



Heft 66, 2018

# WSL Berichte

ISSN 2296-3456

## Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel

Monika Frehner  
Peter Brang  
Geri Kaufmann  
Christian Kächli



Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL  
CH-8903 Birmensdorf



Heft 66, 2018

**WSL Berichte**

ISSN 2296-3456

# **Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel**

Monika Frehner

Peter Brang

Geri Kaufmann

Christian Küchli

Verantwortlich für die Herausgabe der Schriftenreihe  
Prof. Dr. Konrad Steffen, Direktor, WSL

Verantwortlich für dieses Heft  
Dr. Peter Brang, Leiter Forschungsprogramm Wald und Klimawandel, WSL

Schriftleitung  
Sandra Gurzeler, Leiterin Team Publikationen, WSL

Finanzierung  
Der Bericht wurde vom Bundesamt für Umwelt im Rahmen des Forschungsprogramms Wald und Klimawandel von BAFU und WSL finanziert. Er fasst die Erkenntnisse der Projekte «Adaptierte Ökogramme» und «Waldtests» zusammen.

Zitierung  
FREHNER, M.; BRANG, P.; KAUFMANN, G.; KÜCHLI, C., 2018: Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL Ber. 66: 43 S.

Layout: Sandra Gurzeler, WSL

ISSN 2296-3448 (Print)  
ISSN 2296-3456 (Online)

Download: [www.wsl.ch/berichte](http://www.wsl.ch/berichte)

Forschung für Mensch und Umwelt: Die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL überwacht und erforscht Wald, Landschaft, Biodiversität, Naturgefahren sowie Schnee und Eis. Sie ist ein Forschungsinstitut des Bundes und gehört zum ETH-Bereich. Das WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF ist seit 1989 Teil der WSL.

© Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL  
Birmensdorf, 2018

## Inhalt

1	Zusammenfassung	4
2	Klimaentwicklung und Auswirkungen auf den Wald	6
	Klimaentwicklung bis Ende des 21. Jahrhunderts	6
	Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald	7
3	Standortbezogene Baumartenwahl als Grundlage für Anpassungsmassnahmen	9
	Grundsätzliche Überlegungen zum Ökogrammansatz	9
	Ansatz der analogen Standortstypen	12
	Entwicklung von standortbezogenen Baumartenempfehlungen	14
	Bilanz, Einschätzung der Grenzen und weiteres Potenzial des Ansatzes	16
4	Waldtests zur Konsolidierung der Baumartenempfehlungen	17
	Zweck und Ablauf der Waldtests	17
	Methodische Erkenntnisse aus den Waldtests	18
	Diskussion von Spezialthemen	18
5	Umsetzung, Controlling und Monitoring	21
	Waldbauliche Umsetzung von Anpassungsmassnahmen	21
	Waldbauliche Schlüssel-situationen und Ausmass von Anpassungsmassnahmen	21
	Praxisbeispiel von situationsgerechten Anpassungsmassnahmen	23
	Controlling und Wissensaustausch als Elemente des adaptiven Managements	24
6	Weiterentwicklung der standortkundlichen Grundlagen für den Klimawandel	26
	Instrumente für die Umsetzung auf kantonaler und regionaler Ebene	26
	Perspektiven für die Weiterentwicklung der vorliegenden Grundlagen	27
7	Fichen der angepassten Standortstypen	28
8	Literatur	34
9	Teilnehmende an den Waldtests	36

Der Anhang mit den Fichen der angepassten Standortstypen (FREHNER *et al.* 2018) ist online erhältlich unter [www.wsl.ch/berichte](http://www.wsl.ch/berichte)

## 1 Zusammenfassung

### Höhenstufenverschiebung um 500 bis 700 m

2009 haben das Bundesamt für Umwelt und die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft das Forschungsprogramm Wald und Klimawandel gestartet, dessen letzte Arbeiten 2018 abgeschlossen wurden. Ziel des Forschungsprogramms war die Erarbeitung des notwendigen Grundlagenwissens über die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald und auf die Waldleistungen sowie über wirksame Anpassungsstrategien. Ein wichtiges Ziel des Programms war von Beginn an, Entscheidungshilfen bereitzustellen, welche die waldbauliche Praxis dabei unterstützen, die Erkenntnisse aus der Forschung umzusetzen. Zu diesen Erkenntnissen gehört, dass sich die Vegetationshöhenstufen bis Ende des 21. Jahrhunderts um etwa 500 bis 700 m nach oben verschieben werden. Dies wird sich erheblich auf die heute noch standortgerechten Baumarten und die Waldleistungen auswirken, aber je nach Standortbedingungen in unterschiedlichem Mass.

### Wie verändern sich die Waldstandorte mit dem Klimawandel?

Daher ging eine Reihe von Forschungsprojekten (insbesondere das Projekt «Adaptierte Ökogramme») der Frage nach, wie sich die Waldstandorte, konkret beschrieben als Standortstypen (Waldgesellschaften), infolge des Klimawandels verändern, und welche Baumarten demnach in Zukunft empfohlen werden können. Grundidee der Projekte war, die heutige Gliederung der Standortstypen in der Schweiz mit dem Ökogrammansatz um die Dimension Klimawandel zu erweitern, sodass die bestehenden standortkundlichen Grundlagen auch in Zukunft nutzbar bleiben. Dazu wurden zuerst die Vegetationshöhenstufen unter heutigem sowie unter künftigem Klima im Schweizer Wald modelliert und daraus die klimatisch bedingte Verschiebung der Standortstypen bis Ende des 21. Jahrhunderts berechnet. Damit lassen sich nun grundsätzlich die Veränderungen der Standortbedingungen an jedem Ort im Schweizer Wald ableiten. Um die Unsicherheit der Klimaentwicklung zu berücksichtigen, wurden zwei Klimazukünfte verwendet: eine mit mässigem Klimawandel (Klimamodell RegCM3, Klimaszenario A1B) sowie eine mit stärkerem Klimawandel (Klimamodell CLM, Klimaszenario A1B). Dargestellt sind die Resultate in Karten mit den für diese beiden Klimazukünfte modellierten Höhenstufen.

### Baumartenempfehlungen für verschiedene mögliche Klimazukünfte

Die Herleitung des Standortstyps unter Klimaänderung erlaubt Rückschlüsse auf die künftig möglichen Baumarten. Als Grundlage dazu dienten die aktuellen kantonalen standortkundlichen Schlüssel und Baumartenempfehlungen. Die heute für einen Standortstyp empfohlenen Baumarten und die in den zwei Klimazukünften empfohlenen Baumarten wurden verglichen. Daraus lassen sich Empfehlungen für Baumartenwahl und Waldbau unter Berücksichtigung des Klimawandels ableiten. Diese beziehen sich auf Standortstypen gemäss NaiS (Nachhaltigkeit im Schutzwald, FREHNER *et al.* 2005/2009).

Um das Vorgehen weiterzuentwickeln und zu konsolidieren, wurde ein breit angelegter partizipativer Prozess mit sechs Waldtests durchgeführt, welche mit den entsprechenden Vor- und Nachbereitungen ebenfalls eine wichtige Quelle des vorliegenden Berichts sind. An den Waldtests und den damit verbundenen Anlässen nahmen insgesamt 242 Fachleute aus den nationalen und kantonalen Wald-, Jagd- und Naturschutzdiensten, den Waldeigentümer- und Holzwirtschaftsverbänden, den Umweltverbänden sowie Leiter von Forstbetrieben teil. Die Waldtests boten ausgiebig Gelegenheit für Stellungnahmen und Rückmeldungen. Ein wichtiges Fazit aus den Waldtests ist: Die entwickelte Methodik wurde von allen teilnehmenden Fachleuten begrüsst und kann als konsolidiert eingestuft werden. Die Waldtests sowie eine Tagung der Gebirgswaldpflegegruppe zum Klimawandel trugen zu diesem Bericht konkrete Ergebnisse bei. So konnten Spezialthemen, welche in der wissenschaftlichen Synthese des Forschungsprogramms Wald und Klimawandel (PLUESS *et al.* 2016) als sensibel erkannt wurden, in rund 30 konkreten Waldbeständen beziehungsweise Standortstypen diskutiert werden.

Im Anhang findet sich zu jedem dieser Objekte eine Fiche. In jeder Fiche wird der heutige Standortstyp beschrieben und dessen Veränderung bei den zwei Klimazukünften aufgezeigt. Da die Verschiebungen der Vegetationshöhenstufen räumlich variieren, sind diese Fichen nicht allgemeingültig. Sie gelten in allen Wäldern mit dem gleichen heutigen Standortstyp und gleicher modellierter Höhenstufe bei den beiden Klimazukünften.

An den Waldtests wurden auch waldbauliche Massnahmen zur Anpassung der Wälder eingehend diskutiert. Bei bedeutender Abweichung der aktuell vorhandenen und der künftig empfohlenen Baumarten sollen künftig standortgerechte Arten schon jetzt gefördert werden. Der entwickelte standortkundliche Ansatz erlaubt es auch, an jedem Waldort die zukünftig naturnahen Ökosysteme zu identifizieren und mit der Förderung der entsprechenden Baumarten die Grundstruktur für damit verbundene Lebensgemeinschaften zu fördern und bereitzustellen. Dies wird auch die Überführung heutiger Lebensräume und ihrer Arten in ihre dereinstigen Verbreitungsgebiete erleichtern.

**Anpassungsmassnahmen erleichtern Überführung von Lebensräumen und ihrer Arten**

An den Waldtests zeigte sich, dass Ausmass und Geschwindigkeit der Standortänderung sowie der Anpassungsbedarf je nach Standortstyp und je nach aktueller Bestockung sehr unterschiedlich sind. Dies ist für die Planung und Priorisierung von waldbaulichen Massnahmen eine wichtige Erkenntnis.

Aus waldbaulicher Sicht bietet die weiterentwickelte standortkundliche Methode ein wichtiges Orientierungsinstrument im Hinblick auf die Baumartenwahl unter Berücksichtigung der neuen Dimension Klimawandel. Der entwickelte Ansatz erlaubt es, bewährte und in der Praxis akzeptierte Planungsinstrumente weiterhin zu nutzen, die auch für die Kantone und für den Bund im Bereich der NFA-Programmvereinbarungen Schutzwald, Waldbiodiversität und Jungwaldpflege zentral sind. Auf betrieblicher Ebene ermöglicht das Herunterbrechen auf den Massstab standortkundlicher Kartierungen, der normalerweise bei 1:5000 oder 1:10000 liegt, die im Schweizer Waldbau übliche feine Massnahmenplanung aufrechtzuerhalten. Aus praktischer Sicht erlaubt dies zum Beispiel, für bestimmte trockenheitsanfällige Baumarten wie die Fichte Standorte auszuscheiden, auf denen sie ihnen längerfristig zusagende Bedingungen finden, selbst in tieferen Lagen.

**Bewährte Planungsinstrumente weiterhin nutzen**

Die vorliegenden standortkundlichen Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel weisen methodisch bedingt Unschärfen auf. Auch sind einzelne zukunftsfähige und daher empfohlene Baumarten heute aus klimatischen Gründen nicht im ganzen Verbreitungsgebiet des Standortstyps vertreten. Zudem bestehen in den tiefsten Lagen erhebliche Wissenslücken, da innerhalb der Schweiz Standorte mit noch wärmerem und trockenerem Klima fehlen, an denen man sich orientieren könnte. Grössere Unsicherheit bringen schliesslich die unterlegten Klimazukünfte mit sich, denn die tatsächliche Klimaentwicklung könnte weniger extrem als angenommen sein, sie könnte aber durchaus noch extremer ausfallen.

**Grenzen der Methodik und Wissenslücken**

Der vorliegende Bericht ist primär an die Kantone gerichtet. Er ist als Grundlage gedacht, um den Klimawandel in die waldbaulichen Instrumente der Kantone zu integrieren. Er kann als methodische Basis verwendet werden, um kantonale Baumartenempfehlungen unter Berücksichtigung des Klimawandels zu verifizieren, zu modifizieren oder neu herzuleiten. Für eine flächendeckende Herleitung der Baumartenempfehlungen sind weitere Arbeiten nötig. In diesem Zusammenhang prüft der Bund gegenwärtig Möglichkeiten, die Ergebnisse in feldtauglicher Form aufzubereiten.

**Grundlage zuhanden der Kantone**

## 2 Klimaentwicklung und Auswirkungen auf den Wald

### Klimaentwicklung bis Ende des 21. Jahrhunderts

#### Überdurchschnittliche Erwärmung in der Schweiz

In der Schweiz hat sich die Jahresmitteltemperatur zwischen 1864 – dem Beginn der Klimamessungen – und 2000 um 1,8 Grad erhöht (BEGERT *et al.* 2005). Diese Erwärmung ist doppelt so stark wie im globalen Durchschnitt, der von 1880 bis 2012 um 0,85 Grad angestiegen ist (IPCC 2014). Seit den 1980er Jahren weicht die Lufttemperatur verglichen mit der Periode zwischen 1865 und 1980 auffällig nach oben ab; als Beispiel soll die Entwicklung der Sommertemperatur dienen (Abbildung 1).

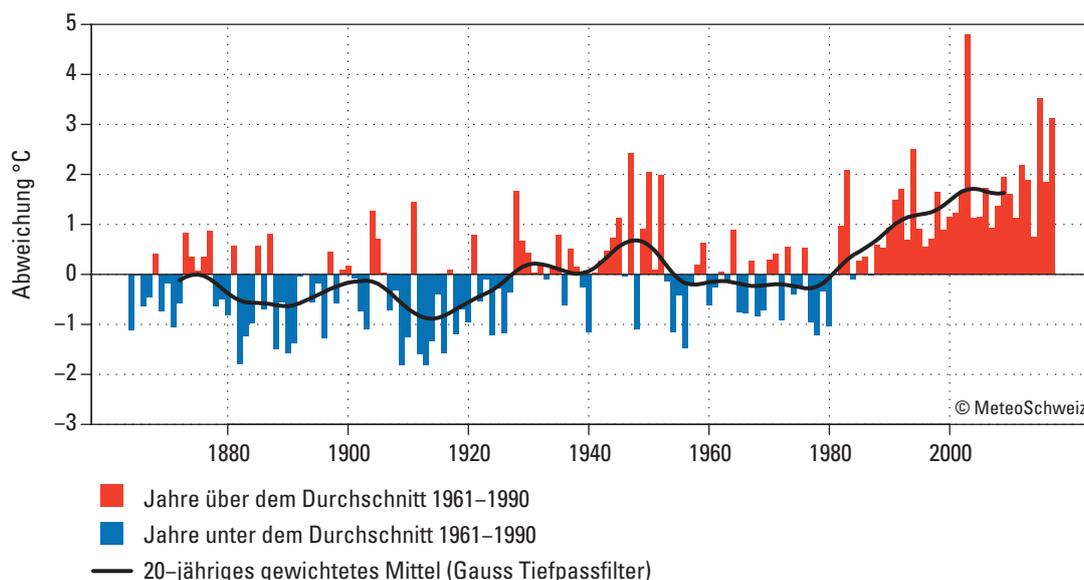


Abbildung 1. Abweichung der Sommertemperatur (Juni, Juli, August) von 1864 bis 2017 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990. Quelle MeteoSchweiz (2017).<sup>1</sup>

Wie stark sich das Klima verändern wird, hängt vom globalen Treibhausgasausstoss ab (IPCC 2014). Die 1992 in Rio de Janeiro verabschiedete Klimakonvention<sup>2</sup> hat zum Ziel, eine «gefährliche Störung des Klimasystems durch den Menschen» zu verhindern. An der Klimakonferenz in Paris im Jahr 2015 haben sich die Vertragsparteien darauf geeinigt, die durchschnittliche globale Erwärmung deutlich unter 2 Grad zu halten.

#### Selbst bei Erreichen des 2-Grad-Ziels dürfte die Temperatur in der Schweiz um 3–4°C zunehmen

Gelänge es, die globale Temperaturerhöhung auf 2 Grad oder weniger zu begrenzen, ist in der Schweiz mit einer weiteren Erwärmung um 1 bis 2 °C zu rechnen (CH2011 2011). Damit würden die Temperaturen Ende des 21. Jahrhunderts 3 bis 4 °C über dem vorindustriellen Wert liegen. Selbst bei Einhalten des 2-Grad-Ziels ist daher mit beträchtlichen Auswirkungen auf die Schweizer Wälder zu rechnen. Zudem sind die Ziele des Abkommens von Paris ambitioniert, wie die aktuelle Entwicklung der Emissionen zeigt: 2017 hat der globale Ausstoss um 2 % zugenommen und erreichte einen neuen Rekordwert. Um das 2-Grad-Ziel zu erreichen, müssten die weltweiten Treibhausgasemissionen bis 2050 gegenüber dem Wert von 1990 um 50 % gesenkt werden, in den Industrieländern gar um 80 bis 95 % (CH2011 2011, MANSER *et al.* 2015).

<sup>1</sup> [www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/gegenwart/klima-trends.html?filters=ths200m0\\_swiss\\_jja\\_1864-smoother](http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/gegenwart/klima-trends.html?filters=ths200m0_swiss_jja_1864-smoother) (3.12.2017)

<sup>2</sup> [www.bafu.admin.ch/klima/00470/00485/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/klima/00470/00485/index.html?lang=de) (30.9.2015)

Aussagen zur Klimaentwicklung beruhen bis zum 4. Sachstandsbericht des IPCC (MEEHL *et al.* 2007) auf Emissionsszenarien, die in komplexe Klimamodelle eingespeist werden. Daraus ergeben sich Abschätzungen zur Entwicklung von Temperatur und Niederschlag auf globaler und regionaler Ebene. Diese Abschätzungen sind keine Prognosen, sondern den Emissionsszenarien entsprechende Entwicklungspfade. Welche Entwicklung effektiv eintritt, bleibt unsicher. Im Forschungsprogramm Wald und Klimawandel wurde, wie in allen Aktivitäten des Bundes in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der Anpassung an den Klimawandel, von einem mittleren Emissionsszenario A1B gemäss MEEHL *et al.* (2007) ausgegangen. Es zeigt eine weitere Zunahme der globalen Emissionen bis Mitte Jahrhundert und danach eine Abnahme. Zum Downscaling der globalen Klimamodelle auf das Gebiet der Schweiz unter Annahme des A1B-Szenarios wurden zwei regionale Klimamodelle ausgewählt. Deren Resultate unterscheiden sich erheblich und ergeben zwei unterschiedliche mögliche «Klimazukünfte».

**Entwicklung bleibt unsicher; Erwärmung kann tiefer oder höher sein als heutige Abschätzung**

Der Begriff «Klimazukunft» wurde gewählt, weil damit keine globalen Klimaszenarien, sondern zwei Modelle des A1B-Emissionsszenarios gemeint sind (MEEHL *et al.* 2007). Den unteren, weniger trockenen Rand bildet das sogenannte RegCM3-Modell. Dieses geht im Schweizer Durchschnitt im Sommerhalbjahr (April bis September) von 2 Prozent weniger Niederschlag und einer Erwärmung um 3,1 °C bis Ende des Jahrhunderts aus (Periode 2070–2099 im Vergleich zur Periode 1981–2010). «Weniger trocken» soll dabei verdeutlichen, dass sich die Wasserversorgung der Pflanzen bei etwa gleichem Niederschlag, aber höherer Temperatur immer noch verschlechtert. Den oberen, trockeneren Rand bildet das CLM-Modell mit einer Niederschlagsabnahme im Sommer von rund 20 Prozent und einem Temperaturanstieg um 4,3 °C (REMUND *et al.* 2016), mit deutlich stärkeren Auswirkungen auf die Wälder.

**Bandbreite der zu erwartenden Änderungen durch zwei «Klimazukünfte» abgebildet**

Welche der beiden Klimazukünfte der tatsächlichen Entwicklung näher kommt, ist ungewiss. Die tatsächliche Entwicklung kann dazwischen liegen, denkbar ist aber auch, dass die Bandbreite überschritten wird. Hinweise für eine mögliche Überschreitung in Richtung trocken-warmer Verhältnisse sind, dass der derzeit gemessene Temperaturanstieg höher liegt als der modellierte Pfad angibt (SCNAT 2016; REMUND und AUGUSTIN 2015). Zu beachten ist zudem, dass auch nach 2100 kein stabiles Klima angenommen werden kann (COLLINS *et al.* 2013); vielmehr ist von einer weiteren Erwärmung auszugehen, ausser die Pariser Vereinbarungen würden eingehalten.

**Auch nach 2100 voraussichtlich kein stabiles Klima**

Sowohl bei den Projekten zur Anpassung der standortkundlichen Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel als auch in den Waldtests wurden die Auswirkungen des oberen und des unteren Randes des gewählten Bandes untersucht. In manchen, aber nicht in allen Fällen hat dies unterschiedliche Baumartenempfehlungen zur Folge. Um die beiden Klimamodelle im Rahmen dieses Berichts gut auseinanderhalten zu können, wird das RegCM3-Modell (Klimawandel «mässig») vereinfachend als «weniger trockene» und das CLM-Modell (Klimawandel «stark») als «trockenere» Klimazukunft bezeichnet. Aus waldbewirtschaftlicher Sicht können die beiden Klimazukünfte als Mass für die Risikobereitschaft bei der Entscheidungsfindung verwendet werden: Eine Orientierung an der weniger trockenen Klimazukunft (RegCM3) ist gleichbedeutend mit der Bereitschaft, höhere waldbauliche Risiken einzugehen.

**«weniger trockene» Klimazukunft (RegCM3) und «trockenere» Klimazukunft (CLM)**

## **Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald**

Die obigen Erläuterungen zur Klimaentwicklung zeigen, dass Auswirkungen auf den Wald in jedem Fall spürbar werden. Schon in der weniger trockenen und erst recht in der trockeneren Klimazukunft steht den Bäumen bis Ende des Jahrhunderts – ein Zeitraum,

**In jedem Fall spürbare Auswirkungen auf den Wald**

der für viele Baumarten weniger als einer üblichen Umtriebszeit entspricht – während der Vegetationszeit weniger Wasser zur Verfügung. Dazu trägt nur schon die grössere Verdunstung infolge steigender Temperaturen bei.

Grundsätzlich wachsen Bäume bei höheren Temperaturen schneller, solange genügend Wasser verfügbar ist. In tieferen Lagen ist damit zu rechnen, dass das Baumwachstum infolge abnehmender Wasserversorgung zunehmend eingeschränkt wird, was längerfristig in einem Rückgang von Zuwachs und Vorrat resultieren wird. In höheren Lagen könnte das Baumwachstum hingegen zulegen, weil hier oft weiterhin genügend Wasser verfügbar sein dürfte, bei gleichzeitig wärmeren Temperaturen (BIRCHER *et al.* 2016).

### **Erhöhte Mortalität an Edelkastanien und Waldföhren**

Trockenheit kann ein wesentlicher Faktor für das Absterben von Bäumen sein. Vorderhand ist eine erhöhte Mortalität, bei der Trockenstress eine Rolle spielen dürfte, erst bei der Edelkastanie im Tessin und der Waldföhre im Wallis und in Graubünden zu beobachten (ETZOLD *et al.* 2016). Bei kurz aufeinanderfolgenden Trockenheitsperioden ist jedoch mit einer Überschreitung von Schwellenwerten zu rechnen, was sich in erhöhter Mortalität äussern dürfte, wie sich in Nordamerika zeigte (MILLAR und STEPHENSON 2015). Erhöhte Mortalität kann einen Wechsel der dominanten Baumarten und der mit ihnen verbundenen Pflanzengemeinschaften einleiten (ETZOLD *et al.* 2016).

### **3 bis 4°C entsprechen einer Verschiebung der Vegetationshöhenstufen um 500 bis 700 m**

Artverbreitungsmodelle lassen denn auch erwarten, dass sich im Zuge des Klimawandels das Habitat von Arten mit montanem Verbreitungsschwerpunkt (z.B. Buche, Tanne) und subalpinem Schwerpunkt (z.B. Fichte) verringert (ZIMMERMANN *et al.* 2016). In tieferen Lagen zeigen Fichten und Buchen schon heute ein rückläufiges Bestandeswachstum (BIRCHER *et al.* 2016). Zudem zeichnen sich für diese Arten langfristig Verjüngungsprobleme ab (WOHLGEMUTH *et al.* 2016). Dies kann den Weg bereiten für weniger trockenheitsempfindliche Arten der collinen Stufe wie beispielsweise Eichenarten, die ihre Vorkommen ausweiten dürften (ZIMMERMANN *et al.* 2016). Bereits zu beobachten ist, dass wärmeliebende Arten wie Eichen oder Kirschbäume in grössere Höhenlagen vorstossen (STREIT *et al.* 2016). In Meereshöhe umgemünzt entspricht die erwartete Erwärmung von 3,1 bis 4,3°C einer Verschiebung der Vegetationshöhenstufen um etwa 500 bis 700 Höhenmeter. Für manche, an ihrem Wuchsort heute noch standortgerechte Baumarten bedeutet dies, dass sie bereits in wenigen Jahrzehnten an ihre ökologischen Grenzen kommen dürften.

### **Waldleistungen durch rechtzeitige Anpassung sichern**

Allerdings werden die effektiven Veränderungen im Wald gegenüber den klimatischen Entwicklungen verzögert sein. Bäume können auch unter ungünstiger werdenden Bedingungen noch längere Zeit überleben. Eine zunehmende Gefährdung von Bäumen und Waldbeständen wirkt sich aber auf die Waldleistungen aus. Untersucht wurden im Forschungsprogramm Wald und Klimawandel Auswirkungen auf den Schutzwald, die Biodiversität und die Wirtschaftlichkeit der Holzproduktion, die allesamt beträchtlich sind (PLUESS *et al.* 2016). Stark steigt das Risiko für Waldleistungen dann an, wenn Ereignisse wie Stürme, Trockenheit, Waldbrand oder biotische Kalamitäten zu negativen Rückkopplungen führen. Um Lücken bei der Erbringung von Waldleistungen möglichst zu verhindern, ist eine rechtzeitige Anpassung der Bestände durch geeignete waldbauliche Strategien zu fördern.

### 3 Standortbezogene Baumartenwahl als Grundlage für Anpassungsmassnahmen

#### Grundsätzliche Überlegungen zum Ökogrammansatz

Die waldbauliche Schlüsselsituation zur Gestaltung der künftigen Baumartenzusammensetzung und der Bestandesentwicklung ist die Verjüngungs- und Jungwaldphase (BRANG et al. 2016). Da heute junge Bäume bereits in ihrer Lebensmitte in einem stark veränderten Klima leben dürften, ist bei der Baumartenwahl schon jetzt die Klimaänderung zu berücksichtigen. Dies erfordert in einem bestimmten Waldbestand eine klare Vorstellung darüber, wie sich die Wuchsbedingungen dort verändern werden, und welche Baumarten genügend anpassungsfähig für das zu erwartende Klima sind.

Ein verbreitetes Instrument für die Beurteilung von Waldstandorten ist das Ökogramm (Abbildung 2). Dieses beschreibt Standortstypen (Waldgesellschaften) entsprechend ihrer Wasserversorgung auf einer Feuchtigkeitsachse und ihres Nährstoffhaushalts auf einer Basen-(Nährstoff-)achse. Die Temperatur wird dadurch berücksichtigt, dass für die verschiedenen Vegetationshöhenstufen von collin bis subalpin (Abbildung 3) je eigene Ökogramme verwendet werden. Die Ökogramme unterscheiden sich auch je nach Standortregionen (Abbildung 4).

**Verjüngung als Schlüsselsituation für die Anpassung**

**Ökogramme beschreiben die Waldgesellschaften**

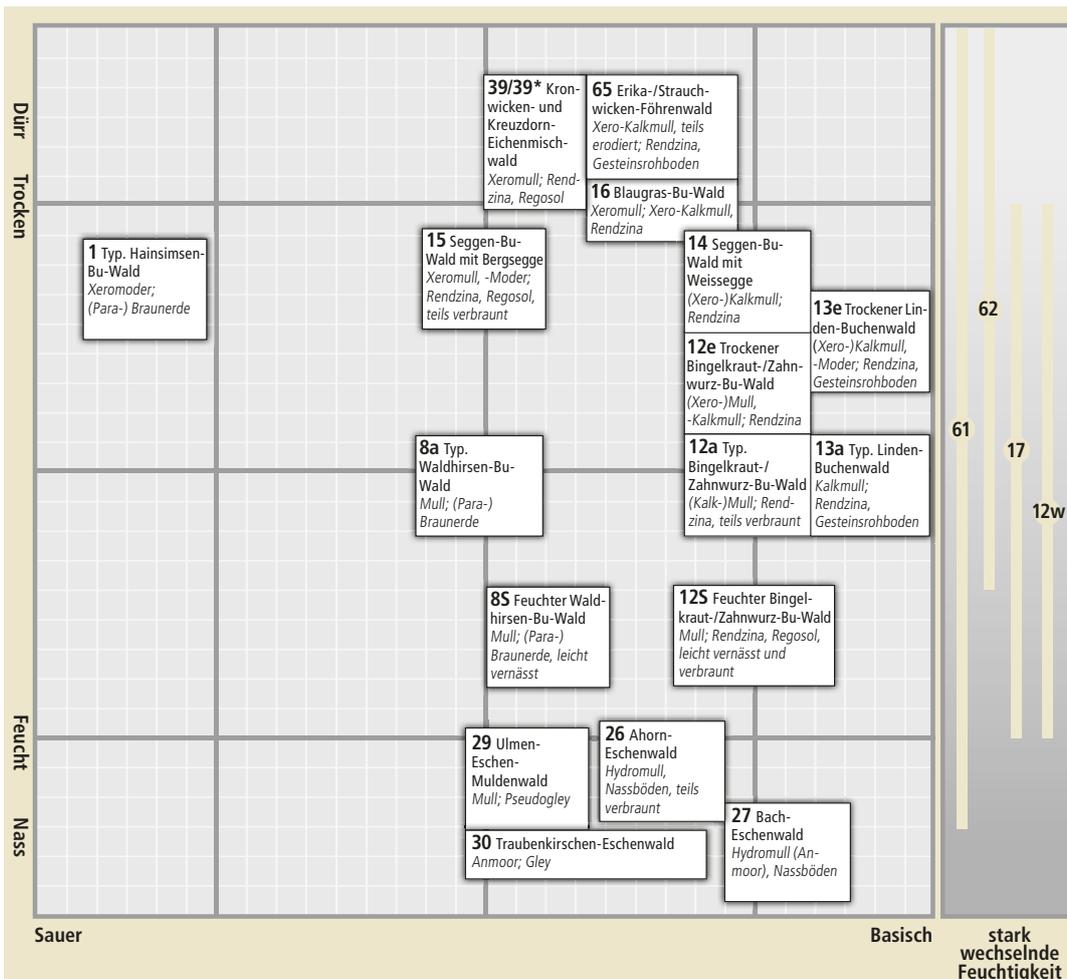


Abbildung 2. Ökogramm mit Standortstypen für die untermontane Stufe der Region Jura gemäss der Wegleitung NaiS (aus FREHNER et al. 2005/2009).

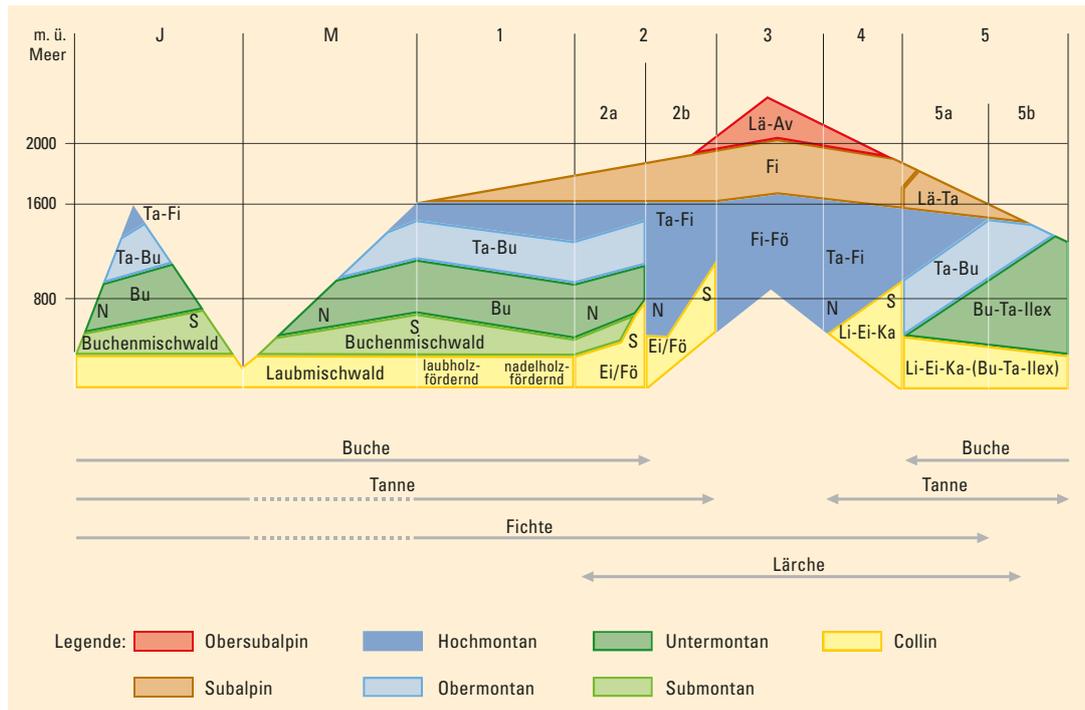


Abbildung 3. Vegetationshöhenstufen in den Standortsregionen gemäss der Wegleitung NaiS (aus FREHNER *et al.* 2005/2009). Legende: J = Jura, M = Mittelland, 1 = Nördliche Randalpen, 2a = Nördliche Zwischenalpen mit Buche, 2b = Nördliche Zwischenalpen ohne Buche, 3 = Kontinentale Hochalpen, 4 = Südliche Zwischenalpen, 5a = Südliche Randalpen mit Fichte/ mit Fichtenvorposten, 5b = Südliche Randalpen ohne Fichte. Anmerkung: In Regionen 2b, 3 und 4 keine Buchenvorkommen.

### Vegetations- und Bodenerhebungen zur Abgrenzung der Standortstypen

Die Darstellung von Standortstypen in Ökogrammen hat eine lange Tradition. ELLENBERG und KLÖTZLI (1972) haben erstmals eine Übersicht der Standortstypen der Schweiz verfasst und deren Position in Ökogrammen dargestellt. In den folgenden Jahrzehnten wurden in vielen Kantonen Standortstypen in lokalen Vegetationsschlüsseln und zusätzlich mit Bodenmerkmalen beschrieben, was zu einer vollständigeren und differenzierteren Abbildung der vielfältigen Waldstandorte führte. Im Rahmen der Wegleitung «Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald» (NaiS, FREHNER *et al.* 2005/2009) wurden fast alle in den kantonalen Schlüsseln beschriebenen Standortstypen NaiS-Standortstypen zugeordnet. Mit dem Projekt «NaiS-LFI: Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften», dessen Abschluss für 2019 geplant ist, sollen weitere Standortstypen ergänzt werden, sodass alle LFI-Probeflächen einem Standortstyp zugeordnet werden können. Die Ergänzungen betreffen vor allem die Alpensüdseite und das Wallis.

### Kantonale Standortstypen mit NaiS-Typologie abgeglichen

Damit sind NaiS-Standortstypen heute oder in naher Zukunft für praktisch alle Wuchssituationen der Schweiz beschrieben. Für die meisten Kantone bestehen Tabellen, welche die kantonalen Standortstypen der NaiS-Typologie zuordnen. Auch die in diesem Bericht zusammengefassten Projekte basieren auf den NaiS-Standortstypen (im folgenden «Standortstypen»).

Mit der flächigen Kartierung der Standortstypen sowie den dazugehörigen Empfehlungen zu Baumarten und Waldbau verfügen heute viele Kantone über umfassende Planungs- und Umsetzungsinstrumente für die Praxis. In vielen Kantonen wurden in den letzten Jahrzehnten für jeden Standortstyp waldbauliche Empfehlungen (geeignete Baumarten, minimale Laubbaum- beziehungsweise maximale Nadelbaumanteile, Bewirtschaftungseinschränkungen, naturkundliche Besonderheiten etc.) erarbeitet.

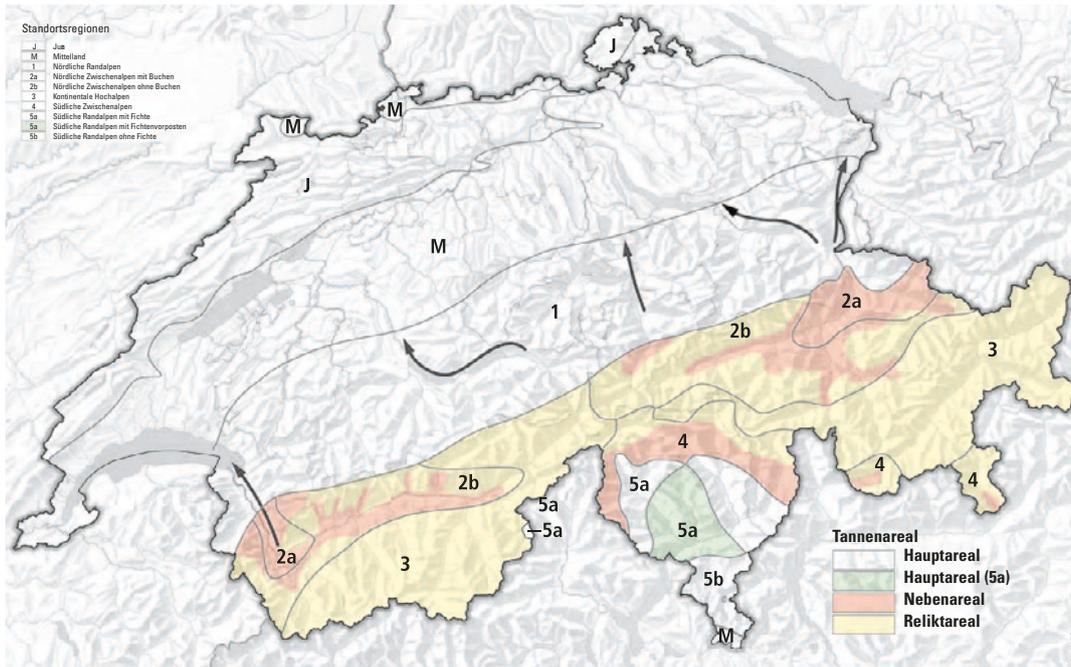


Abbildung 4. Karte der Standortregionen gemäss der Wegleitung NaiS. Legende siehe Abbildung 3 (aus FREHNER *et al.* 2005/2009).

Von zentraler Bedeutung ist der Ökogrammansatz für die Umsetzung und Qualitätskontrolle der NFA-Programmvereinbarungen zwischen Bund und Kantonen. Im Schutzwald, der die Hälfte der Waldfläche der Schweiz ausmacht, basieren die Anforderungsprofile für die Schutzwaldpflege auf NaiS-Standortstypen. Im Programm Jungwaldpflege tragen die Standortstypen zur Bestimmung der Naturnähe bei. Im Programm Waldbiodiversität lassen sich auf der Basis der Standortstypen seltene Waldgesellschaften eruieren oder die Repräsentativität von Standortstypen im Waldreservatsnetz erfassen. Auch die Lage von Flaumeichen- oder Orchideen-Buchenwäldern, in denen Massnahmen zur Erhaltung lichter Waldstrukturen und der entsprechenden Biodiversität nötig sind, kann aus Standortkarten herausgelesen werden.

**Standortstypen wichtig für NFA-Programmvereinbarungen**

Der Ökogrammansatz ist in der Praxis etabliert und von den Waldfachleuten akzeptiert. Die meisten Kantone verfügen über entsprechende standortkundliche Schlüssel, und rund 50 % der Waldfläche der Schweiz sind heute NaiS-kompatibel standortkundlich kartiert. Die Erstellung dieser Planungsgrundlagen war mit bedeutenden Investitionen von Kantonen und Bund verbunden. Im Forschungsprogramm Wald und Klimawandel wurde aus all diesen Gründen schon früh die Frage gestellt, wie diese wichtigen Planungsgrundlagen weiterhin, d.h. unter veränderten klimatischen Bedingungen, eingesetzt werden könnten. Diese Abstützung auf bestehenden Grundlagen befürwortete auch die Praxisbegleitgruppe des Forschungsprogramms.

**Ökogrammansatz weiterhin nutzbar machen**

Seit 2012 hat sich eine Reihe von Projekten mit den Möglichkeiten befasst, den Ökogrammansatz im Hinblick auf den Klimawandel zu adaptieren und um die Dimension «Klimawandel» zu erweitern. Tatsächlich ist es gelungen, die Verschiebung der Verbreitungsgebiete der Höhenstufen und Standortregionen und damit der Baumarten abzuschätzen (GUBELMANN *et al.* 2018; FREHNER und HUBER 2018). Dazu wurden die entsprechenden Areale unter heutigem und unter erwartetem Klima modelliert. Daraus ergeben sich die Veränderungen der Standortbedingungen an einem bestimmten Ort im Wald, und zwar für die weniger trockene Klimazukunft (RegCM3) und für die trockenere Klimazukunft (CLM).

**Zukünftige Höhenstufen modelliert**

### **Ortsspezifische Baumartenempfehlungen**

Sind an einem Ort der aktuelle Standortstyp und die zukünftige Vegetationshöhenstufe bekannt, lassen sich Empfehlungen für Baumarten und Waldbau ableiten. Diese dienen als standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. Von den 30 im Rahmen der Waldtests besuchten Orte, respektive Standortstypen, wurden Fichen erstellt (Anhang 2). Da sich die Höhenstufen je nach Ort unterschiedlich stark verschieben, sind diese Fichen nicht allgemeingültig (Abbildung 5). Sie gelten in allen Wäldern mit heute gleichem Standortstyp und gleicher modellierter Höhenstufe bei beiden Klimazukünften. Der Bund prüft gegenwärtig Möglichkeiten, wie die ortsspezifischen Baumartenempfehlungen in felddauglicher Form aufbereitet und den Kantonen und anderen Interessierten zur Verfügung gestellt werden können (siehe Kapitel 6).

### **Ansatz der analogen Standortstypen**

#### **Auswirkungen des Klimawandels und mögliche Massnahmen kleinflächig abschätzen**

Ein Ziel des Forschungsprogramms Wald und Klimawandel bestand darin, Grundlagen für den Einbezug des Klimawandels in die waldbauliche Entscheidungsfindung im einzelnen Bestand zu erarbeiten. Seine Auswirkungen und die Möglichkeiten, ihm waldbaulich zu begegnen, sollen also auf kleinen Flächen von weniger als einer Hektare beurteilt werden können. Dabei sind die Standortfaktoren, d.h. die Gesamtheit aller Einflüsse, die auf ein Waldökosystem wirken, von grosser Bedeutung. Diese Einflüsse umfassen nebst dem Klima auch Bodeneigenschaften, die Topographie, biotische Gefährdungen und gravitative Prozesse wie Lawinen, Steinschlag etc. Da der Standortstyp die massgebenden Umweltfaktoren synthetisch abbildet, wird er auch verwendet, um Grundlagen für den Einbezug des Klimawandels in die waldbauliche Entscheidungsfindung zu erarbeiten.

#### **Erarbeitung hochauflösender Klimakarten**

Zur Integration des Klimawandels wurden Standortparameter, die stark vom Klima abhängig sind, statistisch modelliert. Anschliessend wurde deren Veränderung mit der weniger trockenen und der trockeneren Klimazukunft bis in die Periode 2070 bis 2099 abgeschätzt. Dazu boten sich die Vegetationshöhenstufengrenzen und die Grenzen des Tannen- und Buchenareals an. Die Höhenstufengrenzen können im Feld mit standortkundlichen Mitteln auf  $\pm 20$  Höhenmeter genau erkannt werden. Um die Grenzen der Höhenstufen ebenfalls in dieser Genauigkeit statistisch modellieren zu können, wurden Klimakarten mit einer Auflösung von 25 m  $\times$  25 m erarbeitet.

Zur Eichung der Regressionsmodelle für die Beschreibung der Vegetationshöhenstufen wurden in bestehenden Waldstandortkarten typische Höhenstufengrenzen herausgelesen und als Referenz verwendet. Zur Validierung diente ein Vergleich der Höhenstufen, die für das heutige Klima modelliert wurden, mit jenen Höhenstufen, die auf LFI-Probe Flächen im Rahmen des Projekts «NaiS-LFI: Zuordnung der LFI-Stichprobenpunkte zu Waldgesellschaften» angesprochen wurden. Beim Tannen- und Buchenareal dienten die Grenzen aus den Karten der Standortsregionen nach NaiS als Referenz. Zum Teil wurden diese Grenzen zusätzlich mit Daten aus Bestandeskarten und mit Lokalkenntnissen verfeinert. Die Grenzen wurden mit einem Expertensystemansatz (Fuzzy-logic) modelliert.

#### **Herleitung an jedem Punkt des Schweizer Waldes möglich**

Resultat sind Karten, in denen die modellierten Vegetationshöhenstufen inklusive des Tannen- und Buchenareals für die ganze Schweiz abgebildet sind, und zwar für das heutige Klima sowie für die beiden berücksichtigten Klimazukünfte. An jedem Punkt der Schweizer Waldfläche kann also eine Höhenstufe nach dem heutigen Klima, nach der weniger trockenen und nach der trockeneren Klimazukunft hergeleitet werden. Eine Auswertung zeigt, dass bis Ende des 21. Jahrhunderts viele Gebiete klimatisch in einer Höhenstufe liegen, die heute um eine bis zwei Vegetationshöhenstufen tiefer zu finden ist. In einigen Fällen kann die ganze heutige Höhenstufe im modellierten Klima einer einzigen neuen Höhenstufe zugeordnet werden. So wechseln die Wälder der heutigen obermonta-

nen Stufe 2070–2099 in der ganzen Schweiz fast vollständig in die submontane Stufe. Hingegen sind zum Beispiel in den Standortsregionen der nördlichen Randalpen und der nördlichen Zwischenalpen mit Buche die Wälder der heutigen hochmontanen Stufe in der Periode 2070–2099 in den Höhenstufen collin, submontan, untermontan, obermontan und hochmontan zu finden (Abbildung 5).

Die praktische Folge dieser Zusammenhänge ist, dass zwei Fälle zu unterscheiden sind: Im eher seltenen Fall der eindeutigen Zuordnung der heutigen zur zukünftigen Höhenstufe – und dies in beiden Klimazukünften – kann für jeden heutigen Standortstyp ein einziger künftiger Standortstyp im Ökogramm der künftigen Höhenstufe gefunden werden. Im zweiten Fall kommen in Zukunft verschiedene Höhenstufen in Frage. Erst wenn bekannt ist, welche Höhenstufe in Zukunft zu erwarten ist, können mittels Analogieschluss das zukünftige Ökogramm und darin der zukünftige Standortstyp bestimmt werden.

**Künftiger Standortstyp je nach Verschiebung der Vegetationshöhenstufe**

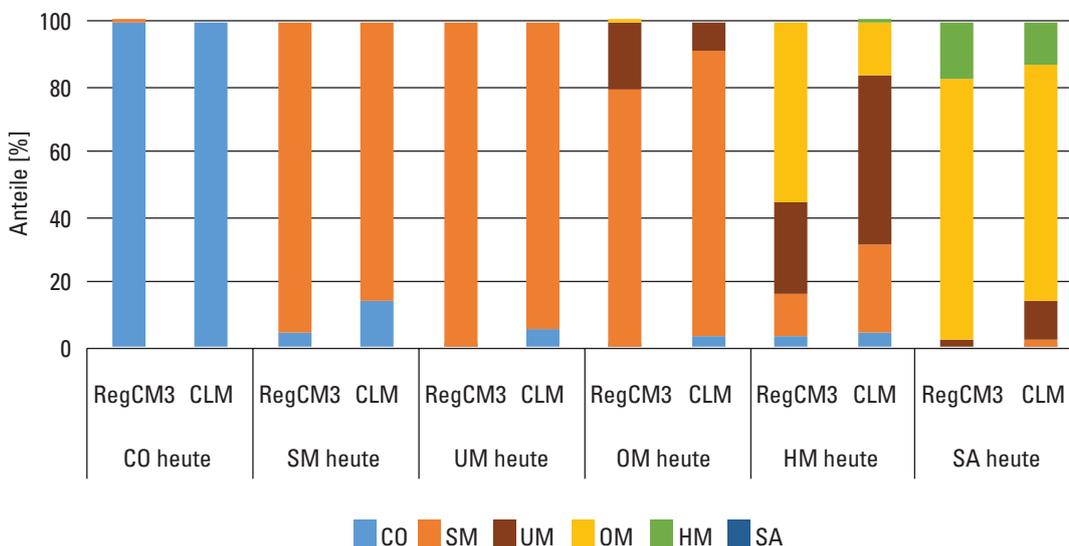


Abbildung 5. Beispiel der Verschiebung der Höhenstufenverteilung: Standortsregionen Nördliche Randalpen und Nördliche Zwischenalpen mit Buche, Vergleich heute mit den Klimazukünften RegCM3 und CLM 2070–2099 (CO = collin, SM = submontan, UM = untermontan, OM = obermontan, HM = hochmontan, SA = subalpin). Die heutige submontane und untermontane Stufe sind Beispiele für Gebiete, in denen sich fast die gesamte Fläche einer Höhenstufe innerhalb einer Standortsregion gleich verhält; die submontanen Flächen bleiben zum grossen Teil submontan und die untermontanen Flächen wechseln zum grossen Teil in die submontane Stufe. Die heutige hochmontane Stufe ist ein Beispiel für ein Gebiet, in dem in Zukunft sehr unterschiedliche Höhenstufen erwartet werden.

Wie dargelegt, werden die Standortstypen pro Vegetationshöhenstufe und Standortsregion in einem Ökogramm mit den Achsen sauer-basisch und nass-trocken dargestellt. Bei einer Verschiebung der Höhenstufe wechselt daher an einem bestimmten Ort auch das massgebende Ökogramm. Deshalb wurde anhand von mehr als 1000 Bodenaufnahmen untersucht, ob sich die Standortstypen bis Ende des Jahrhunderts zusätzlich zur modellierten Änderung der Höhenstufe auch auf der Feuchteachse (nass – trocken) des Ökogramms verschieben. Die Analyse ergab, dass die Verschiebung in Richtung trockenerer Bedingungen in beiden Klimazukünften meist nur gering sein wird und daher in der Re-

**Verschiebung auf der Feuchteachse gering**

gel vernachlässigbar ist (FREHNER *et al.* in Vorb.). Fehlt bei der Projektion in ein künftiges Ökogramm der analoge Standortstyp, soll die Baumartenempfehlung aus dem nächsttrockeneren Standortstyp abgeleitet werden.

### Entwicklung von standortbezogenen Baumartenempfehlungen

#### Herleitung analoger Standortstypen

Die standortbezogenen Baumartenempfehlungen für einen bestimmten Waldort werden aus der Verschiebung der Höhenstufen wie folgt hergeleitet: Zuerst werden der heutige Standortstyp (z.B. 12a, Typischer Binglekraut/Zahnwurz-Buchenwald) inklusive Höhenstufe sowie dessen Lage im Ökogramm bestimmt. Danach wird an der Koordinate dieses Ortes im Modell die Vegetationshöhenstufe für die Periode 2070–2099 sowohl für die weniger trockene wie für die trockenere Klimazukunft bestimmt. Im Ökogramm der künftigen Höhenstufe wird der analoge Standortstyp gesucht, d.h. der Standortstyp, der auf der Feuchtigkeits- und Nährstoffachse am gleichen Ort liegt wie der heutige Nais-Standortstyp in seinem Ökogramm; für den Typischen Lungenkraut/Platterbsen-Buchenwald (9a) könnte dies dessen colline Variante sein (9ac). Diese Übertragung wird als «Projektion eines Standortstyps in das zukünftige Ökogramm» bezeichnet (Abbildung 6).

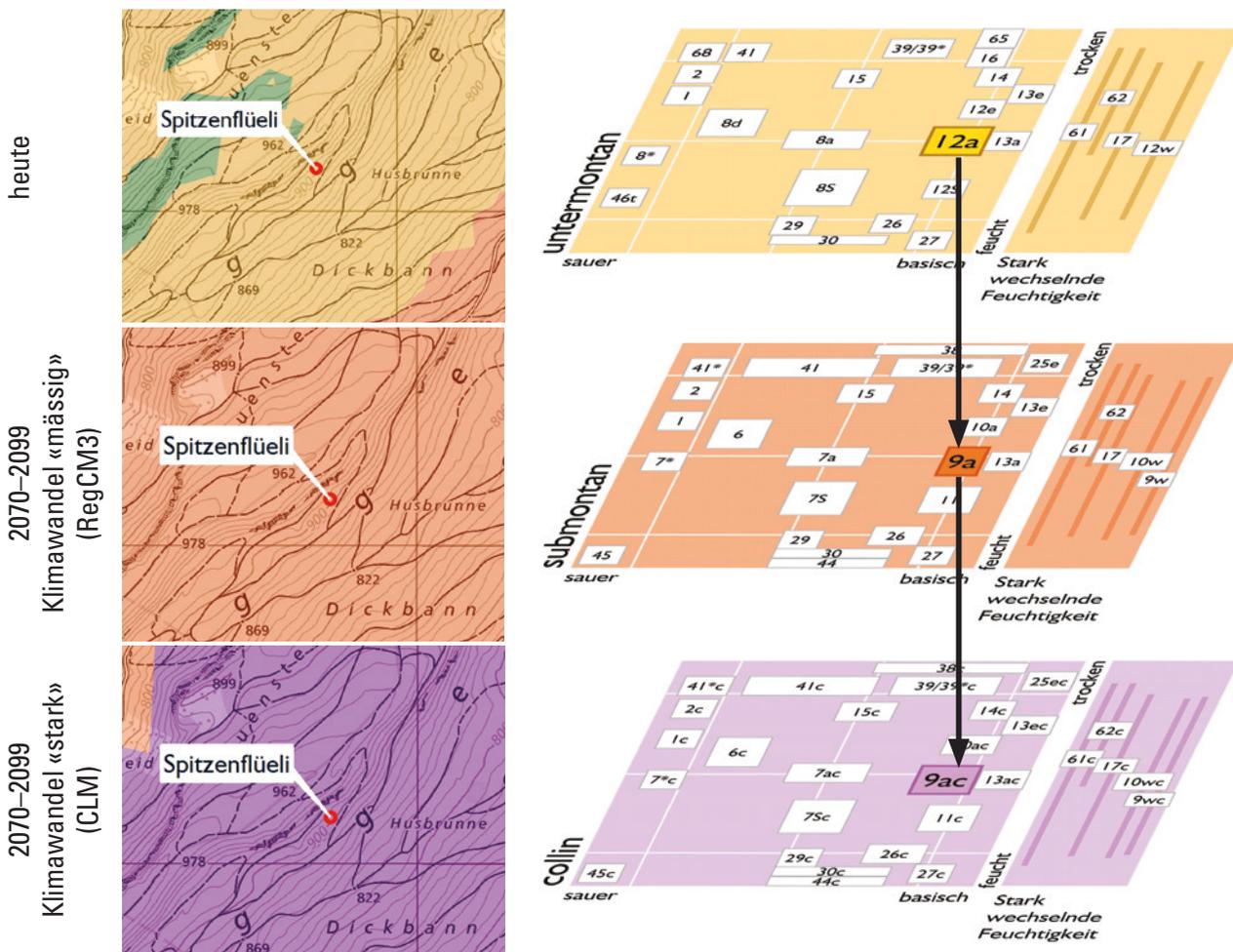


Abbildung 6: Beispiel der Herleitung analoger Standortstypen: Spitzflüeli (Oberbuchsiten, SO).

Die pro Standortstyp möglichen Baumarten beruhen auf den heute verwendeten kantonalen standortkundlichen Schlüsseln und Baumartenempfehlungen. Dabei wurden sämtliche Baumarten übernommen. Zusätzliche Informationen stammen aus der Auswertung der Gehölzarten auf dem 2-Aren-Kreis von rund 3000 Probeflächen des Landesforstinventars sowie aus einer gutachtlichen Zuteilung der Baumarten durch Standortexperten und -expertinnen. Zusätzlich wurden die resultierenden Baumartenlisten durch Standort- und Waldbauexperten und -expertinnen auf Fehleinteilungen verifiziert.

### **Baumarten basieren auf den kantonalen Empfehlungen**

In einem nächsten Schritt werden die Baumarten verglichen, die im heutigen Standortstyp und in den beiden zukünftigen Standortstypen (je nach Klimazukunft) empfohlen werden. Daraus ergeben sich pro Klimazukunft an jedem Ort folgende Handlungsmöglichkeiten für den Umgang mit Baumarten:

- Fördern: Baumarten, die heute empfohlen und in Zukunft wichtig sind;
- Mitnehmen: Baumarten, die heute empfohlen sind und in Zukunft als Nebenbaumart beigemischt vorkommen können, aber ohne Hilfe nur selten die Oberschicht erreichen;
- Reduzieren: Baumarten, die heute empfohlen, in Zukunft jedoch gefährdet und daher nicht mehr empfohlen sind<sup>3</sup>;
- Einbringen/fördern: Baumarten, die erst in Zukunft empfohlen sind (aber manchmal schon heute vorkommen).

Die entwickelten Empfehlungen spiegeln die Standorteignung der Baumarten unter veränderten Klimabedingungen wider. Die Waldfachleute müssen wie bis anhin im Einzelfall beurteilen, ob eine Baumart wünschenswert und sinnvoll ist. Dazu sind weitere waldbaulich wesentliche Faktoren zu berücksichtigen, zum Beispiel besondere lokale Gefährdungen. Auch im Falle von Ereignissen wie Sturm oder Waldbrand liefert die entwickelte Methodik standortkundlich begründete Hinweise für Baumarten, die sich in einem künftigen Klima eignen dürften.

Die erarbeiteten Grundlagen erlauben es, die Baumartenzusammensetzung mit waldbaulichen Massnahmen unmittelbar, d.h. beim nächsten waldbaulichen Eingriff, zielgerichtet zu beeinflussen. Ziel in einer ersten Phase ist, dass von jenen Baumarten, die im Hinblick auf den Klimawandel gefördert werden sollen, genügend Samenbäume vorhanden sind. Falls dieses Ziel allein mit Naturverjüngung nicht zu erreichen ist, beispielsweise aufgrund fehlender Samenbäume oder zu starken Wildhuftiereinflusses, sind Pflanzungen in Betracht zu ziehen. Bei zu starkem Wildhuftiereinfluss sind Schutzmassnahmen notwendig.

### **Anpassungsmassnahmen bei jedem waldbaulichen Eingriff möglich**

Zusätzlich mögliche Baumarten, die in den heutigen Empfehlungen noch nicht aufgeführt, aber in Zukunft empfohlen sind, sollen gefördert werden, sobald es das Klima erlaubt. Erscheinen sie nicht von selbst, sollen sie gepflanzt werden. Bei Pflanzungen ist abzuklären, ob die vorgesehenen Arten unter den aktuellen Bedingungen bereits eine Chance haben. Besonders wichtig ist die Wahl geeigneter Herkünfte. Bis zum Vorliegen genauerer Empfehlungen sollen Herkünfte von wärmeren und trockeneren (tiefergelegenen) und nicht von kühleren und feuchteren (höhergelegenen) Standorten gewählt werden.

Eine besondere Herausforderung für die Baumartenwahl ergibt sich für die colline Stufe. Diese ist im Mittelland und in den Nördlichen Zwischenalpen heute wenig ausgedehnt. Deshalb weisen die Ökogramme der collinen Stufe in den Standortsregionen Mittelland und Nördliche Zwischenalpen deutlich weniger Standortstypen auf als die jeweils darüberliegenden Ökogramme der submontanen Stufe. Zudem ist unbekannt, ob es unterhalb

### **Fehlende analoge Standortstypen in der collinen Stufe**

<sup>3</sup> Seltene Baumarten sollen nicht reduziert werden

der collinen Höhenstufe noch weitere Höhenstufen gäbe, respektive wie die entsprechenden Artengarnituren aussehen würden. Deshalb wurden im Projekt «Adaptierte Ökogramme: Vorarbeiten für Baumartenempfehlungen von Standortstypen, die in der Schweiz heute noch nicht vorkommen», entsprechende Grundlagen erarbeitet (HUBER *et al.* 2017). Dazu wurden für die Klimastationen Chiasso, Genf, Payerne, Sion, Basel und Scuol und für weitere tiefgelegene Gebiete der Schweiz Regionen im Ausland gesucht, die heute ähnliche Klimabedingungen aufweisen, wie sie gemäss den beiden modellierten Klimazukünften am Ende des 21. Jahrhunderts in Tieflagen der Schweiz erwartet werden. Auf diese Weise lassen sich Vorstellungen entwickeln, welche Baumarten am Ende des Jahrhunderts hier wachsen können.

#### **Herleitung geeigneter Baumarten für die colline Stufe**

Für die colline Stufe der Standortsregionen Mittelland und Nördliche Zwischenalpen wurden die Baumarten wie folgt hergeleitet: An jeder Stelle, an der im darüberliegenden Ökogramm ein analoger Standortstyp zu finden war, wurde unter Einbezug lokaler Experten eruiert, welche Baumarten in einer künftigen collinen Stufe vorkommen könnten. Mithilfe von Karten der Standorteignung von Baumarten für die Periode 2051–2080 (ZIMMERMANN *et al.* 2015) wurde überprüft, ob eine Baumart dannzumal an der entsprechenden Stelle angezeigt wird. Zudem wurde in heutigen europaweiten Verbreitungskarten von Baumarten überprüft, wo bereits jetzt ein ähnliches Klima zu finden ist, wie es künftig in den tiefen Lagen der Schweiz zu erwarten ist, und ob die entsprechende Baumart dort tatsächlich vorkommt.

#### **Traubeneiche künftig weit verbreitet**

Typische wärmeliebende Arten wie die Traubeneiche werden demnach für 2070–2099 in einem grossen Teil der modellierten collinen Stufe erwartet, und zwar für die trockenere ebenso wie für die weniger trockene Klimazukunft. In der Region Sion ist damit zu rechnen, dass die colline Stufe verlassen wird in Richtung einer mediterranen Stufe, in der heute auch Arten wie Kork- und Steineiche zu finden sind.

### **Bilanz, Einschätzung der Grenzen und weiteres Potenzial des Ansatzes**

#### **Zielvorstellungen zur Zusammensetzung der Wälder müssen dynamisch sein**

Die Änderung des Klimas als zentralem Standortfaktor erfordert, dass Schutz und Erhaltung der Waldressourcen mit dynamischen Zielvorstellungen angegangen werden. Der entwickelte standortkundliche Ansatz ermöglicht es, an jedem Waldort die zukünftig naturnahen Ökosysteme zu identifizieren und mit der Förderung der entsprechenden Baumarten die Grundstruktur für damit verbundene Lebensgemeinschaften zu fördern und bereitzustellen. Dies erleichtert auch eine Migration der mit bestimmten Waldgesellschaften assoziierten Arten.

#### **Handlungsbedarf und Dringlichkeit besser abschätzbar**

Die Weiterentwicklung der nötigen Grundlagen erlaubt es den Kantonen, ihre waldbaulichen Instrumente anzupassen. Damit bleiben bewährte, in der Praxis akzeptierte Planungsinstrumente, die sowohl für die Kantone wie für den Bund im Bereich der NFA-Programmvereinbarungen Schutzwald, Waldbiodiversität und Jungwaldpflege zentral sind, weiterhin nutzbar. Auf betrieblicher Ebene können die standortkundlichen Kartierungen (1:5000 oder 1:10000) weiterhin für waldbauliche Entscheide verwendet werden. Die erarbeiteten Grundlagen vermitteln den Waldfachleuten nachvollziehbare waldbauliche Orientierung und erlauben, Handlungsbedarf und Dringlichkeit für jeden Bestand und Standortstyp abzuschätzen. So ist es möglich, für einzelne Baumarten jene Standorte herauszulesen, auf denen sie künftig ihnen zusagende Bedingungen finden. Bei der Fichte zum Beispiel lässt sich eruiieren, wo sie auch in tieferen Lagen mit vertretbarem Risiko verwendbar bleibt (ALLGAIER LEUCH *et al.* 2018).

Den Waldfachleuten sollte jedoch bewusst sein, dass die entwickelten standortkundlichen Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel Unschärfen aufweisen, welche über die Ungenauigkeiten der standortkundlichen Ansprache hinausgehen. Dies liegt einerseits an der unsicheren Entwicklung des Klimas. Mit der weniger trockenen und der trockeneren Klimazukunft wurde versucht, eine mögliche Bandbreite abzudecken. Die Entwicklung könnte weniger extrem, eher jedoch extremer ausfallen. Andererseits haben auch die angewandten Modellierungen ihre Grenzen bezüglich Genauigkeit. Einzelne gelistete Baumarten sind heute aus klimatischen Gründen nicht im ganzen Verbreitungsgebiet des Standortstyps vertreten, zum Beispiel fehlt die Esche im obersten Bereich der Tannen-Buchenwälder. Ob eine Art gegenwärtig Krankheiten wie Eschenwelke oder Ulmensterben ausgesetzt ist, wird in den Baumartenlisten nicht berücksichtigt. Schliesslich bestehen in den tiefsten Lagen der Schweiz erhebliche Wissenslücken, da keine analogen Standortstypen vorhanden sind, die entsprechende Orientierung bezüglich Baumarten-eignung unter verändertem Klima bieten könnten.

**Die trotz der neuen Grundlagen verbleibende Unsicherheit ist zu berücksichtigen**

Da der Bezug der Standortstypen zu den entscheidenden klimatischen Parametern nun quantifiziert ist, können bei Bedarf auch andere Klimazukünfte als die hier angenommenen unterlegt werden. Damit lassen sich die Veränderungen der Vegetationshöhenstufen für jede mögliche Klimazukunft und für jeden Punkt des Schweizer Waldes beschreiben. Wesentlich für die Ableitung künftig geeigneter Baumarten bleibt, dass für einen Ort im Wald dessen Lage im Ökogramm zuverlässig bestimmt werden kann. Dies erfolgt in der Regel über standortkundliche Methoden, die Vegetation und Boden berücksichtigen. Eine bodenkundliche Ansprache kann zusätzliche Informationen liefern, speziell bezüglich Wasserspeicherung. Weitere Optionen für die Weiterentwicklung und praktische Anwendungen der standortkundlichen Grundlagen für den Klimawandel sind in Kapitel 6 ausgeführt.

**Anpassungsfähige Methodik**

## **4 Waldtests zur Konsolidierung der Baumartenempfehlungen**

### **Zweck und Ablauf der Waldtests**

Die vorgehend beschriebene Methodik und die Expertenempfehlungen aus dem Forschungsprojekt «Adaptierte Ökogramme» sind in sogenannten Waldtests, einem breit angelegten partizipativen Prozess, weiterentwickelt und konsolidiert worden. Tabelle 1 listet die damit verbundenen Anlässe auf. Grosses Gewicht wurde auf Praxistauglichkeit gelegt. Dazu diente auch die Sommertagung 2016 der Gebirgswaldpflegegruppe GWG, die ebenfalls im Format «Waldtest» durchgeführt wurde. Beteiligt an den Waldtests waren Vertreter und Vertreterinnen der kantonalen Wald-, Jagd- und Naturschutzdienste, der Waldeigentümer- und Holzwirtschaftsverbände sowie der nationalen und kantonalen Umweltverbände, ebenso wie Mitglieder der Praxisbegleitgruppe des Forschungsprogramms. Tabelle 1 im Anhang listet die insgesamt 242 Teilnehmenden an den einzelnen Anlässen auf.

**Waldtests zur Konsolidierung der Methodik**

Die Waldtests bestanden aus einem theoretischen und einem Praxisteil. Im Theorieblock wurden wichtige Ergebnisse des Forschungsprogramms vorgestellt, im Praxisteil im Wald wurden die zu erwartenden Standortveränderungen, die Konsequenzen für die Baumartenwahl und allfällige Folgen für die waldbaulichen Entscheide diskutiert. Auf Standorten, auf denen bedeutende Auswirkungen des Klimawandels zu erwarten sind, wurden Vorstellungen zum möglichen Vorgehen entwickelt, wie heutige Wälder in Bestände überführt werden können, die an das Klima von morgen angepasst sind.

Nr.	Termine	Anlass	Ort
1	27.10.2015	Prä-Waldtest	Sargans GR
2	26.02.2016	Internationaler Expertenworkshop	Zürich
3	22.03.2016	Workshop Kantonsoberförster	Bern
4	29.04.2016	Informationsanlass für nationale Stakeholder	Olten
5	25.05.2016	Test für Forstleute im Flachland	Vinelz BE
6	01.06.2016	Test für Forstleute im Gebirge	Jaun FR
7	16.06.2016	Waldtest 1	Einsiedeln SZ
8	29.–31.08.2016	Sommertagung der Gebirgswaldpflegegruppe	Savognin GR
9	13.09.2016	Waldtest 2	Niderbuchsiten SO
10	22.09.2016	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte	Bern
11	12.12.2016	Zwischenbilanz Waldtests 2016	Olten
12	17.05.2017	Waldtest 3	Homburg TG
13	30./31.05.2017	Waldtest 4	Bellinzona TI
14	14.06.2017	Waldtest 5	Epalinges VD
15	29./30.06.2017	Waldtest 6	Martigny VS
16	18.08.2017	Syntheseworkshop	Olten

Tabelle 1. Partizipativer Prozess der Waldtests: Anlässe zur Konsolidierung der standortkundlichen Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel.

## Methodische Erkenntnisse aus den Waldtests

**Die Methodik ist konsolidiert und wurde von Wald-fachleuten positiv aufgenommen**

Die Waldtests boten ausgiebig Gelegenheit für Stellungnahmen und Rückmeldungen. Die entwickelte Methodik wurde von allen teilnehmenden Fachleuten begrüsst und kann als konsolidiert eingestuft werden. Positiv aufgenommen wurde die Tatsache, dass mit dem Ansatz zur Anpassung der standortkundlichen Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel ein bestehendes Instrument adaptiert wurde und damit ein nachvollziehbares Orientierungsinstrument für die Baumartenwahl bereitsteht. An den Waldtests wurde teils eingehend diskutiert, wie die entsprechende Überführung jeweils zu gestalten ist. Dies stellt vor allem in jenen Beständen eine Herausforderung dar, die aufgrund des Klimawandels eine starke Veränderung der Baumartengarnitur erfahren dürften. Eine wichtige Erkenntnis aus den Waldtests besteht darin, dass das Veränderungsausmass und die Veränderungsgeschwindigkeit je nach Standortstyp und auch nach effektiv vorhandenem Bestand sehr unterschiedlich sind. Dies ist für die Planung und Priorisierung von waldbaulichen Massnahmen eine zentrale Erkenntnis. Den Waldtests kam eine wichtige kommunikative Funktion zu. Bezüglich Notwendigkeit, Ausmass und Zeitpunkt von vorbeugendem Handeln und differenzierten Problemlösungen konnten wichtige Grundsätze entwickelt und vermittelt werden. Darüber hinaus trugen die Waldtests auch zur sachgerechten Diskussion sensibler Fragen wie beispielsweise dem Einsatz von Fichte oder Douglasie bei.

## Diskussion von Spezialthemen

Die vier Spezialthemen, die an den Waldtests vertieft debattiert wurden, wurden bereits im Rahmen der Erarbeitung der wissenschaftlichen Synthese (PLUESS *et al.* 2016) als diskussionswürdig erkannt. Die Thematik Wildhuftiere und Verbiss stand am Anlass der Gebirgswaldpflegegruppe 2016 in Savognin im Fokus, wurde aber auch an den Waldtests ausserhalb des Schutzwaldes zum Teil ausführlich besprochen. Die Diskussionen sind nachstehend zusammengefasst.

### Nadelbaumanteil

Nadelbäume, speziell die Fichte, sind für Waldeigentümer als Einnahmequelle und für die Holzindustrie als Rohstoff wichtig. Allerdings haben Ereignisse wie der Orkan Lothar und der Trockensommer 2003 gezeigt, dass bei ihnen, und im Besonderen bei der Fichte, bereits heute erhöhte Störungsrisiken bestehen. Diese dürften stark zunehmen. Im Mittelland und den Voralpen sind durch Lothar rund 7,4 Mio m<sup>3</sup> Fichtenholz geworfen worden. Weitere 6,5 Mio m<sup>3</sup> Fichte fielen zwischen 1995 und 2005 Borkenkäfern zum Opfer (FORSTER *et al.* 2008), was wesentlich auf die beiden erwähnten Ereignisse zurückzuführen ist. Auf vielen Standorten, speziell in tieferen Lagen, ist ein Halten der Fichtenanteile auf dem heutigen Niveau mit unvermeidbaren Risiken verbunden, nicht zuletzt aufgrund der Borkenkäferaktivität. Eine Reduktion der Fichtenanteile kann über Jahrzehnte im Rahmen der üblichen Holznutzung erfolgen. Die für die waldbauliche Entscheidungsfindung entwickelte Methode, welche die Standortbedingungen einbezieht, erlaubt jedoch auch eine kleinflächig differenzierte Beurteilung hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels. Generell dürften sich tiefgründige und nordexponierte Standorte länger für höhere Fichtenanteile eignen. Allerdings wird auch auf derartigen Standorten empfohlen, durch Mischbestände die Risiken zu reduzieren, wobei natürliche Fichtenverjüngung der Pflanzung vorzuziehen ist. Als Alternative zur Fichte kommen je nach Standortstyp die Tanne, im trockeneren Bereich die Waldföhre und als eingeführte Baumart die Douglasie in Frage.

**Hohe Störungsrisiken für Fichte**

### Eingeführte Baumarten

Diese Thematik wurde kontrovers diskutiert. Vertreterinnen und Vertreter von Umweltverbänden äusserten die Ansicht, dass der Klimawandel grundsätzlich mit einheimischen Baumarten zu bewältigen sei und eingeführte Baumarten aufgrund mangelnder Interaktion mit der einheimischen Flora und Fauna problematisch seien. Zudem wurden vor allem für die Douglasie Bedenken bezüglich einer möglichen potenziellen Invasivität geäussert, die sich in einem veränderten Klima spontan manifestieren könnte.

**Kontroverse Thematik «eingeführte Baumarten»**

Die Waldtests im Tessin und Wallis führten zur Erkenntnis, dass in den trockensten und wärmsten Gegenden der Schweiz eingeführte Baumarten, darunter der Götterbaum mit eindeutig invasivem Verhalten, in jedem Fall eine Rolle spielen werden. Zum Umgang damit ist die Entwicklung geeigneter waldbaulicher Konzepte in Vorbereitung.

Bedeutenden Raum nahm an den Waldtests die Debatte über die Douglasie ein. Aus waldbauwirtschaftlicher Sicht wurde ihr Potenzial für die Holzproduktion und im Schutzwald hervorgehoben sowie, im Vergleich mit der Fichte, die bessere Fähigkeit, Trockenheit zu ertragen und das Fehlen von relevanten Schädlingen. Praktiker betonten eine mögliche steigende Bedeutung für den Schutzwald aufgrund ihrer hohen Standfestigkeit im Mischwald, der dicken Borke und dem guten Vermögen, Wunden zu überwallen. Bezüglich Bedenken zur Invasivität wurde darauf hingewiesen, dass die dazu laufende Forschung in der Schweiz bisher keine entsprechenden Hinweise erbracht hat. Da die Douglasie weder aus dem Stock ausschlägt noch Wurzelbrut bildet und zudem erst nach Jahrzehnten Samen bildet, wäre ihre Eindämmung problemlos möglich. Unter den Befürwortern der Douglasie bestand Konsens, dass sie als Mischbaumart einzusetzen ist.

**Douglasie: Potenzial als Mischbaumart für Holzproduktion und Schutzwald**

Bezüglich eingeführter Baumarten ist eine differenzierte Betrachtung nötig, da diese sich ökologisch sehr unterschiedlich verhalten, zum Beispiel was ihre Fähigkeit zum Ausschlag aus dem Stock und zur Wurzelbrut sowie ihre Konkurrenzkraft betrifft. Bezüglich eines allfälligen Einsatzes der Douglasie wird vorderhand empfohlen, sich an den heutigen standortkundlichen Kommentaren der Kantone zu orientieren und sie auf jenen Standortstypen zu verwenden, wo sie seit Einführung bevorzugt gepflanzt wird: auf den frucht-

baren Standorten der submontanen, untermontanen und obermontanen Stufe, also in Waldmeister-Buchenwäldern, Waldhirschen-Buchenwäldern und Tannen-Buchenwäldern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass mit der Verschiebung der Vegetationshöhenstufen sich auch die für eingeführte Baumarten heute geeigneten Standorte nach oben verschieben. So dürften in einem trockeneren und wärmeren Klima heutige Waldmeister-Buchenwälder grossflächig unter collinen Einfluss gelangen, während analoge Standortbedingungen für Waldmeister-Buchenwälder künftig in höheren Lagen zu finden sind.

Bezüglich Götterbaum enthalten die Fichen zu den Standortstypen (digitaler Anhang, FREHNER *et al.* 2018) warnende Hinweise auf speziell gefährdete Standorte, auf denen er sich rasch ausbreiten kann.

### **Starker Verbiss zukunftsfähiger Baumarten**

#### **Wildhuftiere und Verbiss**

Viele der zukunftsfähigen Baumarten werden von Wildhuftieren (Reh, Hirsch, Gämse) bevorzugt und können ohne Schutzmassnahmen vielerorts nicht aufkommen. Dies betrifft speziell die Eichenarten und die Tanne. Die Thematik wurde bei jedem Waldtest aufgegriffen und als einer der Schlüssel für das Anpassungsvermögen der Schweizer Wälder, die Erhaltung der Biodiversität und einheimischer und standorttypischer Arten bezeichnet. Als Massnahmen diskutiert wurden Bestandesreduktionen und Lebensraumverbesserungen bei Wildhuftieren. Ein entsprechender Dialog zwischen Wald- und Jagdseite ist speziell vor Einleitung der Verjüngung wichtig, weil sonst die Gefahr besteht, dass die Naturverjüngung der zukunftsfähigen Baumarten auf längere Zeit ausfällt. Ohne entsprechende Massnahmen werden in wichtigen Schutzwäldern grosse Zäune mit entsprechenden Kostenfolgen nötig. Differenzierte Lösungen für dieses seit Jahrzehnten existierende Problem zu entwickeln, wird für den Erfolg von Anpassungsmassnahmen entscheidend sein. Dies gilt auch dann, wenn diese Massnahmen über eine Förderung der Naturverjüngung erfolgen. Als Anleitung zur Problemlösung bei Wald-Wildproblemen steht von Bundesseite die Vollzugshilfe Wald-Wild (Bundesamt für Umwelt 2010) zur Verfügung.

### **Risiken durch Umwandlung naturferner Be- stände reduzieren**

#### **Senkung der Umtriebszeit und der Zieldurchmesser**

Die Senkung der Umtriebszeit ist eines der Adaptationsprinzipien und vor allem in naturfernen Beständen eine Möglichkeit, Risiken rechtzeitig abzubauen (BRANG *et al.* 2016). In standortfremden Nadelholz-Reinbeständen der Dickungs- bis Stangenholzstufe kann es angebracht sein, zukünftige Störungsrisiken zu reduzieren, indem man sie durchforstet und so schnell zur Hiebsreife bringt, oder indem man sie vorzeitig verjüngt. Eine schnellere Umwandlung naturferner in naturnähere Bestände ist grundsätzlich positiv für die Biodiversität. In bereits naturnahen Wäldern ist aber zu beachten, dass dabei nicht die Menge von Alt- und Totholz sowie Biotopbäumen reduziert wird. Dies ist aus Naturschutzsicht unerwünscht.

## 5 Umsetzung, Controlling und Monitoring

### Waldbauliche Umsetzung von Anpassungsmassnahmen

Baumartenempfehlungen sind für die Anpassung des Waldes an den Klimawandel von zentraler Bedeutung. An den Waldtests zeigte sich, dass die dafür bestehenden Instrumente auch weiterhin eingesetzt werden können: Bei allen Entscheidungen, welche die Anteile der Baumarten in einem Bestand beeinflussen, können die aufgrund des Klimawandels revidierten Empfehlungen als Richtschnur dienen. Die Abweichungen zwischen der aktuellen und der angesichts der klimatischen Veränderungen angestrebten Baumartenzusammensetzung eines Bestandes sind oft bedeutend. In vielen im Rahmen der Waldtests besuchten Beständen wachsen heute Baumarten, die gegen Ende des Jahrhunderts als ungeeignet gelten. Dies ist zwar nicht grundsätzlich problematisch, denn viele Bestände (im Dauerwald: Einzelbäume) dürften vorher hiebsreif sein und verjüngt werden. Doch langfristig hat dies einen erheblichen Handlungsbedarf zur Folge und dürfte zuweilen auch die Anpassung der Baumartenzusammensetzung dringlicher machen.

**Baumartenwahl für die Anpassung an den Klimawandel zentral**

Angesichts der Unsicherheiten betreffend Klimaentwicklung, Störungsereignissen und Befall durch Schadorganismen ist zur Risikominderung neben einer Anpassung der Baumarten die Erhöhung der Baumartenvielfalt eine wichtige Handlungsstrategie (BRANG *et al.* 2016). Der Erhöhung der Baumartenvielfalt des Folgebstandes dient dabei auch der Erhalt von Samenbäumen zukunftsfähiger Baumarten, welche sich so in der nächsten Verjüngungsphase natürlich verbreiten können (siehe Kasten «Vorausschauend für Samenbäume sorgen»). Dieser Handlungsmaxime ist im Vergleich zum bisherigen Waldbau wesentlich höheres Gewicht einzuräumen.

**Erhöhung der Baumartenvielfalt trägt zur Risikominderung bei**

Die anderen Handlungsprinzipien eines an den Klimawandel angepassten Waldbaus – die Erhöhung der Strukturvielfalt, der genetischen Vielfalt und der Störungsresistenz sowie eine Verkürzung der Umtriebszeit bzw. eine Reduktion des Zieldurchmessers (s. oben) – wurden in den Waldtests weniger intensiv diskutiert. Im Dauerwald und beim feinen Femelschlag ist die Strukturvielfalt generell gross. Besonders schwierig umsetzbar scheint eine Erhöhung der genetischen Vielfalt. Das Problem liegt darin, dass man den Baumpopulationen ihre genetische Vielfalt nicht «ansieht» und daher kaum beurteilbar ist, in welchen Fällen Handlungsbedarf besteht. In mehreren Waldtests wurde diskutiert, dass lange Verjüngungszeiträume zwar die genetische Vielfalt fördern helfen, aber die Baumartenvielfalt eher reduzieren, weil sich so vor allem schattentolerante Baumarten etablieren.

**Genetische Vielfalt fördern kann Baumartenvielfalt reduzieren**

### Waldbauliche Schlüsselsituationen und Ausmass von Anpassungsmassnahmen

Die Baumartenanteile in einem Bestand lassen sich im Femelschlagbetrieb nur in relativ kurzen Entwicklungsphasen massgeblich beeinflussen: in der Phase der Bestandesverjüngung und Jungwaldpflege. Später ist ein Baumartenwechsel stark erschwert, da die Z-Bäume sich mit oder ohne Pflegeeingriffe durchgesetzt haben und damit festgelegt sind. Es ist daher wichtig, diese sogenannten «Schlüsselsituationen» zu erkennen und zu nutzen (Abbildung 7). Die Anpassung soll also nicht überstürzt, sondern dann erfolgen, wenn die Behandlungsphase die Anpassung der Baumartenzusammensetzung des Bestands im Rahmen des naturnahen Waldbaus erlaubt. Im Dauerwaldbetrieb hingegen lassen sich die Baumartenanteile in einem Bestand fast bei jedem Eingriff verändern (Abbildung 7).

**Schlüsselsituationen: zu nutzende Gelegenheiten zur Anpassung**

### Grössere Bedeutung von Samenbäumen zukunfts-tauglicher Arten und von punktuellen Pflanzungen

In der Praxis muss die aktuelle Bewirtschaftungsweise in vielen Beständen nur geringfügig angepasst werden. Ein Grund ist, dass klimabedingte Risiken langsam zunehmen dürften. Dies verschafft in vielen Fällen Jahrzehnte Zeit für das Abwarten der Schlüssel-situationen, in denen die Bestände im Rahmen der üblichen waldbaulichen Eingriffe an zukünftige Klimabedingungen angepasst werden können. Bei der Festlegung der Eingriffe verdienen folgende Überlegungen mehr Beachtung als bisher: Die Risiken für klimaempfindliche Baumarten wie die Fichte nehmen zu, was Handlungsbedarf auslösen kann; heutige und spätere Samenbäume zukunfts-fähiger Baumarten sollen erhalten und gefördert werden; in der Verjüngung und bei der Jungwaldpflege ist die Baumartenvielfalt höher zu gewichten als bisher, wobei besonders trockenheitstolerante Baumarten erhalten und gefördert werden sollen. Wo sich zukunfts-fähige Baumarten nicht von selbst verjüngen, soll – entgegen dem Trend der letzten Jahrzehnte – punktuell gepflanzt werden. Meist sind die Jungpflanzen gegen Wildeinfluss zu schützen und bei den nachfolgenden Pflegeeingriffen zu fördern.

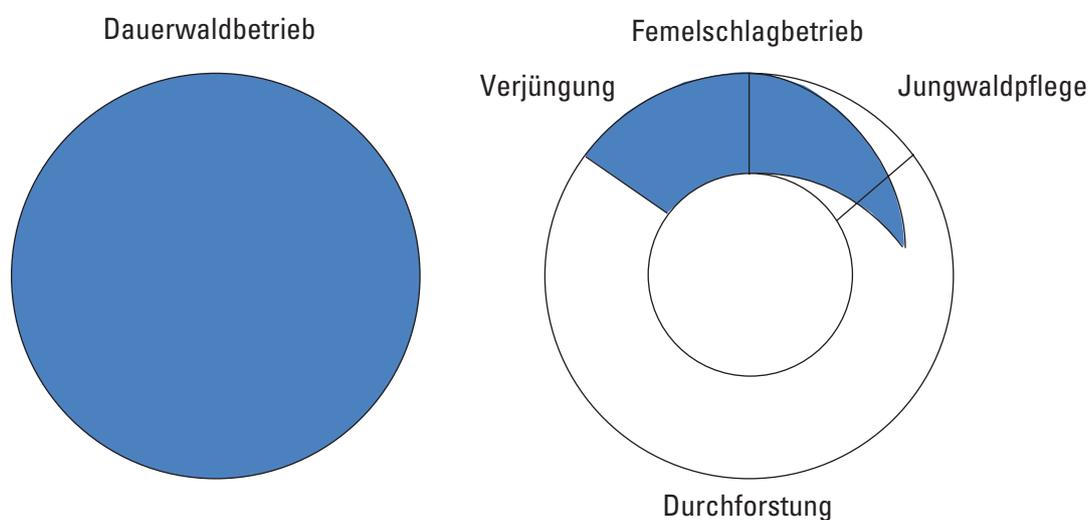


Abbildung 7. Möglichkeiten zur Anpassung der Baumartenzusammensetzung (blau hervorgehobene Bereiche): Im Femelschlagbetrieb ergeben sich diese aus den Behandlungsphasen, die Phase der Bestandesverjüngung ist die Schlüsselsituation mit der grössten Hebelwirkung. Im Dauerwaldbetrieb kann jeder Eingriff eine Schlüsselsituation darstellen. Quelle: ALLGAIER LEUCH *et al.* (2017a), verändert.

### Handlungsbedarf abhängig von Waldfunktionen

Besonders hoch kann der Handlungsbedarf in Wäldern sein, die wichtige Waldleistungen, zum Beispiel Schutz vor Naturgefahren, erbringen. Dort ist es besonders wichtig, die Schlüsselsituationen in der Verjüngungs- und Jungwaldphase und allenfalls noch im Stangenholz für nötige Anpassungen der Baumartenzusammensetzung zu nutzen. Bei Beständen in der Baumholzphase, deren Verjüngung erst in einigen Jahrzehnten ansteht, kann man sich Zeit für Anpassungsmassnahmen lassen. Dringender ist die Situation in Schutzwäldern, in denen ungenügende Verjüngung mit verminderter Bestandesstabilität zusammentrifft. Probleme können Jungwüchse oder Dickungen aus nicht zukunfts-fähigen Baumarten bieten; dort stellt sich die Frage, ob eine Nachkorrektur der Baumartenzusammensetzung verhältnismässig ist, denn sie ist oft mit teuren Wildschutzmassnahmen und grossem Pflegeaufwand verbunden.

Störungsereignisse wie Sturm, Trockenheit, Waldbrand oder Schadorganismen stellen Gelegenheiten dar, Jungwälder aus zukunftstauglichen Baumarten zu begründen, sei es mit reiner Naturverjüngung, mit gemischt natürlicher und künstlicher Verjüngung oder (im Ausnahmefall) vorwiegend mit Pflanzung. Störungsflächen bieten eine gute Gelegenheit, den Anteil von klimatoleranten Lichtbaumarten zu erhöhen.

**Störungsereignisse: Gelegenheit zur Begründung zukunftstauglicher Jungwälder**

### Praxisbeispiel von situationsgerechten Anpassungsmassnahmen

Aus den rund 30 an den Waldtests behandelten Beispielbeständen sei hier der Verjüngungsbestand Sagliot bei Tiefencastel (Graubünden) herausgegriffen (Abbildung 8, ALLGAIER LEUCH *et al.* 2017b). Die weiteren Bestände sind im digitalen Anhang dargestellt (FREHNER *et al.* 2018).



Abbildung 8. Fachdiskussion an der Sommertagung 2016 der Gebirgswaldpflegegruppe im Verjüngungsbestand Sagliot bei Tiefencastel (GR). Foto: Barbara Allgaier Leuch

Es handelt sich um ein starkes Baumholz aus 80 % Fichten und 20 % Tannen, das kleine Lücken aufweist. Die Standortbedingungen dürften sich hier ausgesprochen stark verändern. Die Modellierung ergibt, dass aus dem hochmontanen Karbonat-Tannen-Fichtenwald mit Weisssegge (Standortstyp 52) in beiden Klimazukünften am Ende des Jahrhunderts Klimaverhältnisse der collinen Stufe mit einem Eichen-Linden-Mischwald vorkommen werden. Die Gefahr, dass die Fichten vom Borkenkäfer befallen werden, nimmt laufend zu. Der Bestand ist reif für die Verjüngung. Doch auf welche Baumarten soll gesetzt werden? Traubeneichen oder Winterlinden sind weit und breit keine zu finden, und es ist fraglich, ob die Eichen im zurzeit noch recht rauen Klima überleben könnten, zumal an diesem eher schattigen Nordhang. In der nächsten Generation soll der Fichtenanteil stark reduziert werden. Im Bestand sind Samenbäume der Tanne, auf

trockeneren Kuppen in unmittelbarer Umgebung solche der Waldföhre vorhanden. In der Nähe spriessen zudem junge Kirschbäume und Spitzahorne innerhalb eines Wildschutzzäuns. Bei geringerem Wildeinfluss würde sich eine artenreiche Verjüngung mit besser an den Klimawandel angepassten Baumarten von selbst einstellen. Aktuell wächst jedoch ausserhalb der Kontrollzäune fast nur die Fichte auf, die hier nicht zukunftsfähig ist. Der starke Einfluss der Wildhuftiere blockiert also die Anpassung der Baumartengarnitur an den Klimawandel.

### Vorausschauend für Samenbäume sorgen

Samenbäume zukunftsfähiger Arten sind von grossem Wert. Sie unterstützen die Anpassung des Waldes an den Klimawandel mit Mitteln des naturnahen Waldbaus. Samenbäume in mittelalten und reifen Beständen stellen ein Potenzial dar, um zukunftsfähige Arten heute oder in den kommenden Jahrzehnten natürlich zu verjüngen. Sie sind daher möglichst zu erhalten, in ihrer Kronenausbildung zu fördern und allenfalls als Überhälter über die Umtriebszeit des Bestandes hinaus stehen zu lassen.

Auch in heutigen Jungwüchsen und Dickungen sollte man an zukünftige Samenbäume denken. Eingesprengt finden sich an vielen Orten Exemplare zukunftsfähiger Arten. Ihr Erhalt im Rahmen der Jungwaldpflege sichert «Vorposten des Klimawandels» als spätere Samenbäume. Diese Bäume müssen entwicklungsfähig sein, die Stammqualität spielt hingegen keine Rolle. Fehlt die gewünschte Diversität in der Verjüngung, können zukunftsfähige Samenbäume auch gepflanzt werden. Selbstredend ist ein wirksamer Schutz vor Wildverbiss bei Pflanzungen nötig.

## Controlling und Wissensaustausch als Elemente des adaptiven Managements

### Massnahmen im Sinne eines Controllings dokumentieren

Der sich über Jahrzehnte vollziehende Klimawandel erfordert von den Fachleuten eine vorausschauende Bewirtschaftung. Die Beobachtung bleibt weiterhin ein wertvolles Instrument, um die Wirksamkeit von Eingriffen beurteilen und allenfalls Kurskorrekturen vornehmen sowie frühzeitig auf neue Phänomene (z.B. Schadorganismen) reagieren zu können. Darüber hinaus ist es notwendig, das zukünftige Klima zu antizipieren und die Bestände darauf vorzubereiten. Auf diese Weise lassen sich rechtzeitig Gegenmassnahmen treffen und lokale Besonderheiten in die Entscheide einbeziehen. Die beobachtende Tätigkeit verdient einen prominenten Platz im Arbeitsalltag. Sie wird vor allem dann im Sinn eines Controllings wertvoll, wenn die Forstbetriebe die waldbaulichen Behandlungen und deren spätere Auswirkungen gut dokumentieren. Dieses Vorgehen wird «passives adaptives Management» genannt. Das «adaptive» Element liegt darin, dass die Bewirtschaftung angepasst wird, wenn sie sich als nicht mehr zielführend erweist. Ein solches Vorgehen ist in der Schutzwaldpflege bei der Wirkungsanalyse auf Weiserflächen beschrieben (FREHNER *et al.* 2005/2009) und stellt im Schutzwald bereits heute die Best Practice dar.

### Beobachtung hat Grenzen

Das beobachtende Vorgehen hat jedoch Grenzen. Die Einzelbeobachtungen stellen Fallstudien dar, weshalb Verallgemeinerungen unzulässig sind. Zudem werden die Beobachtungen in der Regel nicht gut dokumentiert und sind daher rückblickend schlecht nachvollziehbar. Die Erfahrungen und das Praxiswissen bleiben meist bei denen, die es erarbeiten, und Innovationen verbreiten sich nur langsam oder bleiben gar unbemerkt.

Beobachten lässt sich nur, was bereits passiert ist. Die künftigen Folgen des raschen Klimawandels sind naturgemäss noch nicht feststellbar und daher nur schwer einzuschätzen. Einen Blick in die Zukunft erlauben statistische Modelle, welche die Änderung der Standortbedingungen projizieren können. Auch Simulationsmodelle der Waldentwicklung (BIRCHER *et al.* 2016) können wertvolle Hinweise geben.

**Zukunft nicht beobachtbar – mit Modellen kann sie projiziert werden**

Um Unsicherheiten bei der Anpassung an den Klimawandel zu reduzieren, sollte das passive adaptive Management mit dem «aktiven adaptiven Management» kombiniert werden. Dabei werden unterschiedliche Handlungsoptionen beim Umgang mit dem Klimawandel miteinander verglichen. So wird beispielsweise der Einsatz bestimmter Provenienzen und zukunftsfähiger Baumarten im Projekt «Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten» (s. Kasten unten) untersucht. Weitere Themen des aktiven adaptiven Managements könnten die Konkurrenz zwischen Buche und Traubeneiche, die Wirkung starker Durchforstungen auf den Wasserverbrauch und die Verjüngung von Lichtbaumarten im Dauerwald sein.

**Adaptives Management liefert laufend neue Erkenntnisse**

Einfache Versuche können gut in die normale Waldbewirtschaftung integriert werden. Sie müssen nicht eng wissenschaftlich begleitet sein, aber das Einhalten gewisser Standards bei der Anlage und Dokumentation (ROSA *et al.* 2011) erhöht ihre Aussagekraft, was den Wissensaustausch unter Bewirtschaftenden erleichtert. Entsprechende Standards sollten in Anlehnung an die Praxis in der Schutzwaldpflege entwickelt werden.

### **Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten**

Auf vielen Waldstandorten werden unter den klimatischen Bedingungen, welche gegen Ende des 21. Jahrhunderts erwartet werden, andere Baumarten besser wachsen als die, welche heute dort gedeihen. In diesem Kontext stellt sich in der Praxis folgende Frage:

Welche der Baumarten, die gegen Ende des 21. Jahrhunderts auf einem Standort als geeignet gelten, können bereits heute dort gedeihen?

Die Antwort auf diese Frage ist deshalb wichtig, weil aus Pflanzungen solcher Baumarten in einigen Jahrzehnten bereits Samenbäume heranwachsen und für die spätere Naturverjüngung sorgen könnten. Die Antwort auf die gestellte Frage soll ein Netzwerk von 30 bis 50 Testpflanzungen liefern, das für die kommenden Jahrzehnte wissenschaftlich belastbare, praxisrelevante Aussagen liefern soll.

Im Projekt «Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten» sollen Forschende, kantonale Forstdienste, Betriebsleiter und Fachorganisationen wie proQuercus zusammenarbeiten, um aussagekräftige Testpflanzungen anzulegen und über mehrere Jahrzehnte zu beobachten. In einer Pilotphase bis September 2018 werden das Design der Testpflanzungen und die etwa 18 zu testenden Baumarten festgelegt. Pro Baumart sollen sieben Herkünfte getestet werden. Auch ist ein Inventar bestehender Testpflanzungen geplant.

Weitere Informationen: [www.testpflanzungen.ch](http://www.testpflanzungen.ch)

## 6 Weiterentwicklung der standortkundlichen Grundlagen für den Klimawandel

### Instrumente für die Umsetzung auf kantonaler und regionaler Ebene

#### Die Grundlagen erlauben weiterführende Entwicklungen

Im Rahmen der Waldtests wurden die Grundlagen für die Baumartenwahl in rund 30 Fallbeispielen aufgearbeitet und dokumentiert. Diese Fälle stellen nur eine Teilmenge aller in der Schweiz möglichen Übergänge zwischen dem heutigen und dem zukünftigen Standortstyp dar. Ziel ist, die in diesem Bericht beschriebenen Erkenntnisse und Ergebnisse den Kantonen flächendeckend zur Verfügung zu stellen. Entsprechende Arbeiten sind bereits angelaufen:

- Die Herleitung von Baumartenempfehlungen für den Klimawandel basiert auf den Verschiebungen der Vegetationshöhenstufen. Konkrete Informationen liegen vorerst für die in den Waldtests untersuchten Bestände in Form digitaler Geodaten vor. Die entwickelte Methodik erlaubt es, diese Verschiebungen für jeden Punkt des Schweizer Waldes darzustellen. Die entsprechenden Daten sind mittlerweile flächendeckend vorhanden. Basierend darauf lassen sich zuhanden der Kantone Anwendungen zur feldtauglichen Nutzung durch die Praxis herleiten. Dabei sind auch Tools in digitaler Form möglich.
- Denkbar ist ein Tool, mit dem der Standortstyp hergeleitet werden kann (Tool Standort), und eines, das Baumartenempfehlungen liefert (Tool Baumarten). Abbildung 9 zeigt einen möglichen Weg, wie Standortstyp und Baumartenempfehlungen mit entsprechenden Tools hergeleitet werden könnten. Grundlage für die Baumartenempfehlungen ist der in diesem Bericht beschriebene Ansatz, der auf einem Zusammenzug aller kantonalen Empfehlungen aufbaut. Eine entsprechend offen zu gestaltende Applikation kann in einem weiteren Schritt als Basis für kantonale oder regionale Anwendungen dienen, welche die jeweiligen Datengrundlagen und Bedürfnisse berücksichtigen (z.B. Tool Baumarten Kanton, Abbildung 9).
- Kantonale und regionale Anpassungen könnten in den kommenden Jahren für verschiedene Anwendungstiefen programmiert werden, zum Beispiel mit direkter Bestimmung des Standortstyps durch den Anwender bei Verwendung einer Standort- oder Standorthinweiskarte.
- Für Standortstypen, die in Zukunft in die colline Stufe wechseln, sind die Unsicherheiten bei den Baumartenempfehlungen erheblich. Hier können im Rahmen des Testpflanzungsprojekts neue Erkenntnisse gesammelt werden (s. Kasten Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten).
- Um solche Erkenntnisse über die im Waldbau nötigen Zeiträume festzuhalten, könnte die WSL zuhanden der Kantone Anleitungen entwickeln, welche die Forstbetriebe beim waldbaulichen Controlling und der Dokumentation einfacher Versuche unterstützen, in Anlehnung an die bestehende Praxis in der Schutzwaldpflege.

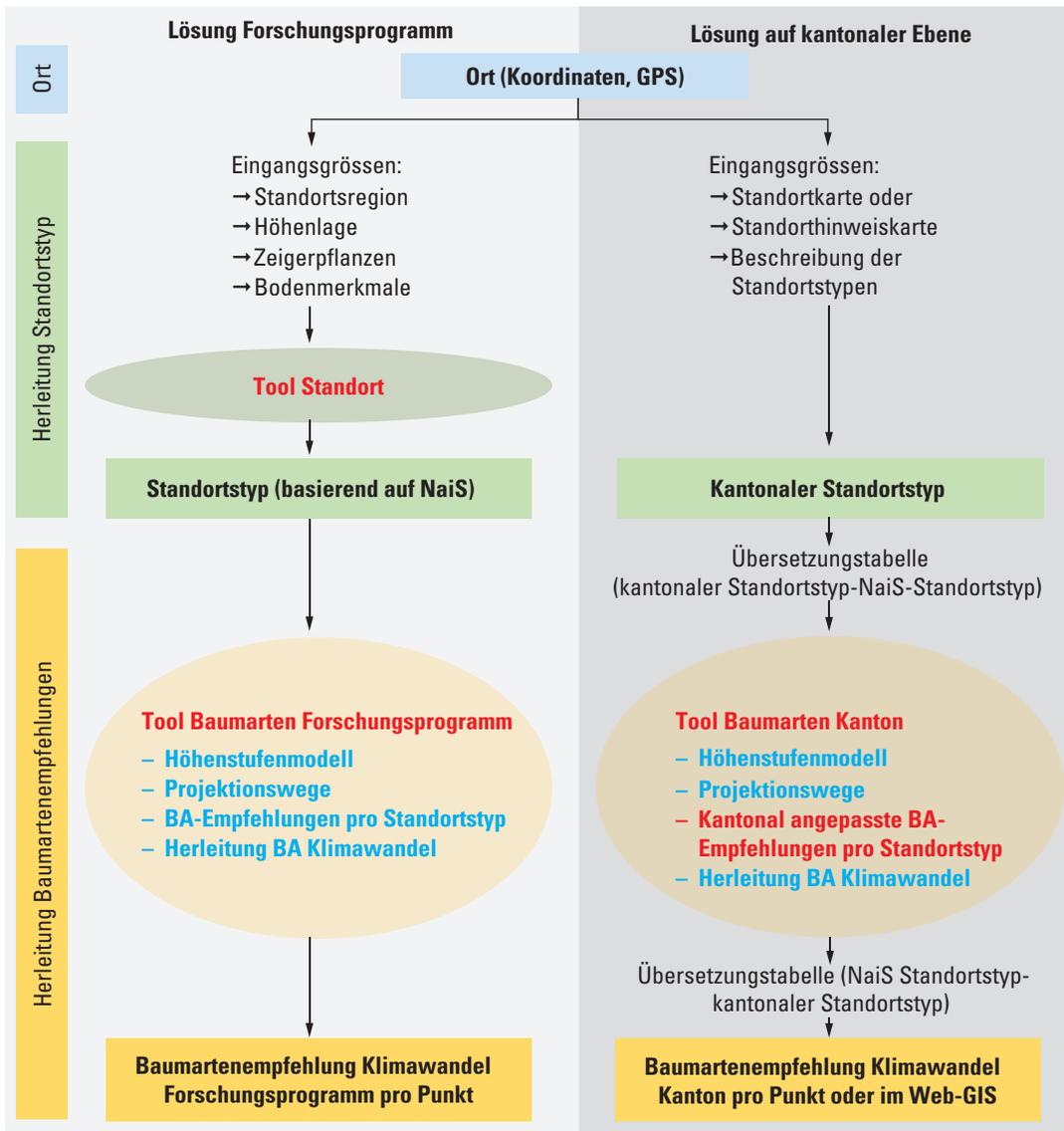


Abbildung 9. Mögliche Wege zur Herleitung von Standortstyp und Baumartenempfehlungen, nicht abschliessend (schwarz = vorhandene Grundlagen, blau = im Forschungsprogramm erarbeitet, rot = zu erarbeiten, BA = Baumart[en]).

### Perspektiven für die Weiterentwicklung der vorliegenden Grundlagen

Die standortkundlichen Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel und die entwickelte Methodik für die Berücksichtigung des Klimawandels im Waldbau können wesentlich zur Entwicklung einer Reihe von weiteren Anwendungen und Problemlösungen beitragen. Zudem bieten sie vielfältige Möglichkeiten für die Planung auf betrieblicher Ebene. Als weitere Anwendungen stehen im Vordergrund:

- Die Methodik kann für die Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion (Methode NaiS) eingesetzt werden.
- Die Methodik mit Projektion in mögliche Klimazukünfte bietet standörtlich differenzierte Grundlagen für waldbauliche Konzepte zur Kontrolle von Neophyten.
- Mit der entwickelten Methodik stehen hoch aufgelöste standortkundliche Grundlagen für Projekte und Tools zur Verfügung, die sich auf waldbauliche Projektionen unter Klimawandel abstützen.

- Die Methodik ist Grundlage für die Erfassung der genetischen Vielfalt und des Anpassungspotenzials verschiedener Genotypen, beispielsweise in Verjüngungsbeobachtungsflächen.
- Sie ist Basis, um Erkenntnisse, wie sie weiterhin aus der Forschung und aus Beobachtungen der Praxis anfallen werden, periodisch einzuarbeiten. Dazu gehört auch ein Anpassungsbedarf, der sich aufgrund von Klimazukünften ergeben könnte, die von den beiden hier verwendeten abweichen.
- In Aus- und Weiterbildung im waldbaulichen Bereich, wo standortkundliche Kriterien bereits heute eine wichtige Grundlage für die waldbauliche Entscheidungsfindung sind, eignet sich die Methodik, um den Aspekt des Klimawandels einzubringen.
- Die Methodik stellt eine Weiterentwicklung von Theorie und Anwendung des standortkundlichen Wissens dar. Standortkundliche Kompetenz erhält dadurch einen neuen Stellenwert.

Auf betrieblicher Ebene ist die Methodik vielfach einsetzbar:

- Sie ist Grundlage für ein Instrument zur Prioritätensetzung bei Anpassungsmassnahmen.
- Sie ist Basis für die Entwicklung von Verfahren zum Einsatz der vorliegenden Methode im Ereignisfall (Sturm, Waldbrand).
- Die Möglichkeit, für künftige Klimabedingungen geeignete Baumarten zu identifizieren, kann als fachliche Grundlage für den regionalen oder lokalen Dialog zwischen Wald und Jagd eingesetzt werden. Ziel ist die Erhaltung der Naturverjüngung und eines breiten Baumartenspektrums, insbesondere auch von anpassungsfähigen Baumarten wie z. B. der Eichenarten oder der Weisstanne, die speziell verbissgefährdet sind.

## 7 Fichen der angepassten Standortstypen

Für die rund 30 im Zusammenhang mit den Waldtests untersuchten Orte in der Schweiz wurden Baumartenempfehlungen hergeleitet. Im digitalen Anhang zu diesem Bericht (FREHNER *et al.* 2018) finden sich für diese Beispiele Fichen, welche den heutigen Standortstyp beschreiben sowie die Herleitung der analogen Standortstypen der beiden untersuchten Klimazukünfte und die entsprechenden Baumartenempfehlungen darstellen. Auf der übernächsten Seite ist eine solche Fiche für einen Typischen Schneesimsen-Buchenwald in Sopra Pauto, Pianezzo (TI) abgebildet.

In den Fichen ist jeweils angegeben, ob diese für ein grösseres Gebiet generalisierbar sind. Fünf zusätzliche Fichen beschreiben Standorte, welche sich in einer gesamten Standortsregion in gleicher Weise verändern.

Auf den ersten zwei Seiten der Fichen ist der heutige Standortstyp mit den entsprechenden Pflanzen und den Bodenmerkmalen ausführlich beschrieben. Auf eine allgemeine Beschreibung folgen eine Auflistung der vorkommenden Baum-, Strauch- und Krautarten sowie Empfehlungen und Bemerkungen zu Ökologie und Waldbau. Alle Angaben sind den NaiS-Standortstypen entnommen (FREHNER 2005/2009). Auf der zweiten Seite ist der zugehörige Boden ausführlich beschrieben. Traditionell wird der Boden angesprochen, falls die Zeigerpflanzen fehlen oder zu wenig aussagekräftig sind. Da die künftige Entwicklung des Standorts in vielen Fällen von der Wasserspeicherfähigkeit abhängen dürfte, wird empfohlen, zu deren Bestimmung vermehrt Bodenprofile zu erstellen, soweit dies im waldbaulichen Alltag möglich ist.

Die dritte Seite der Fichen beschreibt die Herleitung analoger Standortstypen bei «mässigem» (RegCM3) und «starkem» (CLM) Klimawandel. Dazu sind die Höhenstufenmodelle der beiden Klimazukünfte am jeweiligen geografischen Ort sowie die Projektion des Standortstyps in das Ökogramm/die Ökogramme der zukünftigen Höhenstufe(n) dargestellt. In den dargestellten Beispielen kommen die folgenden drei Situationen vor:

- Die Höhenstufe verschiebt sich nur bei «starkem» Klimawandel (CLM). Der Standortstyp respektive die Baumartenempfehlungen ändern sich nur bei «starkem» Klimawandel (CLM).
- Die Höhenstufe verschiebt sich bei «mässigem» (RegCM3) und «starkem» (CLM) Klimawandel in dieselbe Höhenstufe. Es gibt nur einen analogen Standortstyp und eine zugehörige Baumartenempfehlung.
- Die Höhenstufe verschiebt sich bei «mässigem» (RegCM3) und «starkem» (CLM) Klimawandel in unterschiedliche Höhenstufen. Dies hat unterschiedliche analoge Standortstypen und unterschiedliche Baumartenempfehlungen zur Folge.

Auf der vierten Seite der Fichen finden sich die Baumartenempfehlungen im Hinblick auf den Klimawandel. Auf der oberen Seitenhälfte sind die Naturwaldbaumarten des/der analogen Standortstyps/en aufgeführt. Diese wurden aus den kantonalen Beschreibungen respektive Schlüsseln der Standortstypen übernommen sowie aus Informationen zu den Gehölzen aus dem LFI hergeleitet. Für die colline Stufe wurden die Baumarten mithilfe lokaler Experten und anhand von Baumartenverbreitungskarten hergeleitet sowie durch Waldbauspezialisten verifiziert.

Bei den «wichtigen Naturwaldbaumarten» sind die «dominierenden Baumarten» fett vermerkt; zudem sind die «wichtigsten Mischbaumarten» aufgeführt. Unter den «weiteren Baumarten» sind jene aufgeführt, die im Naturwald vorkommen können, aber dort selten die Oberschicht erreichen. Gastbaumarten und invasive Baumarten sind nur aufgeführt, wenn sie in den kantonalen Beschreibungen vorkommen. Teilweise sind aufgeführte Baumarten nicht im ganzen Verbreitungsgebiet des Standortstyps natürlich verbreitet. So fehlen beispielsweise der Schneeballblättrige Ahorn in der Ostschweiz und die Esche im obersten Bereich der obermontanen Höhenstufe. Ob eine Art gegenwärtig Krankheiten wie Eschentriebsterben oder Ulmensterben ausgesetzt ist, wird in den Baumartenlisten nicht berücksichtigt.

Auf der unteren Seitenhälfte befinden sich Empfehlungen zur Anpassung der Baumartenzusammensetzung. Diese wurden anhand eines Vergleiches der Baumarten des heutigen mit den Baumarten des zukünftigen Standortstyps erstellt. Blau dargestellt sind Baumarten, die sich sowohl bei «mässigem» (RegCM3) als auch bei «starkem» (CLM) Klimawandel zum Fördern oder Mitnehmen eignen.

Die Baumartenempfehlungen basieren auf den Grundlagen Stand September 2017. Da die Grundlagen während den Waldtests noch in Bearbeitung waren, weichen sie teilweise von den an den Waldtests benutzten Unterlagen ab.

<b>Typischer Schneesimsen-Buchenwald (Waldsimsen-Tannen-Buchenwald mit Rohrreitgras)</b> Luzulo niveae-Fagetum typicum (Luzulo silvaticae-Abieti-Fagetum calamagrostietosum arundinaceae)	<b>Fiche</b>  <b>3(19a)</b>
---	-----------------------------------

### Beschreibung Standortstyp heute

Allg. Angaben	<b>Naturwald</b>	Oft dichte Buchenwälder, teilweise grosskronige Buchen, auch Stockausschläge. Stellenweise beigemischt: Traubeneiche, Birke, Kastanie, Mehlbeere, Vogelbeere, Zitterpappel, Linde, Fichte, Tanne, Lärche. In der Region 5a mit Fichtenvorposten sind evt. vereinzelt Fichten vorhanden, in der Region 5b fehlt die Fichte vollständig. Die seltenen Schlusswaldstadien sind reicher an Tanne und entsprechen etwa dem 1h (Artenarmer Waldsimsen-Tannen-Buchenwald).
	<b>Maximale Bestandeshöhe</b>	<b>15–25 m</b> Maximale Baumhöhe: Nadelbäume 30 m / Laubbäume 25 m
	<b>Standort allgemein</b>	Hanglagen, in tiefen Lagen kalte Schattenhänge. Von 500 bis 1500 m über Meer.
Baumschicht	<b>Dominante Naturwaldbaumarten</b>	<b>mittel:</b> Buche
	<b>wichtige beigemischte Naturwaldbaumarten</b>	<b>mässig trocken:</b> Traubeneiche <b>feucht:</b> Tanne <b>sauer:</b> Kastanie <b>weitere:</b> Fichte
	<b>weitere Baumarten</b>	<b>laurophyll:</b> Stechpalme, Eibe <b>mässig trocken:</b> Zerreiche, Mehlbeere <b>wechselfeucht:</b> Bergahorn, Zitterpappel, Salweide <b>sauer:</b> Lärche <b>wechselfeucht, mässig basisch:</b> Esche <b>mittel:</b> Kirschbaum, Vogelbeere, Winterlinde <b>weitere:</b> Birke, Waldföhre
Strauch- und Krautschicht	<b>Aspekt Vegetation</b>	Spärliche Krautschicht mit Schneesimse, Rohrreitgras, Betonienblättrige Rapunzel. Nicht selten sind die dunkelsten Beständen ohne Krautschicht.
	<b>Stäucher</b> oft vertreten	
	<b>Kräuter</b> oft vertreten	<b>mässig trocken:</b> Wald-Habichtskraut; <b>stark sauer:</b> Drahtschmiele; <b>sauer:</b> Schneesimse, Schneeweisse Hainsimse; <b>feucht, sauer:</b> Rohrreitgras; <b>mittel:</b> Hasenlattich, Gewöhnliche Goldrute; <b>wechselfeucht, stark sauer:</b> Heidelbeere
Ökologie und Waldbau	<b>Bemerkungen</b>	Schlussgrad normal bis locker. Oft Stockausschlagwälder. In den unteren Lagen oft mit Kastanie bestockt. Der nährstoffarme Buchenwald mit Stechpalme (3VL) ist bei den collinen Laubwäldern beschrieben.
	<b>Limitierende Faktoren</b>	<b>Austrocknung:</b> Buchenverjüngung leidet unter Schirm und auf besonnten Freiflächen unter zeitweiser Austrocknung. <b>Waldbrand:</b> Häufig, führt zur Degradation des Standortes. <b>Bodensäure:</b> Wegen des sauren Bodens fehlen Edellaubbäume weitgehend. Falls mächtige organische Auflagen vorhanden sind, so wird der Standort immer ungünstiger für die Buchenverjüngung.
	<b>Waldbau</b>	Hochwaldbewirtschaftung mit Plentern oder Femelschlag möglich. Eine langsame Verjüngung unter Schirm oder mit kleinen Löchern ist möglich. Bei grösseren Öffnungen ist die Austrocknungsgefahr zu beachten. Zur Förderung der Verjüngung können schlitzförmige Bestandesöffnungen von 1–1,5 Baumhöhen in der Längsrichtung gemacht werden.

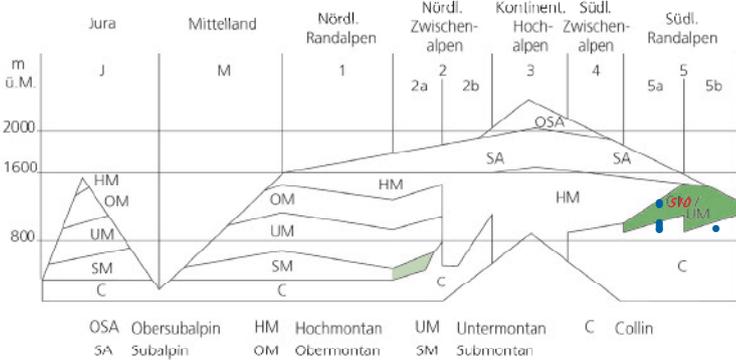
# Beschreibung Boden heute (Typischer Schneesimsen-Buchenwald, 3)

Verbreitung Naistyp:   
 sehr häufig   
 weniger häufig   
 selten

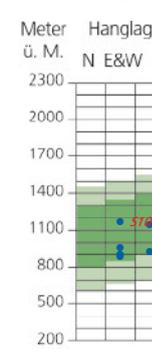
Bodenprofile WSL: n = 7

• Profiltort   
 A1 Profil-Nr. aus «Waldböden der Schweiz»   
 3 Anzahl Profile, wenn mehrere am selber Ort

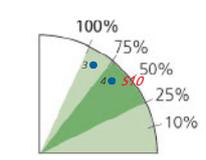
## Höhenstufe/Region



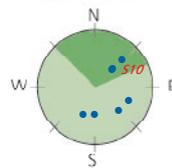
## Höhenlage



## Hangneigung



## Exposition



## Boden

### Humusform

	Roh-humus	Moder	Mull
trockene Ausprägung (Xeroformen)	Rohhumus-artiger Moder	Typischer Moder Mullartiger Moder	F-Mull L-Mull
feuchte Ausprägung (Hydroformen)			

\*1 pH-Werte-Bereich im Ah-Horizont (minimaler - maximaler Wert); n = 6

### Varianten

- Anmoor
- Kalkmull
- Tangelhumus
- Torf
- Kalkmoder
- erodiert

### Bodenentwicklung

	rohe Böden	entwickelte Böden	vernässte Böden
organische Böden			
Auenböden			
neutr. Braunerden			
Braunpodsole			
Humuspodsole			

\*1 pH-Werte-Bereich im B-Horizont (minimaler - maximaler Wert); n = 5

## Gründigkeit und Skelettgehalt

Skelettgehalt	Gründigkeit	
	äußerst hoch	sehr gering
äußerst hoch		sehr flach
hoch		flach
mittel		mittel
gering		tief
sehr gering		sehr tief
		äußerst tief

## Wasserdurchlässigkeit und Vernässung

Vernässung: grund- und hangwasserbeeinflusste Böden	Durchlässigkeit	
	äußerst hoch	sehr gering
äußerst hoch		äußerst hoch
hoch		sehr hoch
mittel		hoch
gering		mittel
sehr gering		gering
		sehr gering

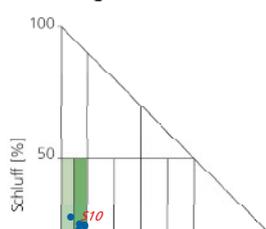
### Vernässung: stauwasserbeeinflusste Böden

Vernässung: stauwasserbeeinflusste Böden	Durchlässigkeit	
	äußerst hoch	mittel
äußerst hoch		äußerst hoch
hoch		sehr hoch
mittel		hoch

### Ausgangsmaterial

- 2 sauer
- basisch
- 5 nicht bestimmt

### Körnung

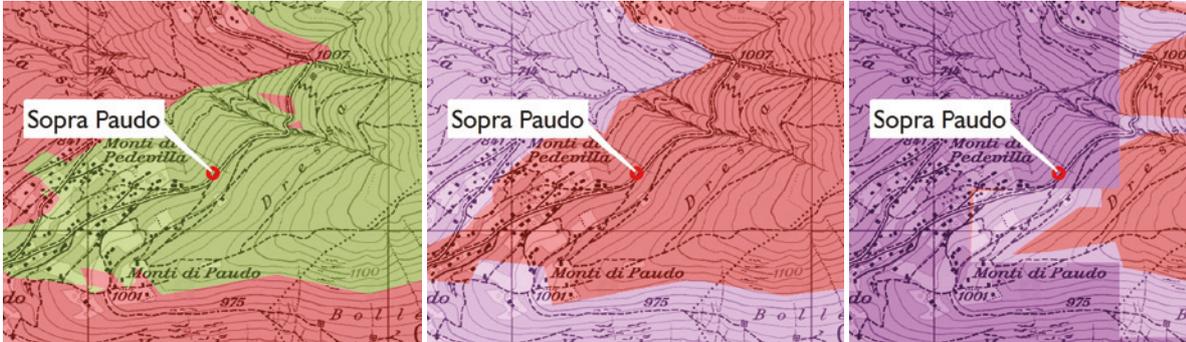


### Kalkgrenze

keine KG

### Höhenstufe in Sopra Paudo, Pianezzo (TI)

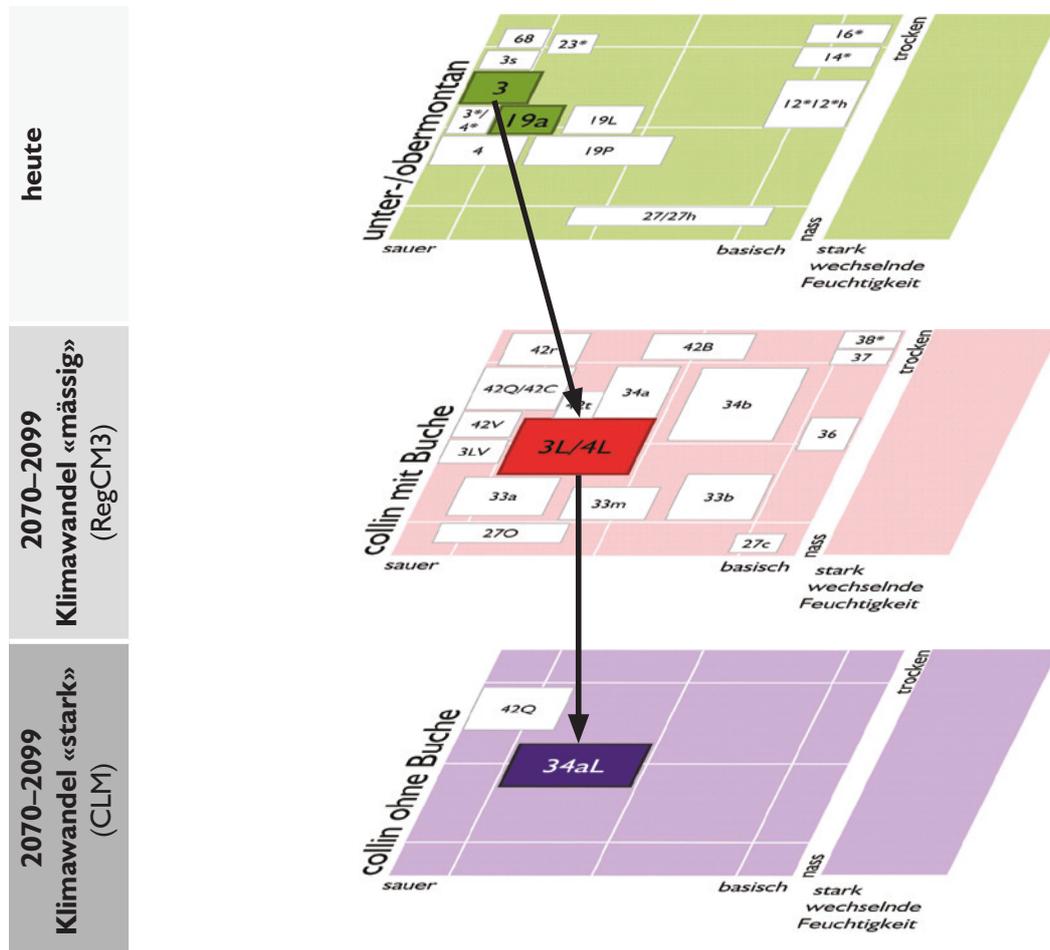
heute	2070–2099 Klimawandel «mässig» (RegCM3)	2070–2099 Klimawandel «stark» (CLM)
ober-/untermontan	collin mit Buche	collin ohne Buche



Legende Höhenstufen: ■ unter-/obermontan ■ collin ohne Buche  
■ collin mit Buche ■ hyperinsubrisch

Keine Generalisierung möglich.

### Auswirkungen des Klimawandels auf den Standortstyp 3 (19a) in Sopra Paudo, Pianezzo (TI)



**Baumartenempfehlungen für 2070–2099**

	<b>Klimawandel «mässig» (RegCM3)</b> <b>3L/4L Stechpalmen-Buchenwald</b> <i>collin mit Buche</i>	<b>Klimawandel «stark» (CLM)</b> <b>34aL Kastanien-Mischwald mit Eichen, Linden und Laurophyllen (Bu kritisch)</b> <i>collin ohne Buche</i>
Wichtige Naturwaldbaumarten	<b>Buche, Stechpalme, Kastanie, Traubeneiche, Zerreiche, Winterlinde, Esche, Kirschbaum</b>	<b>Kastanie, Traubeneiche, Winterlinde, Kirschbaum, Zerreiche, Eibe, Stechpalme</b>
Weitere Baumarten	Birke, Zitterpappel, Salweide, Robinie, Bergahorn, Fichte, Schwarzpappel, Tanne, Vogelbeere, Eibe, Mehlbeere, Weymouthsföhre, Götterbaum	Flaumeiche, Stieleiche, Birke, Buche, Zitterpappel, Salweide, Robinie, Waldföhre, Fichte, Tanne, Mehlbeere, Echter Lorbeer, Hanfpalme, Weymouthsföhre, Götterbaum
Seltene, überlebensfähige Baumarten	Spitzahorn, Hagebuche, Nussbaum, Flaumeiche, Waldföhre, Hopfenbuche, Sommerlinde	Spitzahorn, Hagebuche, Nussbaum, Hopfenbuche, Sommerlinde, Buche
Oberhöhe	20–25 m	15–23 m

**Empfehlungen zur Anpassung der Baumarten an zwei Klimazukünfte**

	<b>Klimawandel «mässig» (RegCM3)</b> <b>3L/4L Stechpalmen-Buchenwald</b> <i>collin mit Buche</i>	<b>Klimawandel «stark» (CLM)</b> <b>34aL Kastanien-Mischwald mit Eichen, Linden und Laurophyllen (Bu kritisch)</b> <i>collin ohne Buche</i>
<b>Bereits im heutigen Standortstyp mögliche Baumarten</b>		
Fördern	<b>Buche, Stechpalme, Kastanie, Traubeneiche, Zerreiche (Sottoceneri), Winterlinde, Esche, Kirschbaum</b>	<b>Kastanie, Traubeneiche, Winterlinde, Kirschbaum, Zerreiche, Eibe, Stechpalme</b>
Mitnehmen	<b>Birke, Zitterpappel, Salweide, Robinie, Tanne, Vogelbeere, Eibe, Mehlbeere, Weymouthsföhre, Flaumeiche, Fichte, Waldföhre</b>	<b>Flaumeiche, Birke, Zitterpappel, Salweide, Robinie, Waldföhre, Fichte, Tanne, Mehlbeere, Weymouthsföhre, Buche</b>
Reduzieren	Lärche	Lärche, Vogelbeere, Esche
<b>In Zukunft zusätzlich mögliche Baumarten</b>		
Mitnehmen	<b>Bergahorn, Schwarzpappel, Spitzahorn, Hagebuche, Nussbaum, Hopfenbuche, Sommerlinde</b>	<b>Stieleiche, Echter Lorbeer, Hanfpalme, Spitzahorn, Hagebuche, Nussbaum, Hopfenbuche, Sommerlinde</b>
Achtung	Götterbaum	Götterbaum

## 8 Literatur

- ALLGAIER LEUCH, B.; STREIT, K.; BRANG, P., 2017a: Naturnaher Waldbau im Klimawandel. Merkblatt für die Praxis 59.1: 8 S.
- ALLGAIER LEUCH, B.; ZÜRCHER, N.; BRANG, P., 2017b: Die Anpassung des Gebirgswalds an den Klimawandel will geübt sein. Bündner Wald 70, 1: 46–51.
- ALLGAIER LEUCH, B.; STREIT, K.; STILLHARD, J.; CIOLDI, F.; BRANG, P., 2018: Zukunft der Fichte im Schweizer Mittelland. Wald und Holz 98, 3: 31–34.
- BEGERT, M.; SCHLEGEL, T.; KIRCHHOFER, W., 2005: Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *International Journal of Climatology* 25: 65–80.
- BIRCHER, N.; CAILLERET, M.; ZINGG, A.; BUGMANN, H., 2016: Potenzielle Grundflächenveränderungen auf Bestandesebene im Klimawandel. In: PLUETT, A.R.; BRANG, P.; AUGUSTIN, S. (Red.). Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptionsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt: 157–175.
- BRANG, P.; KÜCHLI, C.; SCHWITTER, R.; BUGMANN, H.; AMMANN, P., 2016: Waldbauliche Strategien im Klimawandel. In: PLUETT, A.R.; BRANG, P.; AUGUSTIN, S. (Red.). Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptionsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt: 341–365.
- Bundesamt für Umwelt, 2010: Vollzugshilfe Wald und Wild. Das integrale Management von Reh, Gämse, Rothirsch und ihrem Lebensraum. Bern. 24 S.
- CH2011, 2011: Swiss Climate Change Scenarios CH2011. Zurich, C2SM, MeteoSwiss, NCCR Climate, OcCC. 87 p.
- COLLINS, M.; KNUTTI, R.; ARBLASTER, J.; DUFRESNE, J.-L.; FICHEFET, T.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GAO, X.; GUTOWSKI, W.J.; JOHNS, T.; KRINNER, G.; SHONGWE, M.; TEBALDI, C.; WEAVER, A.J.; WEHNER, M., 2013: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ETZOLD, S.; WUNDER, J.; BRAUN, S.; ROHNER, B.; BIGLER, C.; ABEGG, M.; RIGLING, A., 2016: Mortalität von Waldbäumen: Ursachen und Trends. In: PLUETT, A.R.; BRANG, P.; AUGUSTIN, S. (Red.). Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptionsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt: 177–197.
- ELLENBERG, H.; KLÖTZLI, F., 1972: Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitteilungen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft* 48: 587–930.
- FORSTER, B.; MEIER, F.; BRÄNDLI, U.-B., 2008: Vorratsabbau – auch durch Sturm und Käfer. Wald und Holz 89, 3: 52–54.
- FREHNER, M.; WASSER, B.; SCHWITTER, R., 2005/09: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen in Wäldern mit Schutzfunktion. Bern, Bundesamt für Umwelt.
- FREHNER, M.; BRANG, P.; KAUFMANN, G.; KÜCHLI, C.; SCHMUTZ, M. 2018: Fichten der angepassten Standortstypen für die an den Waldtests besuchten Objekte. Digitaler Anhang zum Bericht Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel (Red.: FREHNER, M.; BRANG, P.; KAUFMANN, G.; KÜCHLI, C.). WSL Ber. 66, Anhang.
- FREHNER, M.; HUBER, B. (Red.) 2018: Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel»: Übersicht über die Teilberichte. Sargans, Forstingenieurbüro Frehner & Chur, Abenis AG.

- FREHNER, M.; SCHERLER, M.; BRAUN, S., in Vorb. Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel», Teil 2: Quantifizierung der Lage von Standortstypen im Ökogramm. Sargans.
- GUBELMANN, P.; HUBER, B.; FREHNER, M.; ZISCHG, A.; BURNAND, J.; CARRARO, G., 2018: Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel», Teil 1: Quantifizierung und Verschiebung der Höhenstufengrenzen sowie des Tannen- und Buchenareals in der Schweiz mit zwei Klimazukünften. Chur, Abenis AG.
- HUBER, B.; FREHNER, M.; ZIMMERMANN, N. E.; VAN WIJNKOOP, P.; WÜEST, R.O., 2017: Vorarbeiten für Baumartenempfehlungen von Standortstypen, die in der Schweiz heute noch nicht vorkommen. Ein Bericht aus dem Projekt «Adaptierte Ökogramme» im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». Chur, Abenis AG. 70 S.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [eds: Core Writing Team; PACHAURI, R.K.; MEYER, L.A.]. IPCC, Geneva, Switzerland. 151 pp.
- MANSER, R.; STEFFEN, K.; MEIER, U.; KÜCHLI, C., 2015: Forschung zur richtigen Zeit, umsetzungsorientiert und politisch eingebettet (Editorial). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 166: 348–351.
- MEEHL, G.A.; STOCKER, T.F.; COLLINS, W.D.; FRIEDLINGSTEIN, P.; GAYE A.T.; GREGORY, J.M.; KITOH, A.; KNUTTI, R.; MURPHY, J.M.; NODA, A.; RAPER, S.C.B.; WATTERSON, I.G.; WEAVER, A.J.; ZHAO, Z.-C., 2007: Global Climate Projections. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (eds), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. 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. 100 pp.
- MILLAR, C.I.; STEPHENSON, N.L., 2015: Temperate forest health in a era of emerging megadisturbance. *Science* 349, 6250: 823–826.
- PLUESS, A.R.; BRANG, P.; AUGUSTIN, S. (Red.). Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt: 447 S.
- REMUND, J.; AUGUSTIN, S., 2015: Zustand und Entwicklung der Trockenheit in Schweizer Wäldern. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 166: 352–360.
- REMUND, J.; RIHM, B.; HUEGUENIN-LANDL, B., 2016: Klimadaten für die Waldmodellierung für das 20. und 21. Jahrhundert. Bern, Meteotest. 39 S.
- ROSA, J.; RIOU-NIVERT, P.; PAILLASSA, É., 2011: Guide de l'expérimentation forestière. Principes de base. Prise en compte du changement climatique. Paris, CNPF/IDF. 223 p.
- SCNAT, 2016: Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Bern, Akademien der Wissenschaften Schweiz. 216 S.
- STREIT, K.; ALLGAIER LEUCH, B.; AUGUSTIN, S.; BRANG, P., 2016: «Wälder der Klimazukunft». *Wald und Holz* 97, 12: 27–30.
- WOHLGEMUTH, T.; GALLIEN, L.; ZIMMERMANN, N.E., 2016: Verjüngung von Buche und Fichte im Klimawandel. In: PLUESS, A.R.; BRANG, P.; AUGUSTIN, S. (Red.). Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt: 115–135.
- ZIMMERMANN, N.E.; NORMAND, S.; PSOMAS, A., 2015: PORTREE. Final Report. A project funded by the BAFU-WSL program on «Forests and Climate Change». Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL.
- ZIMMERMANN, N.E.; SCHMATZ, D.R.; GALLIEN, L.; KÖRNER, C.; HUBER, B.; FREHNER, M.; KÜCHLER, M.; PSOMAS, A., 2016: Baumartenverbreitung und Standorteignung. In: PLUESS, A.R.; BRANG, P.; AUGUSTIN, S. (Red.). Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU, Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Bern, Stuttgart, Wien, Haupt: 199–221.

## 9 Teilnehmende an den Waldtests

Name	Organisation	Anlässe
Thomas Abt	Dienststelle für Landwirtschaft und Wald LU	Workshop Kantonsoberrforster
Jan Andrea Aeberhard	BAFU	Waldtest 4
Christoph Aeschbacher	Abteilung Wald und Natur OW	Waldtest 1
Pierre Alfter	Service de la faune, des forêts et de la nature NE	Waldtest 2
Urs Allemann	Amt für Wald, Jagd und Fischerei SO	Waldtest 2
Yvonne Allemann	Amt für Wald BE	Test für Forstleute im Gebirge
Karin Allenspach	Amt für Wald BE	GWG-Sommertagung
Barbara Allgaier Leuch	WSL	Prä-Waldtest, Workshop Kantonsoberrforster, Test für Forstleute im Flachland, GWG-Sommertagung
Jürg Altwegg	Abteilung Natur und Landschaft ZH	Waldtest 1
Sejana Agnes Amir	Dienststelle für Landwirtschaft und Wald LU	Test für Forstleute im Gebirge
August Ammann	Forstdienst SG	Workshop Kantonsoberrforster
Peter Ammann	Fachstelle Waldbau Lyss	Waldtest 2
Martin Attenberger	Oberforstamt AI	GWG-Sommertagung, Waldtest 3
Sabine Augustin	BAFU	Anlass für nationale Stakeholder, Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop, Prä-Waldtest, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtest 1, Workshop Kantonsoberrforster, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Andreas Bacher	Abteilung Wald und Natur OW	Test für Forstleute im Gebirge, Workshop Kantonsoberrforster
Guido Bader	Amt für Wald BL/BS	GWG-Sommertagung
Marc Ballmer	Office de l'environnement JU	Test für Forstleute im Flachland
Recher Balz	Forstrevier Riedbach BL	Waldtest 2
Peter Bebi	SLF	GWG-Sommertagung
Lukas Becker	Dienststelle Wald und Landschaft VS	GWG-Sommertagung
Davide Bettelini	Sezione forestale TI	Waldtest 4
Thomas Bettler	BAFU	Waldtest 5
Roger Biderborst	Forst Goms	GWG-Sommertagung
Bernard Biedermann	Nivalp SA, Grimsuat	GWG-Sommertagung
Raffael Bienz	Abteilung Wald AG	Waldtest 3
Stefan Biermann	Forstrevier Bödéli, Bern	Test für Forstleute im Gebirge
Franz Binder	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft DE	GWG-Sommertagung
Daniel Böhi	Forstamt TG	Waldtest 3, Workshop Kantonsoberrforster
Roberto Bolgè	BAFU	Test für Forstleute im Flachland
Markus Bolliger	BAFU	Anlass für nationale Stakeholder

Name		Organisation	Teilgenommene Anlässe
Francesco	Bonavia	Ufficio delle misure promozionali e del vivaio TI	Waldtest 4
Patrick	Bonfils	Naturavali	Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtest 5
François	Bossel	Amt für Wald, Wild und Fischerei FR	Test für Forstleute im Gebirge
Jacques	Bottani	Sezione forestale TI	Waldtest 4
Thomas	Brandes	Forstdienst SG	Test für Forstleute im Gebirge, GWG-Sommertagung
Peter	Brang	WSL	Anlass für nationale Stakeholder, Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, GWG-Sommertagung, Prä-Waldtest, Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtests 1-6, Workshop Kantonsoberförster, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Sabine	Braun	Institut für Angewandte Pflanzenbiologie, Schönenbuch	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Workshop Kantonsoberförster
Jean-Baptiste	Bruchez	Forstrevier Fully VS	Waldtest 6
Urban	Brütsch	WaldSchweiz	Waldtest 3
Harald	Bugmann	ETH Zürich	GWG-Sommertagung
Rolf	Bühlmann	Dienststelle für Landwirtschaft und Wald LU	Test für Forstleute im Flachland
Thomas	Burger	Burger und Liechti GmbH, Ennetbaden	Internationaler Expertenworkshop
Jacqueline	Bütikofer	Wald Schweiz	Anlass für nationale Stakeholder
Gabriele	Carraro	Dionea SA, Locarno	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Waldtest 4
Vincent	Castella	Forstrevier Jaun FR	Test für Forstleute im Gebirge
François	Chablaix	Inspection cantonale des forêts VD	Waldtest 5
Mathieu	Charvoz	Forstrevier Riddes VS	Waldtest 6
Jean-Christophe	Clivaz	Dienststelle Wald und Landschaft VS	Waldtest 6
François	Clot		Waldtest 5
Milena	Conzetti	Amt für Wald BL/BS	Waldtest 2
Silvio	Covi	Dienststelle Wald und Landschaft VS	GWG-Sommertagung, Waldtest 1
Simon	Czendlik	Forstrevier oberer Hauenstein BL	Waldtest 2
Daniel	Dahmen	Abteilung Natur und Landschaft ZH	Test für Forstleute im Flachland
Roland	David	Sezione forestale TI	Waldtest 4
Catherine	De Rivaz Gillieron	Inspection cantonale des forêts VD	GWG-Sommertagung
Claudio	De Sassi	BAFU	Waldtest 6
Rocco	De Stefano	De Stefano sàrl, Yverdon-les-Bains	Waldtest 5
Julien	Desarzens	Dienststelle Wald und Landschaft VS	Waldtest 6
Matthieu	Détraz	Inspection cantonale des forêts VD	Waldtest 5
Lorenz	Diefenbach	Amt für Wald und Naturgefahren GR	Waldtest 4
Fabian	Dietiker	Abteilung Wald AG	Waldtest 3

Name		Organisation	Teilgenommene Anlässe
Clémence	Dirac	BAFU	Waldtest 6
Christoph	Dürr	BAFU	Waldtest 5
Rolf	Ehrbar	Forstdienst SG	GWG-Sommertagung
Urs	Eigenheer	Naturkonzept AG, Steckborn	Waldtest 3
Albert	Elmiger	Oberforstamt AI	Workshop Kantonsoberförster
Jörg	Ewald	Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, DE	Internationaler Expertenworkshop
Michiel	Fehr	Dienststelle für Landwirtschaft und Wald LU	Waldtest 1
Beat	Feigenwinter	Amt für Wald BL/BS	Test für Forstleute im Flachland
Ralf	Fluor	Forstrevier La Punt / Madulain GR	Anlass für nationale Stakeholder
Stefan	Flury	Codoc	Waldtest 5
Julien	Fournier		Waldtest 6
Nicolas	Fournier	ETUFOR SA, Uvrier	Waldtest 6
Monika	Frehner	Forstingenieurbüro, Sargans	Anlass für nationale Stakeholder, Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, GWG-Sommertagung, Internationaler Expertenworkshop, Prä-Waldtest, Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtests 1-6, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Maurus	Frei	Abteilung Wald und Naturgefahren GL	GWG-Sommertagung
Ueli	Frey	Dienststelle für Landwirtschaft und Wald LU	Test für Forstleute im Flachland
Andreas	Freuler	Abteilung Wald AG	GWG-Sommertagung
Beat	Fritsche	Amt für Raum und Wald Appenzell AR	Anlass für nationale Stakeholder, GWG-Sommertagung, Workshop Kantonsoberförster
Josef	Gabriel	Amt für Wald und Naturgefahren SZ	GWG-Sommertagung
Grégory	Gabriel	Forstrevier Bonmont-La Rippe VD	Waldtest 5
Élie	Garet	Dienststelle Wald und Landschaft VS	Waldtest 6
Jean-Louis	Gay	Inspection cantonale des forêts VD	GWG-Sommertagung, Test für Forstleute im Gebirge
Thomas	Gelbhaar	Forstreviere II/IV AI	Waldtest 3
Philipp	Gerold	Ingenieur Waldbewirtschaftung, Brig	GWG-Sommertagung
Didier	Gétaz	Forstreviere Haute-Broye + Jorat VD	Waldtest 5
Marcel	Gigon	Dienststelle für Landwirtschaft und Wald LU	Anlass für nationale Stakeholder, Waldtest 3
Lukas	Glanzmann	IbW Bildungszentrum Wald, Bern	GWG-Sommertagung
Christa	Glauser	BirdLife Schweiz	Anlass für nationale Stakeholder, Waldtests 2 und 3
Cristian	Gobbin	Sezione forestale TI	Waldtest 4
Anne	Golay	Inspection cantonale des forêts VD	Waldtest 5
Bernhard	Greil	Forst Goms	GWG-Sommertagung
Dominic	Gruber	Forstrevier Region Leuk VS	Waldtest 6
Alexandre	Guhl	pbplan AG	Test für Forstleute im Flachland
Thomas	Gut	Amt für Wald BE	Anlass für nationale Stakeholder, Waldtest 2

Name		Organisation	Teilgenommene Anlässe
Oskar	Hagen	ETH Zürich	Waldtest 3
Raphael	Häner	WaldBeiderBasel	Waldtest 2
Thomas	Hediger	HAFL	GWG-Sommertagung
Christof	Heimgartner	Forstrevier Feldbach TG	Waldtest 3
Caroline	Heiri	Schweizerischer Forstverein	Anlass für nationale Stakeholder
Josef	Hess	BAFU	Test für Forstleute im Gebirge
Karin	Hilfiker	SBB	GWG-Sommertagung
Patrick	Hofer	Verband Schweizer Forstpersonal	Anlass für nationale Stakeholder, Waldtest 1
Roger	Hollenstein	Forstrevier Fischingen TG	Test für Forstleute im Flachland, Waldtest 3
Christian	Hösli	Forstrevier Schwanden GL	Waldtest 1
Barbara	Huber	Abenis AG, Chur	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop, Workshop Kantonsoberförster
Jérémie	Huber	Bureau d'études Forestières, Martigny	Waldtest 6
Urs	Hunziker	Abteilung Wald und Natur OW	GWG-Sommertagung
Patrick	Jäger	Kaufmann + Bader GmbH, Solothurn	Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtest 1
Robert	Jenni	Amt für Wald, Wild und Fischerei FR	Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge
Martin	Jenssen	Waldkunde Institut Eberswalde DE	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop
Gerda	Jimmy	BAFU	Test für Forstleute im Gebirge
Pascal	Junod	Fachstelle Waldbau Lyss	GWG-Sommertagung, Waldtest 2
Daniel	Kämpfer	BINA Engineering SA, Turtmann	Waldtest 6
Geri	Kaufmann	Kaufmann + Bader GmbH, Solothurn	Anlass für nationale Stakeholder, Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, GWG-Sommertagung, Internationaler Expertenworkshop, Prä-Waldtest, Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtests 1-6, Workshop Kantonsoberförster, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Reynald	Keller	Inspection cantonale des forêts VD	Waldtest 5
Pius	Kläger	Amt für Forst und Jagd UR	GWG-Sommertagung
Matthias	Kläy	BAFU	Anlass für nationale Stakeholder, Waldtest 2
Ralf	Klosterhuber	Wald Landschaft Mensch Innsbruck AT	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop
David	Knecht	Forstreviere Haute-Broye + Jorat VD	Waldtest 5
Eckart	Kolb	Technische Universität München DE	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte
Walter	Koller	Forstreviere Ia/III/V AI	Waldtest 3
Martin	Krähenbühl	Forstrevier ob. Diegten BL	Waldtest 2
Martin	Kreiliger	Stiftung Bergwaldprojekt	GWG-Sommertagung

Name		Organisation	Teilgenommene Anlässe
Christian	Küchli	BAFU	Anlass für nationale Stakeholder, Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop, Prä-Waldtest, Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtests 1-6, 0Workshop Kantonsoberförster
Peter	Lakerveld	Pro Natura	Waldtest 2
Alain	Lambert	Amt für Wald, Wild und Fischerei FR	Test für Forstleute im Gebirge
Benjamin	Lange	BAFU	GWG-Sommertagung
Roberto	Lardelli	BirdLife Schweiz	Waldtest 4
Robert	Laurent	Forstrevier La Venoge VD	Waldtest 5
Jonas	Lehner	Dienststelle Wald und Landschaft VS	Waldtest 6
Ruedi	Lengweiler	Forstamt TG	Test für Forstleute im Flachland, Waldtest 3
Gloria	Locatelli	Service de la faune, des forêts et de la nature NE	Waldtest 2
Stéphane	Losey	BAFU	Waldtest 6, Anlass für nationale Stakeholder, Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, GWG-Sommertagung, Internationaler Expertenworkshop, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Andreas	Lötscher	Amt für Wald BE	GWG-Sommertagung
Markus	Lüdin	Forstrevier Ergolzquelle BL	Waldtest 2
Felix	Lüscher	Oberallmeindkorporation Schwyz	GWG-Sommertagung
Martin	Maag	Pro Natura	Waldtest 2
Rolf	Manser	BAFU	Anlass für nationale Stakeholder, Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Prä-Waldtest, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtests 2 und 4, Workshop Kantonsoberförster
Benoit	Mazotti	Amt für Wald, Wild und Fischerei FR	Test für Forstleute im Gebirge
Henning	Meesenburg	Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt DE	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop
Ueli	Meier	KoK	Anlass für nationale Stakeholder, Prä-Waldtest, Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtests 1, 3, 5 und 6, Workshop Kantonsoberförster, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Karl	Mellert	Technische Universität München DE	Internationaler Expertenworkshop
Roland	Métral	Dienststelle Wald und Landschaft VS	Anlass für nationale Stakeholder, GWG-Sommertagung, Waldtest 6
Micheline	Meylan	Inspection cantonale des forêts VD	Test für Forstleute im Flachland
Hans-Gerhard	Michiels	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft DE	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop
Eric	Monachon	Forstrevier La Veveyse VD	Waldtest 5
Vincent	Monnet		Waldtest 6
Giorgio	Moretti	Sezione forestale TI	GWG-Sommertagung, Waldtest 4

Name		Organisation	Teilgenommene Anlässe
Alain	Morier	Abteilung Wald AG	Workshop Kantonsoberrforster
Martin	Moritzi	WSL	Waldtest 4
Philip	Mösch	Amt für Wald BE	GWG-Sommertagung
Ruedi	Müller	Amt für Wald und Naturgefahren SZ	Waldtest 1
Konrad	Nötzli	Abteilung Natur und Landschaft ZH	Workshop Kantonsoberrforster
Maxime	Pattaroni	Silvaplus SA	Waldtest 6
Patrick	Patthey	Inspection cantonale des forêts VD	Waldtest 5
Karim	Pellouchoud		Waldtest 6
Marco	Perović	Universität Belgrad, Serbien	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte
Hugues	Philipona	Forêt Valais	Waldtest 6
Christian	Piédallu	Centre AGROPARISTECH, Frankreich	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte
Luca	Plozza	Amt für Wald und Naturgefahren GR	GWG-Sommertagung, Waldtest 4
Jakob	Poellath	Bundesamt für Naturschutz DE	Internationaler Expertenworkshop
Nenad	Potočić	Croatian Forest Research Institute	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte
Stefan	Rechberger	Abteilung Natur und Landschaft ZH	Waldtest 3
Michael	Reinhard	BAFU	Waldtest 4
Reto	Rescalli	Wald und Holz, Wald Schweiz	Waldtest 2
Kaspar	Reutimann	Kaufmann + Bader GmbH, Solothurn	Waldtest 3, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Corsin	Riatsch	Abteilung Natur und Landschaft ZH	Waldtest 1
Andrina	Rimle	Sezione forestale TI	Waldtest 4
Peter	Rinderknecht	Forstamt TG	Waldtest 3
Andrey Mijancos	Rocio	Dienststelle Wald und Landschaft VS	Waldtest 6
Marc	Rod	Forstreviere Haute-Broye + Jorat VD	Waldtest 5
Hans	Romang	BAFU	Waldtest 1
Bruno	Röösli	BAFU	Waldtest 1
Samuele	Rosselli	Sezione forestale TI	Waldtest 4
Jean	Rosset	Inspection cantonale des forêts VD	Waldtest 5, Workshop Kantonsoberrforster
Yvon	Rouiller	Forstrevier Martigny VS	Waldtest 6
Urs	Rutishauser	Zürcher Wald	Waldtest 3
Arthur	Sandri	BAFU	GWG-Sommertagung
Mélia	Saucy		Test für Forstleute im Gebirge
Hans Peter	Schaffer	Pro Natura	Waldtest 2
Samuel	Scheibler	Amt für Wald, Jagd und Fischerei SO	Test für Forstleute im Flachland, Waldtests 2 und 3
Bruno	Schmid	Kantonsforstamt SH	Waldtest 3
Peter	Schmid	Forstrevier Sissach BL	Waldtest 2
Ueli	Schmid	ETH Zürich	GWG-Sommertagung

Name		Organisation	Teilgenommene Anlässe
Gabriela	Schmidt	Natur- und Vogelschutzverband BL	Waldtest 2
Adrian	Schmutz	BAFU	Waldtest 2
Manuela	Schmutz	Kaufmann + Bader GmbH, Solothurn	Waldtests 1, 3, 4, 5, 6
Manuel	Schnellmann	Amt für Wald, Jagd und Fischerei SO	GWG-Sommertagung
Jürg	Schneider	Amt für Wald BE	Test für Forstleute im Flachland
Olivier	Schneider	BAFU	Test für Forstleute im Gebirge
Reinhard	Schnidrig	BAFU	Test für Forstleute im Gebirge
Dominique	Schönbächler	Ingenieur für Wald und Umwelt, Selkingen	Waldtest 6
Antoine	Schüttel	Inspection cantonale des forêts VD	Test für Forstleute im Gebirge
Gerold	Schwager	Forstamt TG	Waldtest 3
Raphael	Schwitzer	Fachstelle für Gebirgswaldpflege	GWG-Sommertagung
Patrick	Sieber	DEZA	Waldtest 2
Alois	Simon	Tirol Forstplanung AT	Internationaler Expertenworkshop
Eric	Sonnay	Forstrevier Ecoteaux VD	Waldtest 5
Ernst	Spahr	Amt für Wald BL/BS	Waldtest 2
Erwin	Städler	Abteilung Wald AG	Test für Forstleute im Flachland
Peter	Steiger	Pulsatilla	Waldtests 3 und 4
Holger	Stockhaus	Amt für Wald BL/BS	Waldtest 2
Sabine	Stöcklin	Amt für Umweltschutz und Energie BL	Waldtest 2
Kathrin	Streit	WSL	Anlass für nationale Stakeholder, Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop, Prä-Waldtest, Test für Forstleute im Flachland, Waldtests 1 und 3, Workshop Kantonsoberröster, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Heinz	Studer	Forstrevier Bipperramt Ost, Bern	Waldtest 2
Stefan	Studhalter	Abteilung Natur und Landschaft ZH	Test für Forstleute im Flachland
René	Tanner	Pro Natura	Waldtest 5
Jean-Jacques	Thormann	HAFL	GWG-Sommertagung
Raphaëla	Tinner	Amt für Wald und Wild ZG	Test für Forstleute im Flachland
Marcus	Ulber	Pro Natura	Anlass für nationale Stakeholder, Waldtests 1, 2, 3 und 6
Ulrich	Ulmer	Forstamt TG	Waldtest 3
Päivi	van Wijnkoop	Abenis AG, Chur	Internationaler Expertenworkshop, Workshop Kantonsoberröster
Marco	Vanoni	Amt für Wald und Naturgefahren GR	GWG-Sommertagung
Maurizio	Veneziani	Forstdienst SG	Test für Forstleute im Gebirge
Patrick	von Däniken	Kaufmann + Bader GmbH, Solothurn	Test für Forstleute im Flachland, Test für Forstleute im Gebirge, Waldtests 1 und 2
Martial	Vurlod	Forstrevier Forel VD	Waldtest 5
Manu	Wahlen	Inspection cantonale des forêts VD	Waldtest 5
Benjamin	Waibel	Pro Natura	Waldtest 2

Name		Organisation	Teilgenommene Anlässe
Jürg	Walcher	Abteilung Wald und Naturgefahren GL	GWG-Sommertagung
Giorgio	Walther	BAFU	GWG-Sommertagung, Waldtest 4
Lorenz	Walthert	WSL	GWG-Sommertagung
Berchthold	Wasser	Naturdialog AG	GWG-Sommertagung
Regina	Weber	Holzindustrie Schweiz	Waldtests 1 und 2
Theo	Weber	Amt für Wald und Naturgefahren SZ	Workshop Kantonsoberförster
Willy	Werlen	Forst Goms	GWG-Sommertagung
Martin	Winkler	Amt für Wald und Wild ZG	Workshop Kantonsoberförster
Thomas	Wirth	WWF Schweiz	Anlass für nationale Stakeholder
Otmar	Wüest	KoK	Workshop Kantonsoberförster
Roland	Wüthrich	Amt für Forst und Jagd UR	Test für Forstleute im Gebirge
Andreas	Wyss	Forstrevier Riehen-Bettingen BS	Waldtest 2
Kevin	Zambaz	Patrick Epiney Sàrl, Vissoie	Waldtest 6
Thomas	Zanker	Forstbetrieb St. Martin, Österreich	GWG-Sommertagung
Anton	Zech	Forstabteilung Vorarlberg AT	GWG-Sommertagung
Philipp	Zehntner	Forstrevier Riedbach BL	Waldtest 2
Ludwig	Zraggen	MeteoSchweiz	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte, Internationaler Expertenworkshop, Waldtest 4, Workshop Kantonsoberförster
Martin	Ziegler	Amt für Wald und Wild ZG	GWG-Sommertagung, Waldtests 1 und 3
Erica	Zimmermann	BAFU	Waldtest 2
Niklaus	Zimmermann	WSL	Expertenworkshop nicht-analoge Standorte
Thomas	Zumbrunnen	Inspection cantonale des forêts VD	Test für Forstleute im Flachland, Waldtest 5
Nora	Zürcher	Gadola AG, Rabius	Prä-Waldtest, Waldtests 2-6, GWG-Sommertagung, Zwischenbilanz Waldtests 2016
Samuel	Zürcher	Fachstelle Gebirgswald	Anlass für nationale Stakeholder, GWG-Sommertagung