

Adaptiver Waldbau – mit Wissen, Vorsicht und Mut

Jonas Glatthorn¹, Janine Schweier¹, Kathrin Streit¹, Oliver Thees¹, Martina Hobi¹

¹Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)

Abstract

Ziel des adaptiven Waldbaus ist es, die Waldbewirtschaftung nach Bedarf an die sich ändernden Umweltbedingungen anzupassen, damit Waldleistungen und Biodiversität angesichts der durch den Klimawandel immer häufigeren und auch extremeren Störungsereignisse erhalten bleiben. Dieser Artikel fasst die Kernaussagen der in dieser Schwerpunktausgabe vorgestellten Beispiele aus Forschung und Praxis zum aktuellen Stand des adaptiven Waldbaus zusammen. Und er zeigt auf, dass der adaptive Waldbau in der Praxis voranschreitet. Gleichzeitig müssen sowohl Praxis als auch Forschung weiter und zusammen daran arbeiten, bestehende Unsicherheiten im Hinblick auf die zukünftige Klimaentwicklung und die Eignung verschiedener waldbaulicher Anpassungsmassnahmen zu reduzieren.

Keywords: Adaptive forest management, Waldbewirtschaftung, Waldleistungen, Biodiversität, Klimawandel, waldbaulicher Anpassungsmassnahmen

doi: 10.3188/szf.2023.0064

* Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail jonas.glatthorn@wsl.ch

Ein wichtiges Ziel der Waldbewirtschaftung in der Schweiz und in anderen Ländern Europas ist die Bereitstellung von nachhaltigen und multifunktionalen Waldleistungen. Dazu gehören die Holzproduktion, der Schutz vor Naturgefahren sowie der Erhalt von Lebensräumen zum Schutz der Biodiversität (BAFU 2021, BAFU 2015, WBW 2021). Extreme Schadereignisse wie Trockenheit, Massenvermehrungen von Borkenkäfern oder Windwurf stellen die Waldbewirtschaftung aktuell vor grosse Herausforderungen, wie die Praxisbeispiele aus dieser Ausgabe zeigen (Höllerl et al 2023, Kläy 2023, Rouiller & Delaloye 2023, in diesem Heft). Beim heutigen Ausmass der Erwärmung durch den Klimawandel ist mit deutlichen Auswirkungen auf den Wald zu rechnen. Die Wahrscheinlichkeit für ein häufigeres Auftreten von intensiveren Extremereignissen als heute wird mit fortschreitendem Klimawandel jedoch noch weiter zunehmen (NCCS 2018). Hinzu kommen schleichende Entwicklungen, die auch durch den Klimawandel begünstigt werden, aber weniger plötzlich auftreten (z.B. Eschensterben, Neophytenprobleme) und den Waldbau ebenfalls vor grosse Herausforderungen stellen. Damit Waldleistungen langfristig bereitgestellt werden können, müssen die möglichen Folgen des Klimawandels bei allen waldbaulichen Entscheidungen konsequent miteinbezogen werden

(Allgaier Leuch et al 2017b, Allgaier Leuch et al 2017a). Denn waldbauliches Handeln prägt die Bestandesstruktur und -zusammensetzung auf Jahrzehnte.

Je nachdem, wie erfolgreich die Klimaschutzbestrebungen der kommenden Jahre sein werden, sind aus heutiger Sicht unterschiedlich stark ausgeprägte Szenarien der Klimaentwicklung möglich. Dementsprechend sind Bestände wünschenswert, die in Zukunft möglichst viele Gestaltungsmöglichkeiten erlauben (Abbildung 1). Dies erfordert nach einer entsprechenden Planung und Priorisierung eine zielgerichtete Anpassung eines nennenswerten Teils der existierenden Bestände, beispielsweise durch Pflanzungen nach Schadereignissen (Abbildung 2). Unter adaptivem Waldbau (oder anpassender bzw. adaptiver Waldbewirtschaftung) verstehen wir daher die Anstrengungen der Waldbewirtschaftung, den Wald für unterschiedliche Szenarien klimafit zu machen. Ziel des adaptiven Waldbaus ist es, Waldleistungen langfristig zu erhalten und zu fördern. Dies wird unter anderem durch eine gezielte Stärkung vielfältiger Waldstrukturen und der Biodiversität erreicht, die die Grundlage für die Bereitstellung aller Waldleistungen darstellen, den Wald stabiler und widerstandsfähiger gegenüber Störungen machen und den Spielraum bei zukünftigen waldbaulichen Entscheidungen vergrössern.



Abb 1 Adaptiver Waldbau, Beispiel 1: Femelschlag im Forstbetrieb Wagenrain (AG) nutzt durch ausreichend grosse Lücken das natürliche Verjüngungspotenzial auch von lichtbedürftigen Baumarten bestmöglich aus. Foto: Anton Bürgi

Adaptiver Waldbau zur Förderung von Mischwäldern

Einen besonderen Schwerpunkt des adaptiven Waldbaus bildet die Förderung von Mischwäldern (Brang et al 2016). Klassische Waldbausysteme wie der Femelschlag bieten viele Möglichkeiten, um bereits vertretene zukunftsfähige Baumarten kostengünstig natürlich zu verjüngen und eine gute Grundlage für Mischwälder von morgen zu schaffen (Streit et al 2017b, Streit et al 2017a). Auch auf grösseren Schadflächen kann bei ausreichendem Samenanflug und bei angepasster Wilddichte erstmal auf die natürliche Etablierung eines (Vor)waldes gesetzt werden. Das Anpassungspotenzial von Pionierbaumarten wird aktuell noch zu wenig genutzt. Vor allem die kürzeren Umtriebszeiten von Baumarten wie Birke, Weide oder Erle machen diese trotz teilweise geringerer Holzqualität aktuell für den Waldbau sehr interessant. Wo Samenbäume gewünschter Arten fehlen oder wenn natürliche Verjüngung in ausreichender Dichte ausbleibt (Brüllhardt et al 2022) und insbesondere nach grossflächigen Schadereignissen sind ergänzende Pflanzungen von unterrepräsentierten und zukunftsfähigen Baumarten wichtige Massnahmen eines adaptiven Waldbaus. Die Baumartenwahl ist dabei von zentraler Bedeutung.

Auch bei der Pflege von Gebirgswäldern stehen Fragen zur Verjüngung im Vordergrund. Baum-

arten- und Zeitmanagement erfordern wegen der langsameren Entwicklung und des häufigen Fehlens der künftig gewünschten Baumarten eine grosse Aufmerksamkeit. Dies gilt insbesondere bei den Wäldern zum Schutz gegen Naturgefahren. Grundsätzlich gilt bei allen Anpassungsmassnahmen, die auf eine hohe Baumartenvielfalt zielen: Der Erfolg hängt massgeblich von einer frühzeitigen und ausreichenden Regulierung der Wilddichte ab.

Um neue Erfahrungen mit Baumarten und waldbaulichen Verfahren zu sammeln, bedarf es bei der Umsetzung in der Fläche einer Risikoabwägung. Ein bisschen Mut gehört aber auch dazu. Hier ist es wichtig, dass neue Erkenntnisse aus der Wissenschaft rasch in die Praxis getragen werden sowie Erfahrungen und weitere Ideen zur Weiterentwicklung und Anpassung des adaptiven Waldbaus an die Forschung zurückgemeldet werden. Dies wurde beispielsweise im Anschluss an das Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel» der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) aktiv gemacht. Und so unterstützen heute Tools wie die TreeApp (www.tree-app.ch) Forstfachleute bei der Baumartenwahl standortsspezifisch mit Expertenwissen. Auch im Projekt «Testpflanzungen» erarbeiten Praxis und Wissenschaft gemeinsam eine empirische Datengrundlage für die Baumartenwahl im Hinblick auf eine effiziente Umsetzung. Vor diesem Hintergrund ist auch der Austausch mit Akteuren aus der



Abb 2 Adaptiver Waldbau, Beispiel 2: Der Umbau einer Fichtenmonokultur in Bülach durch Pflanzung von Eiche und Linde erfolgt nach einem Borkenkäferbefall. Foto: Mathieu Lévesque

Forstwirtschaft, dem Natur- und Umweltschutz, dem Holzverarbeitenden Gewerbe und allen weiteren Gruppen, die ein Interesse am Wald haben, für die Wissenschaft wichtig. So können mit praxisnaher Forschung und unter Berücksichtigung der verschiedenen Bereiche zukunftsfähige, risikooptimierte Lösungen entwickelt werden. Idealerweise sollten zukunftsfähige Konzepte von Wissenschaftlerinnen und Praktikern gemeinsam entwickelt, erprobt und diskutiert werden. Gemeinsame Veröffentlichungen wie die vorliegende Schwerpunktstrecke «Adaptiver Waldbau» von Autorinnen und Autoren mit unterschiedlichster Expertise stellen eine gute Möglichkeit dar, den Austausch zu fördern. Im Folgenden fassen wir die Kernaussagen der Beiträge dieser Schwerpunktnummer zusammen, um den aktuellen Stand in Praxis und Forschung zum Thema «adaptiver Waldbau» darzustellen.

Aktueller Stand in Praxis und Forschung

Die Ziele des adaptiven Waldbaus können auf unterschiedlichen Wegen erreicht werden. Adaptiver Waldbau kann sowohl proaktiv (durch eine vorausschauende Planung) als auch reaktiv (nach Eintritt eines grossen Störungsereignisses) betrieben werden (Thom & Spathelf 2023, in diesem Heft). Dabei ist es wichtig, über den Einzelbestand hinauszudenken

und die Zusammensetzung des Waldes über längere Zeit und auf Landschaftsebene in die Planung miteinzubeziehen (Messier et al 2018). Eine gute Zusammenarbeit der Entscheidungsträger im öffentlichen Wald, der Privatwaldeigentümerinnen und -eigentümer und der Forstdienste ist dabei unabdingbar. In ihrem Übersichtsartikel stellen Thom und Spathelf (2023, in diesem Heft) den aktuellen Wissensstand zu Methoden des adaptiven Waldbaus zusammen und kategorisieren diese je nach Wirksamkeit für die in Mitteleuropa wichtigen Störungsursachen Wind, Insekten, Dürre und Feuer. Die Methoden umfassen unter anderem eine Anpassung der Bestandesstruktur, zum Beispiel durch eine Reduzierung der Bestandesdichte und durch kürzere Umtriebszeiten. Die Förderung einer Vielzahl von Baumarten mit unterschiedlichen Eigenschaften, die eine hohe Widerstandskraft gegenüber mindestens einer der verschiedenen Störungsursachen gewährleisten, hat ebenfalls eine grosse Bedeutung.

Eine Analyse der Daten des schweizerischen Landesforstinventars (LFI) (Temperli et al 2023, in diesem Heft) zeigt, dass in der Schweiz aktuell bereits auf grosser Fläche eine zukunftsfähige Zusammensetzung von Baumarten im Bestand und in der Verjüngung vorhanden ist. Dies bestätigen beispielsweise auch die Erfahrungen des Forstbetriebs Region Zofingen (AG) und der Bayerischen Staatsforsten (BaySF). Beide berichten, dass zukunftsfähige Mischbestände durch Verfahren der natürlichen Verjün-

gung und die Nutzung des hohen Potenzials bestehender Samenbäume erreicht werden (Höllnerl et al 2023, Kläy 2023, in diesem Heft). In der Schweiz weist der Anteil von Flächen mit nicht oder lediglich bedingt zukunftsfähiger Verjüngung vor allem in Hochlagen darauf hin, dass auf erheblicher Fläche eine aktive Förderung und Einbringung von zusätzlichen zukunftsfähigen Baumarten nötig ist (Temperli et al 2023, in diesem Heft). Dies ist den in dieser Ausgabe zu Wort kommenden Betrieben bewusst: Alle sehen in ihren Strategien eine aktive Förderung von zukunftsfähigen Baumarten vor. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf Baumarten, mit deren Anbau wir bereits Erfahrung haben (z. B. Eiche, Douglasie) und von denen wir einschätzen können, welchen Einfluss sie auf unterschiedliche Waldleistungen und die Biodiversität haben (Wohlgemuth et al 2021). Auch Baumarten, mit denen wir bisher weniger Erfahrung haben (z. B. Zedern- und Eichenarten aus dem Mittelmeerraum), können bereits heute in kleinen Stückzahlen eingebracht werden, um Anbauverfahren zu sammeln und zukünftige Handlungsoptionen zu stärken. Ausserdem sollten verschiedene Baumarten weiterhin in wissenschaftlich begleiteten Versuchen erprobt werden.

Umfangreiche Baumarten- und Herkunftsversuche wie das Projekt «Testpflanzungen» an der WSL (www.testpflanzungen.ch) liefern wertvolle Ergebnisse zum Anwuchserfolg und zum Wachstum von Baumarten auf Standorten, auf denen sie zurzeit noch fehlen. Diese Standorte könnten ihnen aber gemäss den Klimaszenarien gegen Ende des Jahrhunderts zusagen. Die vermutlich grösste Herausforderung bei der Erprobung von Baumarten und Herkünften ist allerdings, dass die Erprobungsphase viel Zeit benötigt. Eine komplementäre Lösung können wissenschaftlich begleitete Anbauversuche der Praxis sein, wie sie derzeit von den BaySF erprobt werden (Höllnerl et al 2023, in diesem Heft). Diese Praxisanbauversuche stellen einen Kompromiss dar, bei dem Praktikerinnen und Praktiker im Rahmen der regulären Waldbewirtschaftung bereits heute mit kleineren Beständen bisher noch wenig bekannter Baumarten Anbauverfahren sammeln können. Die wissenschaftliche Begleitung der Versuche stellt sicher, dass zum einen lediglich Baumarten mit einem hohen Potenzial angebaut werden und zum anderen sowohl Erfolge als auch Misserfolge sachgemäss dokumentiert und ausgewertet werden. Dieses Wissen steht dann für zukünftige Anbauempfehlungen zur Verfügung.

Adaptiver Waldbau ist immer auch mit Aufwand verbunden. Dumollard et al (2023, in diesem Heft) bewerten verschiedene starke Anpassungsstrategien für das Schweizer Mittelland ökonomisch und zeigen, dass die Anpassung an den Klimawandel vor allem bei der Bestandesbegründung höhere Kosten verursachen kann, die sich auf lange Sicht aber trotzdem auszahlen.

Falls die Ausgangslage es zulässt und fast ausschliesslich mit Naturverjüngung gearbeitet werden kann, ist der adaptive Waldbau bereits ohne weitere Förderung möglich. Stärkere Anpassungsszenarien mit kürzeren Umtriebszeiten und grösseren Verjüngungsflächen werden erst dann wirtschaftlich vorteilhaft, wenn Beiträge aus der öffentlichen Hand in die Bewertung einbezogen werden. Dies wird auch durch Erfahrungen aus der Praxis untermauert, die zeigen, dass Anpassung von Wäldern an den Klimawandel finanziell unterstützt werden sollte (Kläy 2023, in diesem Heft). Dies ist insbesondere auch dadurch gerechtfertigt, dass die Gesellschaft ein Interesse an klimastabilen Wäldern hat und viele der Waldleistungen öffentliche Güter darstellen, die aktuell nicht abgegolten werden.

Nachgelagerte Bereiche der Holzverarbeitung werden sich ebenfalls auf eine veränderte Dynamik in der Holzversorgung einstellen müssen. Da vor allem Fichten von Störungsereignissen wie Wind und Borkenkäfer betroffen sind, muss immer wieder mit einem starken Anfall von Nadelholz aus Schadereignissen gerechnet werden. Diese bewirken, dass sich der Vorrat der Fichte ins Gebirge verlagert (Cioldi & Allgaier Leuch 2020) und langfristig ihr Anteil am Holzaufkommen wohl eher sinken wird. Eine Umfrage bei Schweizer Sägewerken ergab allerdings, dass nur wenig Interesse daran besteht, Schadholz oder einen höheren Anteil an Laubholz zu verarbeiten, da die Nachfrage und teilweise auch die technischen Voraussetzungen fehlen (Bowman et al 2023, in diesem Heft).

Die Schaffung einer ausreichenden Kapazität an Nasslagerplätzen gilt als eine wichtige und gut umsetzbare Massnahme zur Qualitätserhaltung von Holz über eine gewisse Zeit nach Schadereignissen. Dies würde sowohl den Produzenten als auch den Abnehmern den zeitlichen Druck im Fall eines Schadereignisses nehmen und somit zu ihrer Entlastung beitragen. Dringend nötig wäre auch die Stärkung des heimischen Absatzmarktes. Um die Branche für zukünftige Herausforderungen zu stärken, bedarf es dafür insgesamt einer Umgestaltung der gesamten Wertschöpfungskette: von den Waldbesitzerinnen und Forstbetrieben über die Verarbeiter bis zu den Endverbrauchern. Ähnlich wie beim adaptiven Waldbau ist hier die Zusammenarbeit aller beteiligter Akteure gefordert.

Weder eine zu passive Waldbewirtschaftung (wenn eigentlich rasches Handeln geboten wäre), noch eine zu intensiv eingreifende (wenn das Potenzial bestehender Waldstrukturen noch nicht voll ausgeschöpft wurde) wäre zielführend. Mögliche Risiken frühzeitig zu kennen und bei der räumlichen Planung zu berücksichtigen, wird immer wichtiger. Das gilt auch für die Einschätzung davon, welche Auswirkungen alternative Bewirtschaftungsstrategien und mögliche Klimaszenarien auf die Bereitstellung verschiedener Waldleistungen und der Bio-

diversität haben. Thrippleton et al (2023, in diesem Heft) untersuchen in diesem Zusammenhang beispielhaft die Störungsanfälligkeit der Wälder gegenüber Borkenkäfer und Windwurf für die Umgebung von Davos und das Dischmatal. Sie zeigen, dass eine intensivere Bewirtschaftung bis Ende des Jahrhunderts vor allem eine leichte Abnahme des Fichtenanteils und eine verbesserte Waldstruktur bewirken und so zu einer reduzierten Anfälligkeit gegenüber den genannten Störungen führen würde. Einerseits wären langfristig durch die Klimaanpassung der Wälder Vorteile für die Schutzwirkung vor Steinschlag, Lawinen und Erdbeben zu erwarten und es käme zu weiteren Synergien bei der Biodiversität, der Holzbereitstellung und der Erholungsfunktion. Andererseits könnte die intensivere Bewirtschaftung kurzfristig zu einer reduzierten Schutzwirkung vor Naturgefahren führen, was es allenfalls durch technische Massnahmen zu überbrücken gilt. Solche Abwägungen sind nie einfach und erfordern auch ökonomische Analysen. Dieses Beispiel von Thrippleton et al (2023, in diesem Heft) zeigt, dass Entscheidungsunterstützungssysteme helfen können, wissenschaftliche Ergebnisse für die Praxis zugänglich zu machen, damit möglichst informierte und gut ausgewogene Entscheidungen getroffen werden.

Bei ökologischen und wirtschaftlichen Prognosen zur Entwicklung der Waldökosysteme und der von ihnen bereitgestellten Waldleistungen wird immer eine gewisse Unsicherheit bleiben, da verschiedene Faktoren (z.B. Entwicklung des Klimas, Holzpreise) langfristig nicht exakt vorhersehbar sind. Trotzdem ist es von grosser Bedeutung, Unsicherheiten in Bezug auf Bewirtschaftungsentscheidungen wo möglich zu reduzieren und Grundlagen dafür zu schaffen, die von der Praxis berücksichtigt werden können. Grundlagenforschung im Bereich der Ökologie und anderer hier relevanter Disziplinen, Modellierung von Ökosystemdienstleistungen unter verschiedenen Bewirtschaftungsszenarien und deren ökonomische Bewertung (Thrippleton et al 2023, in diesem Heft; Dumollard et al 2023, in diesem Heft) und die Bereitstellung von Ergebnissen mit praxistauglichen Instrumenten (z.B. TreeApp) werden zukünftig eine immer grössere Rolle spielen und sollten weiter vorangetrieben werden.

Ausblick

Der adaptive Waldbau erfordert neues Wissen sowie proaktives und ökonomisches Handeln. Er stellt die Waldbewirtschaftung und die Gesellschaft vor grosse Herausforderungen. Auch wenn viele Methoden des klassischen Waldbaus ebenso für den adaptiven Waldbau angewendet werden können, muss in einigen Bereichen umgedacht werden. So sollte das hohe Anpassungspotenzial von Pionierbaum-

arten besser genutzt werden, insbesondere wegen ihrer Eignung für eine natürliche Verjüngung auf Schadflächen. Auch das Ergänzen von Herkünften heimischer Baumarten aus anderen Regionen und ein massvolles Einbringen von Gastbaumarten in Mischung mit heimischen Arten haben ein hohes Potenzial für den adaptiven Waldbau.

Die Artikel aus Wissenschaft und Praxis in dieser Ausgabe sowie die aktuellen Diskussionen in Fachmedien zeigen, dass es eine der grössten Herausforderung des adaptiven Waldbaus ist, bestehende Unsicherheiten in Entscheidungsprozessen angemessen zu berücksichtigen (Lindner et al 2014). Hauptziel der Wissenschaft sollte dabei sein, die Reaktion einer Vielzahl von Ökosystemprozessen und Waldleistungen sowie der Biodiversität auf Extremereignisse (insbesondere langanhaltende Sommer-trockenheit sowie langsamer ablaufende, eher schleichende Prozesse) durch geeignete Forschungsansätze besser nachvollziehen zu können. Ein Schwerpunkt betrifft dabei sicherlich die Bedingungen für eine erfolgreiche Erhaltung eines vitalen und strukturreichen Baumbestandes, da viele Waldleistungen wie der Schutz vor Naturgefahren oder die Holzproduktion direkt davon abhängen. Weitere Aspekte (z.B. die Folgen reduzierter Umtriebszeiten, die Auswirkungen des Anbaus gebietsfremder Arten auf das gesamte Waldökosystem mit allen darin vorkommenden Arten und den wichtigsten Ökosystemprozessen) sind für eine ganzheitliche Betrachtung allerdings mindestens genauso wichtig (Wohlgemuth et al 2021). Neue Erkenntnisse müssen rasch bei der Prognose der zukünftigen Waldentwicklung und der Bereitstellung von Waldleistungen berücksichtigt werden, beispielsweise durch die Weiterentwicklung von Simulations- und Bewertungsansätzen. Allerdings ist auch klar, dass vor allem bei langfristigen Prognosen immer eine erhebliche Unsicherheit bestehen bleiben wird. Bei der Prognose möglicher Folgen waldbaulicher Entscheidungen und bei der praktischen Umsetzung des adaptiven Waldbaus sollten also jene Bewirtschaftungsformen identifiziert und priorisiert werden, die ein hohes Potenzial haben, bei einer Vielzahl denkbarer Szenarien ein möglichst breites Spektrum an Waldleistungen stabil und in genügendem Umfang bereitzustellen.

Da die Erlöse aus der Holzernte bei Weitem nicht ausreichen, um den adaptiven Waldbau in ausreichender Geschwindigkeit voranzubringen, muss die Gesellschaft hier intensiver finanziell unterstützen. Eine zu zögerliche Förderung hätte eine Verschleppung nötiger Massnahmen mit absehbaren Folgen für die zukünftige Bereitstellung von Waldleistungen zur Folge. Fragen, mit denen sich Praxis und Wissenschaft weiterhin intensiv beschäftigen müssen, betreffen unter anderem die Entwicklung, Dokumentation und Evaluation von standortsspezifischen Massnahmen sowie deren Auswirkungen auf

die Waldeleistungen. Schliesslich müssen die Zusammenarbeit und der Informations- und Erfahrungsaustausch zwischen den verschiedenen Disziplinen der Forstwissenschaften und der Praxis gefördert werden. Letzteres kann beispielsweise durch Veröffentlichungsformate wie die vorliegende Ausgabe oder durch Veranstaltungsformate wie das Montagskolloquium für die Praxis der ETH Zürich, das Forum für Wissen an der WSL oder den Dialog des Schweizerischen Forstvereins und über Plattformen wie waldwissen.net geschehen. Sie alle fördern den direkten Austausch zwischen der Wissenschaft und den Waldfachleuten. ■

Eingereicht: 22. Dezember 2022, akzeptiert (mit Review): 8. Februar 2023

Referenzen

- ALLGAIER LEUCH B, STREIT K, BRANG P (2017A)** Der Schweizer Wald im Klimawandel: Welche Entwicklungen kommen auf uns zu? Merkblatt für die Praxis 59. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). 12 pp.
- ALLGAIER LEUCH B, STREIT K, BRANG P (2017B)** Naturnaher Waldbau im Klimawandel. Merkblatt für die Praxis 59.1. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). 8 pp.
- BAFU (2015)** Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bern: Bundesamt für Umwelt, 186 pp.
- BAFU (2021)** Waldpolitik: Ziele und Massnahmen 2021–2024. Für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. Bern: Bundesamt für Umwelt. 61 pp.
- BOWMAN G, SANGINÉS DE CÁRCER P, VLASKOU BADRA D, SCHWEIER J (2023)** Impact des événements météorologiques extrêmes du point de vue des scieries. *J For Suisse* 174 (2): 100–105. doi: 10.3188/szf.2023.0100
- BRANG P, KÜCHLI C, SCHWITTER R, BUGMANN H, AMMANN P (2016)** Waldbauliche Strategien im Klimawandel. In: *Pluess AR, Augustin S, Brang P, editors. Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien.* Bern: Haupt. p. 341–365.
- BRÜLLHARDT M, ROTACH P, BUGMANN H (2022)** Lichtverfügbarkeit, Baumwachstum und Nachhaltigkeit im Dauerwald auf Buchenstandorten. *Schweiz Z Forstwes* 173: 270–279. doi: [10.3188/szf.2022.0270](https://doi.org/10.3188/szf.2022.0270)

Sylviculture adaptative – avec connaissance, prudence et courage

L'objectif de la sylviculture adaptative est d'adapter la gestion forestière de manière ciblée en fonction des besoins afin de préserver les services écosystémiques et la biodiversité face aux perturbations de plus en plus fréquentes et extrêmes en raison du changement climatique. Cet article résume les messages-clés des exemples tirés de la pratique et de la recherche présentés dans ce numéro spécial sur l'état actuel de la sylviculture adaptative. Il met en évidence que la gestion adaptative progresse sur le terrain. Néanmoins, la pratique et la recherche doivent continuer à œuvrer ensemble pour réduire les incertitudes quant à l'évolution future du climat et l'adéquation des mesures d'adaptation sylvicoles.

- CIOLDI F, ALLGAIER LEUCH B (2020)** Der Fichtenvorrat verlagert sich ins Gebirge. *Wald und Holz* 101 (11): 26–29.
- DUMOLLARD G, THOMAS M, ROSSET C, CIOLDI F, PAULI B (2023)** Ökonomische Bewertung von waldbaulichen Strategien zur Anpassung an den Klimawandel im Schweizer Mittelland. *Schweiz Z Forstwes* 174 (2): 92–99. doi: [10.3188/szf.2023.0092](https://doi.org/10.3188/szf.2023.0092)
- HÖLLERL S, ETTL R, FALTL W (2023)** Wald(um)bau im Zeichen des Klimawandels bei den Bayerischen Staatsforsten. *Schweiz Z Forstwes* 174 (2): 108–111. doi: [10.3188/szf.2023.0108](https://doi.org/10.3188/szf.2023.0108)
- KLAY M (2023)** Wie sich ein Forstbetrieb im Mittelland an den Klimawandel anpasst. *Schweiz Z Forstwes* 174 (2): 112–114. doi: [10.3188/szf.2023.0112](https://doi.org/10.3188/szf.2023.0112)
- LINDNER M, FITZGERALD JB, ZIMMERMANN NE, REYER C, DELZON S ET AL (2014)** Climate change and European forests: what do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *J Environ Manage* 146: 69–83. doi: [10.1016/j.jenvman.2014.07.030](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.030)
- MESSIER C, MAURE F, AQUILUÉ N (2018)** Une nouvelle approche pour immuniser nos forêts contre l'incertitude (essai). *Schweiz Z Forstwes* 169 (4): 199–202. doi: [10.3188/szf.2018.0199](https://doi.org/10.3188/szf.2018.0199)
- NCCS (2018)** CH2018 – Climate Scenarios for Switzerland, Technical Report. Zürich: National Centre for Climate Services. 271 pp.
- ROUILLER F, DELALOYE G (2023)** Une exploitation des Préalpes valaisannes confrontée au réchauffement climatique. *J For Suisse* 174 (2): 106–106. doi: [10.3188/szf.2023.0106](https://doi.org/10.3188/szf.2023.0106)
- STREIT K, ALLGAIER LEUCH B, AUGUSTIN S, BRANG P (2017A)** Waldbaustrategien. *Wald und Holz* 98: 26–28.
- STREIT K, ALLGAIER LEUCH B, BRANG P (2017B)** Der richtige Eingriff zur richtigen Zeit. *Wald und Holz* 98: 32–35.
- TEMPERLI C, NIKOLOVA P, BRANG P (2023)** Zukunftsfähigkeit der Baumartenzusammensetzung des Schweizer Waldes. *Schweiz Z Forstwes* 174 (2): 76–84. doi: [10.3188/szf.2023.0076](https://doi.org/10.3188/szf.2023.0076)
- THOM D, SPATHELF P (2023)** Adaptive Waldbewirtschaftung zur Minderung von Störungen. *Schweiz Z Forstwes* 174 (2): 70–75. doi: [10.3188/szf.2023.0070](https://doi.org/10.3188/szf.2023.0070)
- THRIPPLETON T, TEMPERLI C, KRUMM F, MEY R, ZELL J ET AL (2023)** Anwendung eines Entscheidungssystems für die Anpassung an Klimawandel und Störungen im Gebirgswald. *Schweiz Z Forstwes* 174 2: 85–91. doi: [10.3188/szf.2023.0085](https://doi.org/10.3188/szf.2023.0085)
- WBW (2021)** Die Anpassung von Wäldern und Waldwirtschaft an den Klimawandel. Berlin: Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. 192 pp.
- WOHLGEMUTH T, MOSER B, PÖTZELBERGER E, RIGLING A, GOSSNER MM (2021)** Über die Invasivität der Douglasie und ihre Auswirkungen auf Boden und Biodiversität. *Schweiz Z Forstwes* 172 (2): 118–127. doi: [10.3188/szf.2021.0118](https://doi.org/10.3188/szf.2021.0118)

Adaptive forest management – with knowledge, caution, and courage

The objective of adaptive forest management is a directed adjustment of silvicultural measures wherever necessary to ensure provision of forest services and biodiversity in the face of more frequent and more intense disturbance events due to climate change in the future. This paper synthesises the main points of the examples from practitioners and scientists that are presented in this special issue and shows that there is good progress towards the adaptation of forest stands to climate change. At the same time, forest practitioners and scientists need to further collaborate to reduce existing uncertainties regarding the future development of the climate and the effectiveness of specific silvicultural adaptation measures.