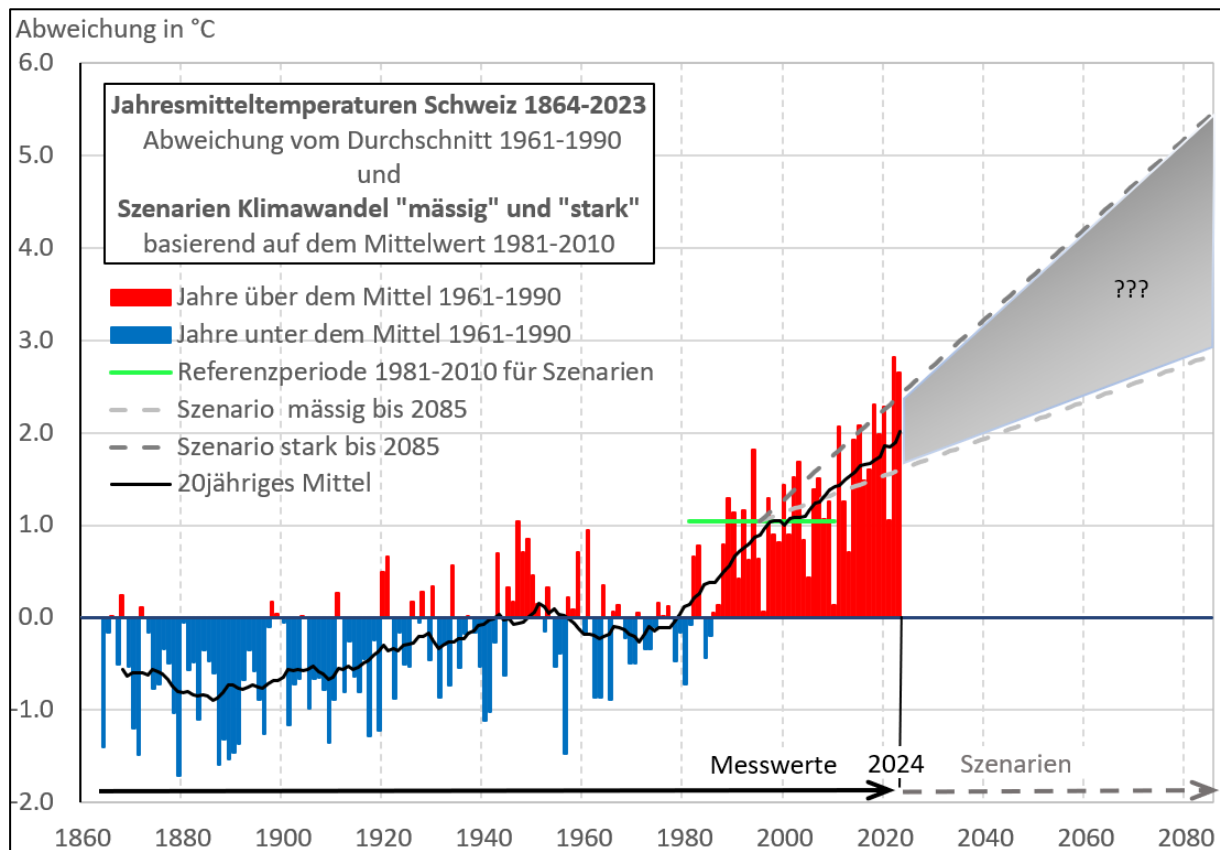


Naturnaher adaptiver Waldbau

Umsetzungsprinzipien für die Anpassung an den Klimawandel

Ziel und Zweck dieses Papiers

Viele Waldbau-Akteure haben eigene Vorstellungen entwickelt, wie die Anpassung der Wälder an den Klimawandel waldbaulich umgesetzt werden kann. Diese sind aber meist nicht schriftlich festgehalten und detailliert ausformuliert. Offensichtlich bestehen dadurch gewisse Diskrepanzen. Die Fachstelle Waldbau hat deshalb Grundsätze zur Umsetzung der Adaptationsprinzipien (Brang et al. 2016) auf Basis des naturnahen Waldbaus erarbeitet. Diese dienen der Schaffung einer Dialog-Basis für den adaptiven Waldbau. Sie werden ergänzt durch ein [Waldbau-Glossar](#) für eine gemeinsame, einheitliche Terminologie.



Jahresmitteltemperaturen in der Schweiz seit Messbeginn bis 2023 (Bezugsperiode: Mittelwert 1961-1990) und Klimaszenarien CH2018 «mässig» und «stark» (Referenzperiode: 1981-2010) bis 2085 (Quelle: [MeteoSchweiz](#)). Seit 1880 bis 2023 wurde eine Zunahme von ca. 3.0°C gemessen.

Einleitung

Die globalen Umweltveränderungen (Klimawandel, Stickstoffeintrag, Neobiota) konfrontieren uns mit tiefgreifenden Unsicherheiten in Bezug auf die Zukunft. Mit Modellen versuchen wir, wahrscheinliche Szenarien auszuloten, ohne dass die Zukunft dadurch exakt vorhersagbar wird. In diesem Kontext sind Pragmatismus und Vorsicht wichtige Leitlinien für einen naturnahen adaptiven Waldbau mit Erhaltung und Förderung der Vielfalt auf verschiedenen Ebenen.

Im Laufe der Zeit haben die folgenden fünf Schlüsselbegriffe den Schweizer Waldbau geprägt:

- Nachhaltigkeit (Forstgesetz 1876 und 1902)
- Naturnähe (Biolley 1901, Engler 1905)
- Multifunktionalität (Waldgesetz 1991)
- Biologische Rationalisierung (Schütz 1996, Ammann 2004)
- Adaptation (Brang et al. 2014 und 2016)



Wichtig ist ihre Kombination. Das Prinzip der Naturnähe wird nicht aufgehoben durch den Klimawandel und die Adaptation, sondern ist hier besonders wichtig. Bei der Interpretation des Begriffs Naturnähe sind die sich verändernden Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, z. B. Standortveränderungen.

Definition naturnaher adaptiver Waldbau (nnaW)

Zur Erfüllung der Voraussetzungen für die Adaptation mit den Oberzielen Risikoreduktion und Erhaltung der Waldleistungen (Brang et al. 2016) ist die gesamtheitliche Erhaltung eines voll funktionsfähigen Ökosystems unabdingbar. Im Folgenden werden auf Basis des naturnahen Waldbaus Grundsätze für die Erhöhung der Anpassungsfähigkeit, Resilienz und Resistenz der Wälder skizziert. Damit werden die Umsetzungsprinzipien zur Anpassung des Waldes an den Klimawandel konkretisiert (vgl. Allgaier Leuch et al. 2017; Brang et al. 2016).

Die Förderung von Baumartenvielfalt, Strukturvielfalt, genetischer Vielfalt und vitalen Einzelbäumen wird mit gezielten Eingriffen gesteuert, wobei die Verjüngungsökologie besonders entscheidend ist (Schatten, Licht, Zeit, Raum). Die Prinzipien der Naturopportunität¹ und Zieloffenheit² sind dazu kein Widerspruch. Der nnaW nutzt soweit möglich natürliche Abläufe wie Naturverjüngung und Selbstdifferenzierung. Beobachtung und Geduld sind weiterhin wichtiger Bestandteil des Waldbaus. Die Natur selbst verfügt über wirksame Mechanismen der Adaptation: Störungen beschleunigen die natürliche Anpassung. Der erhöhte Selektionsdruck durch den Klimawandel unterstützt die natürliche Anpassung (Genetik, Baumartenvielfalt). Die Anpassung ist eine Daueraufgabe, weil das Ausmass und die Wirkungen der globalen Umweltveränderungen nicht absehbar sind. Jeder waldbauliche Eingriff bietet Chancen für den nnaW, welche genutzt werden sollten.

(1) Grundsatz Naturverjüngung

- Die Adaptation verläuft zu einem sehr hohen Anteil über Naturverjüngung (oder Saat³)
- Pionierbaumarten sind aktiv einzubeziehen
- Naturverjüngung führt in den meisten Fällen zu einer hohen genetischen Vielfalt
- Auch Gastbaumarten werden soweit möglich natürlich verjüngt⁴

(2) Pflanzungen ja, aber

- Pflanzung im Sinne von Ergänzung, d. h. immer zusammen mit Naturverjüngung einheimischer, standortgerechter Baumarten
- Pflanzung nur dann, wenn die Zielbaumart mit bewusster Naturverjüngung nicht möglich ist⁵
- Ausschliesslich Baumarten mit «adaptivem Mehrwert»⁶
- Keine flächigen, homogenisierenden Pflanzungen, sondern räumlich frei verteilte Ergänzungspflanzungen, Trupps, Weitabstand oder Reihenverband.
- Vermeidung von Zielkonflikten⁷ durch Pflanzungen
- Mischung aus Pflanzung maximal auf Basis Endabstand. Keine kleinflächige Buntmischung aus Pflanzung. Dagegen sind vielfältige Mischungen aus Naturverjüngung willkommen
- Die Verwendung von Wildlingen ist eine gute Option
- Oft wird die Naturverjüngung unterschätzt, was später zum Scheitern von Pflanzungen oder hohen Pflegekosten führt

¹ Angebote der Natur werden genutzt, wo und wann sie sich ergeben. Beispiel: Naturverjüngungen von Eiche anstreben (durch entsprechendes waldbauliches Vorgehen, aber auch durch «Zufälle» oder Störungen), das Potential möglichst früh erkennen und fördern. Dies gelingt nicht immer und überall. Das Gegenteil von naturopportunem Vorgehen wäre eine Pflanzung, welche genau hier und jetzt Eichen einbringt, dafür mit viel höheren Kosten.

² Beispiel für Zieloffenheit: Ein Verjüngungsschlag mit dem Ziel, die Lichtbaumart Eiche natürlich zu verjüngen, bringt nicht den gewünschten Erfolg. Stattdessen verjüngen sich Birke, Föhre und diverse Schattenbaumarten, was ebenfalls willkommen ist.

³ Saat imitiert die Naturverjüngung und vermeidet Nachteile der Pflanzung wie z. B. Pflanzschock. Die Kosten sind um ein Vielfaches geringer als bei Pflanzungen.

⁴ Bei geringer genetischer Vielfalt der Samenbäume kann es in der Folgegeneration zu einer genetischen Drift kommen; Beispiel für Douglasie in Neophytou et al. (2020).

⁵ Unter der Voraussetzung, dass die Möglichkeiten der Verjüngungsökologie ausgeschöpft werden, sowie entsprechende Geduld aufgewendet wird.

⁶ Baumarten, welche natürlich nicht da wären oder kommen würden, z. B. im Mittelland nicht Bergahorn, sondern Elsbeere, Schneeballblättriger Ahorn, Zerreiche.

⁷ Beispiel für einen Zielkonflikt ist die Pflanzung von Eichen und Douglasien in Einzelmischung.



(3) Verjüngungsökologie

- Gezieltes Vorgehen, welches die Naturverjüngung einer grossen Palette von Zukunftsbaumarten (inkl. Lichtbaumarten) ermöglicht
- Berücksichtigung der baumartenspezifischen Verjüngungsökologie und zeitlichen Dynamik
- Je nach Ziel bewusste Variation und Kombination der Hiebsarten und Verjüngungszeiträume
- Auch bei Pflanzungen sind Baumartenansprüche und Verjüngungsökologie zu berücksichtigen
- Bewusste und zielgerichtete Kombination von Betriebsarten innerhalb von Forstbetrieben

(4) Jungwaldpflege, Durchforstungen

- Selbstdifferenzierung (Selektion der Vitalsten) als Basis für Z-Baum-Eingriffe
- Zukunftsbaumarten werden als Z-Bäume bevorzugt
- Keine Homogenisierungen, keine flächigen Eingriffe, kein flächiges Ausmähen
- Keine negative Auslese (Ausnahme: Waldrebe und Neophyten)
- Baumartenspezifisches Vorgehen
- Tendenziell frühe und konsequente Dimensionierung mit dem Ziel von grosskronigen, vitalen Z-Bäumen; dadurch kürzere Umtriebszeiten

(5) Arbeiten mit „Elementen des naturnahen Waldbaus“⁸ / Strukturelementen

- Überhälter
- «Überlebende» (Rescapés), mit wertvollen Eigenschaften (Genetik, Stabilität, Resistenz)
- Habitatbäume
- Vorwüchse
- Pioniere
- seltene Baumarten
- Sträucher
- Totholz
- Verjüngungslücken mit Konkurrenzvegetation⁹

(6) Wald-Wild-Gleichgewicht

- Wirksame jagdliche Massnahmen für angepasste Schalenwildbestände werden propagiert und unterstützt, z. B. räumlich und zeitlich intensivierte Jagd, Vereinfachung von Jagdvorschriften¹⁰
- Eine bewusste Lebensraumgestaltung durch Forstfachleute ist die Basis des naturnahen adaptiven Waldbaus. Dazu gehören Verjüngungsflächen in nachhaltigem Ausmass, standortsgerechte Laubholzanteile, angepasste Holzvorräte bzw. eine räumliche Variation der Waldstrukturen¹¹
- Bei der Lebensraumgestaltung haben die Wald-Akteure direkte Einflussmöglichkeiten. Jagdliche Massnahmen sind zentral, können jedoch durch Waldfachleute nicht unmittelbar beeinflusst werden
- Pflanzungen ziehen hohe Folgekosten für Wildschutz und Pflege nach sich. Im Gebirgswald gilt dies noch stärker (Hangneigung, Schneehöhe, Erreichbarkeit, Zeitdauer)
- Naturverjüngung benötigt meist keinen Schutz, Pflanzungen fast immer. Allerdings kann es in Naturverjüngungen zu übermässigen oder sogar totalen Entmischungen kommen
- Ein naturnaher adaptiver Waldbau wird so gestaltet, dass er keine oder nur wenige (punktueller) Wildschutzmassnahmen benötigt¹²

⁸ Definiert in: Umsetzung des naturnahen Waldbaus im Kanton Aargau, Haltung des kantonalen Forstdienstes; Kanton Aargau 2022.

⁹ Lücken mit Brombeeren, Adlerfarn etc. wirken strukturierend und stabilisierend; sie sind oft eine Chance für Lichtbaumarten, welche hier eine Nische finden und natürlicherweise oder mit geringem Pflegeaufwand aufkommen können.

¹⁰ Gemäss Art. 27 Absatz 2 Waldgesetz sind die Kantone verpflichtet, den Wildbestand so zu regulieren, dass die natürliche Verjüngung des Waldes mit standortsgerechten Baumarten ohne Schutzmassnahmen möglich ist.

¹¹ Ein höheres Äsungsangebot, mehr Licht und dadurch höhere Baumartenvielfalt in den Verjüngungen, sowie schnelleres Aufwachsen der Jungbäume können aktiv waldbaulich erreicht werden. Dabei sind keine kurzfristigen Verbesserungen möglich (ausser durch grosse Schadensereignisse), sondern es handelt sich um langfristige Veränderungen. Der aus Wald-Wild-Sicht nachhaltig gestaltete Lebensraum löst nicht alle Probleme, hilft aber, die Situation zu verbessern.

¹² Dazu gehört im Sinne der Naturoportunität und Zieloffenheit das Arbeiten mit den Baumarten, welche lokal trotz hohem Wilddruck aufkommen können, z. B. Birke oder Aspe.



- Durch den Wildeinfluss limitiert aufkommende Zukunftsbaumarten werden durch Jungwaldpflege gezielt gefördert
- Das Einzäunen von Jungwaldflächen entzieht dem Wild den besten Lebensraum innerhalb des Waldes und verschärft so die Wildproblematik im restlichen Jungwald. Falls man schützen will, sind punktuelle Einzelschütze (oder Kleinzäune) den flächigen Zäunungen vorzuziehen
- Vorsicht bei der Interpretation von Kontrollzäunen, diese geben kein reales Bild. Wildtiere (Reh, Gams, Rothirsch) und Grossprädatoren (Luchs, Wolf) sind Teil des Lebensraums
- Bei der Beurteilung der Wald-Wild-Situation sind Standort, Höhenstufe und Klimawandel (zukünftiger Standort) einzubeziehen¹³

(7) Umgang mit Gastbaumarten

- Massvoller Einsatz von Gastbaumarten, so dass keine negativen Einflüsse auf das Ökosystem zu befürchten sind
- Bei Pflanzungen von Gastbaumarten gelten die Grundsätze gemäss Punkt (2) und (8)
- Assisted migration, d. h. die Einbringung von potenziell natürlich einwandernden Baumarten¹⁴ kann eine gute Option sein, jedoch in massvollem Umfang

(8) Kosten und Risiken

- Massnahmen mit dem besten Kosten-/Nutzen Verhältnis sollen bevorzugt werden. Dabei sollen sämtliche monetären und nicht monetären Nutzen und Kosten berücksichtigt werden (BAFU 2012)
- Naturnähe bedeutet tiefe Kosten und tiefe Risiken. Dies gilt auch für die Adaptation
- Teure Massnahmen sind ökonomisch betrachtet risikoreicher. Im Rahmen der Adaptation gilt dies aufgrund der Veränderung der Rahmenbedingungen umso mehr

(9) Umgang mit «gefährdeten Baumarten» (auf entsprechenden Standorten)

- Es bestehen erhebliche Unsicherheiten zum «Ausfall» von Baumarten (wann, wo, Standortunterschiede)
- «Gefährdete Baumarten» nicht eliminieren (z. B. Fichte oder Buche). Sie bilden oft nach wie vor die Matrix einer Bestockung mit wichtigen Funktionen (Erziehung, Stabilität, Massenproduktion, Beschattung des Bodens)
- Funktionalitäten innerhalb der Bestockung (Samenbäume, Z-Bäume, Füllbestand) und unterschiedlichen Zeithorizont ihrer Funktionalität beachten (z. B. Füllbestand im Mittelland nur ca. 30 Jahre notwendig)
- Somatische Mutationen auf Ebene Einzelbaum lassen auf rasche Anpassung hoffen¹⁵

(10) Bodenschutz

- Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit durch permanente Feinerschliessung sowie technische und organisatorische Massnahmen
- Erhöhung der Bodenaktivität durch standortsgerechte Bestockung (Laubholzanteil)¹⁶ und Belassen von Totholz
- Reduktion von Nährstoffverlusten durch Vermeiden von Sommerholzerei und Vollbaumnutzung, speziell auf nährstoffarmen Böden
- Dem Wasserhaushalt ist besondere Beachtung zu schenken. Eine Reduktion der Infiltrations- und Wasserspeicherefähigkeit durch Bodenverdichtung ist zu vermeiden

¹³ Beispiel: Tanne in zukünftig kollinen oder submontanen Wäldern ist bezüglich Verbiss keine Schlüsselbaumart.

¹⁴ Beispiele: Zerreiche aus dem Südtessin, Judasbaum aus dem Mittelmeerraum.

¹⁵ Auf einer 100jährigen Eiche wurden 42 somatische Mutationen gefunden, von denen 19 über die Eicheln an die nächste Generation weitergegeben wurden. Dass somatische Mutationen bei Bäumen nicht unterdrückt werden (wie bei Mensch und Tier) ist ein grosser Vorteil für eine rasche Anpassung (Plomion et al. 2018).

¹⁶ Besonders günstig sind Baumarten mit gut abbaubarer Streu.



Autoren: Ammann, P., Blanc, R., Brüllhardt, M. und Junod, P. (2024)

Fachstelle Waldbau, 30.01.2024

Wir danken den Mitgliedern des Verbunds Waldbau Schweiz, namentlich Samuel Zürcher, für die wertvollen und kritischen Diskussionen. Danke auch an Fabian Dietiker, Christoph Gasser, Daniel Guggisberg, Robert Jenni, Raphael Lüchinger und Tino Waldburger für die Durchsicht und Verbesserung des Dokuments.

Literatur

- Allgaier Leuch, B.; Streit, K.; Brang, P. (2017). [Naturnaher Waldbau im Klimawandel](#). Merkbl. Prax. 59.1, 8 S.
- Ammann, P. (2004). [Untersuchung der natürlichen Entwicklungsdynamik in Jungwaldbeständen - Biologische Rationalisierung der waldbaulichen Produktion bei Fichte, Esche, Bergahorn und Buche](#). Zürich: ETH Zürich.
- BAFU (2012). [Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz: Ziele, Herausforderungen und Handlungsfelder](#). Erster Teil der Strategie des Bundesrates vom 2. März 2012.
- Biolley, H. (1901). [Le jardinage cultural](#). Journal forestier suisse : organe de la Société Forestière Suisse, 52(6).
- Brang, P., Spathelf, P., Bo Larsen, J., Bauhus, J., Bončina, A., Chauvin, C., Drössler, L., García-Güemes, C., Heiri, C., Kerr, G., Lexer, M. J., Mason, B., Mohren, F., Mühlethaler, U., Nocentini, S. & Svoboda, M. (2014). [Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change](#), Forestry 87, 4: 492–503.
- Brang, P., Küchli, C., Schwitter, R., Bugmann, H., und Ammann, P. (2016). [Waldbauliche Strategien im Klimawandel](#). In A. R. Pluess, S. Augustin, P. Brang, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, & Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf (Eds.), Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien (pp. 341-365). Haupt.
- Engler, A. (1905). [Aus der Theorie und Praxis des Femelschlagbetriebes](#). A. Francke-Kommissionsverlag.
- Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Wald (2022). [Umsetzung des naturnahen Waldbaus im Kanton Aargau, Haltung des kantonalen Forstdienstes](#).
- Neophytou C., van Loo M., Hasenauer, H. (2020). [Genetic diversity in introduced Douglas-fir and its natural regeneration in Central Europe](#), Forestry 93, 4:535–544.
- Plomion, C., Aury, JM., Amselem, J. *et al.* (2018). [Oak genome reveals facets of long lifespan](#). Nature Plants 4, 440–452.
- Schütz, J.-P. (1996): [Bedeutung und Möglichkeiten der biologischen Rationalisierung im Forstbetrieb](#). Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 147 (1996) 5: 315-349.