Merkblatt
für die Praxis

ISSN 2296-4428

Eidg. Forschungsanstalt WSL
CH-8903 Birmensdorf

© WSL Birmensdorf, 2017

WSL, Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
www.wsl.ch/publikationen

59.1
Oktober
2017

Naturnaher Waldbau im Klimawandel

Von Barbara Allgaier Leuch, Kathrin Streit und Peter Brang

Als Folge des Klimawandels ändern sich wichtige ökologische Rahmenbedingungen für den Wald. Die Waldverantwortlichen stehen vor der Aufgabe, die sich daraus ergebenden Risiken für die Waldbestände frühzeitig zu erkennen und zu vermindern. Im naturnahen Waldbau ist es möglich, die Wälder sukzessive an die neuen Bedingungen anzupassen. Dabei sollte man sich von fünf Handlungsprinzipien leiten lassen.

Abb. 1. Im naturnahen Waldbau sind Strategien gefragt, die die Anpassung des Waldes an den Klimawandel unterstützen und eine breite Risikoverteilung ermöglichen.

Waldbau soll die Waldentwicklung so lenken, dass der Wald die von ihm geforderten Leistungen optimal erfüllt (Abb. 1). Dabei sind die Bewirtschafter und Bewirtschafterinnen immer mit erheblichen Unsicherheiten konfrontiert: Die in Zukunft gefragten Leistungen sind nicht genau bekannt, und die Natur lässt sich nur bedingt steuern. Letzteres zeigt sich beispielsweise daran, dass die geplanten Holzschläge nur einen Teil der gesamten Holznutzung ausmachen. Zwischen 1993 und 2013 betrug der Zwangsnutzungsanteil an der jährlichen Nutzung im Schweizer Durchschnitt 31 Prozent (Huber 2017). Durch den Klimawandel werden die Unsicherheiten noch verstärkt. Wir wissen heute nicht, wie sich die Treibhausgasemissionen langfristig entwickeln und wie stark sich entsprechend das Klima und damit die Waldstandorte verändern werden.

Klar ist aber die Richtung der Klimaänderung. Sommerliche Hitze- und Trockenperioden werden immer öfter auftreten und zunehmend intensiver ausfallen (SCNAT 2016). Ab Mitte des 21. Jahrhunderts dürften diese Extremereignisse zusammen mit klimatisch begünstigten Schädlingen deutliche Spuren im Wald hinterlassen. Bis Ende des Jahrhunderts werden sich auch die Mittelwerte von Temperatur und Sommerniederschlägen so stark verändert haben, dass sie dem Wald unmittelbar zusetzen (vgl. dazu das Merkblatt «Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu?»).

Auch wenn diese Veränderungen nur in der Richtung, nicht aber im Detail bekannt sind, muss man ihnen im Waldbau Rechnung tragen. Gefragt sind Strategien, die die Anpassung des Waldes unterstützen und Einbussen bei den Waldleistungen gering halten. Besonders wichtig ist das dort, wo der Wald ortsgebunden wichtige Leistungen erbringt – zum Beispiel als Schutz vor Naturgefahren.

Waldbauliche Handlungsprinzipien

Bereits heute lassen sich die Bewirtschafter im naturnahen Waldbau von gewissen Handlungsprinzipien leiten, um Risiken zu reduzieren. So setzen sie beispielsweise auf eine standortgerechte Baumartenzusammensetzung, auf Naturverjüngung und auf vielfältige Waldstrukturen. Unabhängig von der Betriebsform zielten diese Handlungsprinzipien bislang darauf ab, die Widerstandsfähigkeit der Wälder gegenüber Störungen (Resistenz) zu erhöhen, wie auch ihre Fähigkeit, nach Störungen rasch wieder zum erwünschten Zustand zurückzukehren (Resilienz). Angesichts des Klimawandels kommt zu diesen beiden Stossrichtungen eine dritte hinzu: die Förderung der Anpassungsfähigkeit an das sich ändernde Klima. Insgesamt erkennen wir fünf Handlungsprinzipien, deren situative Anwendung die drei genannten Stossrichtungen unterstützt:

1. **Erhöhung der Baumartenvielfalt** mit zukunftsfähigen Arten, weil Mischbestände störungs- und stressresistenter sind, sich nach Störungen rascher erholen und gegen ungewisse zukünftige Bedingungen besser abgesichert sind als Reinbestände;
2. **Erhöhung der Strukturvielfalt**, weil reich strukturierte Wälder, seien sie im Femelschlag- oder im Dauerwaldbetrieb bewirtschaftet, weniger störungsanfällig sind und sich dank vorhandener Vorverjüngung rascher von Störungen erholen;
3. **Erhöhung der genetischen Vielfalt**, weil sie die Anpassungsfähigkeit der jeweiligen Baumart an das sich verändernde Klima fördert;
4. **Erhöhung der Stabilität der Einzelbäume**, weil stabile Bäume weniger anfällig auf Stürme und Schneelast sind;
5. **Reduktion der Umtriebszeit** beziehungsweise des Zieldurchmessers oder die vorzeitige Verjüngung, weil dies den Anteil besonders störungsgefährdeter älterer Bäume und Bestände vermindert und einen rascheren Baumartenwechsel ermöglicht.

Diese fünf Handlungsprinzipien sind keine Patentrezepte, die sich schematisch anwenden lassen. Man muss sie vielmehr bei waldbaulichen Entscheiden präsent haben und sich ihrer situationsbezogen bedienen. Um die Besonderheiten des jeweiligen Waldstandortes und Waldbestandes zu berücksichtigen, muss man die Ausgangslage sorgfältig beurteilen, sich die möglichen Wege in die Zukunft vorstellen und dann eine optimale Lösung wählen. Es gibt dabei Schlüsselsituationen, in denen man viel bewirken kann (Tab. 1).

Schlüsselsituationen im Femelschlagbetrieb

Verjüngungs- und Jungwaldphase

Im Femelschlagbetrieb ist die Schlüsselsituation mit der grössten Hebelwirkung die Phase der Bestandesverjüngung, denn hier werden die Weichen für die Baumartenzusammensetzung des Folgebestands gestellt. Angesichts der Unsicherheit über das genaue Ausmass der Klimaveränderung ist es sinnvoll, in der Verjüngungsphase eine vielfältige Mischung anzustreben. Besonders gefördert werden sollten dabei Arten, die mit dem sich verändernden Klima bis zur Hiebsreife – also mehrere bis viele Jahrzehnte – zurechtkommen (Abb. 2).

Auch angesichts des Klimawandels sollen die Wälder möglichst natürlich verjüngt werden: Naturverjüngung ist nicht nur kostengünstig, sondern sorgt

Tab. 1. Schlüsselsituationen für die Anwendung der fünf waldbaulichen Handlungsprinzipien in verschiedenen Behandlungsphasen. Je grösser der Kreis, desto mehr bewirken gezielte Eingriffe. Die Handlungsprinzipien gelten unabhängig von der Betriebsform, auch wenn es im Dauerwald keine klar abgrenzbaren Behandlungsphasen gibt.

Handlungsprinzip	Behandlungsphase		
	Verjüngung	Jungwald-/ Nachwuchspflege	Durchforstung
Erhöhung der Baumartenvielfalt mit zukunftsfähigen Arten	●	●	
Erhöhung der Strukturvielfalt	●		●
Erhöhung der genetischen Vielfalt	●		
Erhöhung der Stabilität der Einzelbäume			●
Reduktion Umtriebszeit/Zieldurchmesser bzw. vorzeitige Verjüngung	●		●

Waldbauliche Fachbegriffe

In der Schweiz wird der Wald mehrheitlich im Femelschlag- oder im Dauerwaldbetrieb bewirtschaftet. Die beiden Betriebsformen unterscheiden sich in der Art der Waldverjüngung und damit in der Waldstruktur: Im Dauerwaldbetrieb wird der Wald durch Entnahme einzelner hiebsreifer Bäume (Plenterwald) oder durch Entnahme kleiner Baumgruppen (Gruppen- und Gebirgsplenterwald) verjüngt. Dadurch entsteht ein ungleichförmiger Wald, in dem auf klein(st)er Fläche alle Baumgenerationen nebeneinander vorkommen. Im Femelschlagbetrieb dagegen wird der Wald flächig erneuert. So entstehen Bestände mit Entwicklungsstufen, die sich aufgrund ihrer Baumdimensionen klar voneinander abgrenzen: Jungwuchs/Dickung (Brusthöhendurchmesser der 100 stärksten Bäume pro Hektare [d_{dom}] <12 cm), schwaches Stangenholz (d_{dom} 12–20 cm), starkes Stangenholz (d_{dom} 20–30 cm), schwaches Baumholz (d_{dom} 30–40 cm), mittleres Baumholz (d_{dom} 40–50 cm), starkes Baumholz (d_{dom} >50 cm).

auch für genetische Vielfalt. Ist die genetische Vielfalt hoch, finden sich eher Individuen, die mit dem sich verändernden Klima zurechtkommen.

Samenbäume zukunftsfähiger Arten im Ausgangsbestand helfen, die Baumartenzusammensetzung anzupassen. Baumartenreiche Mischungen stellen sich ein, wenn die Lichtverhältnisse variieren; dies lässt sich durch unterschiedliche Hiebs- beziehungsweise Lückengrössen erreichen. Bei gewissen Baumarten, zum Beispiel der Eiche, ist es zudem wichtig, die Verjüngungshiebe auf die Samenjahre abzustimmen. Viele trockenheitstolerante Baumarten sind Lichtbaumarten. Um sie natürlich zu verjüngen, sind genügend grosse Verjüngungsflächen und kurze Verjüngungszeiträume unerlässlich. Schattenbaumarten hingegen verjüngen sich fast überall, oft sogar auf grossen Kahlflächen (Brang und Wohlgemuth 2013).

Pflanzungen zur Erhöhung der Baumartenvielfalt sind dann sinnvoll, wenn Zukunftsbaumarten fehlen oder die Konkurrenz durch die Krautvegetation stark ist. Da Pflanzungen eine relativ grosse Investition zu Beginn der Bestandesentwicklung darstellen, müssen sie gut begründet sein. Gepflanzt werden sollte in erster Linie als Ergänzung zur vorhandenen oder erwarteten Naturverjüngung. Dabei sind Baumarten zu wählen, die ein wärmeres und trockeneres Klima ertragen. Bei Baumarten, deren Populationen sich genetisch an die lokalen Bedingungen angepasst haben (Heiri *et al.* 2017), empfiehlt es sich zudem, Herkünfte auszuwählen, die aus tiefer gelegenen (also wärmeren) und trockeneren Lagen als der Pflanzort stammen.

In Tieflagen werden trockenheitstolerante Arten, in höheren Lagen generell die Laubbäume wichtiger. Eine auch in einem deutlich wärmeren Klima geeignete Baumart könnte die Tanne sein, sofern die Wasserversorgung ausreichend ist (Jahresniederschlag mind. 800–900 mm). Dies legen pollenanalytische Untersuchungen nahe, die unter anderem in der kollinen Stufe der Südalpen durchgeführt wurden (Conedera und Tinner 2010).

Nicht überall ist die Förderung trockenheitstoleranterer Arten gleichermassen wichtig. Es gibt auch Standorte – gerade entlang des Alpennordhangs –, wo die Wasserversorgung gut bleiben dürfte. Die Auseinandersetzung mit den Standortverhältnissen und der Baumarteneignung, auch hinsichtlich heute bekannter Schadorganismen, wird damit im Waldbau noch wichtiger als bisher.

Stark verändern lässt sich die Baumartenzusammensetzung etwa bis ins schwache Stangenholz. Danach geht es Jahrzehnte, bis sich wieder die Gelegenheit für einen gesteuerten, nicht von Störungen diktierten Baumartenwechsel

Abb. 2. In der Phase der Bestandesverjüngung wird über die Baumartenzusammensetzung der Zukunft bestimmt. Zur Risikominderung empfiehlt sich eine vielfältige Mischung.

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 über die Umtriebszeit des Bestandes hinaus stehen zu lassen (Überhälter).

Auch in Jungwüchsen und Dickungen sollte man an zukünftige Samenbäume denken. In ihnen finden sich oft einzelne Exemplare von Zukunftsarten. Die Erhaltung dieser «Vorposten des Klimawandels» im Rahmen der Jungwaldpflege ermöglicht es, sie später als Samenbäume zu nutzen. Die Bäume müssen entwicklungsfähig sein, ihre Stammqualität spielt hingegen keine Rolle. Fehlt die gewünschte Diversität in der Verjüngung, können zukunftsfähige Samenbäume auch gepflanzt werden. Selbstredend ist bei Pflanzungen ein wirksamer Schutz vor Wildverbiss wichtig.

Diese Grundsatzüberlegungen sollten auch in die Pflegeziele resp. die Pflegeaufträge einfliessen.

Trockenheitstolerante Arten für Tieflagen

Die Bedeutung trockenheitstoleranter Arten nimmt in den Tieflagen der Schweiz zu. Zu diesen Arten gehören:

Laubbäume
Traubeneiche, Flaumeiche, Kirschbaum, Winterlinde, Spitzahorn, Schneeballblättriger Ahorn, Feldahorn, Hagebuche, Speierling, Elsbeere, Mehlbeere, Flatterulme, Birke, Aspe, Walnussbaum, Edelkastanie, Robinie, Roteiche

Nadelbäume
Waldföhre, Eibe, Douglasie

Abb. 3. Ohne menschliches Zutun entwickeln sich reich gemischte Jungwaldbestände oft zu Reinbeständen. Mit Eingriffen zur richtigen Zeit lassen sich Zukunftsbaumarten, wie hier ein Kirschbaum, erhalten und fördern.

Abb. 4. Über lange Phasen in der Bestandesentwicklung – in den mittleren und reifen Beständen – stellt sich die Frage der Baumartenwahl nicht. Hier ist die Erhöhung der Stabilität der Einzebäume angesagt.

Abb. 5. Die kurzen Intervalle zwischen zwei Eingriffen im Dauerwald ermöglichen kontinuierliche und sanfte Anpassungsmassnahmen. Wenn sich nicht nur Schattenbaumarten verjüngen sollen, sind grössere Lücken als in diesem Beispiel nötig.

ergibt. Daher sollen im Jungwald die Möglichkeiten zur Erhöhung respektive zur Erhaltung der Baumartenvielfalt genutzt werden (Abb. 3).

Durchforstungsphase

Ab dem Stangenholz tritt ein anderes Handlungsprinzip in den Vordergrund: die Erhöhung der Stabilität der Einzelbäume. Durchforstungen sind hierzu das bewährte Mittel. Diese Eingriffe fördern das Wachstum zukunftsträchtiger Bäume und erhöhen so deren Vitalität wie auch deren Widerstandskraft gegenüber Sturm, Schneelast und Schadorganismen (Abb. 4). Durchforstungen sind vor allem in jüngeren Beständen wirksam, bei Laubbäumen wie der Buche aber auch noch bis ins Baumholz. Anstelle flächiger Durchforstungen, die sich diffus auf alle Bäume auswirken, sollte die Z-Baum-Durchforstung angewendet werden. Diese fördert gezielt den Zuwachs, die Kronenausformung und die Stabilität der Zukunftsbäume im Endabstand (Z-Bäume). Bei konkurrenzstarken Baumarten dürfen Durchforstungen durchaus erst dann einsetzen, wenn sich die vitalsten Bäume von selbst durchgesetzt haben und ein stabiles Gerüst bilden.

Bei mittleren und reifen Beständen stellt sich auch die Frage nach deren Lebenserwartung: Lässt sich der Bestand voraussichtlich regulär verjüngen oder könnten ihn klimawandelbedingte Störungen gefährden? Falls ein erhöhtes Ausfallrisiko besteht, können die Bäume durch die Intensivierung der Durchforstungstätigkeit vielleicht noch zum gewünschten Zieldurchmesser gebracht werden. Eine Alternative besteht darin, den Bestand vorzeitig zu verjüngen. So vermeidet man Zwangsnutzungen, kann das Holz ohne Qualitätsverlust ernten und kommt rasch zu einem jungen Bestand aus zukunftsfähigeren Baumarten.

Grundsätzlich gilt es, nichts zu überstürzen: Bei allen Beständen, in denen man in der Oberschicht nicht mehr viel ausrichten kann und die nicht unmittelbar gefährdet sind, hat man Zeit. Massnahmen zur Anpassung der Baumartenzusammensetzung stehen erst wieder an, wenn der Bestand zur Verjüngung vorbereitet wird. Das ist möglicherweise erst in mehreren Jahrzehnten der Fall.

Schlüsselsituationen im Dauer- oder Plenterwald

Im Dauerwaldbetrieb (mit den Unterformen Plenterwald, Gruppenplenter- und Gebirgsplenterwald) werden die hiebsreifen Bäume einzeln oder in kleinen Gruppen geerntet, was zu einer ungleichförmigen Waldstruktur und zur steten Walderneuerung auf kleiner Fläche führt (Abb. 5). Ruft man sich die eingangs skizzierten Handlungsprinzipien (vgl. Tab. 1) in Erinnerung, ist dies in verschiedener Hinsicht günstig. Anders als im Femelschlagbetrieb lassen sich die Handlungsprinzipien bei jedem Eingriff anwenden – auch das erste, die Erhöhung der Baumartenvielfalt mit zukunftsfähigen Arten (Abb. 6). Dieses Prinzip muss im Dauerwald besonders beachtet werden, da diese Betriebsform die Schatten- und Halbschattenbaumarten Buche und Fichte fördert, für die das Klima in ihrem heutigen Verbreitungsgebiet ungünstiger wird. Die schatten- und eher klimatolerante Tanne verjüngt sich im Schatten auch gut, kann aber bei dem oft starken Wildhuftiereinfluss nicht aufwachsen.

Die Baumartenvielfalt lässt sich im Dauerwald erhöhen, wenn sich dichte, dunkle Partien mit Lücken abwechseln. Dies kann mit einer stärkeren Variation der Eingriffe erreicht werden. In den Lücken können sich Lichtbaumarten ansamen, und die geschlossenen Partien verunmöglichen die unerwünschte Vorverjüngung, vor allem der Buche. Samenbäume helfen auch hier, die Baumartenvielfalt zu erhöhen beziehungsweise die Baumartenzusammensetzung anzupassen (vgl. Kasten auf S. 3). Um die Zukunftsbaumarten halten zu können, wird man vielerorts die Mischung im Nachwuchs regulieren müssen. Seltenere Baumarten – oftmals die Zukunftsarten – wird man zudem häufig schützen müssen, weil sie von den Wildhuftieren oft stark verbissen werden.

In vielen klassischen Fichten-Tannen-Buchen-Plenterwäldern dürfte der Klimawandel mindestens eine Verschiebung der Baumartenzusammensetzung – weniger Fichte, mehr Buche und Tanne – notwendig machen. Er kann aber auch einen Übergang von der Einzelbaum- zur Gruppenplenterung erfordern, damit lichtbedürftigere, trockenheitsresistentere Baumarten aufkommen können.

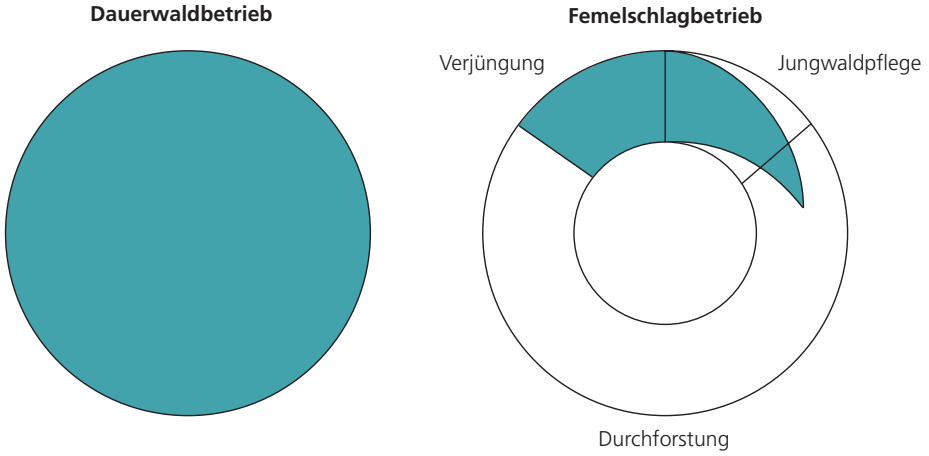

Abb. 6. Möglichkeiten zur Anpassung der Baumartenzusammensetzung (hervorgehobene Bereiche) im Dauerwaldbetrieb (links) und im Femelschlagbetrieb (rechts).

Wie im Femelschlagbetrieb gilt es auch im Dauerwaldbetrieb, die Schlüsselsituationen zu nutzen. Die kurze Wiederkehrdauer von sechs bis zwölf Jahren zwischen den Eingriffen ermöglicht im Dauerwald ein flexibles, situatives Handeln mit sanften, dafür wiederkehrenden Impulsen.

Besondere Herausforderungen

Grossflächige Fichtenreinbestände

Grosse Reinbestände bergen ein Klumpenrisiko, vor allem wenn sie aus Baumarten bestehen, die nicht gut an den Standort angepasst sind. Dazu zählen insbesondere ausgedehnte Fichtenreinbestände in Tieflagen (Abb. 7). Nur auf Standorten mit sehr guter Wasserversorgung kann eine weitere Generation Fichten – in kurzer Umtriebszeit – geplant werden. Dabei auf Reinbestände zu setzen, steht nicht nur im Widerspruch zu den bestehenden Baumartenempfehlungen (vgl. die standortkundlichen Empfehlungen vieler Kantone resp. Frehner *et al.* 2005/09), sondern ist angesichts der zunehmenden Sommertrockenheit und der deshalb ansteigenden Borkenkäfergefährdung auch riskant. In auch in Zukunft niederschlagsreichen Gebieten (z. B. die montane Stufe der Voralpen) sind diese Gefährdungen geringer. Grundsätzlich sind aber auch hier Mischbestände anzustreben, da so die Risiken besser verteilt werden können.

Dominanz der Buche

Auf vielen Standorten in der unteren montanen Stufe ist die Buche derzeit noch sehr konkurrenzkräftig (Abb. 8). Das Aufbringen anderer Baumarten – gerade der trockenheitstoleranteren, aber noch konkurrenzschwachen Traubeneiche – gestaltet sich daher vorderhand aufwendig und schwierig. Es gilt abzuwägen, wo sich Eingriffe zugunsten der Baumartenvielfalt lohnen und wo nicht. Auf jeden Fall sollte Samenbäumen zukunftsfähiger Arten Sorge getragen werden, denn sie erleichtern die Anpassung der Baumartenzusammensetzung in ein paar Jahrzehnten, wenn die Konkurrenzkraft der Buche nachgelassen hat (vgl. Kasten auf S. 3).

Störungen und Wildhuftiere

Wegen des Klimawandels ist mit vermehrten Störungen zu rechnen. Vorausschauend ist zu überlegen, wie man mit durch Waldbrand oder Schädlingsbefall entstehenden Lücken oder gar grossen Kahlflächen umgehen würde. Auch solche Störungen schaffen Schlüsselsituationen, die einen Baumartenwechsel ermöglichen.

An vielen Orten behindern oder verhindern heute die Wildhuftiere die Verjüngung verbissempfindlicher Baumarten. Diese Problematik verschärft sich

Abb. 7. In grossen Fichtenreinbeständen in den Tieflagen kumulieren sich die Ausfallrisiken.

Abb. 8. Die Buche ist an vielen Orten derzeit noch so vital, dass sich andere Baumarten nur mit grossem Aufwand verjüngen lassen.

mit dem Klimawandel, weil viele zukunftsfähige, aber noch selten vorkommende Baumarten wie Traubeneiche, Waldföhre, Elsbeere, Weisstanne, Eibe und in höheren Lagen Bergahorn und Vogelbeere besonders stark verbissen oder gefegt werden (Abb. 9). Ohne Wildschutz lassen sie sich oft gar nicht aufbringen. Dies gilt für Naturverjüngung und noch stärker für gepflanzte Bäume. Starker Wildeinfluss kann Anpassungsmassnahmen blockieren. Insbesondere in Gebirgswäldern kann es daher angezeigt sein, die Verjüngung erst dann einzuleiten, wenn Erfolgsaussichten bestehen, dass sie aufkommt.

Standorte, für die Referenzwälder fehlen

Standorte, die sich in eine für die Schweiz unbekannte Zukunft entwickeln, stellen die Waldbewirtschaftenden bei der Baumartenwahl vor besondere Herausforderungen. Gerade für Standorte der kollinen Stufe, aber auch für viele der submontanen und hochmontanen Stufe fehlen bei uns die Anschauungsobjekte, anhand derer wir sehen könnten, wohin sich unsere Wälder unter den prognostizierten klimatischen Veränderungen entwickeln. Daher wird derzeit nach Referenzen in Südeuropa gesucht, das heisst nach Wäldern, die bereits heute in einem Klima wachsen, mit dem in Zukunft in der Schweiz zu rechnen ist (Abb. 10).

Abb. 9. In vielen Wäldern ist der Wildeinfluss so stark, dass sich zukunftsfähige Arten wie diese Weisstanne ohne Schutzmassnahmen nicht verjüngen lassen.

Abb. 10. Flaumeichenmischwald in der Nähe von Avignon (Südfrankreich). Das dortige Klima könnte Ende des 21. Jahrhunderts in Genf und Basel anzutreffen sein. Entsprechend wird sich auch das Waldbild verändern.

Auf betrieblicher Ebene Gefährdungen beurteilen und Prioritäten setzen

Der Klimawandel wirkt sich nicht auf allen Waldstandorten und in allen Waldbeständen gleich aus. Wie folgenschwer die Auswirkungen sind, hängt von den Leistungen ab, die von einem Wald erwartet werden. Es empfiehlt sich daher, sich auf betrieblicher Ebene hinsichtlich der Gefährdungen und den damit verbundenen Risiken für die Waldleistungen eine Übersicht zu verschaffen. Fragen dazu sind:

- Gibt es Wälder, in welchen ein Unterbruch in der Leistungserbringung zu erwarten ist (z. B. Holzproduktion, Schutz vor Naturgefahren)?
  → Beurteilung z. B. aufgrund der betrieblichen Planungsdokumente oder anhand der Schutzwaldausscheidung
- Für welche Waldstandorte werden grosse Veränderungen prognostiziert, z. B. bezüglich Wasserhaushalt, Verteilung der Vegetationshöhenstufen, Habitateignung der Baumarten?
  → Beurteilungshilfen hierzu finden sich im Merkblatt «Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu?»
- Ist entsprechend für bestimmte Baumarten mit zunehmenden Risiken zu rechnen?
- Gibt es Bestände, die schon heute schlecht an den Standort angepasst sind? Zeigen diese Bestände Schwächesymptome (erhöhte Mortalität, schüttere Kronen), sind sie von Krankheiten (z. B. Wurzelfäulen, Stammnekrosen) oder von Störungen (z. B. Borkenkäfer) betroffen? Welche Zukunftsaussichten haben diese Bestände?
- Sind grosse Reinbestände vorhanden?
- Sind die waldbaulichen Ziele für die einzelnen Bestände noch gültig? Müssen (standardisierte) Pflegeaufträge überarbeitet werden?

Eine solche Gefährdungsbeurteilung unterstützt die waldbauliche Planung, weil sie den Anpassungsbedarf einzuschätzen erlaubt. Die örtlichen und zeitlichen Prioritäten für Massnahmen dürften sich in einem klimaangepassten Waldbau aber gegenüber heute nicht wesentlich ändern. Dafür sind schon heute die zu erbringende Waldleistung und die waldbaulichen Schlüsselsituationen bestimmend.

Fazit

Die Anpassung des Waldes an den Klimawandel ist ein lang andauernder, kontinuierlicher Prozess. Dabei bleibt im waldbaulichen Handwerk vieles gleich: Ausgangspunkt ist nach wie vor der naturnahe Waldbau mit standortgerechten Baumarten, vertikal und horizontal strukturierten Mischbeständen und einem hohen Naturverjüngungsanteil. In vielen Beständen muss die bisherige Bewirtschaftung vorderhand denn auch nur geringfügig angepasst werden (vgl. dazu die Beispiele in Streit *et al.* 2017). Sofortige Richtungsänderungen sind nur dann angezeigt, wenn die heutige Baumartenzusammensetzung nicht zukunftsfähig ist und sie sich durch Eingriffe sinnvoll verändern lässt. Im Dauerwald ergeben sich Schlüsselsituationen hierfür bei fast jedem Eingriff, im Femelschlagbetrieb hingegen gilt es, den richtigen Zeitpunkt abzupassen: die Phasen der Bestandesverjüngung und der Jungwaldpflege.

Die Handlungsprinzipien zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel dürfen nicht schematisch angewendet werden. Die Vielfalt der Ausgangssituationen – Standorte, Baumarten, Bestandesstruktur, erwartete Waldleistung usw. – erfordert massgeschneiderte Anpassungsmassnahmen für jeden einzelnen Bestand. Dabei muss man sich über die zu erwartende Veränderung der Standorteigenschaften, insbesondere des Wasserhaushalts und der Temperatur, eine Vorstellung machen und die Baumarteneignung sorgfältig prüfen. So bestehen trotz aller Unsicherheit gute Aussichten, die sich aus dem Klimawandel ergebenden Risiken für die Waldleistungen zu verteilen und zu mindern oder gar sich ergänzende Chancen zu nutzen.

Literatur

Allgaier Leuch, B.; Streit, K.; Brang, P., 2017: Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu? Merkbl. Prax. 59. 12 S.

Brang, P.; Wohlgemuth, T. (Red.), 2013: Natürliche Wiederbewaldung von Sturmflächen: Schlussbericht des Projektes Wiederbewaldung Windwurfflächen 2008–2012. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 99 S.

Brang, P.; Küchli, C.; Schwitter, R.; Bugmann, H.; Ammann, P., 2016: Waldbauliche Strategien im Klimawandel. In: Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Red.), Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 341–365.

Conedera, M.; Tinner, W., 2010: Langzeit-Feuerökologie der Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes. 161: 424–432.

Frehner, M.; Wasser, B.; Schwitter, R., 2005/09: Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. Wegleitung für Pflegemassnahmen mit Schutzfunktion, Vollzug Umwelt. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU. 564 S.

Heiri, C.; Frank, A.; Sperisen, C.; Brang, P., 2017: Adaptive Variation bei Schweizer Fichten, Tannen und Buchen: Inwieweit sind heutige Populationen an das zukünftige Klima angepasst? Schlussbericht des Projektes ADAPT im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel». Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. 38 S.

Huber, M., 2017: Jährliche Zwangsnutzungen und jährliche Nutzungen. Spezialauswertung der Landesforstinventare 1993/1995 und 2009/1913. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL.

Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Red.), 2016: Wald im Klimawandel. Grund-

Merkblattserie für die Forstpraxis

Das vorliegende Merkblatt gehört zur in loser Folge erscheinenden Merkblattserie «Der Schweizer Wald im Klimawandel». Es basiert hauptsächlich auf dem Kapitel «Waldbauliche Strategien im Klimawandel» (Brang *et al.* 2016) der wissenschaftlichen Synthese des BAFU/WSL-Forschungsprogramms «Wald und Klimawandel» (Pluess *et al.* 2016).

Die Merkblattserie richtet sich insbesondere an die Waldverantwortlichen und soll sie dabei unterstützen, die mit dem Klimawandel verbundenen Risiken einzuschätzen und die Waldbewirtschaftung entsprechend anzupassen. Bereits erschienen ist das einleitende Merkblatt «Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu?» (Allgaier Leuch *et al.* 2017).

lagen für Adaptationsstrategien. Bern, Bundesamt für Umwelt BAFU; Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 447 S.

SCNAT 2016: Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven. Bern, Akademien der Wissenschaften Schweiz. 216 S.

STREIT, K.; ALLGAIER LEUCH, B.; BRANG, P., 2017: Der richtige Eingriff zur richtigen Zeit. Wald Holz 98, 6: 32–35.

Kontakt

Peter Brang
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf
peter.brang@wsl.ch

Weiterführende Informationen

www.wsl.ch/wald_klima

Fotos

Barbara Allgaier Leuch (Abb. 1 und 10), Pascal Junod (Abb. 2), Ulrich Wasem (Abb. 3), Peter Brang (Abb. 4, 5, 7 und 8), Oswald Odermatt (Abb. 9)

Zitierung

ALLGAIER LEUCH, B.; STREIT, K.; BRANG, P., 2017: Naturnaher Waldbau im Klimawandel. Merkbl. Prax. 59.1. 8 S.

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Konzept

Im **Merkblatt für die Praxis** werden Forschungsergebnisse zu Wissenskonzentraten und Handlungsanleitungen für Praktikerinnen und Praktiker aufbereitet. Die Reihe richtet sich an Forst- und Naturschutzkreise, Behörden, Schulen und interessierte Laien.

Französische Ausgaben erscheinen in der Schriftenreihe **Notice pour le praticien** (ISSN 1012-6554). Italienische Ausgaben erscheinen in loser Folge in der Schriftenreihe **Notizie per la pratica** (ISSN 1422-2914).

Die neuesten Ausgaben (siehe www.wsl.ch/merkblatt)

Nr. 59: Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu? B. ALLGAIER LEUCH *et al.* 2017. 12 S.
Nr. 58: Kupferstecher und Furchenflügeliger Fichtenborkenkäfer. B. Forster 2017. 8 S.
Nr. 57: Das Eschentriebsterben. Biologie, Krankheitssymptome und Handlungsempfehlungen. D. RIGLING *et al.* 2016. 8 S.
Nr. 56: Siedlungs- und Landschaftsentwicklung in agglomerationsnahen Räumen. Raumansprüche von Mensch und Natur. S. TOBIAS *et al.* 2016. 16 S.
Nr. 55: Die Eiche im Klimawandel. Zukunftschancen einer Baumart. P. BONFILS *et al.* 2015. 12 S.
Nr. 54: Der Kastanienrindenkrebs. Schadsymptome, Biologie und Gegenmassnahmen. D. RIGLING *et al.* 2014. 8 S.
Nr. 53: Lebensraumvernetzung in der Agrarlandschaft. Chancen und Risiken. D. CSENCSICS *et al.* 2014. 8 S.
Nr. 52: Totholz im Wald. Entstehung, Bedeutung und Förderung. T. LACHAT *et al.* 2013. 12 S.
Nr. 51: Naherholung räumlich erfassen. M. BUCHECKER *et al.* 2013. 8 S.

Managing Editor

Martin Moritzi
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
martin.moritzi@wsl.ch
www.wsl.ch/merkblatt

Die WSL ist ein Forschungsinstitut des ETH-Bereichs.

Layout: Jacqueline Annen, WSL

Druck: Rüegg Media AG

klimaneutral
powered by ClimatePartner°
Druck | ID 11726-1503-1001

Mix
Produktgruppe aus vorbildlicher Waldwirtschaft und anderen kontrollierten Herkünften
www.fsc.org Cert no. SQS-COC-100271
©1996 Forest Stewardship Council