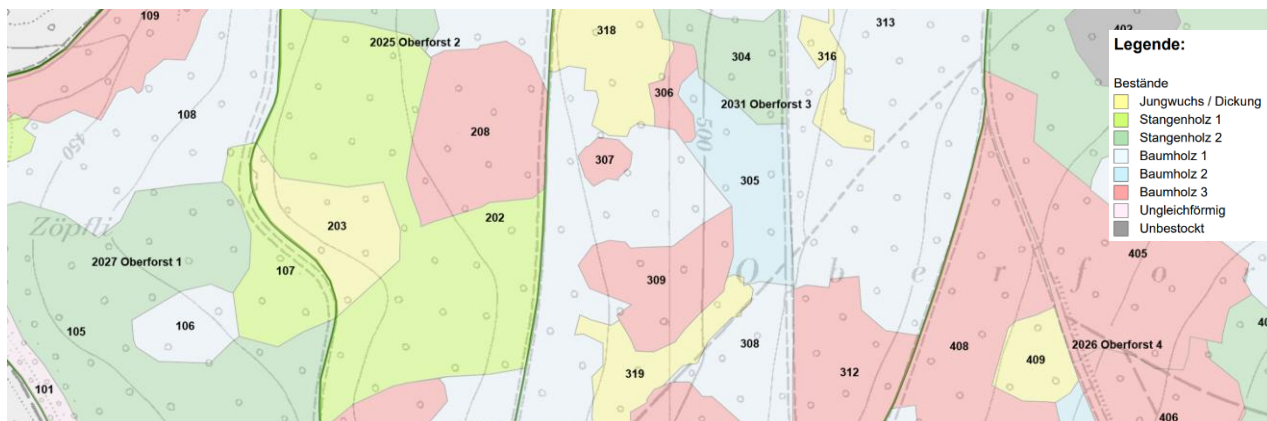
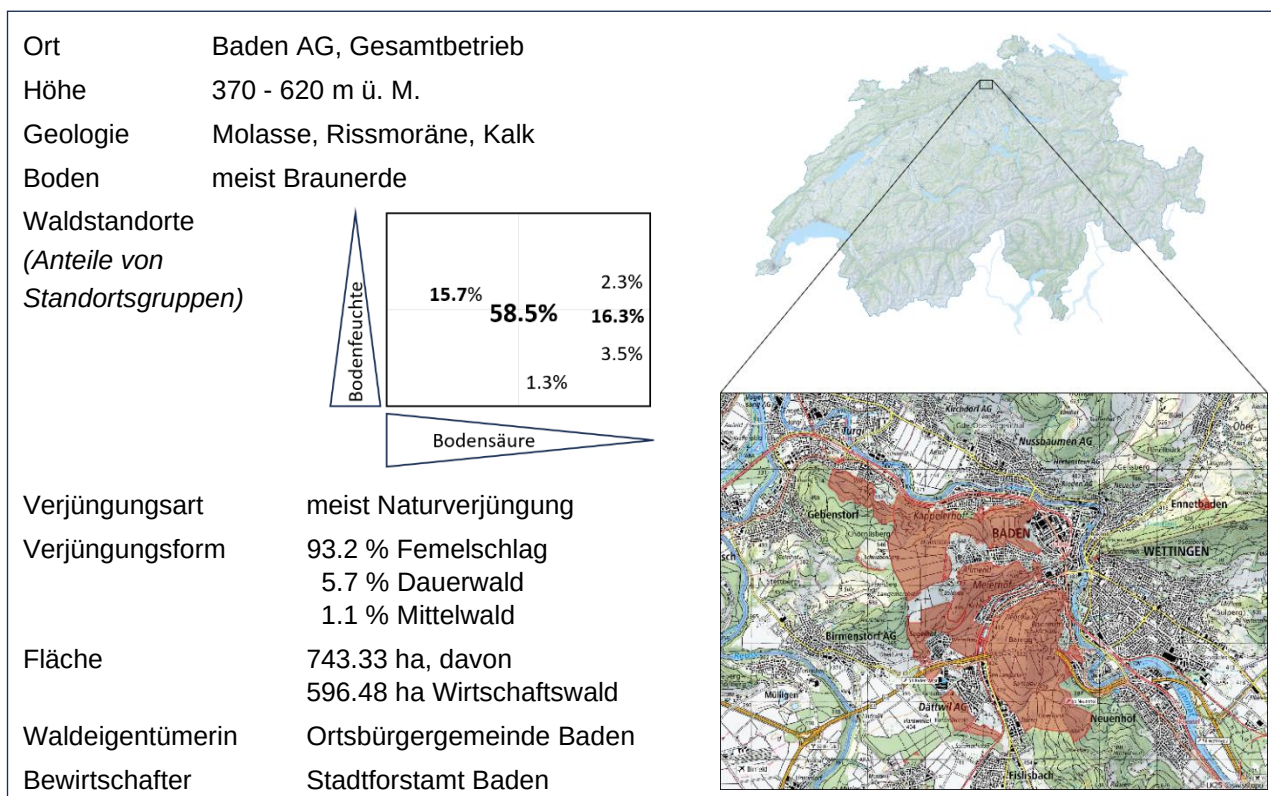


Fallbeispiel «Adaptation auf Betriebsebene» Baden AG

Mai 2025



Die bisherigen Fallbeispiele Anpassung Klimawandel behandeln meist erfolgreiche Naturverjüngungen von einigen Hektaren Fläche. Für die Erhaltung der Waldeleistungen ist jedoch die Adaptation des gesamten Waldes massgebend: Wie rasch verläuft die Anpassung auf Ebene eines Waldeigentümers von rund 700 ha? Im vorliegenden Fallbeispiel werden die Waldveränderungen innerhalb von 27 Jahren dokumentiert, basierend auf den Betriebsplan-Revisionen 1998 und 2025. Der Wald der OBG Baden ist auf einem guten Weg; die Erfolgsfaktoren werden herausgearbeitet.



Klimanormwerte (MeteoSchweiz) und Klimaszenarien CH2018.

	Normwert 1961-1990	Normwert 1991-2020	Szenario RCP2.6 2070-2099	Szenario RCP8.5 2070-2099
Jahresniederschlag	1'091 mm	1'036 mm	-60 bis +116 mm	-56 bis +110 mm
Temperaturmittel	8.1°	9.4°	+0.6° bis +1.7°	+3.1° bis +5.0°



Bildlegende Titelbild / Abbildung 1: Die hauptsächliche Betriebsart Femelschlag führt zu einem nachhaltigen Bestandesaufbau mit allen Entwicklungsstufen. Dies ist der Motor für eine artenreiche Naturverjüngung und damit für eine rasche und kostengünstige Adaptation des Badener Waldes.

Inhalt

.....	1
1. Zielsetzung	3
2. Untersuchungsperimeter OBG Baden	3
2.1. Lage, Boden, Höhenstufe.....	3
2.2. Entwicklung des Badener Waldes bis 1998.....	3
2.3. Datengrundlage Betriebspläne 1998 und 2025	4
3. Verlauf der Adaptation 1998-2025	4
3.1. Baumartenvielfalt 1925-1998.....	4
3.2. Baumartenvielfalt 2025	5
3.3. Vergleich 1998 - 2025	7
3.4. Baumartenanteile nach Entwicklungsstufen	8
4. Erfolgsfaktoren	11
4.1. Natürliche Grundlagen	11
4.2. Grundsätzliche Betriebsphilosophie	11
4.3. Geänderte Zielsetzungen vor 1998	11
4.4. Sturm Lothar und Borkenkäfer 2000-2003, Bewältigungsstrategie.....	12
4.5. Zielorientierte Jungwaldpflege nach Sturm Lothar	12
4.6. Ökologische Waldbewirtschaftung, Multifunktionalität.....	12
4.7. Verstärktes Bewusstsein für den Klimawandel und die Adaptation	13
4.8. Erfolgreiche Anreize durch die Subventionierung.....	13
5. Kosten der bisherigen Adaptation	14
Dank.....	15
Quellen	15

Impressum

Autoren:	Peter Ammann (Fachstelle Waldbau) Georg von Graefe, Pius Moser (Stadtforstamt Baden)
Projekt:	Projekt «Fallbeispiele Anpassung Klimawandel»
Auftraggeber:	Bundesamt für Umwelt BAFU
Auftragnehmer:	Bildungszentrum Wald Lyss, Fachstelle Waldbau
Projektleitung:	Dr. Peter Ammann

1. Zielsetzung

Der ausserordentlich rasche Klimawandel stellt unsere Waldökosysteme vor grosse Herausforderungen. Die Fallbeispiele Anpassung Klimawandel dokumentieren waldbaulich vorbildliche Situationen von erfolgreichen Naturverjüngungen im Sinne von nachahmenswerter «Best Practice». Entscheidend für die Erhaltung der Waldleistungen sind aber letztlich nicht einzelne Bestände, sondern die gesamte Waldfläche.

Das vorliegende Fallbeispiel befasst sich mit der Anpassung auf Ebene Waldeigentümer bzw. Forstbetrieb. Die Datengrundlage dazu liefert ein Vergleich der beiden Betriebspläne 1998 und 2025. Wie rasch haben sich in einem Vierteljahrhundert die Baumartenanteile verändert? Wie hoch ist der Anteil Zukunftsbaumarten aktuell? Mit einer Analyse des Anteils Zukunftsbaumarten pro Entwicklungsstufe lässt sich der Erfolg der waldbaulichen Massnahmen der letzten Jahrzehnte nachverfolgen. Zweifellos ist die Entwicklung des Badener Waldes ermutigend. Welche Erfolgsfaktoren haben dazu beigetragen? Das Fallbeispiel dokumentiert die erfolgten Massnahmen und waldbaulichen Tätigkeiten sowie ihre Kosten, soweit dies nachvollziehbar ist. Aus dem heutigen Bestandesaufbau werden die Zukunftsperspektiven abgeleitet.

2. Untersuchungsperimeter OBG Baden

2.1. Lage, Boden, Höhenstufe

Der Badener Wald wächst in der submontanen Höhenstufe zwischen 370 und 620 m über Meer auf recht unterschiedlichen Böden. Bezüglich geologischer Grundlage dominieren saure Molassen und sehr saure Rissmoränen. Es gibt aber auch ausgeprägte Kalkstandorte. Daraus resultiert eine hohe Standortvielfalt, eine gute Voraussetzung für Baumartenvielfalt. Häufigste Standortseinheit ist der typische Waldmeister-Buchenwald 7a mit 254 Hektaren oder 41.5%. Zusammen mit den ähnlichen Standorten 7aa, 7aB, 7aS macht die Standortgruppe der sauren Buchenwälder rund 3/5 der Waldstandorte aus.

2.2. Entwicklung des Badener Waldes bis 1998

Der Badener Wald war lange Zeit ein typischer Mittelland-Stadtwald mit Hauptfunktion Holzproduktion bzw. Erfüllung der weiteren Waldfunktionen im Kielwasser des Wirtschaftswaldes. Entsprechend wurde die Fichte stark gefördert. Als technische Forstverwaltung mit eigenem Stadtoberförster (Forsting. ETH) war man bestrebt, den Wald besonders vorbildlich und ökonomisch zu bewirtschaften. Es bestand immer auch Offenheit für Experimente. Seit 1956 wurde unter Stadtoberförster Peter Grünig «bei allen waldbaulichen Massnahmen der Förderung des standortheimischen Laubholzes eine besondere Beachtung geschenkt».

Von 1978 bis 2017 war Georg Schoop Stadtoberförster von Baden. In dieser fast 40jährigen Wirkungszeit wurde viel Grundlegendes bewegt. Naturschutz und Erholungsfunktion wurden entwickelt und aufgewertet. Der Forstökonom Schoop schaffte es, die vielfältigen Waldleistungen breit zu vermarkten und dadurch weitgehend unabhängig von der Holzproduktion und dem fremdbestimmten Holzmarkt zu werden. Ab 1993 wurde vollständig auf Pflanzungen von Fichte und Tanne verzichtet. Die Holzernte ist seit 1994 an einen Forstunternehmer ausgelagert.

2.3. Datengrundlage Betriebspläne 1998 und 2025

Der Wirtschaftsplan (WP) 1998 (G. Schoop) und der Betriebsplan (BP) 2025 (WALD+BAUm, P. Ammann) sind wertvolle Datengrundlagen für den jeweiligen Waldzustand. Der WP 1998 hat 176 Seiten, ist also sehr umfangreich. Es wurde eine Stichprobeninventur mit 687 Stichproben gemacht. Aufgenommen wurden jedoch nur die 8 Hauptbaumarten Fichte, Tanne, Föhre, Lärche und Buche, Eiche, Esche, Ahorn. Die restlichen Baumarten, welche aus Sicht Klimawandel als Zukunftsbaumarten besonders von Interesse wären, wurden zu «übriges Nadelholz» und «übriges Laubholz» zusammengefasst. Dies zeigt, dass damals der Fokus immer noch stark auf der Holzproduktion lag und der Klimawandel noch nicht im Bewusstsein war.

Der 79-seitige BP 2025 basiert ebenfalls auf einer Stichprobeninventur, mit 484 Stichproben. Zweite Datengrundlage ist die Bestandskartierung. Es wurden alle vorkommenden Baumarten und ihre Anteile erfasst, total 45 Baumarten. Ein Kapitel befasst sich explizit mit «Naturnähe und Anpassung an den Klimawandel».

Die Waldflächen 1998 und 2025 sind nicht identisch. Das Waldeigentum 2025 wurde um einzelne Parzellen sowie um die 43.81 ha der Einwohnergemeinde Turgi erweitert (Gemeindefusion). Durch die Ausscheidung diverser Waldreservate und Altholzinseln beträgt heute der Anteil Nutzungsverzicht der OBG Baden 144.64 ha bzw. 19.5% der gesamten Waldfläche von 743.33 ha. Somit bezieht sich der Waldzustand 1998 auf eine Fläche von 687.00 ha, während 2025 der heutige Wirtschaftswald von 596.48 ha betrachtet wird. Ca. 550 ha der Flächen sind deckungsgleich.

Die Aufnahmen zum Waldzustand erfolgten jeweils ein bis zwei Jahre vor Beginn der Betriebsplan-Laufzeit, entsprechen also dem Zustand von 1996-1997 sowie 2023. Der Einfachheit halber wird nachfolgend immer vom Zustand 1998 / 2025 gesprochen (entsprechend der Bezeichnung der Betriebspläne).

3. Verlauf der Adaptation 1998-2025

3.1. Baumartenvielfalt 1925-1998

Im WP 1998 werden Aussagen zu den langfristigen Baumartenanteilen (bezogen auf den Holzvorrat) gemacht. Nachfolgend ist die Entwicklung seit 1925 dargestellt (grün = Zukunftsbaumarten):

	1925	1935	1946	1956	1966	1976	1986	1998
Fichte	35	36	39	40	42	42	38	39
Tanne	11	12	17	17	17	14	9	9
Föhre	8	8	5	6	5	4	3	4
Lärche	1	1	1	1	2	3	3	2
Übriges Nadelholz			2	2	1	1	1	2
Buche	13	20	22	20	21	23	27	24
Eiche	5	10	6	6	5	4	5	5
Esche							6	6
Ahorn							3	4
Übriges Laubholz	27	13	8	8	7	9	5	5
Nadelholz	55	57	64	66	67	64	54	56
Laubholz	45	43	36	34	33	36	46	44
Zukunftsbaumarten	40	31	21	22	18	18	17	20

Tabelle 1: Baumartenanteile in Prozent des Holzvorrats von 1925 bis 1998.

Im Lauf der Jahrzehnte gab es insgesamt nur relativ geringe Veränderungen. Der Höchststand des Nadelholzanteils wurde 1966 mit 67% erreicht. Der Fichtenanteil lag bei der BP-Revision 1998 immer noch bei verhältnismässig hohen 39%. Ab 1986 wurden nicht mehr alle Bäume (ab BHD 16 cm)

vollkluppiert, sondern Stichprobenaufnahmen (ab BHD 8cm) gemacht, wodurch vermutlich der Laubholzanteil methodisch begründet plötzlich höher wurde (zusätzliches Jungwald-Stratum mit höherem Laubholzanteil).

1998 betrug der Anteil Zukunftsbaumarten (Definition aus heutiger Sicht) 20%, wobei davon ausgegangen wird, dass es sich bei den «Übrigen Laub- und Nadelhölzern» um Zukunftsbaumarten handelt. Interessanterweise war dieser Anteil 1925 noch doppelt so hoch (40%), er wurde 1935 auf 31% gesenkt und bewegte sich ab 1946 zwischen eher tiefen 17 bis 22%. Vermutlich wurde im Zeitraum 1925-1946 der Nadelholz-Anbau intensiviert, wobei auch die Mangeljahre des Zweiten Weltkrieges eine Rolle gespielt haben dürften. Aus dieser Zeit stammen einzelne Douglasien und Strobenpflanzungen (2% Übriges Nadelholz). Parallel dazu wurde der Anteil der Übrigen Laubhölzer stark gesenkt, eventuell durch Umwandlung von Mittel- und Niederwäldern.



Abbildung 2: Erster, vollmechanisierter Eingriff mit Nutzung, knapp 25 Jahre nach dem Sturm Lothar. Hier wurde 2007 und 2017 Jungwaldpflege ausgeführt, wobei nur Eichen, Lärchen, Föhren und lokal seltene Baumarten wie Douglasie oder Kirsche gefördert wurden. Die Fläche enthält 21 Baumarten. Die bisher vorherrschenden Birken und Aspen wurden jetzt erstmals gefördert, diese Baumarten liefern (als Konkurrenten) auch bereits gute Vornutzungen.

3.2. Baumartenvielfalt 2025

Die Aussagen zur Baumartenvielfalt 2025 stammen einerseits aus der Stichprobeninventur (Grundflächenanteile). Auch die Bestandeskartierung erlaubt Aussagen (Flächenanteile, Deckungsgrad). Aus der Bestandeskartierung wurden auch die Flächenanteile pro Entwicklungsstufe berechnet. Daraus lässt sich die zeitliche Veränderung bzw. Entwicklung des Waldes beurteilen, dies ist eine wichtige Kontrollgrösse. Die Darstellung erfolgt alphabetisch, sowie getrennt nach Laub- und Nadelholz; Zukunftsbaumarten sind grün hinterlegt, Gastbaumarten gelb, sowie potentiell invasive Neophyten orange. Bei der Stichprobeninventur wurden alle erfassten Baumarten aufgeführt, auch wenn sie weniger als 0.05% erreichen (gerundet auf „0“). Bei der Bestandeskartierung konnten aus technischen Gründen (BKonline des Kantons Aargau) einige Baumarten, z.B. Vogelbeere oder Grosse Küstentanne, nicht spezifisch aufgeführt werden. Diese sind unter „übriges Laubholz“ oder „übriges Nadelholz Gastbaumarten“ enthalten. (Hinweis: Die Prozentwerte der Baumartenanteile pro Entwicklungsstufe beziehen sich auf das Vorkommen in der betreffenden Entwicklungsstufe (Summe=100%); diejenigen des Totals jedoch auf den Gesamtwald.) Abkürzungen: JW/D=Jungwuchs, Dickung; S1=Schwachtes Stangenholz; S2= Starkes Stangenholz; B1=Schwachtes Baumholz; B2=Mittleres Baumholz; B3=Starkes Baumholz; Ugl.=Ungleichförmig=Waldränder und Ufervegetation. Gelb: Gastbaumarten. Orange: Gastbaumarten mit Invasivitätspotential.

Angaben in Prozent	SP-In- ventur	Bestandeskartierung in BKonline							
Entwicklungsstufe	alle	Total	JW/D	S1	S2	B1	B2	B3	Ugl.
Baumart		alle	0-10cm	10-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	>50cm	stufig
Aspe	0.4	0.9	1.6	0.5	2.1	1.1	0.8	0.1	0.8
Bergahorn	12.0	12.5	17.2	15.8	17.0	16.7	10.2	6.0	15.5
Birke	2.0	2.6	3.7	4.6	8.6	1.4	0.6	0.0	2.2
Buche	26.6	27.2	22.2	19.4	20.7	18.4	24.5	41.6	28.9
Edelkastanie	0.0	0.1	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Eiche	5.4	6.9	17.5	28.7	6.7	4.2	2.6	5.1	10.0
Elsbeere	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.5
Esche	3.7	4.0	1.8	3.2	2.1	4.1	4.5	5.4	3.5
Feldahorn	0.6	0.3	0.5	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3	1.3
Flaumeiche	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Grauerle	0.0								
Hagebuche	2.5	1.6	2.3	2.1	3.0	1.1	1.3	0.6	3.3
Kirsche	1.4	2.1	2.1	2.8	2.6	2.2	2.0	0.8	6.3
Linde	3.1	2.6	1.8	3.3	1.8	2.4	3.1	2.5	4.7
Mehlbeere	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
Orientbuche	0.0	0.2	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Paulownia	0.0								
Robinie	0.1	0.3	0.8	0.2	0.5	0.1	0.1	0.1	2.1
Roteiche	3.0	2.3	0.8	1.9	0.4	7.6	3.3	0.1	0.8
Salweide	1.4	1.6	2.3	3.7	5.0	0.8	0.2	0.0	3.0
Schmalblättr. Weide	0.1								
Schneeballbl. Ahorn	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Schwarzerle	0.7	1.3	0.8	1.2	3.2	1.0	0.3	0.4	4.1
Schwarznuß	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Schwarzpappel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Speierling	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Spitzahorn	0.2	0.3	0.0	0.4	0.2	0.2	0.1	0.5	0.8
Ulme	0.4	0.4	0.8	0.9	0.6	0.4	0.3	0.0	0.6
Vogelbeere	0.3								
Walnuß	0.2	0.4	0.5	1.4	0.7	0.2	0.0	0.2	0.5
Wildapfel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wildbirne	0.0	0.1	0.3	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3
Zerreiche	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zuchtpappel	0.1								
Übrige Laubhölzer	0.0	0.2	0.8	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.6
Übr. Lbh Gastbaum.	0.0	0.3	0.0	0.2	0.1	0.1	0.3	0.7	0.9

Tabelle 2: Baumartenanteile 2025 der Laubbaumarten aus Stichprobeninventur (Grundflächenanteile) und aus Bestandeskartierung (unterteilt nach Entwicklungsstufen, Flächenanteile).

Die Baumartenanteile aus Stichprobeninventur und Bestandeskartierung stimmen bemerkenswert gut überein. Hauptbaumart und häufigste Laubholzart ist die Buche mit 27%. Zweithäufigstes Laubholz ist der Bergahorn mit 12%. Esche hat abgenommen auf 4%. Bemerkenswert ist der Eichenanteil von 6%. Sehr erfreulich ist das verbreitete Vorkommen der wichtigen Zukunftsbaumarten Feldahorn, Hagebuche, Kirsche, Linde, sowie der Pionierbaumarten Aspe, Birke, Salweide und Schwarzerle.

Die Entwicklungsstufe Stangenholz 2 gibt ein Abbild der Lotharflächen, mit aktuell 18.8% Pionierbaumarten. Die Baumholz-3-Bestände haben den höchsten Buchenanteil. Bemerkenswert sind die Eichenanteile von 17.5% in der jüngsten Entwicklungsstufe Jungwuchs/Dickung und sogar 28.7% im Stangenholz 1; dies zeigt die grossen Anstrengungen zur vorzeitigen Erfüllung des Eichen-Pflegevertrages. Die 7.6% Roteiche im Baumholz 1 widerspiegeln die phasenweise starke Förderung

dieser Baumart vor rund 30 bis 40 Jahren. Einige Baumarten wie Orientbuche oder Altszeder tauchen erst in der jüngsten Entwicklungsstufe auf.

Angaben in Prozent	SP-In- ventur	Bestandeskartierung in BKonline							
Entwicklungsstufe		Total	JW/D	S1	S2	B1	B2	B3	Ugl.
Baumart		alle	0-10cm	10-20cm	20-30cm	30-40cm	40-50cm	>50cm	stufig
Atlaszeder	0.0	0.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Douglasie	1.4	1.3	0.5	0.2	0.5	0.4	2.0	2.5	0.2
Eibe	0.6	0.3	0.0	0.4	0.1	0.3	0.3	0.3	0.5
Fichte	22.7	20.2	8.1	4.9	15.5	31.0	28.9	18.7	5.4
Föhre	1.8	1.3	0.3	0.7	1.5	0.7	1.1	1.9	1.1
Lärche	2.6	3.1	1.3	1.1	6.1	2.8	3.9	1.8	0.9
Küstentanne	0.3								
Mammutbaum	0.1								
Tanne	6.1	4.9	3.1	1.6	0.5	2.1	8.7	9.4	0.8
Thuja	0.1								
Weymouthsföhre	0.1								
Übr. Ndh Gastb.	0.0	0.4	0.0	0.0	0.2	0.4	0.4	0.5	0.0

Tabelle 3: Baumartenanteile 2025 der Nadelbaumarten aus Stichprobeninventur (Grundflächenanteile) und aus Bestandeskartierung (unterteilt nach Entwicklungsstufen, Flächenanteile).

Beim Nadelholz ist die Fichte mit 22% die mit Abstand häufigste Baumart. Danach folgen Tanne, Lärche und Föhre. Douglasie erreicht 1.4%. Bemerkenswert ist der Eibenanteil von 0.6%. Fichte hat im Baumholz 1 und 2 recht hohe Anteile, was mit erhöhten Risiken verbunden ist. In den natürlich verjüngten Jungbeständen kommt sie nur noch zu kleinen Anteile von unter 10% vor; auf den Lotharflächen sind es noch 15%. Die Lärche ist im starken Stangenholz mit 6.1% gut vertreten; dabei handelt es sich ausschliesslich um natürlich verjüngte Lärchen auf Sturmschadenflächen.

3.3. Vergleich 1998 - 2025

In der nachfolgenden Tabelle sind die Baumartenanteile 1998 und 2025 zusammengestellt, wobei beide Datengrundlagen des BP 2025 aufgeführt sind (Stichproben und Bestandeskartierung).

	1998 Stichproben	2025 Stichproben	2025 Bestandeskartierung
Fichte	39	22.7	20.2
Tanne	9	6.1	4.9
Föhre	4	1.8	1.3
Lärche	2	2.6	3.1
Ü_Ndh	2	2.6	2.1
Buche	24	26.6	27.2
Eiche	5	5.4	6.9
Esche	6	3.7	4.0
Ahorn	4	12.0	12.5
Ü_Lbh	5	16.5	17.8
Nadelholz	56	35.8	31.4
Laubholz	44	64.2	68.8
Zukunftsbaumarten	20	37.9	40.2
Pionierbaumarten	?	4.9	6.5

Tabelle 4: Entwicklung der Baumartenanteile 1998-2025 für Hauptbaumarten, Laub- und Nadelholz sowie Zukunftsbaumarten und Pionierbaumarten.

Der Anteil der Risikobaumarten Fichte und Tanne hat stark abgenommen, er wurde annähernd halbiert. Leider hat auch die Zukunftsbaumart Föhre stark abgenommen. Beim Laubholz hat die Esche (erstaunlich wenig) abgenommen aufgrund der Eschenwelke. Am auffälligsten ist die Zunahme des Bergahorns um das Dreifache. Noch etwas stärker ist die Zunahme der Übrigen Laubhölzer von 5 auf rund 17%, wobei es sich allesamt um Zukunftsbaumarten handelt (mit Unsicherheiten bei der Bergulme, welche aber nur 0.4% Anteil hält). Ein grosser Teil davon entfällt auf Pionierbaumarten (6%) – vermutlich hatten diese 1998 erst sehr geringe Anteile. Die Veränderungen in nur einem Vierteljahrhundert sind sehr positiv und hoffnungsvoll. Zum Vergleich: Gemäss Waldinventur Aargau (2016) enthält der Aargauer Wald im Mittel 26.6% Zukunftsbaumarten.



Abbildung 3: Das vermeintliche Problem dieser Adlerfarn-Bestandeslücke auf einer Lothar-Sturmfläche (im Vordergrund) entpuppt sich mit der Zeit immer mehr als Chance, um Lichtbaumarten mit wenig Pflegeaufwand zu erhalten (Foto 2019).

3.4. Baumartenanteile nach Entwicklungsstufen

Die Zukunft liegt in den Jungbeständen. Anders gesagt: In Jungwuchs/Dickung und Stangenhölzern lässt sich das waldbauliche Wirken der letzten Jahrzehnte ablesen. Diese Entwicklung ist in Baden eindrücklich und ein Versprechen für die Zukunft. Zusätzliche Details pro Baumart finden sich in den beiden Tabellen in Kapitel 3.2. Nachfolgende Tabelle zeigt den Zustand 1998 und die Baumartenanteile 2025 nach Entwicklungsstufen unterteilt. Die für das Bestandesalter bzw. den Begründungszeitraum (Jahr der Verjüngung) zugrunde gelegten (theoretischen!) Durchwuchszeiten wurden berechnet für die Ertragsklasse «gut» (Fichte Bonität 26, Buche Bonität 24) bei einer mittleren flächengewichteten Umtriebszeit von 98 Jahren.

Jahr	1998	2025						
		JW/D	S1	S2	B1	B2	B3	Ugl
Fläche		22.94	34.00	117.21	112.91	107.51	164.07	37.84
Durchwuchszeit		11	11	13	16	23	24	--
Bestandesalter		0 bis 11	11 bis 22	22 bis 35	35 bis 51	51 bis 74	74 bis 98	--
Verjüngungsjahr		2013-2024	2002-2013	1989-2002	1973-1989	1950-1973	1926-1950	--
Fichte	39	8.1	4.9	15.5	31.0	28.9	18.7	5.4
Tanne	9	3.1	1.6	0.5	2.1	8.7	9.4	0.8
Föhre	4	0.3	0.7	1.5	0.7	1.1	1.9	1.1
Lärche	2	1.3	1.1	6.1	2.8	3.9	1.8	0.9
Ü_Ndh	2	1.9	0.6	0.7	1.2	2.7	3.5	0.6
Buche	24	22.2	19.4	20.7	18.4	24.5	41.6	28.9
Eiche	5	17.5	28.7	6.7	4.2	2.6	5.1	10.0
Esche	6	1.8	3.2	2.1	4.1	4.5	5.4	3.5
Bergahorn	4	17.2	15.8	17.0	16.7	10.2	6.0	15.5
Ü_Lbh	5	26.6	24.0	29.2	18.8	12.9	6.6	33.3
Nadelholz	56	14.7	8.9	24.3	37.8	45.3	35.3	8.8
Laubholz	44	85.3	91.1	75.7	62.2	54.7	64.7	91.2
Zukunfts-BA	20	63.9	69.9	55.1	41.6	29.6	23.0	60.7
Pionier-BA	?	8.3	10.0	18.8	4.3	1.8	0.5	10.1

Tabelle 5: Entwicklung der Baumartenanteile 1998-2025 für Hauptbaumarten, Laub- und Nadelholz sowie Zukunftsbaumarten und Pionierbaumarten. Aus dem Zustand pro Entwicklungsstufe und der Durchwuchszeit lässt sich der Waldbau des jeweiligen Zeitraums ablesen.

Die Baumholz-3-Bestände mit nur 23% Zukunftsbaumarten werden in den nächsten 24 Jahren verjüngt. Im Baumholz 2 und 1 ist der Anteil *Zukunftsbaumarten* sukzessive höher (29.6% und 41.6%). Allerdings ist hier auch der Fichtenanteil höher (zu Lasten Buchenanteil), so dass nicht zu unterschätzende Risiken bestehen und einige dieser Bestände das ursprünglich gedachte Nutzungsalter nicht erreichen werden.

Die Stangenholz-2-Bestände widerspiegeln die waldbauliche Tätigkeit von 1989 bis 2002, zum grössten Teil entstanden sie durch Orkan Lothar (1999). Hier sind bereits 55% Zukunftsbaumarten vorhanden, darunter sehr hohe 18.8% Pionierbaumarten und 6.7% Eiche. Das Sturmereignis wurde somit ideal genutzt bzw. hat gleich selbst ideale Bedingungen geschaffen für Baumartenvielfalt und für Zukunftsbaumarten. In den Stangenholz-2-Beständen war Fichte teilweise schon vorverjüngt, hier beträgt ihr Anteil noch 15.5%.

In den schwachen Stangenhölzern, entstanden 2002 bis 2013 ist der Anteil Zukunftsbaumarten mit fast 70% nochmals deutlich höher. Es hat immer noch viel Pionierbaumarten (10.0%), herausragend ist hier jedoch der Eichenanteil von 28.7%. Letzterer ist auf die Pflanzung von Eichen im Rahmen des Eichenwaldreservates (ab 2007) zurückzuführen. Der Fichtenanteil beträgt noch 4.9%.

In den letzten 11 Jahren wurde hauptsächlich mit Naturverjüngung gearbeitet. Auch so konnte ein Anteil von 17.5% Eichen erreicht werden, wobei diese besser über die Fläche verteilt sind als die geklumpt vorkommenden Eichen aus Pflanzung. Es hat wieder etwas mehr Fichten, die 8.1% (beigemischt aus Naturverjüngung) stellen jedoch absolut kein Risiko dar. Somit beträgt der Anteil Zukunftsbaumarten in den Jungwüchsen und Dickungen 63.9%.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ab Stangenholz 2 die Bestände genügend Zukunftsbaumarten enthalten. Deren Anteil kann mit jeder Durchforstung gesteigert werden. Auch vorzeitige Ausfälle von Fichte, Tanne, Buche oder Esche könnten verkraftet werden. Auch die ungleichförmigen Bestände (Waldränder mit viel Seitenlicht) sind artenreich aufgebaut.



Abbildung 4: 17jährige Eichen-Trupppflanzung. Das Eichenwaldreservat mit der Vorgabe zur Eichenverjüngung führte zu bemerkenswert hohen Eichenanteilen in den heutigen Stangenholz 1-Beständen. Die Trupps wurden damals in relativ geringen Abständen gepflanzt (ca. 10 m von Zentrum zu Zentrum), wodurch wertvolle Mischbaumarten aus Naturverjüngung bereits eliminiert werden mussten; daraus wurden die nötigen Lehren gezogen.

Somit sind etwas mehr als 1/3 der Fläche des Badener Waldes nach heutigem Kenntnisstand bereits sehr gut adaptiert. Aufgrund Lothar wurde in den letzten 25 Jahren sehr zurückhaltend verjüngt, so dass sich der zukunftsfähige Zustand der Stangenholz-1-Bestände sowie Jungwuchs/Dickungen leider nur auf eine verhältnismässig kleine Fläche von 34 bzw 23 Hektaren bezieht.

In Zukunft soll der Wald weiterhin nachhaltig verjüngt werden. Ein vielfältiger, adaptiver Femelschlag-Waldbau soll auf dem grössten Flächenanteil des Wirtschaftswaldes dafür sorgen, dass weiterhin Zukunftswald mit Eichen, Pionierbaumarten und weiteren Zukunftsbaumarten entsteht und heranwächst. Gemäss Waldbaukonzept werden 34 von 596 Hektaren Wirtschaftswald als Dauerwald bewirtschaftet. Hier zeigte die Analyse im BP 2025, dass sich fast nur Buchen verjüngen. Das Risiko ist aber auf der geringen Fläche vertretbar (5.7% des Wirtschaftswaldes).

Die Femelschlagbewirtschaftung erlaubt ein gutes Monitoring der Anpassung an den Klimawandel, indem die Baumartenanteile pro Bestand und damit pro Entwicklungsstufe bekannt sind (im Minimum aktualisiert im Rahmen der periodischen Betriebsplanung, im Kanton Aargau nach spätestens 15 Jahren). Demgegenüber fehlt in einem Plenterwald die Information unterhalb der Kluppschwelle (16 oder 17.5 cm), Fehlentwicklungen werden lange Zeit nicht erkannt, weil die überschirmten jungen Bäume langsam wachsen. Im Kanton Aargau werden seit 2022 im Rahmen der Betriebsplanung auch für Dauerwälder detaillierte Erhebungen für die drei Schichten Hauptbestand, Nachrücker und Nachwuchs verlangt.

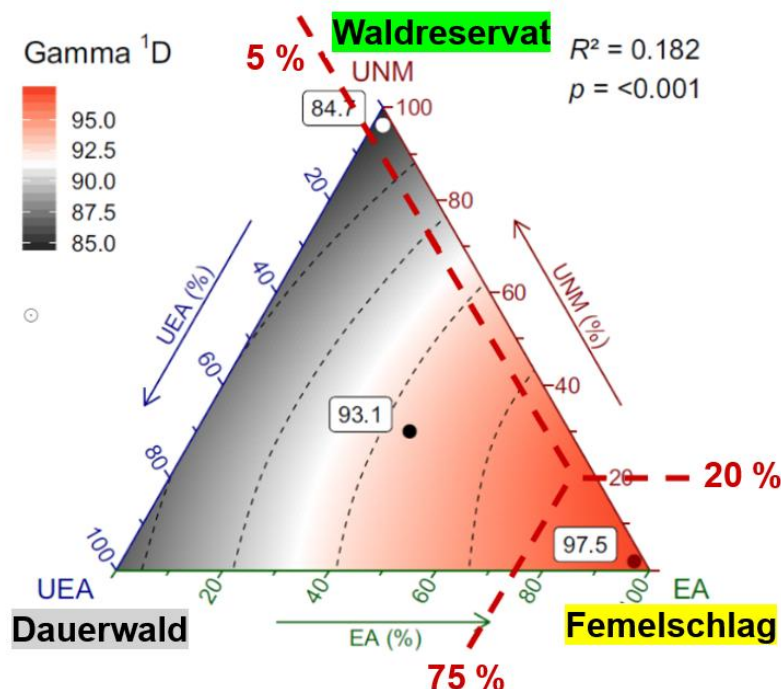
4. Erfolgsfaktoren

4.1. Natürliche Grundlagen

- Geologische Vielfalt
- Standortvielfalt

4.2. Grundsätzliche Betriebsphilosophie

- Femelschlagbetrieb auf 93.2% Flächenanteil des Wirtschaftswaldes, dazu 1.1% Mittelwald und 5.7% Dauerwald
- Das Waldbaukonzept von 2022 (Stadtforstamt Baden und Ammann, 2022) postuliert die Strategie einer maximalen Diversität auf mehreren Ebenen mit (Zahlen grob gerundet) 20% Nutzungsverzicht, 75% Femelschlag und 5% Dauerwald. Dadurch wird eine hohe Gesamt-Biodiversität erreicht, was einem tiefen Risikoprofil bezüglich Klimawandel entspricht.



Gamma-1-Diversität nach GOSSNER (2021)

Regionale (grossräumige) Gesamtbiodiversität, mit Berücksichtigung von Artenzahl und Häufigkeit (exponentieller Shannon-Index).

UNM = Unmanaged = Waldreservat (20% des Badener Waldes).

UEA = Uneven-aged = Dauerwald (5% des Badener Waldes).

EA = Even-aged = Femelschlagwald (75% des Badener Waldes).

Die höchste Gesamtbiodiversität weist der Femelschlagwald auf.

Abbildung 6: Badener «Waldbau-Mix» und Biodiversität (Stadtforstamt Baden et al. 2022).

4.3. Geänderte Zielsetzungen vor 1998

- Laubholzförderung (zumindest auf dem Papier) seit 1956
- seit 1993 vollständiger Verzicht auf Pflanzung von Fichte und Tanne
- damit verbunden weitgehende Umstellung auf Naturverjüngung mit automatisch höherer Vielfalt und feinerer, natürlicher Mischung
- Förderung von Pionierbaumarten seit den 1990er Jahren, dadurch waren zum Zeitpunkt des Sturms Lothar bereits wertvolle Samenbäume dieser Baumarten vorhanden
- Einzelne Experimente mit biologischer Rationalisierung und konsequenter Z-Baum-Pflege fanden bereits vor Lothar statt

4.4. Sturm Lothar und Borkenkäfer 2000-2003, Bewältigungsstrategie

- Schlagartige Abnahme des Nadelholzanteils, weil viele ältere Nadelholzbestände betroffen waren
- Entstehung von über 100 Hektaren Jungwaldbeständen mit hoher Baumartenvielfalt (Verjüngungsökologie «Sturmfläche»)
- Habitatbäume / Überlebende des Sturmes wurden konsequent stehen gelassen. Dadurch entstanden strukturreiche und ökologisch wertvolle Bestände. Die Habitatbäume erbrachten einen namhaften Beitrag zur Erhaltung aller Waldleistungen auf Sturmflächen und reduzierten die zu pflegende Fläche (Kosteneinsparung)
- «Schadenbewältigung» zum grössten Teil nur mittels Naturverjüngung, trotz starker Verbrombeerung. Dies war neu und erforderte einigen Mut
- Anreize dazu seitens Subventionierung der Abteilung Wald Aargau («Naturverjüngung mit Ergänzungspflanzung», Beitrag 5'500.00/ha, wobei die Ergänzungspflanzung fakultativ war, d. h. es konnte vollständig mit Naturverjüngung gearbeitet werden). In Baden wurden fast nur Schwarzerlen gepflanzt auf Partien mit verdichteten Böden

4.5. Zielorientierte Jungwaldpflege nach Sturm Lothar

- Auf den grossen Lothar-Sturmflächen konnte aufgrund fehlender Ressourcen kaum traditionelle, flächige Jungwaldpflege stattfinden (Erdünnerung, negative Auslese, Homogenisierung)
- Ab 2007 konsequente Z-Baum-Pflege und biologische Rationalisierung. Auf den Sturmflächen wurden nur die Lichtbaumarten wie Eiche, Lärche, Föhre, Kirsche oder Nussbaum gefördert, und zwar bereits in der Dichtung möglichst nur im Endabstand. Im Füllbestand wurde konsequent nicht eingegriffen. Es gab keine negative Auslese mehr, d.h. alle Qualitäten und alle Baumarten inkl. Pionierbaumarten wurden im Füllbestand stehen gelassen. Der Eingriffsturnus war oft sehr lang, d. h. es wurde vieles den natürlichen Abläufen überlassen. Typischerweise wurde der erste Kurs «biologische Rationalisierung» im Kanton Aargau auf Wunsch von Georg Schoop mit dem Forstbetrieb Baden durchgeführt. Ab 2008 war dieses Kursthema im Rahmen der Jungwaldpflege-Subventionierung für alle Aargauer Forstbetriebe obligatorisch (Ammann 2009)
- Anreize für eine zielgerichtete Jungwaldpflege mit Z-Bäumen und biologischer Rationalisierung erfolgten ab 2008 durch das neue Aargauer Jungwaldpflege-Beitragssystem (Ammann 2009)

4.6. Ökologische Waldbewirtschaftung, Multifunktionalität

- Gezielte Förderung von Eichen aufgrund des Eichenwaldreservats (ab 01.10.2007). Pro Jahr werden (mindestens) 30 Aren auf Eiche verjüngt
- Der Perimeter des Eichenwaldreservats umfasst den grössten Teil des Wirtschaftswaldes. Hier werden alle Eichen in jeder Entwicklungsstufe konsequent gefördert, ungeachtet ihrer Schaftqualität. Zunehmend entspricht dies auch der Überzeugung aufgrund des Klimawandels
- Für die Biodiversität, aber auch für diverse konkrete Ökosponsoring-Projekte werden Pionierbaumarten und weitere seltene Baumarten seit längerem gefördert; Z-Bäume von Aspe, Birke oder Weidenarten sind normal und auch mit der Holzproduktion im Einklang
- Auch aus Sicht Erholungswald, welcher in Baden eine grosse Rolle spielt, ist eine hohe Baumartenvielfalt erwünscht

4.7. Verstärktes Bewusstsein für den Klimawandel und die Adaptation

- In den letzten Jahren, und ganz speziell mit der Betriebsplanrevision 2025, trat die Bedeutung von bisherigen Nebenbaumarten als Zukunftsbaumarten in den Vordergrund. Dies betrifft z. B. Feldahorn, Spitzahorn, Sommerlinde, Winterlinde, Eibe
- Auch die Gastbaumarten Douglasie, Roteiche und Weymouthsföhre sind willkommen, sie werden jedoch gemäss Waldbaukonzept nicht gepflanzt, sondern nur natürlich verjüngt
- Seit 2022 werden im kleinen Rahmen weitere Zukunftsbaumarten in sogenannten «Klimawaldinseln» eingebracht. Es handelt sich um noch nicht oder nur sehr selten vorhandene einheimische Baumarten, sowie Gastbaumarten aus dem eurasischen Raum: Edelkastanie, Orientbuche, Atlaszeder
- Seit 2025 werden -wo vorhanden- bewusst mehr Waldföhren als Lärchen bei der Jungwaldpflege gefördert, auch wenn die Lärche als fröhndynamische Baumart im Stangenholz oft im Vergleich zur Föhre etwas höher und dicker ist

4.8. Erfolgreiche Anreize durch die Subventionierung

Die positive Rolle der Aargauer Subventionierung wurde bereits in den vorangehenden Kapiteln angetönt, sie werden hier nochmals zusammengefasst:

- Besonders bemerkenswert und der Zeit voraus war die Subventionierung nach Lothar: Durch die Beiträge für Naturverjüngung mit (fakultativer!) Ergänzungspflanzung, d.h. in Baden meist ohne Pflanzung, entstanden sehr vielfältige Bestände mit hohen Anteilen Pionierbaumarten
- Jungwaldpflege-Subventionierung ab 2008, welche nicht mehr massnahmen- sondern zielorientiert war. Es mussten Bestockungsziele formuliert werden, welche mit minimalstem Aufwand (bzw. ganz ohne Eingriffe, wenn dies möglich war) erreicht werden durften
- Eichenförderung im Rahmen des Eichenwaldreservates ab 2007
- Förderung von seltenen Arten durch diverse Naturschutzprojekte (z. B. Wildobst und Elsbeere im Sonderwaldreservat, Eibenförderung)



Abbildung 7: Der Badener Stadtwald wird oft zu Aus- und Weiterbildungszwecken besucht. Hier eine Gruppe von angehenden Förstern (BZW Lyss) im frühlingshaften, stark buchendominierten Dauerwald-Betriebsteil Österliwald.

5. Kosten der bisherigen Adaptation

Die erfolgte Adaptation in den jüngeren Beständen basierte zum grössten Teil auf natürlichen Abläufen (Naturverjüngung, biologische Rationalisierung, Selbstdifferenzierung) und war dementsprechend nicht teuer. Wichtigste Grundlage ist die Vielfalt aufgrund der Verjüngungsökologie im Femelschlagbetrieb («Weiterführung des Erfolgsmodells Sturmfläche im kleineren Rahmen»).

- Auf den Lotharflächen betrugen die effektiven Kosten nur einen Bruchteil der Subventionen (Sturmschadenbewältigung und Jungwaldpflege). Zusätzlich konnten Beiträge für die Jungwaldpflege durch Ökosponsoring generiert werden (vgl. Ammann 2019)
- Die Eichenpflanzungen waren sehr teuer, jedoch finanziert durch entsprechend hohe Naturschutz-Beiträge. Aus den anfänglich zu nahen Eichen-Trupps mit hohen Stammzahlen wurden entsprechende Lehren gezogen; heute wird das Ziel von eichenreichen Jungbeständen wesentlich kostengünstiger verfolgt
- Die Klimawaldinseln sind (wie alle Pflanzungen) aufwendig. Für einzelne Baumarten gibt es Beiträge aus dem kantonalen «Massnahmenpaket», andere Baumarten werden durch Ökosponsoring finanziert

Bestandestyp	Fläche (ha)	Kosten/ha	Beitrag/ha	Erfolg/ha	Erfolg total
Sturmflächen Lothar	115	2'000/ha	5'500/ha (Lothar) 4'000/ha (Jungwaldpflege)	+7'500/ha	862'500
Eichen für EWR	8	30'000/ha	36'000/ha	+6'000/ha	48'000
Klimawald-In- seln	2	20'000/ha	4'000/ha (Massnahmenpaket) 20'000/ha (Ökosponsoring)	+4'000/ha	8'000
Reguläre Na- turverjüngung	45	2'000/ha	5'000/ha	+3'000/ha	135.000
Total	170				1'053'500

Tabelle 6: Flächenanteile, Kosten, Subventionssätze (Beträge bekannt oder geschätzt, in CHF) und wirtschaftlicher Erfolg (in CHF) pro Bestandestyp (Art der Verjüngung, Zielsetzung).

Die 10 ha Pflanzungen (Eichen und Klimawaldinseln) entsprechen 6% der adaptierten Waldfläche, sie beanspruchten aber 47% der Kosten! Der naturnahe adaptive Waldbau, insbesondere auf den Naturverjüngungsflächen, hat sogar beträchtliche Einnahmen aus der Waldbewirtschaftung generiert. Adaptation muss nicht teuer sein (vgl. dazu «Adaptiver naturnaher Waldbau, Ammann et al. 2024). Und Jungwaldflächen sind nicht eine Belastung, sondern eine Chance! Für die Adaptation an den Klimawandel sogar **die** Chance!

«Die Nutzung natürlicher Abläufe ist der Schlüssel für eine erfolgreiche waldwirtschaftliche Betriebsführung – für eine Branche mit so tiefer Wertschöpfung bei so langen Produktionszeiten muss das Risikoprofil zwingend tief gehalten werden» (GEORG SCHOOP, 1952-2024).



Abbildung 8: Verjüngungskegel mit hohem Douglasienanteil aus Naturverjüngung. Die Nutzung von natürlichen Abläufen, kombiniert mit naturopportunem Vorgehen, ist entscheidend für tiefe Kosten der Adaptation.

Dank

Dieses Projekt «Fallbeispiele Anpassung Klimawandel» wurde mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) umgesetzt.

Quellen

Ammann, P., 2024: Betriebsplan 2025 / 2039 für den Wald der Ortsbürgergemeinde Baden.

Ammann, P., Blanc, R., Brüllhardt, M. und Junod, P., 2024: Naturnaher adaptiver Waldbau. Umsetzungsprinzipien für die Anpassung an den Klimawandel.

Ammann, P., 2019: Dokumentation der Anpassung an den Klimawandel. Fallbeispiel Baden/Müseren.

Ammann, P., 2014: Checkkarten Jungwaldpflege. CODOC.

Ammann P. 2009: Jungwaldpflegebeiträge im Kanton Aargau. Systemwechsel von massnahmeorientiert zu zielorientiert. Wald und Holz 4/2009: 35-37.

Ammann P. 2009: 80 Forstbetriebe werden systematisch weitergebildet. Biologische Rationalisierung im Aargau. Wald und Holz 4/2009: 38-40.

Gossner, M., 2021: Welchen Beitrag leistet der Dauerwald für die Biodiversität in Buchenwäldern? - Neue Erkenntnisse aus der Biodiversitätsforschung. Montagskolloquium ETHZ.

Schoop, G., 1998: Waldwirtschaftsplan der Ortsbürgergemeinde Baden 1998 – 2010.

Stadtforstamt Baden und Ammann, P., 2022: Waldbaukonzept Baden.