

UMWELT

WALDBEWIRTSCHAFTUNG IM KLIMAWANDEL – AKTUELLE HALTUNG DER ABTEILUNG WALD

Fassung November 2019

Herausgeber

Departement Bau, Verkehr und Umwelt
Abteilung Wald
5001 Aarau
www.ag.ch

Text

Peter Ammann, Alex Arnet, Raffael Bienz, Fabian Dietiker
Abteilung Wald
062 835 28 20
wald@ag.ch
www.ag.ch/wald

Copyright

© 2019 Kanton Aargau

Inhalt

1	Einleitung und Ausgangslage	1
2	Auswirkungen der Klimaveränderungen auf Höhenstufen und Waldgesellschaften	2
2.1	Höhenstufen	2
2.2	Ökogramme und Waldgesellschaften	3
3	Baumarten unter veränderten Klimabedingungen	4
3.1	Gewinner und Verlierer	4
3.2	Tools zur Baumartenwahl pro Waldgesellschaft	6
4	Waldbauliche Strategien unter veränderten Klimabedingungen	7
4.1	Überblick	7
4.2	Erhöhung der Baumarten-Vielfalt	8
4.3	Erhöhung der Strukturvielfalt	8
4.4	Erhöhung der genetischen Vielfalt	9
4.5	Erhöhung der Störungsresistenz der Einzelbäume	10
4.6	Reduktion der Umtriebszeit bzw. des Zieldurchmessers	11
5	Praktische Umsetzung	13
6	Monitoring ablaufende Entwicklungen	14
7	Anhang	15

1 Einleitung und Ausgangslage

Seit Beginn der Industrialisierung beträgt die Erwärmung in der Schweiz rund 1.8 Grad. Wird das international vereinbarte 2-Grad Ziel erreicht (gemäss Reduktionsszenario), resultiert für die Schweiz eine Erwärmung von 3.3 Grad bis Ende des 21. Jahrhunderts. Je nach Emissionsszenario wird ein markant höherer Temperaturanstieg eintreffen.

Der Klimawandel wird deutliche Auswirkungen auf den Wald haben. Neben der Erwärmung wird die zunehmende Sommertrockenheit für heute gut mit Wasser versorgte Waldstandorte zu Defiziten im Wasserhaushalt führen. Dies wiederum beeinflusst die Nährstoffkreisläufe. Die Erwärmung wird weitere Einflüsse auf ökophysiologische Prozesse, die genetische Variation der Bäume, das Wachstum von Einzelbäumen, die Mortalität, die Baumartenverbreitung, die Standorteignung usw. haben.

Das vorliegende Dokument gibt die aktuelle Haltung der Abteilung Wald wieder und soll die Waldbewirtschaftenden bei ihren Tätigkeiten im Wald unterstützen. Der Klimawandel wird auch am Aargauer Wald nicht spurlos vorbeigehen: Bei einer Erwärmung bis Ende des 21. Jahrhunderts um 4.2 Grad (Klimamodell CLM, siehe Anhang) werden rund 78 Prozent der Aargauer Waldfläche von der heute submontanen Stufe in die kolline Stufe wechseln (Kap. 2). Die damit einhergehenden Veränderungen der Wälder und die Auswirkungen auf die von den Waldeigentümerinnen und Waldeigentümern sowie der Bevölkerung erwarteten Waldeleistungen setzen eine angepasste Waldbewirtschaftung voraus. Wichtige Fragen stellen sich insbesondere im Hinblick auf die Baumarten, die sich unter den veränderten Klimabedingungen bewähren werden (Kap. 3).

Die formulierten waldbaulichen Strategien (Kap. 4) sowie die praktische Umsetzung (Kap. 5) stützen sich

insbesondere auf die Resultate des Forschungsprogramms "Wald und Klimawandel" ¹ ab. Die Forschungsergebnisse sind eine wertvolle Grundlage für Adaptationsstrategien zum Umgang mit den ablaufenden Entwicklungen.

Trotz den vorliegenden Erkenntnissen bleiben viele Unsicherheiten. Diese ergeben sich schon daraus, dass verschiedene Klimaszenarien möglich sind. Im vorliegenden Dokument werden deshalb ein mittleres sowie ein starkes Erwärmungsszenario dargestellt und deren Auswirkungen beschrieben. Mit fortschreitendem Klimawandel werden sich weitere Fragen ergeben, auf die von Wissenschaft und Praxis Antworten erwartet werden. Deshalb kommt einem Monitoring der ablaufenden Entwicklungen sowie der periodischen Überprüfung der praktischen Umsetzung grosse Bedeutung zu (Kap. 6).

Angesichts der sich abzeichnenden Veränderungen ist übertriebener Aktivismus zum Umbau der vielfältigen Aargauer Wälder nicht angezeigt. Das Unvorhergesehene gehört zum Wald und seiner Bewirtschaftung, wird mit den Klimaveränderungen jedoch neue Dimensionen annehmen. Mit den geltenden Vorsorgegeboten gegenüber irreversiblen Bewirtschaftungsfolgen (z. B. Kahlschlagverbot), anerkannten Grundsätzen der nachhaltigen Waldbewirtschaftung (z. B. Bodenschutz), der Lenkung von natürlicherweise ablaufenden Prozessen (z.B. biologische Rationalisierung), den Faustregeln zur Risikostreuung (z. B. Baumartenwahl) und einem Planungssystem, das ein schrittweises Vorgehen erlaubt (trial and error), ist ein evolutives Vorgehen der Weg in eine veränderte Klimazukunft.

¹ Pluess, A.R.; Augustin, S.; Brang, P. (Red.), 2016. Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern; Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf; Haupt, Bern, Stuttgart, Wien. 447 S.

2 Auswirkungen der Klimaveränderungen auf Höhenstufen und Waldgesellschaften

2.1 Höhenstufen

Die prognostizierte Klimaerwärmung und die Veränderungen im Niederschlagsregime führen zukünftig zu einer Verschiebung der Höhenstufen nach oben. Die heutigen klimatischen Verhältnisse des Mittellandes werden zukünftig nur noch in höheren Lagen (z. B. im Jura) anzutreffen sein. Im Mittelland wiederum werden klimatische Verhältnisse der kollinen Höhenstufe vorherrschen.

Wie sich die Höhenstufen zukünftig konkret verschieben könnten, wurde für die beiden Klimamodelle RegCM3 (schwacher Klimawandel) und CLM (starker Klimawandel) modelliert (siehe Anhang). Die folgende Grafik zeigt die heutige Höhenstufenverteilung und die prognostizierten Verteilungen gemäss den beiden Klimaszenarien. Die heutige Höhenstufenverteilung stellt den Stand zur Zeit der Standortkartierung dar (vor ca. 30 Jahren).

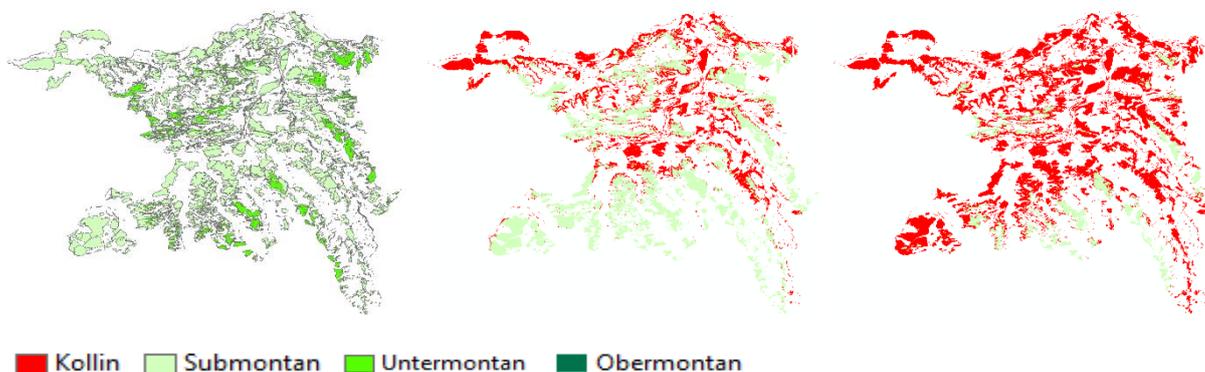


Abbildung 1: Heutige Höhenstufenverteilung (links) und Höhenstufenverteilungen gemäss den Klimamodellen RegCM3 (Mitte) und CLM (rechts) im Jahr 2100.

Die folgende Tabelle veranschaulicht die Flächenverschiebungen für die beiden Klimaszenarien.

	kollin	submontan	untermontan	obermontan	total
Heute	0	41'554	7'467	20	49'040
RegCM3	19'450	29'590	0	0	49'040
CLM	40'648	8'392	0	0	49'040

Tabelle 1: Flächenverteilungen (ha) auf die Höhenstufen heute und gemäss Klimamodellen.

Die heutige Höhenstufenverteilung wird von der submontanen Stufe dominiert (41'554 ha). Die Jurahöhen und Molassehöhenzüge (z. B. Lindenberg) werden der untermontanen Stufe zugeordnet (7'467 ha) und die höchstgelegenen Juraregionen der obermontanen Stufe (20 ha).

Gemäss Klimamodell RegCM3 wird sich die submontane Stufe in die höheren Lagen verschieben (29'590 ha). Zudem werden grosse Gebiete entlang den Flusstälern der kollinen Höhenstufe zugeordnet (19'450 ha).

Unter dem Klimamodell CLM wird ein grosser Teil des Kantons kollin (40'648 ha), nur die Jurahöhen und Molassehöhenzüge wechseln in die submontane Stufe (8'392 ha).

2.2 Ökogramme und Waldgesellschaften

Die vorhandenen Ökogramme des Kantons Aargau wurden um die Dimension "Klimawandel" erweitert. Die Verschiebung der Verbreitungsgebiete der Höhenstufen und damit der Baumarten kann damit abgeschätzt werden. Die Veränderungen der Standortbedingungen an einem bestimmten Ort im Wald werden für eine weniger trockene (entspricht Klimamodell RegCM3) und eine trockenere Klimazukunft (entspricht Klimamodell CLM) dargestellt.

Anhand sogenannter "Durchstichtabellen" (siehe Anhang) kann aufgezeigt werden, dass sich z. B. aus der untermontanen Waldgesellschaft 8a bei einer Höhenstufenverschiebung gemäss Klimamodell RegCM3 ein

7a der submontanen Stufe entwickelt. Verschieben sich die Höhenstufen gemäss Klimamodell CLM sogar um zwei Ebenen, entsteht aus dem 8a eine Waldgesellschaft 7a der kollinen Höhenstufe. Dabei handelt es sich (wie auch bei allen anderen Waldgesellschaften der kollinen Stufe) um eine fiktive Waldgesellschaft, die in der Schweiz heute noch nicht anzutreffen ist.

Die "Durchstichtabelle" im Anhang zeigt auf, in welche Richtung sich die aktuell im Aargau anzutreffenden Waldgesellschaften bei einem schwachen bzw. starken Klimawandel entwickeln.

Während es beim weniger trockenen Klimamodell bei etwa 42 Prozent der Aargauer pflanzensoziologischen Kartierungseinheiten zu einer Änderung der Waldgesellschaft kommt, wird beim trockeneren Klimamodell bei 85 Prozent eine Änderung erwartet. Die heute vorherrschenden Waldmeister-Buchenwälder entwickeln sich bei diesem Klimamodell hin zu Laubmischwäldern ohne Buche.

Karten mit den modellierten Höhenstufen und den Waldgesellschaften für die beiden Klimamodelle stehen in der BKOnline zur Verfügung. Diese können in der Layer-Liste unter Datensätze > Wald im Klimawandel geladen werden. Für den Layer mit den Waldgesellschaften kann durch aktivieren der Pop-ups (drei kleine Punkte hinter dem Datensatz) und anschliessendem Klicken auf eine pflanzensoziologische Kartierungseinheit in der Karte eine Tabelle geöffnet werden, welche die modellierten Höhenstufen und Waldgesellschaften für diese Einheit darstellt (siehe Anhang).

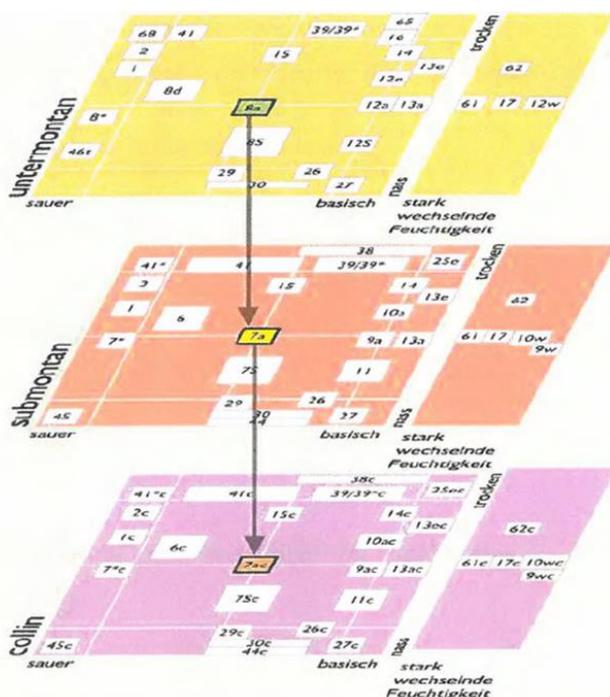


Abbildung 2: Durchstichtabelle der Waldgesellschaft 8a (Typischer Waldhirschen-Buchenwald). Aus: *Frehner, M.; Brang, P.; Kaufmann, G.; Küchli, C., 2018: Standortkundliche Grundlagen für die Waldbewirtschaftung im Klimawandel. WSL Berichte, 66, Anhang. 148 S.*

3 Baumarten unter veränderten Klimabedingungen

3.1 Gewinner und Verlierer

Von der Klimaveränderung werden wärmeliebende und Trockenheit ertragende Baumarten profitieren. Zu den Verlierern gehören Baumarten, welche bezüglich Wärme und Trockenheit limitiert sind. Dies sind unter anderem Baumarten, welche natürlicherweise in höheren Lagen (Alpen) oder im Norden heimisch sind. Bereits deutlich spürbar ist der Klimawandel bei der Fichte.

Bisher wurde der Aargauer Wald klar von der Buche dominiert. Dank ihrer grossen Schattentoleranz, Konkurrenzkraft und Baumhöhe sowie der problemlosen Naturverjüngung wäre die Buche ohne forstlichen Einfluss auf über 90% der Waldfläche die bestandesbildende Baumart gewesen, und zwar auf sauren wie auf kalkreichen Standorten. Nur wenige weitere Baumarten erreichen eine natürliche Dominanz entweder im sehr trockenen oder nassen Bereich (vgl. Abbildung 3 links), oder sie kommen auf Sonderstandorten natürlich vor (z. B. Linde auf Hangschutt). Bis Ende des 21. Jahrhunderts wird der Kanton Aargau zum überwiegenden Teil nicht mehr als Habitat für die Buche geeignet sein. Durch den prognostizierten Rückgang der Buche wird es deshalb zu grossen Veränderungen in der Baumartenzusammensetzung der Aargauer Wälder kommen.

Im Moment ist keine Baumart bekannt, welche die gleiche Dominanz wie die Buche erreichen könnte.

Sehr schattenertragend, konkurrenzstark und auf sauren wie basischen Böden daheim ist die Hagebuche. Nachteile hat sie aber, weil sie bezüglich Baumhöhe nicht zu den ganz "Grossen" gehört. Alle Eigenschaften, um Wälder zu dominieren, hat die Edelkastanie – allerdings nur im mittleren bis sauren Bereich des Ökogramms, also nicht auf Kalkstandorten. Ihre Zukunft ist aber aufgrund des Kastanienrindenkrebsses noch unsicher. Zu den konkurrenzstarken, schattenertragenden Baumarten der Oberschicht gehören auch die Lindenarten, wobei die Sommerlinde eher auf Kalk, die Winterlinde auf mittleren Standorten profitieren.

Die grössten bzw. schnellsten Veränderungen sind im trockenen Bereich des Ökogramms zu erwarten. Hier sind es bisherige Nebenbaumarten, welche zu den Gewinnern gehören werden: Feldahorn, Schneeballblättriger Ahorn, Elsbeere, Flaumeiche.

Zunehmen dürften auch die Traubeneiche und die Stieleiche. Sie erreichen grosse Baumhöhen und sind langlebig – allerdings benötigen diese beiden Baumarten viel Licht, weshalb sie sich nicht ohne weiteres selbständig durchsetzen können. Mit dem Rückgang der Buche dürfte dies einfacher werden, trotzdem bleiben mit Hagebuche und Lindenarten, ev. Edelkastanie starke Konkurrenz.

Die Zusammensetzung des natürlichen Waldes der kollinen Stufe ist deshalb noch mit Unsicherheiten behaftet – klar ist aber, dass der Naturwald insgesamt vielfältiger sein wird (vgl. Abb. 3 rechts).

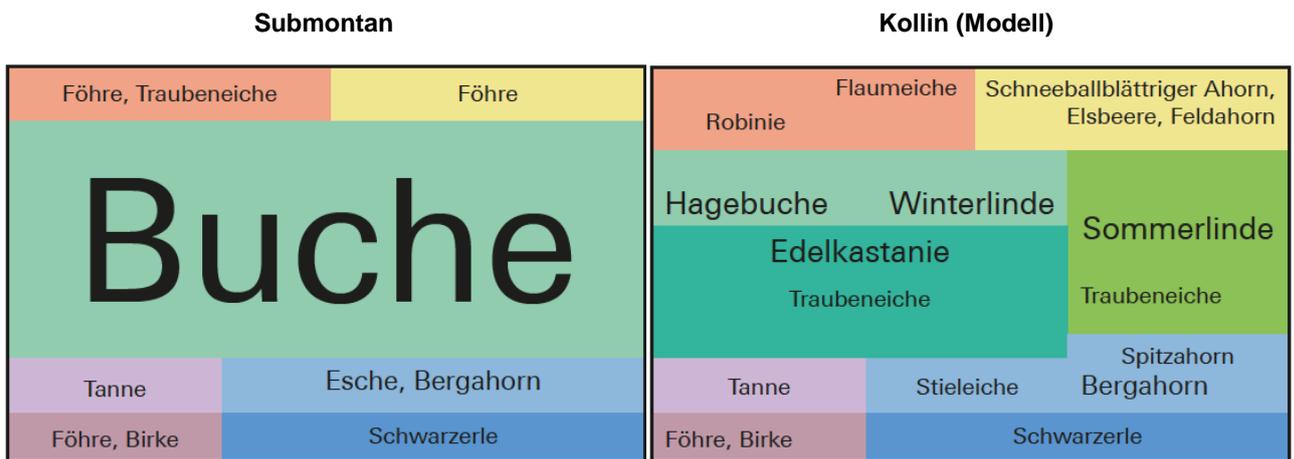


Abbildung 3: Ökogramme mit den dominierenden Naturwaldarten für die submontane (links) und kolline Stufe (rechts, Modell gemäss heutigem Wissensstand). Die kolline Stufe ist heute im Aargau noch nicht vorhanden.

Für den naturnahen Waldbau ist eine Vorstellung der zukünftigen natürlichen Waldzusammensetzung grundlegend. Wer sich daran orientiert, arbeitet kostengünstig und mit tiefen Risiken.

Der Aargauer Wald wird zukünftig laubholzreicher sein. Zu den Verlierern wird neben der Fichte auch die Lärche als Gebirgsbaumart gehören. Die Rolle der Föhre und Tanne ist noch unklar. Bei den Nadelbaumarten wird am ehesten der Eibe ein gutes Wachstum unter den veränderten Klimabedingungen zugetraut.

Nicht zu vergessen sind die Pionierbaumarten. Birke, Aspe und Weidenarten sind sehr robust und haben ein grosses Potential. Durch die Abnahme der Konkurrenzkraft von Baumarten und die Zunahme von Zwangsnutzungen wird sich der Wald deutlich verjüngen – auch dadurch könnte den Pionierbaumarten eine wichtige Rolle zukommen. Und durch ihr sehr rasches Höhenwachstum sind die Pionierbaumarten am ehesten in der Lage, Waldfunktionen rasch wieder zu erfüllen (z. B. Schatten spenden in einem Erholungswald).

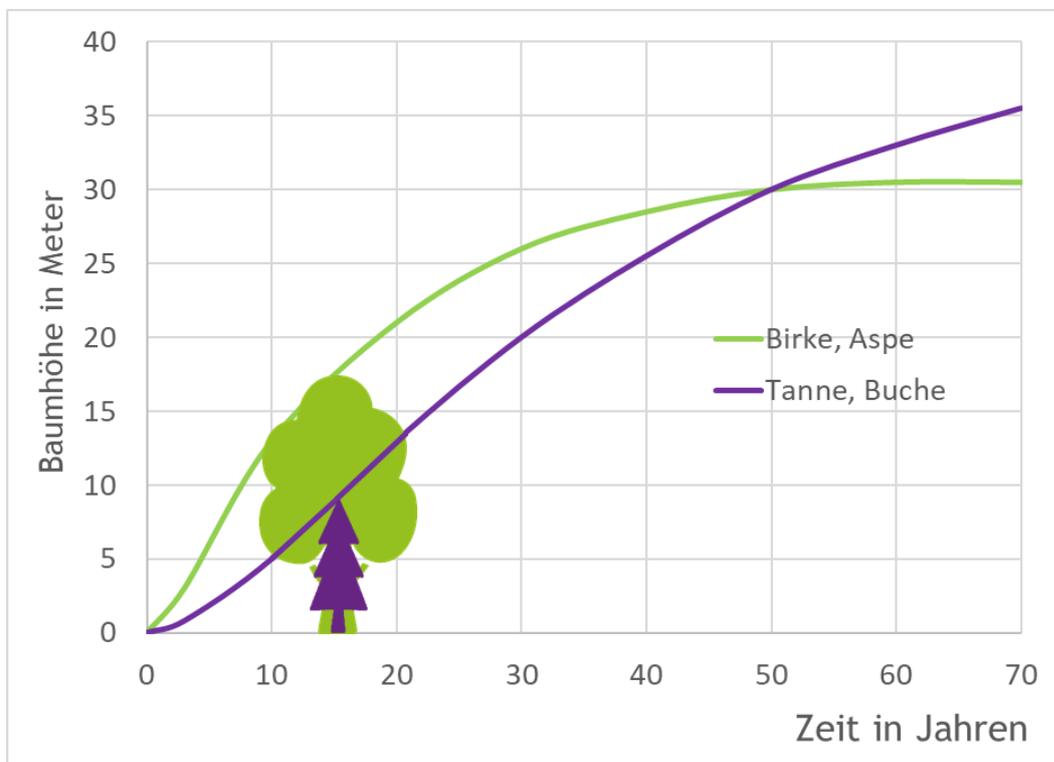


Abbildung 4: Pionierbaumarten sind dank ihrem raschen Jugendwachstum in der Lage, in verhältnismässig kurzer Zeit hohe Waldleistungen zu erbringen.

Die Frage ist natürlich auch, wie weit sich die einheimischen Baumarten allenfalls an veränderte Klimabedingungen anpassen können, oder ob eventuell andere genetische Herkünfte einheimischer Baumarten einen Vorteil hätten. Daneben gibt es eine Palette von neuen Baumarten, welche eingebracht werden könnten oder schon da sind. So könnte beispielsweise die Douglasie und die Robinie von der Klimaerwärmung profitieren. Grundsätzlich wird aber davon ausgegangen, dass viele einheimischen Baumarten über ein genügend grosses Anpassungspotential verfügen, um auch bei veränderten Klimabedingungen bestehen zu können.

3.2 Tools zur Baumartenwahl pro Waldgesellschaft

Die Abteilung Wald stellt zwei Tools für die Herleitung von Baumartenempfehlungen unter den verschiedenen Klimamodellen zur Verfügung:

Tool Baumartenempfehlung:

<https://www.ag.ch/app/baumartenempfehlungen/>

Mit diesem Tool können die Baumartenempfehlungen pro Waldgesellschaft unter veränderten Klimabedingungen abgefragt werden. Zudem ist es möglich, zwei Waldgesellschaften miteinander zu vergleichen und Handlungsempfehlungen² für jede Baumart anzuzeigen.

Tool Standortabfrage:

<https://www.ag.ch/app/standortabfrage/>

Dieses Tool erlaubt es, anhand einer Koordinatenabfrage (manuell oder mit GPS) oder über eine Karte für einen bestimmten Standort die prognostizierten Verschiebungen der Höhenstufen und Waldgesellschaften abzufragen. Zudem werden die Baumartenempfehlungen für die beiden Klimaszenarien angezeigt.

² Fördern, vereinzelt fördern, nicht fördern.

4 Waldbauliche Strategien unter veränderten Klimabedingungen

4.1 Überblick

Oberstes Ziel der Waldbewirtschaftung ist die Gewährleistung der Waldleistungen Erholung, Holzproduktion, Biodiversität und Schutz vor Naturgefahren. Zur Begrenzung von Risiken durch den Klimawandel

sollen die Wälder widerstandsfähig gegen Störungen sein (Resistenz). Auch soll die Fähigkeit der Wälder, sich nach Störungen wieder zu regenerieren, möglichst hoch sein (Resilienz). Als drittes Element soll der Waldbau eine gute Anpassungsfähigkeit ermöglichen.



Abbildung 5: Adaptation von Wald im Klimawandel: Ziele, strategische Stossrichtungen, Adaptationsprinzipien und waldbauliche Massnahmen (Abb. 5.1.1 aus Pluess, A. R. et al, 2016: *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. BAFU, WSL. Haupt.*).

Diese strategischen Stossrichtungen sollen mit fünf Adaptationsprinzipien erreicht werden. Darunter wird ein Wald mit hoher Baumartenvielfalt, Strukturvielfalt und genetischer Vielfalt, bestehend aus möglichst störungsresistenten Einzelbäumen, verstanden. Aufgrund zunehmender Zwangsnutzungen ist bei bestimmten Baumarten von kürzeren Umtriebszeiten bzw. einer Reduktion der Baumdurchmesser auszugehen. Dabei geht es auch um Risikoreduktion, als Beispiel sei die vorzeitige Nutzung von Fichtenbeständen genannt.

Konkret umgesetzt wird die Anpassung der Wälder an den Klimawandel mit dem bekannten waldbaulichen Instrumentarium der Verjüngung, Jungwaldpflege und Durchforstung.

Der Wald kann und soll nicht flächig durch interventionistische Massnahmen wie flächige Pflanzung "umgebaut" werden. Dies wäre extrem teuer und riskant. Im Moment ist zudem unklar, wie weit der Klimawandel geht, und welche Baumarten und Provenienzen unter veränderten Klimabedingungen überhaupt geeignet sein werden. Ein flächiger Umbau ist auch gar nicht nötig, weil die Natur selbst über gute Anpassungsmechanismen verfügt. Es geht aber darum, natürlich ablaufende Anpassungsprozesse mit waldbaulichen Massnahmen zu unterstützen, bzw. ungünstige Entwicklungen oder Blockaden zu vermeiden. In den folgenden Kapiteln werden die fünf Adaptationsprinzipien vorgestellt, diskutiert und soweit heute bereits möglich in konkrete Empfehlungen umgesetzt.

4.2 Erhöhung der Baumarten-Vielfalt

Für die Baumartenvielfalt ist die Verjüngungsphase eine "Schlüsselsituation". Hier besteht die Chance, auf eine hohe Baumartenvielfalt hin zu wirken. Anschliessend kann die Jungwaldpflege nur noch die Baumarten beeinflussen, die sich eingestellt haben. Der im Aargau aktuell praktizierte naturnahe Waldbau mit einem hohen Anteil Naturverjüngung ist optimal für die Baumartenvielfalt. Dies im Gegensatz zu früher, wo oft nur eine Baumart flächig ausgepflanzt und anschliessend gepflegt wurde.

Bestände müssen nicht beliebig fein gemischt sein – wichtig sind Samenbäume für die natürliche Anpassung durch Naturverjüngung. Je nach Baumart und Ausbreitungsdistanz der Samen genügen bereits wenige beigemischte Samenbäume (z. B. Ahorn-Arten mit guter Verbreitung, Tanne nur ca. 30 m). Bei schwersamigen Baumarten wie Eichen oder Buchen übernehmen oft Tiere effizient die Samenverbreitung. Nur herrschende Bäume der Oberschicht sind in der Lage, zu fruktifizieren und in grösserem Umfang Samen zu produzieren; deshalb ist bei Durchforstungen nicht eine maximale kleinflächige Vielfalt anzustreben. Vielmehr geht es darum, einzelne Exemplare als vitale Bäume in der Oberschicht zu erhalten und zu fördern.

Entscheidend für die Baumartenvielfalt ist das Licht. Genügend grosse Verjüngungsflächen bzw. ein rasches Vorgehen in der Verjüngung (kurze Verjüngungszeiträume) ermöglichen eine hohe Baumartenvielfalt, weil sich so sowohl Licht- als auch Schattenbaumarten verjüngen können. Umgekehrt führen Einzelbaumnutzung oder sehr lange Verjüngungszeiträume im Schirmschlag dazu, dass sich primär Schattenbaumarten einstellen. Bezüglich Baumartenvielfalt weist der Femelschlag Vorteile auf. Falls ein Wald bereits auf grosser Fläche vorverjüngt ist mit Schattenbaumarten (meist Buche, Tanne oder Fichte), kann auch eine schlagartig eintretende Verjüngungssituation, z. B. durch Sturmschäden, die Baumartenvielfalt nur noch bedingt erhöhen.

In der Jungwaldpflege gelten speziell für zukünftige Samenbäume von Nebenbaumarten andere Auslese-kriterien als bisher. Die Baumart ist wichtiger als die Schaftqualität. Oftmals braucht es nicht ein aktives Fördern, sondern ein bewusstes Zulassen von natürlichen Abläufen genügt. So führt die Anwendung der biologischen Rationalisierung dazu, dass sich die Vitalsten durchsetzen, und dass z. B. Weichlaubhölzer nicht entfernt werden, weil auf negative Auslese verzichtet wird. Mit der Z-Baum-Durchforstung kann danach bewusst auf die Mischung (durch die Auslese

und Förderung der Z-Bäume) Einfluss genommen werden. Im Füllbestand zwischen den Z-Bäumen laufen weiterhin die Prozesse der natürlichen Differenzierung, hier haben auch die Weichlaubhölzer ihren Platz. Damit aber Samenbäume und Weichlaubhölzer langfristig im Bestand bleiben und wirklich Samenbäume werden bzw. noch sind, wenn die Verjüngung aktuell ist, müssen einzelne Exemplare bewusst ausgewählt und im Endabstand in die Z-Baum-Verteilung integriert werden.

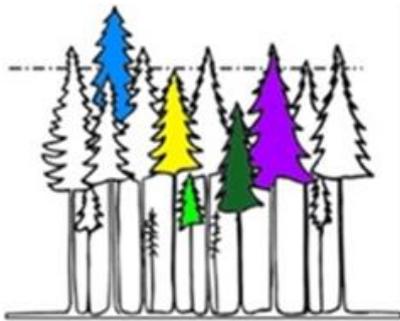
Eine weitere Möglichkeit, die Baumartenvielfalt zu erhöhen, sind Pflanzungen. Dies betrifft einheimische Baumarten, welche sich nicht oder nur mit hohem Aufwand natürlich verjüngen lassen, z. B. weil Samenbäume fehlen (z. B. Eichenarten). Möglich sind auch Experimente mit "neuen" Arten, wie z. B. Baumhasel und Tulpenbaum. Je weniger Erfahrungen mit einer Baumart bestehen, desto vorsichtiger sollte experimentiert werden, um Risiken und Fehlinvestitionen zu vermeiden (insbesondere bei Baumarten mit starker vegetativer Vermehrung und früher Fruktifizierung). Für die meisten Baumarten genügt das Einbringen im Weitabstand oder sogar Endabstand, in Kombination mit Naturverjüngung. Das Pflanzen von Einzelmischungen mehrerer Baumarten führt fast immer zu Fehlinvestitionen und Zielkonflikten.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Pflanzung von einheimischen Baumarten, aber mit Herkünften aus wärmeren Klimagebieten (z. B. Buche, Weissstanne). Dazu können noch keine Empfehlungen abgegeben werden. Die Testpflanzungen der WSL sollen hierzu in einigen Jahrzehnten Erkenntnisse liefern.

Die angestrebte, hohe Baumartenvielfalt setzt Schalenwildbestände voraus, die an die Waldlebensräume angepasst sind. Die Verbissbelastung ist mit den bestehenden Instrumenten wie Abschussplanung, Lebensraumaufwertungen usw. auf einem Niveau zu halten, welches auch verbissgefährdeten Baumarten ein Aufwachsen erlaubt.

4.3 Erhöhung der Strukturvielfalt

Struktur ist nicht Selbstzweck, sondern vielfältige Waldstrukturen tragen zur Stabilität von Wäldern bei, senken Risiken, erhöhen die Anpassungsfähigkeit und schaffen eine grosse Palette an Verjüngungssituationen, was wiederum der Baumartenvielfalt zugutekommt. Das Gegenteil von Struktur ist Homogenisierung, was durch gleichmässige Pflege (Erdünnerungen) oder flächige Pflanzungen einer Baumart zustande kommt.



Soziale Position (in gleichaltrigen Beständen):

- vorherrschend
- herrschend
- mitherrschend
- beherrscht
- unterdrückt

Abbildung 6: Selbstdifferenzierung als Prinzip der natürlichen Strukturierung. So werden die Vitalsten erkennbar – Basis für stabile Einzelbäume und kurze Umtriebszeiten (Fachstelle Waldbau, 2014: Checkkarten Jungwaldpflege/biologische Rationalisierung)

Ein Motor der Struktur ist die Selbstdifferenzierung, mit vorherrschenden, supervitalen Bäumen und allen anderen sozialen Stellungen, bis zum Absterben der Unterdrückten. Auch Mischungen sorgen durch Unterschiede in Wuchstemperament und Schattentoleranz für eine natürliche Strukturierung. Eine Salweide ist im Alter von 15 Jahren vorwüchsig; 30 Jahre später ist sie bereits abgestorben und hinterlässt eine kleine Lücke im Bestand, wovon die Kronen der Nachbarbäume profitieren; beide Effekte wirken direkt strukturierend.

Im Femelschlagbetrieb entsteht Struktur durch das Nebeneinander von Entwicklungsstufen. Auch Überhälter bringen zusätzliche Struktur. Durch lange Verjüngungszeiträume (Schirmschlag) entstehen temporär stufige Situationen (Überlappung der Generationen). Die fast unendlich grosse Variationsmöglichkeit betreffend Schlaggrösse, Saumbreite und Verjüngungsfortschritt bietet ideale Möglichkeiten zur Verjüngung von Licht- und Schattenbaumarten. Dieses flexible Vorgehen ist bekannt unter dem Begriff "Femelschlag mit freier Hiebsführung". Falls die Verjüngungsflächen gross und einheitlich sind, nimmt die Strukturvielfalt ab. In diesen Fällen kann das Stehenlassen von Nebenbestandesbäumen (spätere Vorwüchse), oder das Arbeiten mit Vorwald (natürlich verjüngte Weichlaubhölzer) oder Vorbau (gepflanzte Weichlaubhölzer) die Struktur wieder erhöhen.

Im Dauerwald besteht kleinflächig viel Struktur, indem alle Schichten des Waldes fein gemischt vertreten sind. Dabei besteht die Tendenz, dass der Wald einheitlich gleichmässige Bedingungen bietet (in etwa einem gesamtbetrieblichen Schirmschlag zu vergleichen). Oftmals entstehen in der Überführungsphase zweischichtige Bestände. Um die Strukturvielfalt zu erhöhen, sind auch im Dauerwald bewusste Unterschiede im Deckungsgrad, von kleineren oder auch grösseren Lücken bis zu absichtlich dicht gehaltenen Partien ohne Verjüngung anzustreben.

Eine Möglichkeit zwischen Femelschlag und Dauerwald bietet der «mosaikartige Waldbau». Dabei werden Flächen bis zu einer halben Hektare Grösse verjüngt, welche aber später nicht (wie beim Femelschlag) umrändelt bzw. erweitert werden. In der Mitte

von grösseren Öffnungen können so auch Lichtbaumarten verjüngt werden.

Unabhängig von der Betriebsform führen auch natürliche Prozesse bzw. Besonderheiten zu einer Erhöhung der Strukturvielfalt. Oft sind Faktoren, welche kurzfristig eher negativ bewertet werden (oder in der Vergangenheit wurden), langfristig positiv, z. B. gehemmte Verjüngung durch Adlerfarn, Seegrass oder Brombeere. Aber auch kleine "Löcher" durch Schneebruch oder Borkenkäfer erhöhen die Strukturvielfalt. Eine ähnlich strukturierende Wirkung wie Weichlaubhölzer haben auch Sträucher, z. B. Haselnuss. Und auf Einzelbaum-Ebene wirken auch Vorwüchse oder Protzen strukturierend. Auch Biotopbäume oder natürliche Abgänge inkl. Totholz tragen zur Strukturvielfalt bei. Oft geht es dabei nicht um zusätzliche Massnahmen und Aufwendungen, sondern um ein bewusstes Zulassen dieser strukturierenden Elemente und Prozesse. Meist sind sogar Kosteneinsparungen möglich.

4.4 Erhöhung der genetischen Vielfalt

Die genetische Vielfalt ist eine wichtige Voraussetzung für die Anpassungsfähigkeit der einheimischen Baumarten. Naturverjüngung bietet mit ihren unzähligen genetischen Rekombinationen und den meist sehr hohen Stammzahlen beste Voraussetzungen dafür. Danach erfolgt eine natürliche Selektion unter den sich laufend verändernden Umweltbedingungen. Je intensiver die Veränderungen, und je höher die Ausfälle von Baumarten, desto häufiger erfolgt die Verjüngung. Dies ist aus Sicht Waldleistungen nicht unbedingt erwünscht, eröffnet aber die Chance auf genetische Anpassung.

Bei Schattenbaumarten kann die genetische Vielfalt durch lange Verjüngungszeiträume verbessert werden; dadurch wird die Anzahl Rekombinationen aus verschiedenen Samenjahren erhöht. Mit kurzen Umtriebszeiten (oft nicht aktiv gewählt, aber eine Folge der zunehmenden Zwangsnutzungen) kann die Anpassung beschleunigt werden.

Bei Pflanzungen ist die Verwendung von geprüftem Saatgut gesetzlich vorgeschrieben, idealerweise von

tiefer gelegenen (und damit bereits etwas wärmeren) Standorten. Die Mischung von Saatgut verschiedener Provenienzen bzw. aus verschiedenen Erntejahren (bei Baumarten mit lagerfähigem Saatgut) wäre vorteilhaft, wird aber noch kaum praktiziert, weil die Kunden eine bestimmte Provenienz bevorzugen. Provenienzen sollen dokumentiert werden, damit Misserfolge nicht wiederholt werden. Eine gute Möglichkeit ist auch die Verwendung von Wildlingen bzw. eine Kombination von Pflanzen aus der Baumschule mit Wildlingen, sowie die direkte Ausbringung von Saatgut.

4.5 Erhöhung der Störungsresistenz der Einzelbäume

Mit Störungsresistenz ist die Stabilität und Vitalität der Bäume gemeint. In der Jungwaldpflege spielt die natürliche Differenzierung eine wichtige Rolle, um die survitalen Individuen zu finden (Qualifizierung). Mit gezielten Z-Baum-Durchforstungen kann danach die Kronengröße und der Schlankheitsgrad beeinflusst werden (Dimensionierung). Dabei geht es nie um alle Bäume eines Bestandes, sondern nur um die Z-Bäume im Endabstand (oder ein noch kleineres Teilkollektiv); die Bäume des Füllbestandes oder des Nebenbestandes müssen nicht speziell berücksichtigt werden (hier spielt auch die kollektive Stabilität).

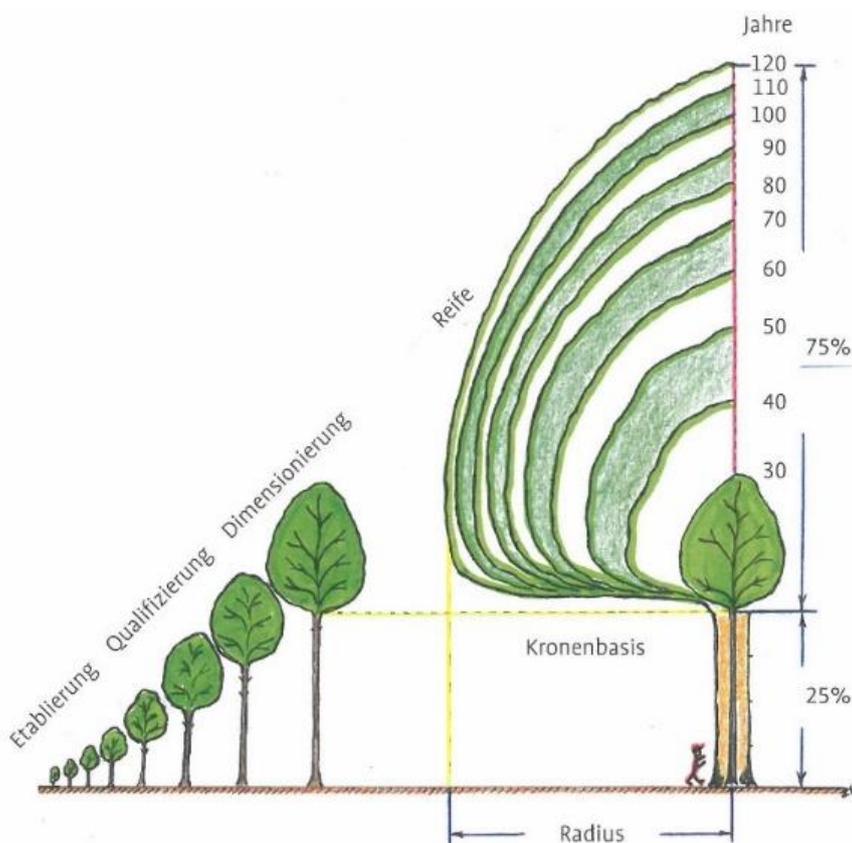


Abbildung 7: Biologische Rationalisierung und konsequente Z-Baum-Durchforstung (Q/D-Strategie) erhöhen die Störungsresistenz der Einzelbäume und ermöglichen kürzere Umtriebszeiten (Abbildung aus: Wilhelm, G. J. und Rieger, H. 2013: *Naturnahe Waldwirtschaft mit der QD-Strategie*. Verlag Ulmer.).

Die natürliche Auslese der Vitalsten mit anschließenden gezielten, rechtzeitig wiederholten Durchforstungen führt auch dazu, dass das Produktionsziel rascher erreicht wird. Dadurch können Risiken vermindert werden. In Deutschland wird auch die Begrenzung der Oberhöhe diskutiert (z. B. maximal 30m, dann wird geerntet), weil die Windgeschwindigkeiten und damit

das Risiko von Störungen mit der Bestandeshöhe zunehmen.

Zur Erhöhung der Störungsresistenz gehören auch weitere grundlegende Elemente eines naturnahen Waldbaus wie forstlicher Bodenschutz³, bestandeschonende Holzernte sowie natürlich die Arbeit mit standortgerechten Baumarten.

³ Siehe dazu auch "Empfehlungen für den Bodenschutz im Wald" (2011).

Aufgrund der hohen Stickstoffeinträge besteht eine zunehmende Gefahr der Auswaschung von wichtigen Nährstoffen wie Magnesium, Kalium oder Phosphor. Dadurch kann die Gesundheit und Stabilität von Bäumen abnehmen. Zur Erhaltung einer umfassenden Bodenfruchtbarkeit ist es deshalb wichtig, Ast- und Reismaterial im Bestand zu belassen (keine Vollbaumnutzung)⁴. Noch wichtiger wäre die Reduktion der Stickstoffimmissionen.

4.6 Reduktion der Umtriebszeit bzw. des Zieldurchmessers

Mit diesem fünften und letzten Adaptationsprinzip können ökonomische Risiken vermindert werden. Die Wahrscheinlichkeit, von einem Extremereignis getroffen zu werden, ist (aus Sicht Einzelbaum oder Bestand) bei kürzeren Produktionszeiten entsprechend geringer. Verjüngte Bestände haben in den ersten Jahrzehnten kleinere Sturmrisiken. Gegen eine generelle Verkürzung der Umtriebszeit sprechen die zu erwartenden Zuwachsrückgänge vieler Baumarten infolge Trockenheit sowie ökologische Gründe.

Es geht aber auch um die Anpassung der Wälder, sei es nun genetisch oder bezüglich Baumartenmischung:

Kürzere Umtriebszeiten und damit häufigere Verjüngungsphasen erlauben eine raschere Anpassung. Auf den ersten Blick erscheint dieses Prinzip im Widerspruch zu stehen mit Waldleistungen, speziell mit gewissen Naturschutzleistungen. Mit den heutigen Waldbaukonzepten, welche viel mehr auf den Einzelbaum (Z-Baum) fokussiert sind als die früheren, flächigen Auslesedurchforstungen, sind kürzere Umtriebszeiten durchaus realistisch.

Dieses Prinzip soll nicht generell für alle Baumarten und Qualitäten angewandt werden, macht aber situativ durchaus Sinn. Es ist zu erwarten, dass die durchschnittliche Umtriebszeit aufgrund von zunehmenden Störungen wie Trockenheit, Stürmen, Einschleppung von neuartigen Krankheiten (Globalisierung) und gar dem Ausfall von Baumarten sinken wird. Aktuell passiert dies bei der Baumart Fichte. Hier macht es Sinn, den Ausfall zu antizipieren, um grössere Wertverluste zu vermeiden. Auch bei der Esche, welche zu einem grossen Teil ausfällt – egal ob die Bestände 20jährig oder bereits 80jährig sind (so die theoretische Umtriebszeit) – ist eine Verkürzung der Umtriebszeit zu beobachten. Bei dieser Baumart soll jedoch keine prophylaktische Nutzung erfolgen, um resistente Individuen nicht zu eliminieren.

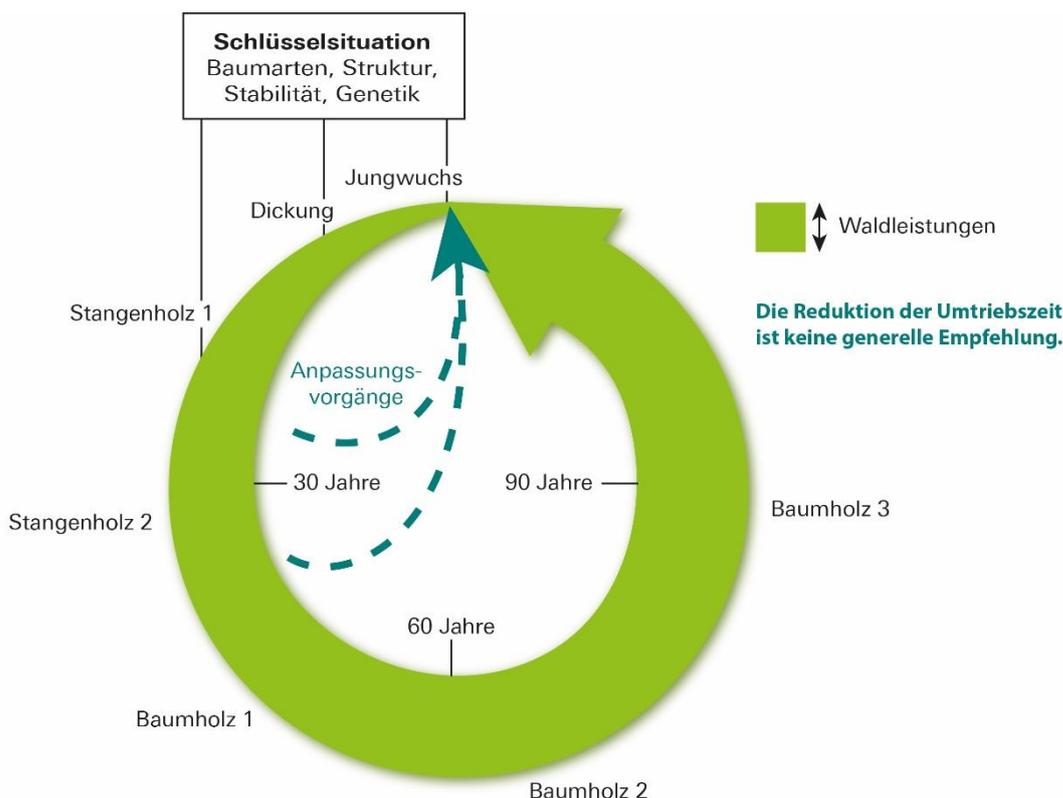


Abbildung 8: Eine verkürzte Umtriebszeit führt zu häufigeren Anpassungsvorgängen und kürzerer Abfolge der Schlüsselsituation Verjüngung mit Einflussmöglichkeiten auf weitere Adaptationsprinzipien. Sie setzt aber auch die Waldleistung herab. Eine generelle Reduktion der Umtriebszeit aller Baumarten ist daher nicht anzustreben.

⁴ Siehe dazu auch "Umsetzung des naturnahen Waldbaus im Kanton Aargau, Haltung des kantonalen Forstdienstes" (2016).

Ein weiteres Beispiel zu dieser Adaptationsstrategie ist die Bergulme. Diese interessante Edellaubholzart wird seit ca. 1990 von der Ulmenwelke befallen. Obschon nur noch ganz wenige alte Bäume existieren, und junge Bäume oder Bestände selten älter werden als ca. 20 Jahre, kann sich die Baumart immer wieder natürlich verjüngen und im Ökosystem halten. Mit einer (unbeabsichtigten) "Umtriebszeit" von nur 20–25 Jahren ist die raschwüchsige Bergulme in der Lage, Bäume bis ungefähr 20 m Höhe zu produzieren, welche bereits wieder Schatten spenden (Erholungswald), Energieholz in verwertbaren Dimensionen liefert (Holzproduktion) und erst noch für stehendes Totholz sorgt, weil ja die meisten Bäume im Stangenholzalter wieder absterben (Naturschutz). Die kurze Umtriebszeit ist dabei nicht freiwillig gewählt, aber leider Realität geworden. Trotzdem hat die Baumart ein Potential, und es wird auf resistente Individuen gehofft, oder auf eine allfällige Hypovirulenz der Pilzkrankheit bzw. auf eine mögliche Veränderung beim übertragenden Ulmensplintkäfer.

5 Praktische Umsetzung

Erhöhung der Baumartenvielfalt:

- Aktive, bewusste Naturverjüngung von Licht- und Schattenbaumarten
- Hiebsarten und Verjüngungszeiträume variieren
- Eventuell Ergänzungspflanzungen
- Vielfalt bei der Z-Baum-Durchforstung berücksichtigen (Baumart vor Qualität)
- Einzelne Samenbäume geeigneter Baumarten bewusst fördern als Z-Bäume.

Erhöhung der Strukturvielfalt:

- Nachhaltige Verjüngungstätigkeit
- Lückengrösse und Bestandesdichte bewusst variieren, auch im Dauerwald
- Nicht homogenisieren
- Selbstdifferenzierung nutzen, keine negative Auslese
- Überhälter, Vorbau, Vorwald, Weichlaubhölzer, Sträucher, Biotopbäume und Totholz integrieren

Erhöhung der genetischen Vielfalt:

- Naturverjüngung, lange und kurze Verjüngungszeiträume variieren
- Bewusste Wahl von geeigneten Provenienzen (soweit bekannt)
- Mischen von Saatgut verschiedener Jahrgänge und Provenienzen
- Verwenden von Pflanzmaterial verschiedener Provenienzen
- Verwendung von Wildlingen (oder Kombination)

Erhöhung der Störungsresistenz der Einzelbäume:

- Standortgerechte Bestockung und Naturverjüngung als Grundsätze
- Selbstdifferenzierung, natürliche Auslese der Vitalsten in der Qualifizierungsphase
- Z-Baum-Durchforstung, Vitalität vor Qualität vor Abstand
- Bewusste baumartenspezifische Dimensionierung der Z-Bäume
- Bodenschutz, bestandesschonende Holzernte und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit (Ast- und Reisigma-
terial im Bestand belassen)

Reduktion der Umtriebszeit bzw. des Zieldurchmessers:

- Keine generelle Reduktion der Umtriebszeit für alle Baumarten anstreben
- Vermeidung von Risiken durch alte, vorratsreiche Bestände mit hohen Bäumen bei bestimmten Baumarten
- Antizipieren von Zwangsnutzungen (speziell bei Fichte)
- Beschleunigung der natürlichen Anpassung durch häufigere Verjüngungsphasen

Ökonomische Empfehlungen:

- Waldbauliche Investitionen aufgrund der grossen Unsicherheiten vorsichtig einsetzen
- Einsatz «neuer» Baumarten nur im kleinen Rahmen und in Kombination mit Naturverjüngung

6 Monitoring ablaufende Entwicklungen

Trotz den vorliegenden Erkenntnissen zu den sich immer deutlicher abzeichnenden Klimaveränderungen bleiben viele Unsicherheiten bestehen. Mit fortschreitendem Klimawandel werden sich weitere und neue Fragen ergeben, auf die von Wissenschaft und Praxis Antworten erwartet werden. Deshalb kommt einem Monitoring der ablaufenden Entwicklungen grosse Bedeutung zu. Hier sind neben den wissenschaftlichen Institutionen auch der kantonale Forstdienst sowie die Forstbetriebe gefordert. Gemachte Erfahrungen müssen dokumentiert und anderen zugänglich gemacht werden.

Als Grundlage für ein Monitoring der ablaufenden Entwicklungen bieten sich insbesondere die waldbaulich-ertragskundlichen Beobachtungsflächen, die Projektflächen seltene und wertvolle Baumarten sowie die Nutzungsverzichtsflächen des Naturschutzprogramms Wald an.

Weitere Hinweise auf die ablaufenden Entwicklungen liefern die im Zehnjahresrhythmus durchzufüh-

renden Waldinventuren, die Zwangsnutzungsstatistiken sowie die zur Verfügung stehenden Fernerkundungsprodukte (Laub-/Nadelholzausscheidung, Entwicklungsstufenverteilung, Vegetationshöhe, Vorrat, Kronenverfärbungen aus Satellitendaten usw.).

In den Jahren 2020–2022 soll in Zusammenarbeit mit der WSL ein Netzwerk von 57 Testpflanzungen zukunftsfähiger Baumarten in der ganzen Schweiz entstehen. Entlang von grossen Umweltgradienten soll getestet werden, welche Umweltfaktoren das Überleben, die Vitalität und das Wachstum der untersuchten Baumarten und Provenienzen bestimmen. Der Kanton Aargau beabsichtigt, in Zusammenarbeit mit den Waldeigentümerinnen und -eigenthümern, zwei Versuchsflächen einzurichten.

Die vorliegende Haltung der Abteilung Wald zur Waldbewirtschaftung im Klimawandel ist periodisch mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen und den gemachten Praxis-Erfahrungen zu aktualisieren.

7 Anhang

Durchstichstabelle

obermontan	untermontan	submontan	kollin
19	1	1	1 kollin
	2	2	2 kollin
		6a	6 kollin
18a	8a	7a	7a kollin
	8aa	7aa	7aa kollin
		7aB	7aB kollin
	8d	7d	7d kollin
	8e	7e	7e kollin
	8eS	7eS	9a kollin
	8f	7f	7f kollin
18g	8g	7g	7g kollin
18aS	8aS	7aS	7aS kollin
	8b	7b	7b kollin
	8c	7c	7c kollin
	12a	9a	9a kollin
		9b	11 kollin
		9g	11 kollin
		9w	9w kollin
	12e	10a	10a kollin
18w	12w	10w	10w kollin
	12aS	11	11 kollin
20	12g	11	11 kollin
	13a	13a	13a kollin
	13g	13g	13a kollin
	13e	13e	13e kollin
		14a	14 kollin
		14w	14 kollin
	16a	15a	15 kollin
	16w	15w	15 kollin

obermontan	untermontan	submontan	kollin
17	17	17	17 kollin
22a	22a	22a	22 kollin
22e	22e	22e	22 kollin
48	48	22e	22 kollin
		22C	22C kollin
22U	24A	24A	24* kollin
	25A	25A	25* kollin
26a	26a	26a	26 kollin
		26e	26 kollin
26f	26f	26f	26 kollin
26g	26g	26g	26 kollin
	26w	26w	26w kollin
27a	27a	27a	27 kollin
27f	27f	27f	27 kollin
27g	27g	27g	27 kollin
27w	27w	27w	27 kollin
		28	28 kollin
	29	29	29 kollin
		29a	29A kollin
		29e	29C kollin
		30	30 kollin
		31	31 kollin
		35	15 kollin
65	65	38	38 kollin
		39	39 kollin
		41	41 kollin
		43	43 kollin
		44	44 kollin
	45	45	45 kollin
	46a	46a	46 kollin
	46g	46g	46 kollin
	61	61	61 kollin
	62	62	62 kollin
		66	66 kollin

Tabelle 2: Durchstichtabelle Aargauer Waldgesellschaften. Die Tabelle wurde vom Projekt "Adaptierte Ökogramme" übernommen und den Aargauer Verhältnissen angepasst und verfeinert. Quelle: *Frehner, M. & Huber, B. Mit Beiträgen von Päivi Gubelmann (Teil 1 und 3), Nora Zürcher-Gasser (Teil 4 und 5), Niklaus E. Zimmermann (Teil 3), Sabine Braun (Teil 2), Martin Scherler (Teil 2), Andreas Zischg (Teil 1), Jacques Burnand (Teil 1), Gabriele Carraro (Teil 1), Harald Bugmann (Teil 3), Achilleas Psomas (Teil 3), 2019. Schlussbericht des Projektes «Adaptierte Ökogramme » im Forschungsprogramm «Wald und Klimawandel»: Übersicht über die Teilberichte. Sargans, Forstingenieurbüro Frehner & Chur, Abenis AG.*

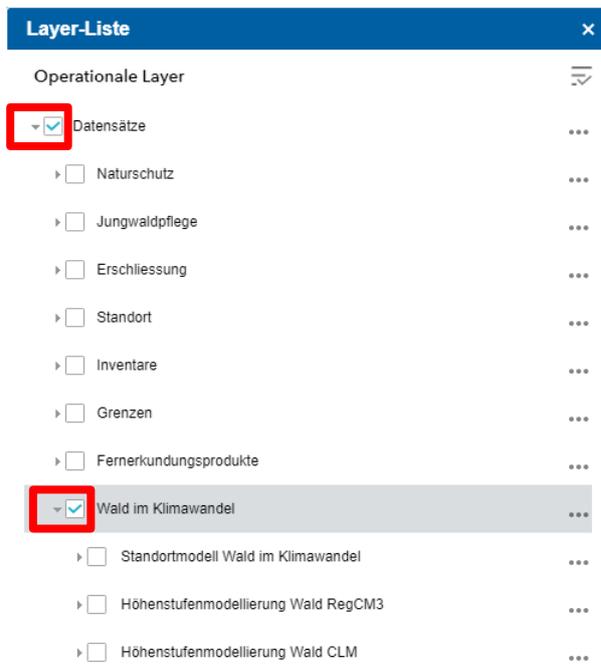
Anleitung BKOnline: Abfragen von modellierten Waldgesellschaften

Förster des Kantons Aargau können die modellierten Höhenstufen und Waldgesellschaften in der BKOnline (ag.ch/app/bkonline/) folgendermassen abgerufen:

1. Öffnen der Layer-Liste (oben rechts):



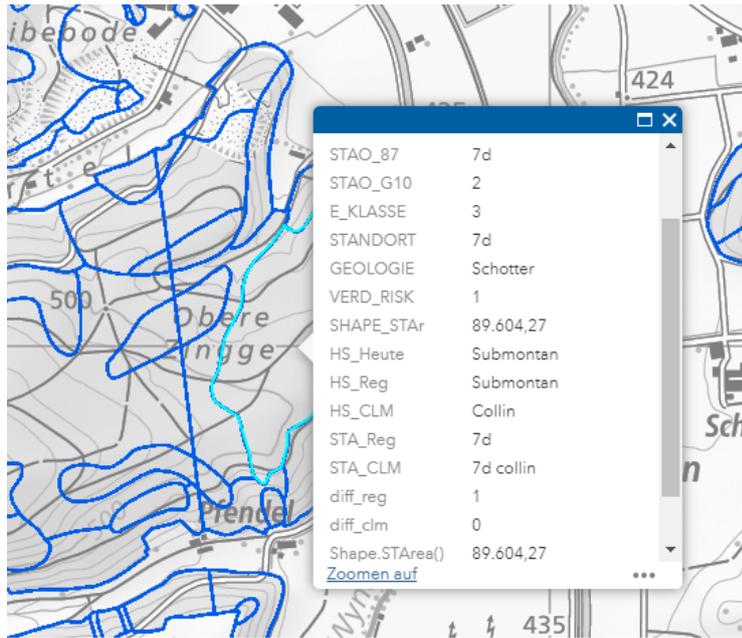
2. Die Reiter "Datensätze" und "Wald im Klimawandel" selektieren und ausklappen:



3. Die beiden Datensätze Höhenstufenmodellierung Wald RegCM3 bzw. CLM zeigen die modellierten Höhenstufen für die beiden Klimamodelle. Der Datensatz Standortmodellierung Wald im Klimawandel erlaubt es, die Entwicklung einzelner pflanzensoziologischer Kartierungseinheiten abzufragen. Dazu müssen der Layer selektiert und die Pop-ups des Layers aktiviert werden (drei kleine Punkte hinter Datensatz):



4. Nun können in der Karte durch Klick auf eine Kartierungseinheit alle Informationen zu dieser abgerufen werden:



- **STAO_87:** Heutige Waldgesellschaft gemäss Kartierung
- **STA_Reg:** Waldgesellschaft gemäss Klimamodell RegCM3
- **STA_CLM:** Waldgesellschaft gemäss Klimamodell CLM
- **HS_Heute:** Heutige Höhenstufe
- **HS_Reg:** Höhenstufe gemäss Klimamodell RegCM3
- **HS_CLM:** Höhenstufe gemäss Klimamodell CLM

Im Beispiel oben kommt es gemäss Klimamodell RegCM3 zu keiner Höhenstufenverschiebung. Darum bleibt die Waldgesellschaft auch unverändert. Gemäss Klimamodell CLM wechselt aber die Höhenstufe von submontan zu kollin und es kommt zu einer Verschiebung der Waldgesellschaft von 7d zu 7d kollin. Die Auswirkungen auf die Baumartenempfehlungen können nun im Tool Baumartenempfehlung (siehe Kap. 3.2) nachgeschlagen werden.

Höhenstufenmodellierung Kanton Aargau:

Als Basis für die Modellierung diente das Klimaszenario A1B (mittleres Szenario). Von diesem Klimaszenario wurden die Modellläufe RegCM3 und CLM verwendet. Die wichtigsten Kenndaten der beiden Modellläufe sind:

	RegCM3		CLM	
	Nord	Süd	Nord	Süd
Temperatur [°C]	2.9	3.2	4.2	4.3
Niederschlag	+ 4.6 %	- 8.0 %	- 13.7 %	- 26.0 %
Trockentage [d]	+ 1.08	+ 0.25	+ 5.58	+ 1.45

Quelle: Remund, J., Rihm, B. und Huguenin-Landl, B.; 2016. Klimadaten für die Waldmodellierung für das 20. und 21. Jahrhundert. Bern, Meteotest. 40 S.

Im Vergleich zur Referenzperiode (1980-2000) ist bereits ein Temperaturanstieg um 1.5°C erfolgt. Annahme: Die heutige obere Grenze der kolline Stufe liegt bei 300 m.ü.M. Der Temperaturgradient beträgt 0.8°C/100m (Mittel zwischen trocken- und feuchtadiabatisch).

Laut RegCM3 kommt es zu einem Temperaturanstieg von +2.9°C. Berechnung der generellen Höhenstufengrenze: $(2.9-1.5)/0.8 \approx 180\text{m}$. Die obere Grenze der kolline Stufe verschiebt sich also um 180 m auf 480 m.ü.M. Laut CLM kommt es zu einem Temperaturanstieg von +4.2°C. Berechnung der generellen Höhenstufengrenze: $(4.2-1.5)/0.8 \approx 350\text{m}$. Die obere Grenze der kolline Stufe verschiebt sich also um 350 m auf 650 m.ü.M.

Generelle Höhenstufengrenzen:

Höhenstufe	RegCM3	CLM
submontan	> 480 m	> 650 m
kollin	< 480 m	< 650 m

Die generellen Höhenstufengrenzen wurden anhand folgender Faktoren angepasst:

Grenzverschiebung aufgrund des mittleren Jahresniederschlags:

800 - 1000 mm	+ 50 m
1000 – 1200 mm	0
1200 – 1400 mm	- 50 m
1400 – 1600 mm	- 100 m

Grenzverschiebung aufgrund des Ökogramms:

dürr	+ 100 m
trocken	+ 50 m
frisch	0
feucht	- 50 m
nass	- 100 m

Grenzverschiebung aufgrund der biogeografischen Region kombiniert mit dem Ökogramm:

	Jura	Mittelland
dürr	+ 100 m	0
trocken	+ 75 m	0
frisch	+ 50	0
feucht	+ 25 m	0
nass	0	0

Grenzverschiebung aufgrund der Exposition für Hangneigungen > 30% kombiniert mit dem Ökogramm:

	S	E/W	N
dürr	+ 100 m	0	- 100 m
trocken	+ 50 m	0	- 50 m
frisch	0	0	0
feucht	0	0	0
nass	0	0	0

