktive Anpassungsmassnahmen nicht nachhaltig erbringen. Selbstständig ablaufende autonome Anpassungsprozesse wie Baumartenmigration oder genetische Selektion werden nicht ausreichen zur Sicherstellung von standörtlich gut angepassten Wäldern (Matyas & Nagy 2005).

Da es aufgrund vieler lokaler Besonderheiten keine allgemein gültigen Rezepte für gute Anpassungskonzepte geben kann, muss in jedem Fall abgeklärt werden, in welchem Ausmass Ökosystemleistungen durch einen Klimawandel betroffen sein werden. Dabei ist Anpassung an den Klimawandel nicht als «Einmal-Massnahme» zu verstehen sondern als kontinuierlicher Prozess, der aus der periodisch erfolgenden Überprüfung der Wirksamkeit von getroffenen Massnahmen und, falls nötig, deren Modifizierung besteht (u.a. Rauscher, H. M. 1999). Dieser proaktive Umgang mit sich verändernden Rahmenbedingungen muss in die normalen Entscheidungsabläufe von Waldbewirtschaftern integriert und stärker in der Praxis verankert werden.

Allgemein stehen für die Konzeption von Anpassungsstrategien mehrere Ansätze zur Verfügung: (1) Vorausschauende Sicherstellung der Anpasstheit von Wäldern im Hinblick auf erwartete zukünftige Klimabedingungen, wie zum Beispiel durch das Verwenden von Saat- und Pflanzgut aus wärmeren und trockeneren Herkunftszonen; (2) die Förderung der Anpassungsfähigkeit der Wälder, zum Beispiel durch die Erhöhung der Baumartenvielfalt und hoher genetischer Diversität sowie die Erleichterung von Baumartenmigration durch Korridorbildung; (3) die Erhöhung der Stabilität von Waldbeständen gegenüber Störungen, zum Beispiel durch Baumartenwahl und stabilitätsfördernde Waldpflegekonzepte; und schliesslich (4) das Ausnutzen von günstigeren Wachstumsbedingungen, etwa durch frühere oder auch häufigere Durchforstungseingriffe oder angepasste Produktionszeiträume.

**Baumartenwahl & Waldverjüngung*****Allgemeine Überlegungen***

Die Baumartenwahl und die zur Umsetzung notwendigen Verjüngungsmassnahmen sind für die langfristige Sicherstellung von Waldökosystemleistungen entscheidend. Wie sollen nun «klimafitte» Wälder im Alpenraum aufgebaut sein? Ein geeignetes Konzept kann gut anhand der Begriffe Stabilität und Resilienz dargestellt werden. Stabilität wird hier definiert als das Vermögen von Waldbeständen, externen Einflüssen (z.B. Stürme, Trockenheit, Insekten, Feuer) standzuhalten und die geforderten Waldfunktionen unter Störungseinfluss möglichst lange erbringen zu können. Resilienz wird hier interpretiert als das Vermögen, nach einer eingetretenen Störung selbstständig wieder eine Waldfläche so zu bestocken, dass die erwünschten Waldleistungen erbracht werden können. Stabile Waldbestände zeichnen sich im Kontext eines Klimawandels durch Baumarten aus, die möglichst tolerant sind gegenüber zu erwartenden Umweltveränderungen und sich nicht schon unter heutigen Klimabedingungen am Rande ihres physiologischen Toleranzbereiches befinden. In tieferen Lagen wird eine grosse Widerstandsfähigkeit gegenüber längerer Sommertrockenheit Vorteile bringen.

Es ist leicht einzusehen, dass Mischbestände, die aus Baumarten aufgebaut sind, die sich in Bezug auf ihre physiologischen Toleranzgrenzen gegenseitig ergänzen, als relativ stabil gegenüber klimatischen Veränderungen gelten werden. So wird ein Fichten-Buchen-Mischbestand gegenüber Erwärmung stabiler sein als ein Fichtenreinbestand. Werden neben der physiologischen Toleranz auch noch die Pioniereigenschaften von Baumarten in ein Anpassungskonzept integriert, kommt der Aspekt der Resilienz zusätzlich zum Tragen. Wird dem Fichten-Buchen-Mischbestand etwa je nach Standort Lärche oder Kiefer beigemischt, ist im Störfall eine raschere autonome Wiederbewaldung über die regelmässige hohe Samenproduktion der Pionierbaumarten wahrscheinlich.

***Ausrichtung der Baumartenwahl an der heutigen potenziell natürlichen Waldgesellschaft***

In vielen nationalen und regionalen Leitfäden zur Anpassung an den Klimawandel wird derzeit die (historische) natürliche Waldgesellschaft etwas unreflektiert generell als «stabiler» Zielwald propagiert. Dabei sollte leicht erkennbar sein, dass Waldtypen, die an das Klima der Vergangenheit angepasst sind, nicht automatisch auch als «Zielwald» im Klimawandel verwendet werden können. Dass im Einzelfall jedoch durchaus unterschiedliche Effekte daraus entstehen können, wird an zwei Beispielen demonstriert.

**Beispiel 1:** Auf grossen Flächen in den kühl-kontinentalen montanen und subalpinen Vegetationsstufen, auf denen bisher die Fichte die dominierende natürliche Baumart war und Laubbaumarten und Tanne keine

wesentliche Rolle im Waldaufbau spielten, würde das Festhalten an der historischen potenziell natürlichen Waldgesellschaft quasi das Fortschreiben von Fichtenreinbeständen bedeuten. In solchen Beständen würden in einem wärmeren Klima höhere Anteile von Lärche, Kiefer, Tanne und auch Buche und Bergahorn eine wichtige ökologische und funktionale Rolle spielen. In der Naturverjüngung vorhandenes Mischbaumartenpotenzial sollte hier deshalb bereits heute ausgenutzt bzw. aktiv gefördert werden.

**Beispiel 2:** Lange Zeit wurden Fichtenreinbestände auf Standorten gefördert, wo natürlicherweise unter historischem Klima Buchen- und Buchen-Nadel-Mischwälder stocken würden. Auf solchen Standorten würde schon das Wiedereinbringen bzw. Wiederzulassen von Buche, Bergahorn und auch Eiche sowohl die Stabilität als auch die Anpassungsfähigkeit der zukünftigen Bestände erhöhen. In solchen Fällen würde eine Orientierung an der historischen natürlichen Waldgesellschaft zumindest eine Erhöhung der Baumartenvielfalt mit tendenziell an ein wärmeres Klima besser angepassten Baumarten bringen (z.B. Lexer et al. 2002). Buche könnte allerdings auf zur Austrocknung neigenden Standorten durch zukünftig häufigere Sommertrockenheit bereits an ihre physiologischen Toleranzgrenzen kommen (Gessler et al. 2007).

### *Nichtheimische Baumarten als Lösungsansatz?*

Vor allem aus Sicht der Holzproduktion werden auch nicht heimische Baumarten als Alternative ins Spiel gebracht (z.B. Borchert und Hahn 2008, Jasser 2008). Das forstwirtschaftlich grösste Interesse wurde in der Vergangenheit der Douglasie entgegengebracht, da sie sich durch eine hohe Produktionsleistung im Vergleich zu einheimischen Baumarten auszeichnet. Mit der Diskussion um eine Klimaänderung und dem damit einhergehenden stark ansteigenden Risiko für Fichtenbestände durch Trockenheit und Borkenkäfer wird der Douglasie wieder vermehrtes Augenmerk geschenkt.

Dabei wird häufig übersehen, dass viele der heute wegen ihrer überragenden Wuchsleistungen empfohlenen standörtlichen Varianten der Douglasie in ihrer Heimat in Nordamerika höhere Niederschläge während der Vegetationsperiode zur Verfügung haben als in einigen potenziellen Douglasienanbaugebieten im Alpenraum unter Klimawandelszenarien zukünftig zu erwarten sind. Trockene und zukünftig auch schneeärmere Winter in Europa sind im Vergleich zu den feuchten Wintern im Herkunftsgebiet vieler empfohlener Douglasienvarianten ein weiterer wichtiger ökologischer Unterschied, der den Etablierungserfolg von Douglasienjungwüchsen negativ beeinflussen kann.

Hier ist dringend zu hinterfragen, ob sich nicht die Rahmenbedingungen seit den 1970er Jahren grundlegend geändert haben und somit eine teilweise Neubewertung der bisherigen Empfehlungen erforderlich machen. Von Seiten des Naturschutzes werden Bedenken gegenüber der Verwendung von nicht heimischen Baumarten vorgebracht, da u.a. die heimische

Biodiversität negativ betroffen sein könnte (vgl. compact Naturschutz S. 12). Unkontrolliertes Ausbreiten von Douglassienaturverjüngung ist ein anderes unter dem Blickwinkel des Naturschutzes kontrovers diskutiertes Thema (Essl 2005, Essl et al. 2010). Untersuchungen aus Deutschland deuten darauf hin, dass das invasive Potenzial der Douglasie allerdings überschätzt sein könnte. Maroschek und Lexer (2010) ermittelten für Österreich, dass von den im Falle einer Klimaerwärmung stark risikoanfälligen Fichtenbeständen circa 35 Prozent auf potenziell für die Douglasie geeigneten Standorten stocken. Dies entspricht knapp vier Prozent der österreichischen Waldfläche und relativiert doch einigermaßen die « Douglasien »-Problematik. Natürlich gilt auch für nicht einheimische Baumarten, dass grossflächige Reinbestände vermieden werden sollten. Um die Gefährdung von schützenswerten Biotopen und Schutzgebieten (z.B. Natura 2000-Flächen) möglichst auszuschliessen, sind Pufferzonen einzuhalten.

### *Verwendung von Saatgut aus wärmeren Regionen*

Vorsicht ist angebracht beim vorausschauenden Transfer von forstlichem Vermehrungsgut aus tieferen in höhere Lagen. Während es am Beispiel der Fichte bis in montane Höhenlagen als möglich erscheint, diesen Transfer bis zu 200 bis 300 Höhenmeter weit durchzuführen, ist in Hochlagen davon abzuraten, da bei Hochlagenherkünften die Angepasstheit an ganz spezifische Umweltbedingungen viel stärker ausgeprägt ist als bei Tieflagenprovenienzen. Hier bestehen noch deutliche Wissenslücken und entsprechend hoher Forschungsbedarf.

### Hiebsformen und Waldstrukturen

Grossflächig ist die Erhöhung des Mischbaumartenanteils ohne die Ausnutzung des vorhandenen Naturverjüngungspotenzials nicht realistisch. Soll zukünftig eine grössere Vielfalt an Baumartenmischungen mit breiten ökologischen Ansprüchen bewirtschaftet und verjüngt werden, werden dazu auch unterschiedliche Verjüngungsverfahren und Hiebsformen erforderlich sein. In diesem Sinne wäre das dogmatische Festhalten an einer einzigen «richtigen» Waldbauform nicht anzuraten. Allerdings sind Waldbauverfahren, die Wälder grösserflächig in Bezug auf Baumalter und Waldstruktur homogenisieren (z.B. flächige Kahl- und Schirmschläge) zur Begründung stabiler und resilienter Wälder nicht geeignet. Dies gilt insbesondere für Schutzwälder, die permanent die geforderte Schutzwirkung sicherstellen sollen und im Störfall möglichst nur kleinflächig den Verlust der Schutzfunktionalität zulassen dürfen. Ebenso werden stark auf Einzelstammentnahmen basierende Waldbaukonzepte des traditionellen «naturnahen Waldbaus» modifiziert und erweitert werden müssen, um die erforderliche Baumarten- und Strukturvielfalt zu schaffen.



**Bild 5:**

Schlagrand in stammzahlreich und  
ungepflegt aufgewachsenem  
Fichtenbestand.

Positiv hingegen sind längerfristige Verjüngungszeiträume für auch in Zukunft geeignete Baumarten. Sie fördern die genetische Diversität und damit langfristig die genetische Anpassungsfähigkeit. Dies erfordert al-

lerdings stabile Bestände, die für längerfristige Naturverjüngungsverfahren bei akzeptablem Risiko in Bezug auf Sturmschäden geeignet sind.

Tabelle 2 zeigt eine Auswahl von Anpassungsmassnahmen mit erwarteten Auswirkungen.

**Tabelle 2:**

Ausgewählte Anpassungsmassnahmen und ihre Wirkung in Bezug auf allgemeine Anpassungsziele.

| Anpassungsmassnahmen                 | Erhöhung der Anpassungsfähigkeit | Verringerung der zukünftigen Anfälligkeit gegen Störungen | Ausnutzen erhöhter Biomasse-Produktivität |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Begründung von Mischbeständen        | +++                              | +                                                         | ?                                         |
| Ausrichtung an der historischen PNWG | ?                                | ?                                                         | -                                         |
| vielfältige Hiebsformen              | ++                               | +                                                         | 0                                         |
| strukturierte Wälder                 | ++                               | ++                                                        | 0                                         |
| Lange Naturverjüngungszeiträume      | ++                               | +                                                         | 0                                         |
| Umtriebszeit reduzieren              | +                                | ++                                                        | ++                                        |
| Vorrat absenken                      | +                                | +                                                         | 0                                         |
| Stabilitätsdurchforstung             | 0                                | ++                                                        | +                                         |
| Transfer und Mischen von Herkünften  | ++                               | ?                                                         | +                                         |
| Forcierung von Douglasie             | ?                                | +                                                         | ++                                        |
| Forstschutzmassnahmen                | 0                                | ++                                                        | 0                                         |

Quelle: Lexer

Legende: +++/ ++/ + fördert besonders/ moderat/ etwas den betreffenden Aspekt; - - - / - - / - hindert besonders/ moderat/ etwas den betreffenden Aspekt; 0 = keine Effekte; ? = keine sichere Einschätzung möglich, situationsabhängig. PNWG = potenzielle natürliche Waldgesellschaft.

### Anpassung der Rahmenbedingungen für die Waldbewirtschaftung

#### Erschliessung und Infrastruktur

Der Ausbau von Erschliessungsinfrastruktur zur besseren Bewältigung möglicher Kalamitäten steht in Kontrast zum derzeitigen Verständnis, aus Gründen des Naturschutzes weitere Erschliessungsmassnahmen im Gebirgswald eher restriktiv zu behandeln. Sofern nicht eine prioritäre Objektschutzfunktion Argumente für die Erschliessung wenig produktiver und bisher nicht zugänglicher Gebirgswaldgebiete liefert, würden sich in diesem Fall Natur- und Klimaschutz gut ergänzen. Minimal notwendige Eingriffe zur Einleitung der Naturverjüngungsdynamik könnten mittels technisch hochentwickelter seilgestützter Holzerntetechnologien und gut abgestimmter Förderkonzepte für seilgestützte Nutzungseingriffe auch bei niedrigen Erschliessungsdichten umgesetzt werden. So sind Stützungsmaßnahmen, die die Zuschusshöhe von der Nutzungsmenge je Laufmeter Seillinie abhängig machen, ein sehr gutes Steuerungsmittel zum Abgleich von allfälligem Mehraufwand durch kleinflächige Nutzungen im steilen Gelände (z.B. [http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/landwirtschaft\\_forst/forst/forstwesen/](http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/landwirtschaft_forst/forst/forstwesen/)).

Als sinnvolle vorausschauende Massnahme gilt auch die Planung und Vorbereitung von Lagerplätzen für Kalamitätsholz. Erst nach Eintreten einer überregionalen Kalamität mit der Planung solcher Infrastruktureinrichtungen zu beginnen, bringt keine unmittelbare Hilfe und erhöht den Zwang, zu niedrigen Preisen weiter den Markt beliefern zu müssen.

#### Vermeidung zusätzlicher Hemmnisse für die Verjüngung artenreicher Wälder

Auf grossen Flächenanteilen im Alpenraum sind Verbiss von Mischbaumarten und das Schälen von Jungwaldflächen durch übergrosse Schalenwildbestände Hinderungsgründe für höhere Baumartenvielfalt und stabile Bestände. In vielen Fällen stellen arten- und strukturverarmte Waldflächen auch keine optimalen Lebensraumverhältnisse für Wildtiere dar. Da wegen der grossen betroffenen Flächen intensiverte Verbissschutzmassnahmen praktisch und wirtschaftlich wenig realistisch sind, werden zur Sicherstellung von zukunftsfähigen Baumartenmischungen vermehrt Anstrengungen zur Regulierung der Wilddichten notwendig sein (u.a. Brang et al. 2008, Brosinger und Tretter 2007, Schodterer 2010). Gleichzeitig hat die Waldwirtschaft auch auf das Raum- und Sozialverhalten des Wildes Rücksicht zu nehmen und Lebensräume zu bieten, die eine Koexistenz von Wald und Wild ermöglichen. Diese kann nicht nur über eine Bejagung erreicht werden, sondern bedingt zusätzlich eine aktive Aufwertung und gezielte Beruhigung des Lebensraumes und der Einstände des Wildes.

#### Forschung und Weiterbildung

Um mittel- bis langfristig die Anpassungskapazität im Forstsektor zu erhöhen, ist zielgerichtete Forschung zur Erarbeitung praktikabler Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel ein wichtiger Beitrag. Hier sind

vor allem neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Provenienzenforschung und zu den physiologischen Toleranzgrenzen der wichtigsten Baumarten zu nennen.

Waldbewirtschaftung im Klimawandel muss zum Gegenstand in Aus- und vor allem Weiterbildungsprogrammen gemacht werden. Jahrzehntelange empirische Erfahrung in nadelholz-dominierte Waldwirtschaft ist für laubholzreichere Bestandestypen nur begrenzt nutzbar. Wenn die Flächenanteile mit Laubbaumanteilen in Zukunft ansteigen, werden effiziente Produktionskonzepte für wertvolles Laubholz erforderlich. Neben der Ausarbeitung von angepassten und praktikablen Laubwaldbewirtschaftungskonzepten muss auch praktisches Training für Waldbewirtschaftler sichergestellt werden.

Um örtliche Besonderheiten berücksichtigen zu können werden konkrete Entscheidungen in der praktischen Waldbewirtschaftung am besten lokal getroffen. Zur Unterstützung benötigen lokale Entscheidungsträger jedoch gut aufbereitetes Informationsmaterial zu Klimawandelfolgen und Anpassungsoptionen. Damit Forschungsbemühungen auch "nutzbares Wissen" im Sinne der Anwender generieren, sollte der Dialog zwischen Forschung und Praxis unbedingt intensiviert bzw. stärker auf konkrete Ziele hin ausgerichtet werden.

### Zertifizierung

Neben den waldspezifischen legislativen Rahmenbedingungen der Nationalstaaten existieren auch marktbasierte Zertifizierungsschemata, die dem Endverbraucher garantieren sollen, dass die zertifizierten Waldflächen nachhaltig bewirtschaftet werden. In Europa sind mit dem Forest Stewardship Council (FSC) und der Pan-Europäischen Holzzertifizierungsinitiative (PEFC) insbesondere zwei Systeme verbreitet. Die Zertifizierung ist auch unter dem Aspekt des Klimaschutzes positiv zu beurteilen, verpflichten sich doch bei beiden Systemen die Waldeigentümer zu schonender, emissionsmindernder Wirtschaftsweise. Das Konzept des FSC ist dabei allerdings deutlich engagierter angelegt. Beiden Zertifizierungssystemen ist allerdings derzeit gemein, dass dem Aspekt Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel nicht explizit Rechnung getragen wird. Vor allem die Einbeziehung des Aspektes «Klimawandel» in die betrieblichen Planungsabläufe ist eine derzeit ausstehende Erweiterung des Indikatorenrahmens sowohl bei PEFC als auch FSC.

#### 3.4.1.3

### Konfliktpotenziale

Neben den schon bisher bestehenden potenziellen Konfliktfeldern in der Waldbewirtschaftung (z.B. Holzproduktion und Naturschutzinteressen) tun sich in Folge von möglichen Anpassungsmassnahmen weitere Interessenskonflikte auf.

### Anpassung versus Holzproduktion

Das Konzept, Fichte auf trockenstressanfälligen und zu warmen Standorten entweder ganz aufzugeben oder in Mischbeständen zu bewirtschaften, stellt unter heutigen ökonomischen Rahmenbedingungen aus der

Sicht der ertragsorientierten Forstwirtschaft einen Konflikt dar.

Als ein Lösungsansatz gilt die Produktion von wertvollem Laubholz. Es existieren mittlerweile ermutigende Beispiele für die Produktion von wertvollen Nutzholzsortimenten mit Bergahorn, Kirsche, Buche und Eiche. Die Verwendung von nicht heimischen Baumarten wie z.B. der Douglasie steht wiederum in Konflikt mit Naturschutzinteressen (siehe dazu auch das compact Naturschutz).

### Anpassung versus Naturschutz

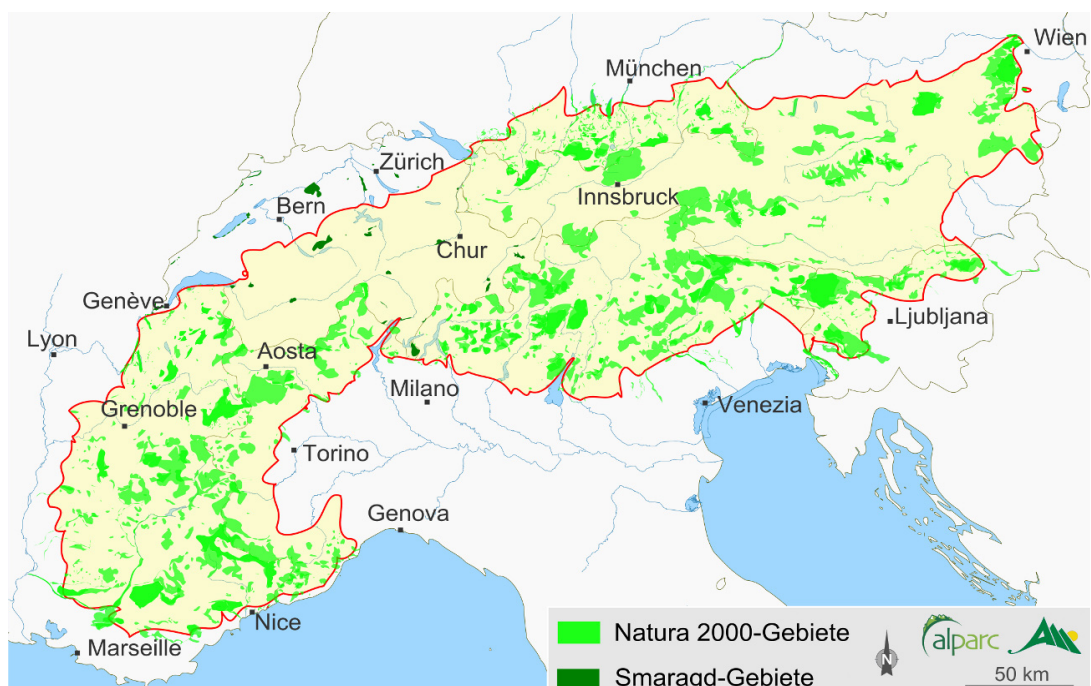
Die Erhaltung und Förderung von Biodiversität als ein Grundelement der Anpassungsfähigkeit sollte Bestandteil jedes Waldbewirtschaftungskonzeptes sein. Anpassungsmassnahmen können jedoch in Konflikt mit konservierenden Naturschutzkonzepten stehen.

Wegen ihres Flächenanteiles im Alpenraum besonders relevant sind Natura 2000-Schutzgebiete (ungefähr 20 Prozent des Alpenraums, Abbildung 4). Das Besondere ist, dass in Natura 2000-Gebieten Waldbewirtschaftungsmassnahmen, die zu keiner Verschlechterung des Erhaltungszustandes führen, erlaubt sind.

Verändert sich in Flächen, die als Lebensraumtyp geschützt sind (siehe Anhang I der Fauna-Flora-Habitat Richtlinie) die Vegetationszusammensetzung weg von der historischen natürlichen Waldgesellschaft, wird dies als «Verschlechterung des Erhaltungszustandes» aufgefasst. Werden in so einem Fall Bewirtschaftungsmassnahmen gesetzt, um natürliche autonome Anpassungsprozesse zu fördern, würde dies nach derzeitigen Umsetzungsrichtlinien ebenfalls gegen das sogenannte Verschlechterungsverbot verstossen. Die sonst im Kontext zu Schutzgebieten diskutierte Vergrösserung und Vernetzung der Schutzflächen (siehe dazu compact «Naturschutz») oder die Einrichtung von Pufferzonen würde daran nichts Wesentliches ändern, solange die historische natürliche Waldgesellschaft

**Abbildung 4:**

Managementpläne für Natura 2000-Gebiete sollten Veränderungen der Vegetation durch den Klimawandel berücksichtigen.



als der «günstige Erhaltungszustand» definiert ist. Im Rahmen der obligaten Managementpläne könnte z.B. spezifisch auf Veränderungstrends in der Vegetationszusammensetzung im Klimawandel eingegangen werden und Massnahmen im Sinne des eigentlichen Natura 2000-Grundgedankens vorgesehen werden. Ist als Schutzgut z.B. eine Vogelart ausgewiesen (nach Anhang II Vogelschutzrichtlinie) und sollen deren Habitatsprüche erhalten bzw. verbessert werden (häufig bestimmte Mindestanteile von Laubholz, genügend starkes Totholz) ist es meist einfacher, dies mit Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel in Einklang zu bringen. Siehe dazu auch das «Good Practice» Beispiel in Abschnitt 5.1.

Bei Schutzgebietsvergrösserungen bzw. Neuausweisungen sind jedenfalls Grundeigentümer und andere Anspruchsgruppen partizipativ einzubinden, um die Akzeptanz zu erhöhen und letztendlich auch eine erfolgreiche Umsetzung zu gewährleisten. Für Nutzungsentgang durch Bewirtschaftungseinschränkungen ist eine adäquate Abgeltung sicherzustellen. Dies deckt sich mit den im compact «Naturschutz» dargestellten Forderungen.

#### Anpassung versus Schutzfunktion

In der Vergangenheit erprobte Schutzwaldbewirtschaftungskonzepte wie die Förderung von fichtendominierten Lawinenschutzwäldern in talnahen Lagen werden wegen der steigenden Kalamitätsgefahr durch Borkenkäfer grundlegend überdacht und angepasst werden müssen. Hier bietet sich u.a. wieder vermehrt die Tanne als wintergrüne Baumart an. Auf tiefergelegenen Waldstandorten mit Lawinen- und Steinschlagschutzfunktion wo Buche natürlicherweise die dominierende Baumart sein wird, sollten schutzoptimierte stammzahlreiche Waldaufbauformen umgesetzt werden. Grosskronige Buchen mit 12 bis 15 Meter Baumabstand, wie sie für die Holzproduktion angestrebt werden, sind im Schutzwald keine geeignete Zielgrösse.

### 3.4.2 KLIMASCHUTZMASSNAHMEN UND IHRE KONFLIKTPOTENZIALE

Waldbewirtschaftung kann über unterschiedliche Ansätze zum Klimaschutz beitragen. Es können (1) möglichst grosse Kohlenstoffmengen im Wald selbst gespeichert werden, es können (2) fossile Energieträger durch Waldbiomasse substituiert werden, es können (3) Materialien mit einem ungünstigeren ökologischen Fussabdruck durch holzbasierte Materialien substituiert werden und es kann (4) Kohlenstoff temporär in Holzprodukten zwischengespeichert und damit der Atmosphäre entzogen werden.

#### 3.4.2.1 In-situ Speicherung von Kohlenstoff

Bedenkt man, dass viele wenig produktive Gebirgswälder ohnehin kaum kostendeckend unter dem Gesichtspunkt der Holzproduktion bewirtschaftet werden können, könnte die Speicherung von Kohlenstoff im Wald-ökosystem als Bewirtschaftungsziel durchaus Sinn machen, sofern dem Eigentümer ein Anreiz zur aktiven Gestaltung der Klimaschutzfunktion geboten werden würde. Zum Vergleich: Die jährliche Nettospeicherung an Kohlenstoff eines durchschnittlich wüchsigen Fichtenbestandes pro Hek-



**Bild 7:**

Die Jahresemission eines Mittelklassewagens kann durch das Wachstum eines Fichtenwaldes von einem Hektar Grösse ausgeglichen werden.

tar und Jahr würde in etwa die Jahresemission eines Mittelklassewagens abdecken. Weiss et al. (2000) ermittelten den durchschnittlichen Kohlenstoffvorrat im österreichischen Ertragswald mit 82 Tonnen pro Hektar in ober- und unterirdischer Biomasse und 119 Tonnen im Boden. In Ländern mit noch höherem Durchschnittsvorrat wie etwa in der Schweiz ist der Kohlenstoffspeicher in der Vegetation entsprechend grösser. Allerdings ist die Speicherleistung von Wäldern limitiert und eines Tages ausgereizt, da ja nicht unendlich grosse Biomassenvorräte und damit Kohlenstoffmengen aufgebaut werden können. Geht man auch davon aus, dass in Zukunft Störungsintensität und -häufigkeit grösser werden, besteht das Risiko, dass dadurch der durchschnittliche Hektarvorrat an Waldbiomasse sinken könnte. Allgemein steht natürlich die Vergrösserung der Kohlenstoffspeicher im Wald auch diametral den Bemühungen gegenüber, die Waldbesitzer zur vermehrten Nutzung von Holz und Waldbiomasse zur Energiegewinnung zu bewegen. Die Bewirtschaftung von multifunktionalen Waldflächen als Kohlenstoffspeicher kann daher nicht die Maximierung der Kohlenstoffpools im Wald, sondern muss in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen seine Optimierung zum Ziel haben.

Für derzeit extensiv oder gar nicht bewirtschaftete Waldflächen ohne Objektschutzfunktion oder sonstige gesellschaftlich geforderte Waldleistung wäre die Senkenbewirtschaftung eine Möglichkeit, einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten und bei Vorliegen von allfälligen spezifischen Abgelmöglichkeiten für den Waldbesitzer eine zusätzliche Wertschöpfung zu erzielen. Eine Voraussetzung dazu ist allerdings, dass die Senkenwirkung von Wald in Zukunft in internationalen Klimaschutzabkommen formal eine Rolle spielt.

#### 3.4.2.2

#### Waldbiomasse zur Energiegewinnung

Ausgehend vom EU-Biomasseaktionsplan (<http://eur-lex.europa.eu/>) haben die Mitgliedsländer ihre nationale Energiestrategie auch zu einem erheblichen Teil auf die vermehrte Nutzung von Waldbiomasse ausgerichtet. Der Ansatz, mit Ästen, Feinreisig und Blattbiomasse zusätzliche Biomassekompartimente für die Energiegewinnung zu nutzen, stösst rasch an die Grenzen der standörtlichen Nachhaltigkeit. Für Österreich ergab eine Studie, dass eine intensivierte Biomassenutzung von Feinreisig und Astkompartimenten auf über 50 Prozent der Wirtschaftswaldfläche wegen limitierter Nährstoffnachlieferung problematisch ist oder überhaupt unterbleiben sollte (Englisch und Reiter 2009). Zusätzlich ist der kurzfristige ökonomische Nutzen aus Mehrerlösen aus der Sicht der Waldeigentümer gering und wird vielfach durch die «stillen Verluste» aus zu erwartenden mittelfristigen Zuwachsrückgängen wegen des erfolgten Nährstoffentzugs übertroffen.

Mittelfristig ist bei starker Forcierung der energetischen Verwertung von Holz mit direkter Konkurrenzierung von Papier-, Zellstoff- und einer neu im Aufbau begriffenen chemischen Industrie (z.B. Lyocell, <http://www.lenzing.com/>) zu rechnen.

#### 3.4.2.3

### Speicherung von Kohlenstoff in Holzprodukten

Biomasseaktionspläne der EU und der Mitgliedsländer haben in den vergangenen Jahren stark die energetische Nutzung von Waldbiomasse in den Mittelpunkt gestellt. Holzprodukte stellen einen temporären Speicher für Kohlenstoff dar, der wenige Monate (Zeitungspapier) bis mehrere Jahrzehnte (Hausbau) bestehen kann. Obschon im derzeit gültigen Berichtsrahmen des Kyoto-Protokolls Holzprodukte nicht berücksichtigt werden, stellt die stoffliche Verwendung von Holz aus nachhaltiger Waldbewirtschaftung eine sinnvolle Klimaschutzmassnahme dar. In einem derzeit verhandelten Post-Kyoto Abkommen für die Zeit nach 2012 soll Kohlenstoff in Holzprodukten ebenfalls in die nationalen Treibhausgasbilanzen eingerechnet werden. Dies würde weitere Motivation zur vermehrten Verwendung von Holz bedeuten und damit zur Substitution von energieintensiveren Werkstoffen wie z.B. Aluminium und Kunststoffen.

#### 3.4.2.4

### Kaskadische Nutzung von Waldbiomasse

Die Konkurrenzierung von anderen Rohstoffnutzern im Wald- und Holzsektor durch die Energieholznutzung verringert den Gesamtnutzen. Aus Frankreich werden z.B. als Beschäftigungseffekt entlang der Wald-Holz-Wertschöpfungskette etwas mehr als vier Vollzeitarbeitsplätze je 1'000 Kubikmeter jährlich geerntetem Rundholz angenommen (Courbaud et al. 2010), was die Bedeutung nachhaltiger Waldbewirtschaftung für die Erhaltung und Entwicklung ländlicher Gebiete unterstreicht. Daraus kann man ableiten, dass im Sinne einer Nutzungskaskade möglichst grosse Anteile der geernteten Waldbiomasse erst nach ihrer stofflichen Verwertung (z.B. Produktion von Schnittholz) zur Energieerzeugung verwendet werden.



**Bild 8:**

Werden statt Stammholz vermehrt Äste oder Blätter zur Energiegewinnung aus Biomasse genutzt, kann dies für die Nährstoffnachlieferung problematisch werden.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

In den Alpen ist eine weitere Erwärmung in den nächsten Dekaden wahrscheinlich. Die zu erwartenden Auswirkungen einer Klimaänderung auf die im Alpenraum lebenswichtigen Schutzfunktionen gegenüber Naturgefahren sind flächenmässig von solch grossem Ausmass, dass alleine schon aus diesem Grund Anpassungsmassnahmen notwendig sind. Baumarten werden durch den Klimawandel unterschiedlich betroffen sein. Im Alpenraum wird die Fichte wegen ihrer grossen Verbreitung und ihrer Sensitivität gegenüber Trockenheit und Schadinsekten sicher die am stärksten von einer Erwärmung betroffene Baumart sein. Es sind jedoch auch andere Baumarten wie Kiefer und Buche auf heute schon warm-trockenen Standorten anfällig für Klimawandelfolgen.

Folgende Überlegungen werden zusammenfassend als wichtige Bausteine bei der Konzeption einer Waldbewirtschaftungsstrategie im Klimawandel genannt.

(1) Wegen der grossen betroffenen Flächen und der limitierten vorhandenen Ressourcen bedarf es einer fundierten Überlegung, welche Waldökosysteme sich selbst ohne negative Auswirkungen auf erwünschte Waldleistungen anpassen können und wo aktive Massnahmen gesetzt werden müssen.

(2) Adaptives Management ist keine Einmal-Aktivität sondern eine fortwährende Aufgabe und umfasst auch die fortwährende Anpassung der Waldbauplanung selbst. Werden neue Erkenntnisse zum Klimawandel verfügbar, können die Bewirtschaftungskonzepte entsprechend modifiziert werden. Daher ist eine Schlüsselforderung, dass der Umgang mit Klimawandeleffekten Teil des betrieblichen bzw. verwaltungsmässigen Planungsprozesses ist.

(4) Trotz bestehender Wissenslücken ist ein Portfolio an sinnvollen und robusten waldbaulichen Anpassungsmassnahmen verfügbar. Die Förderung der Baumartendiversität in Form von Mischbeständen ist dabei eine Schlüsselmassnahme, die sowohl zu einer verbesserten Anpassungsfähigkeit der Waldbestände als auch zu höherer Stabilität führt. Voraussetzung für eine flächige erfolgreiche Umsetzung durch eine Kombination aus Natur- und Kunstverjüngung sind stabile zur Verjüngung heranste-

hende Bestände und die Beseitigung von Hemmnissen wie etwa eine zu hohe Verbissbelastung. Unterschiedliche Verjüngungssituationen und Mischbestandstypen werden an die jeweiligen ökologischen Ansprüche der Baumarten angepasste Waldbauverfahren erfordern. Dies spricht für die Vielfalt von waldbaulichen Konzepten und gegen eine dogmatische Festlegung auf eine «richtige» Waldbauform.

(5) Zwei mögliche Entwicklungspfade in der Waldbewirtschaftung erscheinen wegen ihrer negativen Auswirkungen auf die Multifunktionalität als nicht sinnvoll. (1) Die Einstellung nachhaltiger Waldbewirtschaftung und die grossflächige Nutzung alpiner Bergwälder als Totalreservat und temporärer Kohlenstoffspeicher. (2) Die uneingeschränkte Intensivierung der Nutzung von Waldbiomasse als Energieträger. Die Wälder des Alpenraums können und sollen einen Beitrag zum Klimaschutz liefern. Diese beiden extremen Szenarios stellen jedoch keinen Beitrag zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel dar und sind auch nicht geeignet, einen Ausgleich der Nutzungsinteressen herbeizuführen.

(6) Die nachhaltige Nutzung des erneuerbaren Rohstoffs Holz mit möglichst hoher Wertschöpfung in der Region stellt einen wichtigen Beitrag zur Regionalentwicklung dar. Dabei ist im Sinne der Ressourceneffizienz eine kaskadische Nutzung anzustreben, die zudem versucht, Synergien zwischen Anpassungsmassnahmen und Klimaschutz bestmöglich auszunutzen. Dazu zählt auch die Schaffung eines öffentlichen Meinungsbildes, das die nachhaltige Nutzung der erneuerbaren Ressource Holz als einen positiven Beitrag zu nachhaltiger Entwicklung versteht.

(7) Konservierende Naturschutzkonzepte wie die flächenmässig relevanten Natura 2000-Gebiete stehen inhärent in Konflikt mit aktuellen Waldentwicklungsprozessen und mit der Notwendigkeit von Anpassungsmassnahmen. In diesen Fällen ist Handlungsbedarf zur Adaptierung der Richtlinien gegeben, die zur Beurteilung des «günstigen Erhaltungszustandes» von Natura 2000-Schutzgebieten verwendet werden.

(8) Eine wesentliche Komponente von nachhaltiger Waldbewirtschaftung ist die Erhaltung und Förderung der Biodiversität auch ausserhalb von Schutzgebieten als Voraussetzung für nachhaltiges Funktionieren von Waldökosystemen.

(9) Damit Auswirkungen von klimatischen Veränderungen auf Waldökosysteme erkannt werden können, sind effiziente Monitoringsysteme unverzichtbar. Nationale Waldinventuren sind hier besonders gefordert, klimasensitive Waldökosystemparameter wie z.B. Baummortalität zu beobachten und damit die gezielte Steuerung der Waldbewirtschaftung zu unterstützen.

Generell sind Politik und Verwaltung angehalten, die Voraussetzungen in Bezug auf den erforderlichen Wissensstand und Umsetzungsrichtlinien sowie Förderprogramme zu schaffen.

## GOOD PRACTICE- BEISPIELE

## 5.1

### KLIMAFITNESS, HOLZNUTZUNG UND NATURSCHUTZ: KEIN WIDERSPRUCH

Auf gut 500 Meter Seehöhe stockt im Bereich der Bregenzer Ach im österreichischen Vorarlberg ein Buchen-Tannen-Fichtenwald mit bis zu 90 Zentimeter starken Tannen auf einem leicht geneigten Nordwest-exponierten Oberhang. Sonnenstrahlen brechen durch das teilweise aufgelockerte Kronendach und scheinen in noch dichtere Bestandespartien. Flächig hat sich vor allem Laubholzverjüngung mit Buche, Bergahorn und Esche etabliert. Und das ohne spezielle Verbissschutzmassnahme. Eine Inventur hat kürzlich über 500 Kubikmeter Holz je Hektar ergeben. Vor sieben Jahren hatte hier auf Vorschlag des zuständigen Bezirksforstingenieurs eine Seilkrannutzung stattgefunden, bei der über 400 Festmeter Holz, hauptsächlich starke Tannenstämme, genutzt wurden. Durch den überaus kräftigen Eingriff wurde dem Laubholz ein tüchtiger Vorteil gegenüber den bisher dominanten Baumarten Tanne und Fichte verschafft, der vom Laubholzjungwuchs auch genutzt wurde. Die zukünftig buntere Baumartenzusammensetzung wird weniger Nadelholz enthalten. Auf dem granitischen Molasse-Standort wurde bisher ein Waldmeister-Buchenwald als natürliche Waldgesellschaft kartiert. In einem wärmeren Klima wird sich der höhere Laubholzanteil als Stabilitätsfaktor erweisen. Ende gut, alles gut? Ach ja, der Bestand ist Teil des Natura 2000 Fichten-Tannen-Buchenwald-Gebietes «Bregenzer Ach». Der wirtschaftlich erfolgreiche Nutzungseingriff fand das Wohlgefallen des Grundbesitzers, der jetzige Bestandeszustand ist aus Natura 2000-Sicht insgesamt als günstiger einzuschätzen, für eine wärmere Klimazukunft muss einem nicht bange sein. An diesem Beispiel hat sich sehr schön gezeigt, dass eine angepasste Wildddichte Voraussetzung für gelungene Anpassungskonzepte ist. Einige der überstarken planmässig vereinzelt Tannen werden ihrem Kronenzustand nach wohl in den kommenden Jahren natürlich absterben und das Habitat für einige Spechtarten mit stehendem Totholz anreichern.



**Bild 9:**

Strukturierter Tannen-Fichten-Buchenwald mit Bergahorn und Esche nach kräftigem Nutzungseingriff. In Zukunft wird der Laubholzanteil höher liegen.

Kontakt: Peter Feuersinger, BFI Bregenz

## KOOPERATION VON BETRIEBLICHER PRAXIS UND WISSENSCHAFT - ANPASSUNGSSTRATEGIEN FÜR DIE ÖSTERREICHISCHE BUNDESFORSTE AG

Die erwarteten dramatischen Änderungen im Klimasystem werden Wald-ökosysteme besonders betreffen, was Anpassungsmassnahmen zur Absicherung der nachhaltigen Bereitstellung von Waldfunktionen unumgänglich macht.

Die Österreichischen Bundesforste (ÖBf AG) sind für circa 15 Prozent des österreichischen Waldes verantwortlich und haben bereits seit längerem die Wichtigkeit der Klimawandelproblematik erkannt und wollen sich den Herausforderungen aktiv stellen. Bis heute fehlen jedoch überzeugende Beispiele für wissenschaftlich fundierte und gleichzeitig praktikable und voll in das strategisch-operative Umfeld eines Grossbetriebs integrierbare Konzepte zur (1) Abschätzung WO und WANN Klimafolgen Anpassungsmassnahmen erforderlich machen, zur (2) Konzeption von Anpassungsmassnahmen, und (3) für die betriebsinterne Umsetzung in strategischen und operativen Entscheidungsabläufen. Im Forschungsprojekt ADAPT haben die ÖBf AG und das Institut für Waldbau der Universität für Bodenkultur in Wien gemeinsam ein Konzept entwickelt und umgesetzt, welches eine wissenschaftsgeleitete Anpassung der ÖBf Waldbaustrategien an den Klimawandel zum Ziel hatte.

Kernelement des Vorhabens war die Kombination von top-aktuellen wissenschaftlichen Methoden mit den spezifischen Anforderungen und Rahmenbedingungen der innerbetrieblichen Planungs- und Entscheidungsprozesse. Einerseits muss sich Wissenschaft einlassen auf die Zielvorstellungen und Präferenzen der Betriebspartner, andererseits müssen diese Verständnis dafür aufbringen, was methodisch machbar ist und was nicht.

Die Ergebnisse der mit Computersimulationsmodellen durchgeführten Analysen für ÖBf-Wälder zeigen, dass die Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels speziell in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts stark zunehmen wird und die Multifunktionalität nicht mehr durchgehend sichergestellt werden kann. Als besonders anfällig erwiesen sich Karbonatstandorte mit geringer Wasserverfügbarkeit und Fichtenbestände. In mehreren iterativen Arbeitsschritten wurden mögliche Anpassungsstrategien definiert und «virtuell» getestet. So konnte für die Unternehmensführung und das strategische Planungsteam nachvollziehbar gezeigt werden, dass mit praktisch umsetzbaren Waldbaumassnahmen die Vulnerabilität im akzeptablen Bereich gehalten werden kann.

Speziell auf strategischer Ebene tragen die Projektergebnisse dazu bei, Umfang und Dringlichkeit von notwendigen Anpassungsmassnahmen abzuschätzen. Ebenso wurden – basierend auf den Ergebnissen aus ADAPT – die ÖBf-internen Waldbaurichtlinien adaptiert. Insbesondere wird intern konsequent umgesetzten Pflegekonzepten vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt, um damit die Klimawandelanfälligkeit zu reduzieren.



**Bild 10:**

Workshop im Wald. Der Praxistest für wissenschaftlich fundierte Anpassungskonzepte.

Ein weiterer Schwerpunkt der ÖBf AG war die Erhöhung der Mischbestandsanteile durch Naturverjüngungsverfahren.

Die partizipative Einbindung der ForstplanerInnen und der betroffenen ÖBf MitarbeiterInnen bürgt für die hohe Praxisrelevanz der Projektergebnisse. Seit dem Abschluss des Projekts sorgen ÖBf-interne Schulungen und Workshops dafür, dass die gewonnenen Erkenntnisse weitergegeben werden. Angesichts der vorausschauenden Planung und Bewusstseinsbildung innerhalb des Unternehmens durch Kommunikation und Weiterbildungsmaßnahmen gilt das Projekt ADAPT als besonders erfolgreich und innovativ und wurde 2009 mit einem Schweighofer Innovationspreis ausgezeichnet ([www.schweighofer-prize.org](http://www.schweighofer-prize.org)).

Kontakte:

Manfred Lexer, Universität für Bodenkultur, [mj.lexer@boku.ac.at](mailto:mj.lexer@boku.ac.at),

Norbert Putzgruber, ÖBf AG, [norbert.putzgruber@bundesforste.at](mailto:norbert.putzgruber@bundesforste.at)

Weitere Informationen:

<http://www.wabo.boku.ac.at/wald-klimawandel.html>

[https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt\\_uebersicht?sprache\\_in=de&menue\\_id\\_in=300&id\\_in=6167](https://forschung.boku.ac.at/fis/suchen.projekt_uebersicht?sprache_in=de&menue_id_in=300&id_in=6167)

<http://www.bundesforste.at/>

### 5.3

## **FÖRDERUNG DER LOKALEN ENERGIEVERSORGUNG MIT HEIMISCHEM HOLZ**

«1'000 Holzheizwerke für den ländlichen Raum», dieses Ziel will der Nationale Verband der Waldgemeinden in Frankreich bis 2012 mit dem 2007 gestarteten Programm erreichen. Fossile Brennstoffe zur Wärme-gewinnung durch andere Energiequellen zu ersetzen, ist gut. Aber noch besser ist es, wenn eine lokale Ressource genutzt wird, nach Ansicht der CIPRA jedoch nur in Kombination mit Massnahmen zur Verbrauchs-senkung (vgl. Compact Bauen und Sanieren im Klimawandel). Um den Gemeinden und Gebieten zu helfen, die Versorgung von bestehenden und zukünftigen Heizanlagen mit heimischem Holz zu optimieren, hat der Verband ein territoriales Versorgungskonzept erarbeitet.

Dieses gemeinsam mit allen Akteuren der Wertschöpfungskette erstellte Konzept gibt den Verwaltungen die Möglichkeit, die Versorgung der Heizwerke mit Holz lokal zu organisieren. Die Ressourcenverfügbarkeit und die Produktionskosten des heimischen Holzhackguts werden mittels Software berechnet. Das Konzept kann in einem bestimmten Gebiet (z.B. Region, regionaler Naturpark, Gemeindeverband) umgesetzt, weiterentwickelt und aktualisiert werden. Auch beim Ausbau der Infrastrukturen oder bei wesentlichen forstwirtschaftlichen Veränderungen sind Datenaktualisierungen möglich. Das Konzept gibt den Verwaltungen zahlreiche Informationen über die lokalen Auswirkungen einer kurzen Energieholz-Wertschöpfungskette. Wirkt sie sich auf die Umwelt, die Luftqualität oder die Beschäftigung aus? Ist kurz-, mittel- oder langfris-tig mit positiven Auswirkungen auf den Gemeindehaushalt zu rechnen?

Verbessert sich die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Gemeinde und gibt es Konflikte mit anderen Wirtschaftsbereichen wie zum Beispiel dem Industrieholzsektor? Diese Methode ermittelt die Holzmenge, die im Rahmen der nachhaltigen forstwirtschaftlichen Nutzung zur Verfügung steht. Da sich alle Akteure der Holzenergie-Wertschöpfungskette an diese Methode halten, ist eine Kaskadennutzung der Ressource Holz möglich. Das Holz wird in Bauholz, Industrieholz und Energieholz unterschieden und das Konzept beinhaltet auch die Nutzung von Nebenprodukten der Sägeindustrie. Obwohl das territoriale Versorgungskonzept Antworten auf eine Vielzahl von Fragen liefert, ist es allein nicht ausreichend für die Entwicklung von lokalen Energieholz-Wertschöpfungsketten. Deshalb sieht das Programm auch eine Projektbetreuung und eine Reihe weiterer rechtlicher und technischer Instrumente vor.

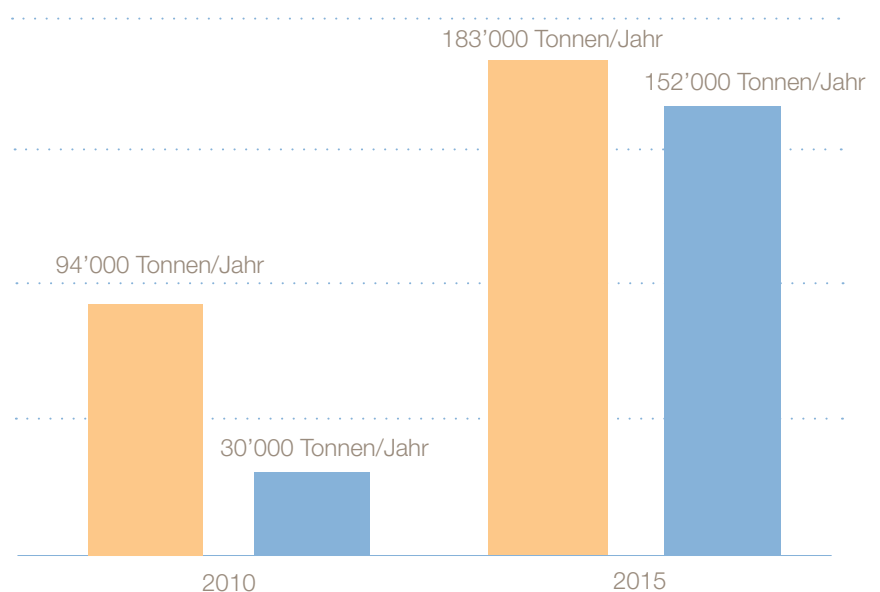
Seit dem Start des Programms im Jahr 2007 verfügen in Frankreich bereits 14 Alpengebiete bzw. 733 Kommunen über ein derartiges Versorgungskonzept. Die Waldgemeinden wollen ihre Wälder aufwerten und Arbeitsplätze vor Ort schaffen, aber sie streben auch eine grössere Unabhängigkeit bei der Wärmeenergieversorgung und eine Optimierung der Beschaffungskosten an, indem sie weniger von Preisschwankungen auf dem Holzmarkt abhängig sind. Dies ist möglich durch die Entwicklung einer lokalen Energieholz-Wertschöpfungskette.

Links : <http://portail.fncofor.fr/content/medias/1345267451489449025.pdf>

<http://www.youtube.com/watch?v=hWpNL61ursc>

**Abbildung 4:**

Nutzbare Biomasse-Ressourcen aus den Wäldern im Grossraum Chambéry sowie tatsächliche Holznutzung zur Energiegewinnung in 2010 und 2015.



Quelle: Plan d'Approvisionnement Territorial en bois-énergie.  
Chambéry Métropole, October 2010

## WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

### Eine aktuelle Linkliste, zusätzliche Beispiele und compacts zu weiteren Themen auf [www.cipra.org/cc.alps](http://www.cipra.org/cc.alps) (de/fr/en/it/sl)

- Anonymus 2009. Der Österreichische Wald. BMLFUW, Abteilung IV/1. Wien.
- Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Nieplová, E. 2007. HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760-2003. *International Journal of Climatology* 27:17-46.
- Battisti, A., Stastny, M., Buffo, E., Larsson, S. 2006. A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly. *Global Change Biology* 12, 662–671.
- Bigler, C., Bräker, O., Bugmann, H., Dobbertin, M., Rigling, A. 2006. Drought as inciting mortality factor in Scots pine stands of the Valais, Switzerland. *Ecosystems* 9:330-343.
- Borchert, H., Hahn, J. 2008. Die Douglasie: Eine wirtschaftlich lohnende Baumart. *LWF aktuell* 65:51-53.
- Brang, P., H. Bugmann, Bürgi, A., Mühletaler, U., Rigling, A., Schwitter, R. 2008. Klimawandel als waldbauliche Herausforderung. *Schweiz Z. Forstwes* 159(10):362-373.
- Brosinger, F., Tretter, S. 2007. Waldbau im Zeichen des Klimawandels. Anpassung durch Waldumbau und naturnahe Waldwirtschaft. In: Anonymus. *Waldforschung LWF Aktuell*, 5.
- Courbaud, B., Kunstler, G., Morin, X., Cordonnier, T. 2010. What is the future of the ecosystem services of the Alpine forest against a backdrop of climate change ? *Revue de géographie alpine*. 98(4):1-13.
- Dehn, M. 1999. Application of an analog downscaling technique to the assessment of future landslide activity - a case study in the Italian Alps. *Climate Research* 13, 103-113.
- Eitzinger, J., Kersebaum, K.C., Formayer, H. 2009. Landwirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen und Anpassungsstrategien für die Land- und Forstwirtschaft in Mitteleuropa. *AgriMedia*, 376 S.
- Englisch, M., Reiter, R. 2009. Standörtliche Nährstoff-Nachhaltigkeit bei der Nutzung von Waldbiomasse. *BFW Praxisinformation* Nr. 18, S. 13-15.
- Essl, F., Dirnböck, T., Milasowsky, N. 2010. Plant invasions in temperate forests: resistance or ephemeral phenomenon? *Basic and Applied Ecology* 12(1):1-9.
- Essl, F. 2005. Verbreitung, Status und Habitatbindung der subspontanen Bestände der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) in Österreich. *Phyton* 45/1, 117-144.
- European Environment Agency 2010. Europe's ecological backbone: recognising the true value of our mountains. *EEA Report* No 6/2010.
- Gessler, A., Keitel, C., Kreuzwieser, J., Matyssek, R., Seiler, W., Rennenberg, H. 2007. Potential risks for European beech (*Fagus sylvatica* L.) in a changing climate. *Trees - Structure and Function* 21, 1-11.
- Hagedorn, F., Mulder, J., Jandl, R. 2010. Mountain soils under a changing climate and land use. *Biogeochemistry* 97(1):1-5
- Herman, F., Smidt, S., Butterbach-Bahl, K., Englisch, M., Gebetsroither, E., Jandl, R., Katzensteiner, K., (...), Zechmeister-Boltenstern, S. 2007. Modeling of nitrogen dynamics in an Austrian alpine forest ecosystem on calcareous soils: A scenario-based risk assessment under changing environmental conditions. *The Scientific-World Journal* 7 (SUPPL. 1), pp. 159-165
- Jasser, C. 2008. Douglasie in Oberösterreich: Möglichkeiten und Grenzen. *BFW-Praxisinformation* 16:19-20.
- Kajfež-Bogataj, L., Bergant, K., Zupančič, B., Črepinšek, Z., Matajč, I., Leskošek, M., Gomboc, S., Robič, D., Bizjak, A., Rogelj, D., Uhan, J., Skoberne, P., Cegnar, T., Hočevar, A. 1999. Ocena ranljivosti in strategija prilagoditve ekosistemov na spremembo podnebja v Sloveniji. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: Ministrstvo za okolje in prostor: Hidrometeorološki zavod R Slovenije.
- Kienast, F., Wildi, O., Brzeziecki, B. 1998. Potential impacts of climate change on species richness in mountain forests - An ecological risk assessment. *Biological Conservation* 83, 291-305.

- Lexer, M.J., Hönninger, K., Scheifinger, H., Matulla, C., Groll, N., Kromp-Kolb, H., Schadauer, K., Starlinger, F., Englisch, M. 2002. The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: A large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. *Forest Ecology and Management* 162, 53-72.
- Maroschek, M., Lexer, M.J. 2010. Österreichs Wald im Treibhaus: Nicht heimische Bäume als Lösung? In: Rabitsch, W., Essl, F. (Hrsgs.). *Aliens. Neobiota und Klimawandel – eine verhängnisvolle Affäre?* Verlag für Literatur, Kunst und Musikalien, 158 S.
- Matulla, C., Hofstätter, M., Auer, I., Böhm, R., Maugeri, M., von Storch, H., Krueger, O. 2011. Storminess in northern Italy and the Adriatic Sea reaching back to 1760. *Physics and Chemistry of the Earth* (in press).
- Matulla, C., Schöner, W., Alexandersson, H., Storch, H., Wang, X.L. 2008. European storminess: Late nineteenth century to present. *Climate Dynamics* 31(2-3):125-130.
- Mátyás C., Nagy L. 2005. Genetic potential of plastic response to climate change. In: Konnerth M. (ed.) *Tagungsberichte, Forum Genetik und Wald 2004*. Bavarian Centre f. For. Repr. Material, Teisendorf, 55-69.
- MCPFE 2003. Implementation of MCPFE Commitments. National and Pan-European Activities 1998-2003. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe Liaison Unit, Vienna. 70pp.
- MCPFE 2007. State of Europe's Forests, 2007. Jointly prepared by the Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe Liaison Unit Warsaw, UNECE and FAO. 247pp.
- Menzel, A. et al. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12:1969-1976.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis*. World Resources Institute. Island Press, Washington, DC.
- Niese, G. 2011. Österreichs Schutzwälder sind total überaltert. *BFW-Praxisinformation*, Wien, (24): 29-31.
- Ogris, N., Jurc, M. 2010. Sanitary felling of Norway spruce due to spruce bark beetles in Slovenia: A model and projections for various climate change scenarios. *Ecological Modelling* 221:290-302.
- Pauli H., Gottfried M., Reiter K., Klettner C., Grabherr G. 2007. Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994-2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria *Global Change Biology* 13, 147-156.
- Perzl, F., Kammerlander, J. 2010. Schneehöhe und Lawinengefahr einst und im Jahre Schnee. *BFW Praxisinformation* Nr. 23, S. 8-10.
- Rauscher, H. M. 1999. Ecosystem management decision support for federal forests of the United States: a review. *Forest Ecology and Management* 114: 173-197.
- Scheifinger, H., Koch, E. 2009. Klimaimpakt am Beispiel Phänologie. 4. Klimaseminar 2009, 15-20.
- Schodterer, H. 2010. Österreichisches Wildeinflussmonitoring: Ergebnisse 2004 – 2009. *BFW-Praxisinformation* 22.
- Seidl, R., Rammer, W., Jäger, D., Lexer, M.J. 2008. Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *Forest Ecology and Management* 256(3), 209-220.
- Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Lindner, M., Lexer, M.J. 2009. Modelling bark beetle disturbances in a large scale forest scenario model to assess climate change impacts and evaluate adaptive management strategies. *Reg. Environ. Change* 9:101-119.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) 2007. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Spiecker, H. 2000. The growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Europe within and beyond its natural range. In: Hassenauer, H. (Ed.), *Forest ecosystem restoration*. Proceedings of the conference held in Vienna, Austria 10.-12. April 2000.
- Weiss P., Schieler K., Schadauer K., Radunsky K. & Englisch M. (2000): *Die Kohlenstoffbilanz des Österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll*, Monographien M-106 Umweltbundesamt Wien, 94 S.
- Zierl, B., Bugmann, H. 2007. Sensitivity of carbon cycling in the European Alps to changes of climate and land cover. *Climatic Change* 85: 195-212.

