

Dokumentation der Anpassung an den Klimawandel: Fallbeispiel Baden / Müseren

Peter Ammann, Fachstelle Waldbau, Bildungszentrum Wald, CH-3250 Lyss



30.04.2019

Grundlage: Vertrag BAFU-FWB Nr. 00.5052.PZ / R123-1153 betreffend Integration von Erkenntnissen aus dem Forschungsprogramm Wald und Klimawandel in die waldbauliche Weiterbildung. Vertragspunkt Nr. 4: „Dokumentation von naturnahen und natürlichen Anpassungsvorgängen an drei Fallbeispielen. Konkretisierung, wie die natürlichen Anpassungsmechanismen durch waldbauliche Eingriffe unterstützt, respektive beeinträchtigt werden können. Publikation der Fallbeispiele auf dem Internet (www.waldbau-sylviculture.ch)“.

Version	Bearbeiter	Datum	Kommentar
1.0	P. Ammann	30.04.2019	

Inhalt

1	Einleitung.....	3
1.1	Herausforderung Klimawandel.....	3
1.2	Anpassungsvorgänge.....	3
2	Fallbeispiel „Müseren“, Baden (AG).....	3
2.1	Zielsetzung.....	3
2.2	Befragung des lokalen Forstdienstes	3
2.3	Untersuchungsfläche „Müseren“, Baden (AG).....	4
2.4	Waldgesellschaften	4
2.5	Die Ausgangslage vor dem Sturm Lothar: Eine Rekonstruktion.....	5
2.6	Aufnahme und Darstellung Ist-Zustand	6
2.7	Anzahl Baumarten	12
2.8	Laub- und Nadelholzanteile.....	13
2.9	Einfluss waldbaulicher Massnahmen seit dem Sturm Lothar	13
2.10	Beurteilung der Waldleistungen im Verlauf der Anpassung.....	16
2.10.1	Holzproduktion und weitere Produkte.....	16
2.10.2	Biodiversität.....	17
2.10.3	Erholung	17
2.10.4	Gewichtung der verschiedenen Waldleistungen	18
2.10.5	Anpassungsvorgänge.....	18
3	Schlussfolgerungen	19
4	Literatur.....	19

1 Einleitung

1.1 Herausforderung Klimawandel

Der Klimawandel stellt uns vor grosse Herausforderungen. Die Waldökosysteme müssen sich an die sich rasant verändernde Situation anpassen. Einzelne Baumarten haben Probleme mit den wärmeren und trockeneren Bedingungen; Störungen durch Stürme, Insekten oder extreme Trockenheitsphasen nehmen tendenziell zu. Auch neue Krankheiten treten auf wie z.B. die Eschenwelke.

Die Wälder sollten so bewirtschaftet werden, dass die geforderten Waldleistungen weiterhin erbracht werden können bzw. die Wälder ein zwar reduziertes, aber hinreichendes Niveau z.B. an Schutzleistungen erbringen können. Generell soll die Störungsresistenz, Störungsresilienz und Anpassungsfähigkeit erhöht werden. Dazu wurden 5 konkrete Adaptationsprinzipien formuliert (BRANG et al. 2016): **Erhöhung der Baumartenvielfalt, Erhöhung der Strukturvielfalt, Erhöhung der genetischen Vielfalt, Erhöhung der Störungsresistenz der Einzelbäume und Reduktion der Umtriebszeit und des Zieldurchmessers.** Dazu wird das bekannte waldbauliche Instrumentarium wie Verjüngung, Jungwaldpflege, Durchforstung usw. eingesetzt.

1.2 Anpassungsvorgänge

Veränderungen der Baumartenzusammensetzung sind bedingt möglich durch Durchforstungen von Mischbeständen, in denen die Baumartenanteile verändert werden bzw. bestimmte Baumarten gefördert werden. Auch Störungen, welche einzelne Baumarten betreffen, wie z.B. Borkenkäfer bei der Fichte, können Baumartenanteile verändern. Eine Chance für entscheidende Veränderungen bietet aber oft erst die Verjüngungsphase. Während planmässige Verjüngungen oft langsam ablaufen und die bisher dominanten Hauptbaumarten (meist konkurrenzstarke und schattenertragende Baumarten) wieder bevorteilen, führen rasche und grossflächige Verjüngungen zu günstigen Voraussetzungen für wesentliche Veränderungen. Diese werden bewusst geschaffen durch kurze Verjüngungszeiträume (Schirmhieb) und/oder verhältnismässig grosse Verjüngungsflächen (Femelhieb, Saumhieb). Oder aber sie sind eine Folge von Störungen – die Natur sorgt also gleich selber für die optimalen Bedingungen für rasche Anpassung.

2 Fallbeispiel „Müseren“, Baden (AG)

2.1 Zielsetzung

Das vorliegende Fallbeispiel soll Anpassungsvorgänge nachvollziehbar und verständlich machen. Positive Entwicklungen und natürliche Abläufe sollen erkannt werden und als Vorbild dienen. Faktoren mit negativer Wirkung sollen ebenfalls erkannt und vermieden werden können. Handlungsanleitungen für ein adaptives Waldmanagement sollen konkretisiert werden.

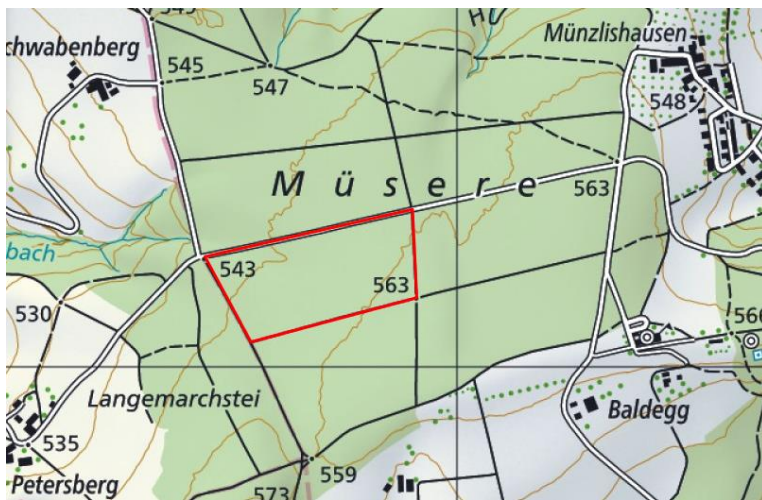
2.2 Befragung des lokalen Forstdienstes

Zur Beschaffung von möglichst viel Information wurden Stadtoberförsterin Sarah Niedermann-Meier und Vorarbeiter Pius Moser mehrmals telefonisch befragt. Am 22.02. erfolgte eine Begehung mit dem pensionierten Badener Förster Bruno Schmidli, welcher bis 2012 rund 40 Jahre den Badener Wald betreute. Auch der Gebenstorfer Förster Kurt Vogt (seit 1986 im Amt) wurde interviewt.

2.3 Untersuchungsfläche „Müseren“, Baden (AG)

Der betreffende Wald auf dem Plateau der Baldegg / Müseren ist im Eigentum der Ortsbürgergemeinde Baden und liegt in einer Höhenlage von 543 bis 563m ü. Meer. Es handelt sich um ein beliebtes und stark frequentiertes Naherholungsgebiet mit Anbindung an den öffentlichen Verkehr (Bus vom Bahnhof Baden) und dem bekannten Restaurant Baldegg. Entsprechend wichtig ist die Erholungsfunktion.

Der Sturm Lothar hat am 26.12.1999 in den Wäldern der OBG Baden 52'500 m³ Schadholz verursacht. Dies waren 20 % des stehenden Holzvorrates oder 6.5 Jahresnutzungen (SCHOOP 2000). Die Fläche mit Totschaden betrug 81 ha, was 11.7% der Gesamtwaldfläche entspricht¹. Betroffen war das gesamte Müseren-Plateau. Das Untersuchungsgebiet ist Teil der grössten Sturmschadenfläche mit einer Fläche von total 37.15 ha. Zusammen mit der westlich davon angrenzenden Sturmfläche im Wald der OBG Gebenstorf mit 7.31 ha ergab sich eine Schadenfläche von 44.46 ha an einem Stück. Damit hat sich der Wald schlagartig und auf grosser Fläche verändert. Ein grosser finanzieller Schaden und Substanzverlust, aber auch eine Chance für die Anpassung des Waldes.



Das Untersuchungsgebiet ist trapezförmig und wird von einem Strassenviereck begrenzt (von den Mitarbeitenden des Forstbetriebes Baden „Schild“ genannt).

Abbildung 1: Kartenausschnitt Fallbeispiel Baden-Müseren.

2.4 Waldgesellschaften

Das Müseren-Plateau wurde im Auftrag des Stadtforstamtes Baden ein zweites Mal kartiert (BURGER und STOCKER 1998). Hauptstandort ist ein 7aa (typischer Waldmeister-Buchenwald, artenarme Ausbildung) mit Übergang zum stark sauren und feuchten 7* (Waldmeister-Buchenwald mit Rippenfarn). Abbildung 2 zeigt den entsprechenden Ausschnitt der Standortkarte:

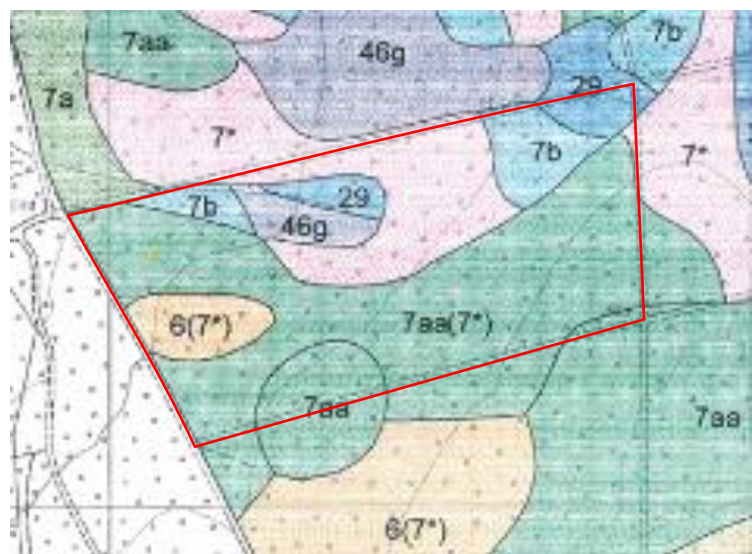


Abbildung 2: Standortskarte.

¹ Gemäss Schadenkartierung Kanton Aargau waren es inkl. Streuschäden 123.57 ha.

2.5 Die Ausgangslage vor dem Sturm Lothar: Eine Rekonstruktion

Vor dem Sturm Lothar bzw. gemäss Bestandesbeschreibungen 1997 bestand der betreffende „Schild“ noch überwiegend aus über hundertjährigen Altbeständen (Bestände 51, 52 und 55; vgl. Abb. 3). Dabei handelte es sich in der Oberschicht um reine Nadelholzbestände (!) mit der Hauptbaumart Fichte und beigemischten Föhren und Lärchen. Laubholz existierte nur als Nebenbestand in der Unter- und Mittelschicht (Buche, Bergahorn). Im Nordöstlichen Teil war der Schild bereits verjüngt (Jungwuchs bis schwaches Stangenholz von maximal 25 Jahren, Bestände 44-50); hier wurde auf 30 Aren Laubholz gepflanzt (Bestände 44 und 47), sonst aber wieder auf Fichte (Bestände 46, 50) bzw. Lärche (0.2 ha, Bestand 49) verjüngt. Entsprechend dem Stand der forstlichen Praxis erfolgte dies damals (1980-1995) noch durch Pflanzungen. Mit den Beständen 53 und 54 bestanden im zentralen Teil 2 Femellücken, mit denen die Verjüngung (jetzt Naturverjüngung) eingeleitet worden war. Ebenfalls gab es bereits Naturverjüngung im Saumbereich zwischen Alt- und Jungbeständen (Teile von Bestand 48). Die eher schattigen Bedingungen (kleine Lücken, Innensaum mit Exposition Nord) führten dazu, dass die ehemaligen Bestände 48, 53 und 54 heute relativ hohe Fichtenanteile enthalten. Bestand 45 mit Douglasien und Weymouthsföhren war zwar erst rund 35jährig, wurde aber trotzdem schon vom Sturm geworfen. Hier haben 3 Douglasien überlebt.

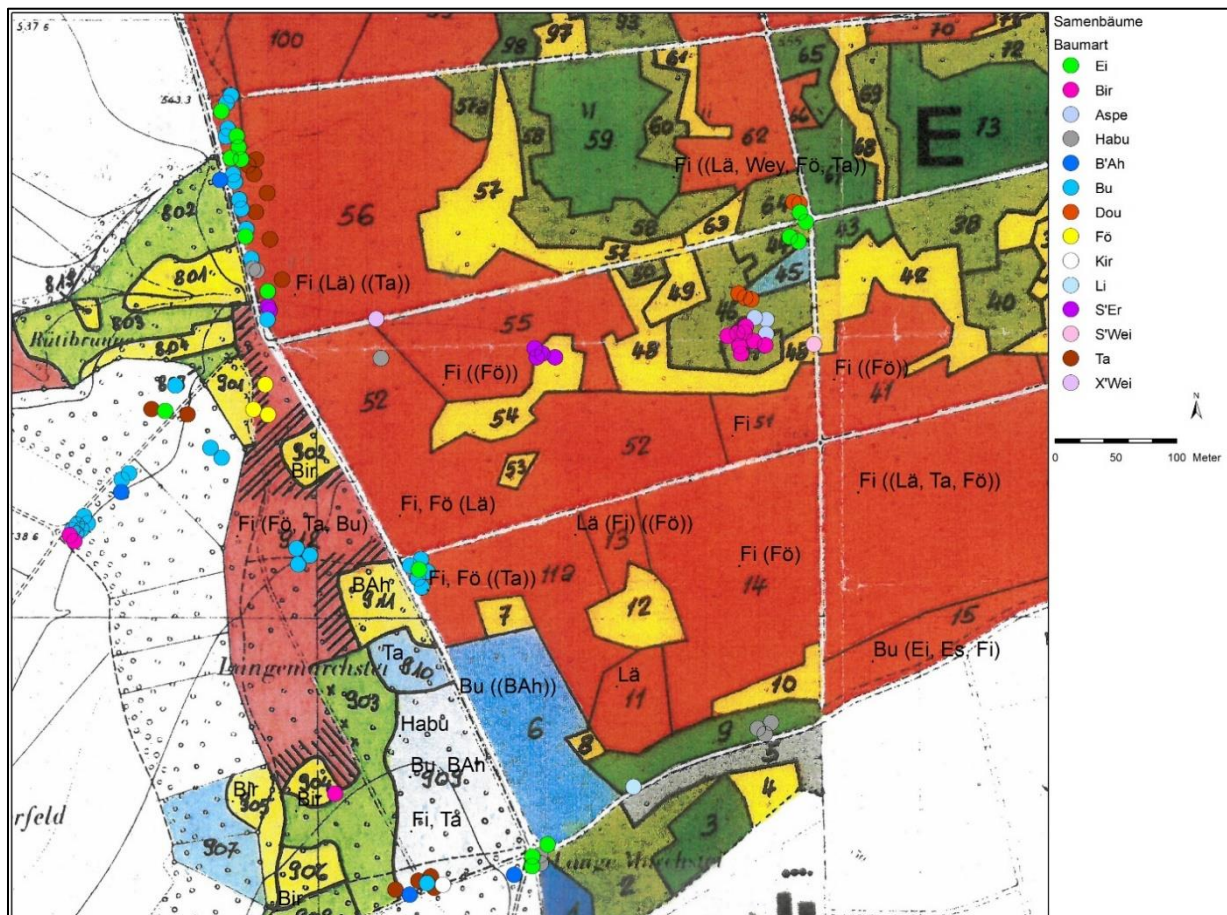


Abbildung 3: Ehemalige Bestandeskarten der OBG Baden (Stand 1997) und OBG Gebenstorf (Stand 1980). Legende Bestandesbeschreibung: Hauptbaumart, (Mischbaumart), ((Einzelne)). Noch heute nachweisbare Samenbäume in der weiteren Umgebung sind einzeln dargestellt.

Gemäss den Bestandesbeschreibungen von 1997 (in Abbildung 3 in den Beständen drin notiert, soweit vom Platz her möglich) bestehen die Altbestände (5.01 ha) in der Oberschicht zu 100 % aus Nadelholz.

Von den jungen Beständen wurden 2.17 ha wieder auf Nadelholz verjüngt (dazu auf 6 Aren noch Bergahorn beigemischt und eine Eschen-Gruppe in Bestand E 54), und nur 0.30 ha sind Laubholzbestände. Somit beträgt der Nadelholzanteil der gesamten Fläche von 7.48 ha vor dem Sturm Lothar 96 %, der Laubholzanteil liegt bei nur 4 %!

Abbildung 3 zeigt auch das Vorkommen von einzelnen Samenbäumen nicht bestandesbildender Baumarten, soweit dies noch rekonstruierbar war. Nachfolgend wird Abbildung 3 für alle Baumarten erläutert. Bestände im Wald der OBG Gebenstorf sind durch die hohen Bestandesnummern (ab 900) erkennbar:

- Fichte ist überall reichlich vorhanden.
- Föhre im Bestand 52 mit hohen Anteilen, sowie in umliegenden Beständen beigemischt.
- Lärche im Bestand 52 beigemischt, sowie aus Bestand 13 und 56.
- Tanne: Bestand 910, beigemischt in Bestand 912. Einzelne in Bestand 11a und 56.
- Douglasie aus Bestand 45; hier stehen immer noch 3 der Samenbäume, plus 2 im Bestand 64.
- Weymouthsföhre: Bestand 45.
- Buche: Nur Nebenbestand auf der Fläche, welcher vermutlich nicht fruktifizierte. Einzelne Buchen sind in der Umgebung vorhanden, sowie im Bestand 6, 909 und 912. Verbreitung durch Vögel.
- Eiche: Ca. 3 damals noch recht junge Samenbäume in Bestand 44. Weitere einzelne Eichen sind in der Umgebung vorhanden. Bestandesbildend in Bestand 15 (Waldrand); Hähersaat.
- Bergahorn: Bestände 6, 909, 911.
- Hagebuche: Einzelne im Westen von Bestand 56. Bestandesbildend in Bestand 909. Ein ganz wichtiger Samenbaum im Norden von Bestand 52.
- Kirsche: Einziger gefundener Samenbaum im Süden von Bestand 909; Vogelsaat.
- Linde: Beigemischt in Bestand 902, sowie in Bestand 9.
- Birke: Bestand 47 enthielt einige damals 15jährige Birken. Im Gebenstorfer Wald sind 1980 Birken in den Beständen 902, 904, 905 und 906 dokumentiert. Gemäss Förster Kurt Vogt wurden nicht alle Birken systematisch eliminiert. Der Beweis dafür ist eine noch existierende ältere Birke in Bestand 904. Dazu 2 Birken im Privatwald Gebenstorf (Waldrand)
- Aspe: Mehrere 15jährige Bäume in Bestand 47.
- Weide: Gemäss Bruno Schmidli, pensionierter Förster, gab es einzelne Salweiden und Schmalblättrige Weiden (in Abb. 3 „X-Weide“) entlang der Waldstrassen. Je ein Exemplar, welches vermutlich vor Lothar bereits existierte, ist in Abb. 3 dargestellt.
- Schwarzerle: Auf einem nassen Kleinstandort Bestand 54/55 vorhanden (heute Biotop), sowie entlang dem kleinen Bach im Bestand 56.

2.6 Aufnahme und Darstellung Ist-Zustand

Für die detaillierte Erfassung des Zustandes wurde die Fläche in 40 Teilflächen eingeteilt, wie bei einer feinen Bestandeskartierung. Dabei waren die vorhandenen Rückegassen eine grosse Hilfe. Bei der Kartierung wurden die Flächenanteile aller vorkommenden Baumarten geschätzt (Abstufung mit 5 %-Klassen). Auch Einzelbäume wurden erfasst (Anteil $\ll 5\%$). Z-Bäume von lokal seltenen und waldbaulichen interessanten Baumarten wurden einzelbaumweise und lagegenau erhoben (Eiche, Kirsche, Wildbirne, Tanne, Douglasie, Weymouthsföhre). Pro Polygon wurde auch die Anzahl Z-Bäume erhoben (Lärche, Föhre, Tanne, Douglasie, Weymouthsföhre, Eiche, Kirsche, Bergahorn, Birke, Aspe). Diese waren beim

Pflegeeingriff 2018 gefördert worden oder werden (in den älteren Bestandesteilen) beim nächsten vollmechanisierten Eingriff (mit erstmaliger Holznutzung seit dem Sturm Lothar) gefördert werden.



Abbildung 4a: Deckungsgrad Fichte.

Fichte ist auf allen Teilflächen vertreten, ausser auf der Freihaltefläche sowie im „Feuchtbiotop“ (östlich der Freihaltefläche). 100 % Fichte enthalten die Polygone, welche bereits vor Lothar mit Fichte bepflanzt worden waren. Viel Fichte (aus Naturverjüngung) gibt es auch in den ehemaligen Femellöchern sowie im damaligen Innensaum. Mit total 36.9 % ist Fichte die mit Abstand häufigste Baumart.

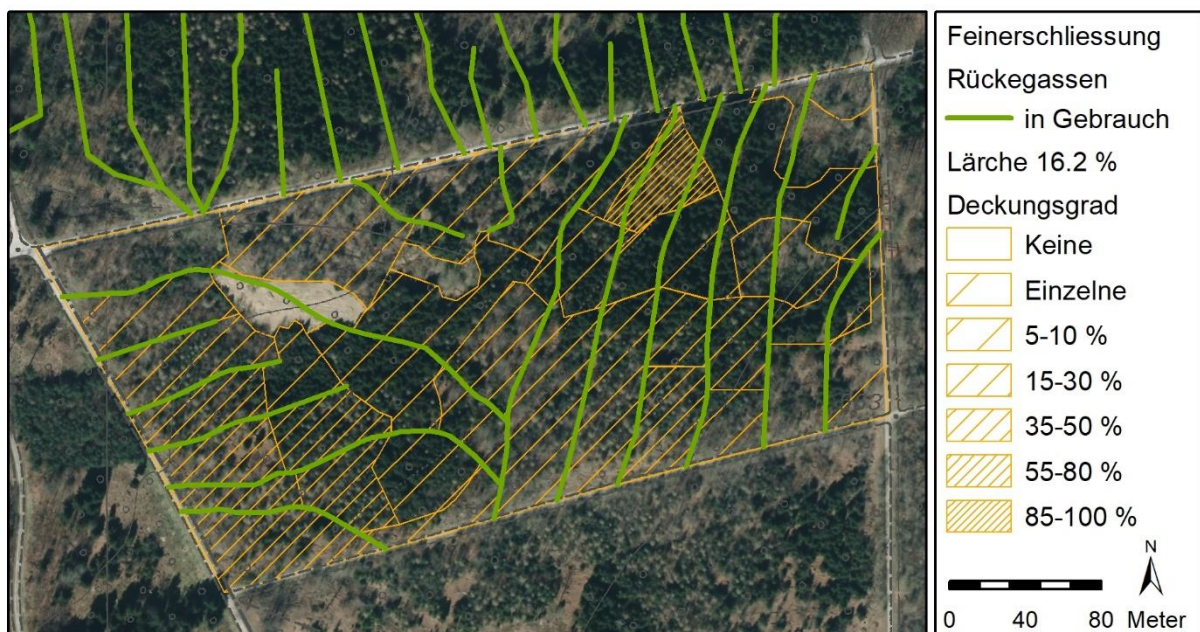


Abbildung 4b: Deckungsgrad Lärche.

Lärche ist im gepflanzten Lärchenbestand mit 100 % vertreten. Ansonsten Beimischung bis maximal 45 % auf den Pionierflächen. Anteil im Mittel 16.2 %. Total sind rund 200 Z-Bäume vorhanden. Die Lärchen sind meist vorherrschend und zeichnen sich durch gutes Höhen- und Dickenwachstum aus.

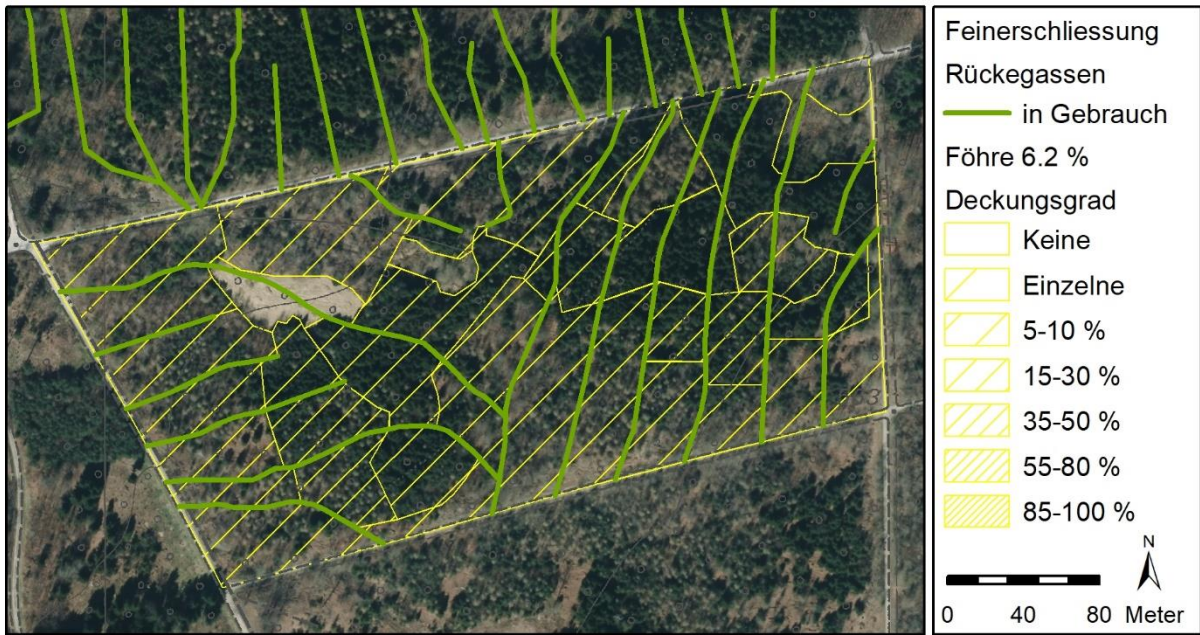


Abbildung 4c: Deckungsgrad Waldföhre.

Die Föhre ist auf den Pionier- aber auch auf den bereits vorverjüngten Flächen überall vorhanden, ohne aber irgendwo zu dominieren. Anteil maximal 25 %, durchschnittlich 6.2 %. Ca. 40 Z-Bäume.

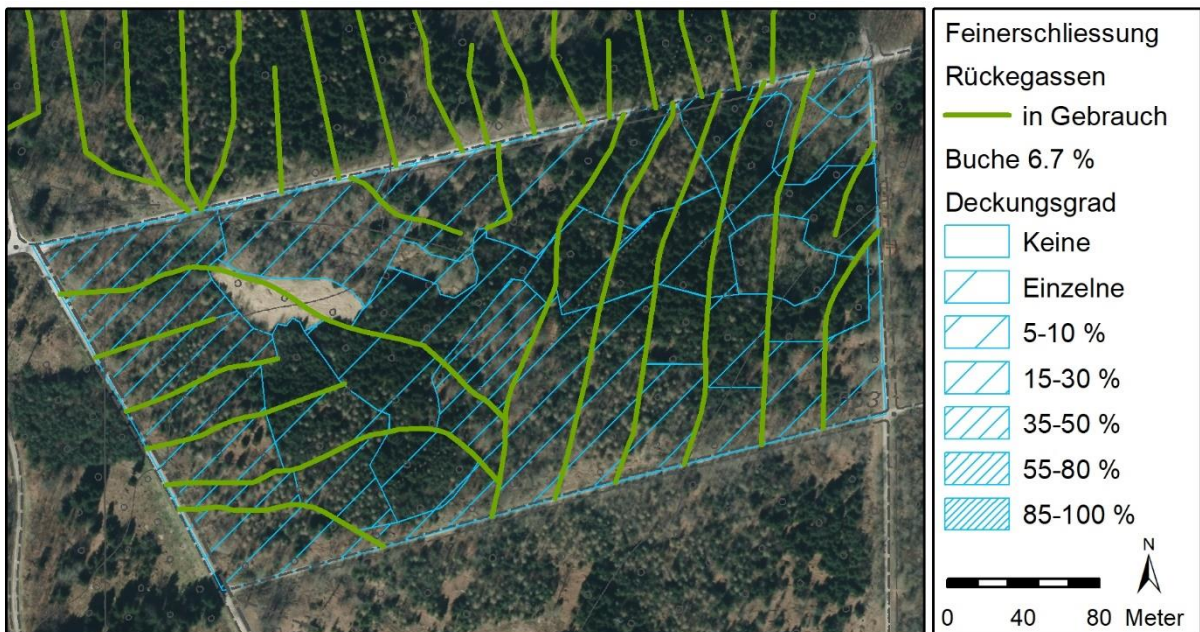


Abbildung 4d: Deckungsgrad Buche.

Die Buche ist auf fast allen Teilflächen präsent. Oft handelt es sich um ältere Exemplare aus dem ehemaligen Nebenbestand, welche Lothar –zum Teil stark in Mitleidenschaft gezogen- überlebt haben. Entsprechend tief ist die Qualität (oft auch Stockausschläge), umso höher aber der Biotopwert. Höchster Anteil in der Mitte des Schildes (meist ältere Buchen), sonst meist geringer Deckungsgrad; im Mittel 6.7 %.



Abbildung 4e: Deckungsgrad Birke.

Birke ist auf allen Flächen vorhanden, ausser in den vor Lothar gepflanzten Nadelholzbeständen. Auf den Pionierflächen sichtlich höhere Anteile als auf den bereits vorverjüngten Polygonen. Maximaler Anteil: 50 %. Über die gesamte Fläche erreicht die Birke 12.7 % Deckungsgrad.



Abbildung 4f: Deckungsgrad Salweide / Schmalblättrige Weide.

Salweide erreichte in der Teilfläche ganz im Nordwesten eine gewisse Dominanz mit 55 %. Abgesehen von einer weiteren Fläche mit 40 % hatte es nirgendwo mehr als 30 % Weiden. Insgesamt halten Weiden 10.4 % am Baumartenanteil. In den vorverjüngten Partien konnten sich Salweiden kaum etablieren.



Abbildung 4g: Deckungsgrad Aspe.

Aspe kommt auf 12 von 40 Teilflächen vor. Maximaler Deckungsgrad 25 %. Mit Ausnahme von 2 Teilflächen nirgends über 10% Anteil. Insgesamt nur 2.7 % Zitterpappeln aber mit einer guten Verteilung über das gesamte Gebiet.



Abbildung 4h: Deckungsgrad Schwarzerle.

Schwarzerle dominiert im „Biotop“; es handelt sich um ältere Bäume. Nördlich davon geringe Anteile; hier sind auch die Standorte am nassesten (29 und 46g). Anteile bis 30 % erreicht die Schwarzerle entlang den Waldstrassen in der südöstlichen Ecke; diese wurden grösstenteils gepflanzt. Anteil insgesamt 3.5 %, aber lokal sehr unterschiedlich verbreitet.



Abbildung 4i: Deckungsgrad Hagebuche.

Hagebuche erreicht nur einen Anteil von 0.8 %. Trotzdem ist die Präsenz gut mit einem Vorkommen auf 17 von 40 Teilflächen. Somit dürfte die flächige Verbreitung dieser wohl längerfristig wichtigsten Zukunftsbaumart problemlos gesichert sein. Im westlichen Teil hat es mehr Hagebuchen, maximaler Anteil 15 %. Dies dürfte auf die Samenbäume im Gebenstorfer Wald, sowie den prominenten Samenbaum direkt im Nordwesten der Freihaltefläche (vgl. Abb. 3) zurückzuführen sein.

Weitere vorkommende Baumarten (ohne Darstellung in einer separaten Karte) sind Bergahorn (2.8 %), Eiche (0.25 %), Esche (0.12 %), Kirsche (0.15 %), Schmalblättrige Weide (0.08 %), Vogelbeere (0.03 %), Linde (0.004 %, 1 Baum), Wildbirne (0.004 %, 2 Bäume) sowie bei den Nadelhölzern Tanne (0.14 %), Douglasie (0.19 %), Weymouthsföhre (0.002 %, 1 Baum).

Einzelbäume dieser zusätzlichen Baumarten, welche waldbaulich bedeutsam sind und zum Teil auch mit Eingriffen gefördert wurden, zeigt Abbildung 5 räumlich dargestellt:

- Es existieren bemerkenswerte 37 junge Eichen aus Naturverjüngung (Hähersaat), welche alle im Bereich der Waldstrassen plus ca. 50 m vorkommen – im Inneren des Schildes gibt es keine einzige Eiche. Der Grund dafür ist nicht bekannt.
- Im Bereich der südlichen Waldstrasse wurden 4 Kirschbäume gefördert. Grund dafür ist nicht die Holzproduktion (Standort zu sauer), sondern Biodiversität, Samenbäume und Erholungsfunktion (Kirschenblüte). Dass auch die Kirschbäume im Bereich der Waldstrassen auftauchen, könnte zumindest ein Hinweis sein auf eine Bedeutung der Waldstrassen als „Flugkorridore“.
- Im Südwesten direkt an der Waldstrasse ist die einzige vorkommende Linde dargestellt.
- 2 Birnbäume stehen an der südlich begrenzenden Waldstrasse (gepflanzt).
- Das Schild enthält ganze 8 Weisstannen, d.h. ca. eine pro Hektare. Diese stehen meist in den Beständen, welche bereits vor Lothar verjüngt waren, oder wo die Verjüngung bereits eingeleitet war. Bei den 3 Tannen im nordwestlichen Teil handelt sich um Vorverjüngung. Nach dem Sturm war das Klima für Pionierbaumarten ideal, für die frostempfindliche Schattenbaumart Tanne hingegen ausgesprochen ungünstig.

- Es gibt 6 junge Douglasien, welche genügend vital waren um als Z-Baum in Frage zu kommen. 5 davon stehen dort, wo vorher die Samenbäume in Bestand 45 standen (und 3 noch stehen, vgl. Abb. 3). Einer ist südlich der Samenbäume, Abstand ca. 60 m.
- Eine einzige Weymouthsföhre ist vorhanden, im Bereich der ehemaligen Samenbäume (Bestand 45, vgl. Abb. 3).

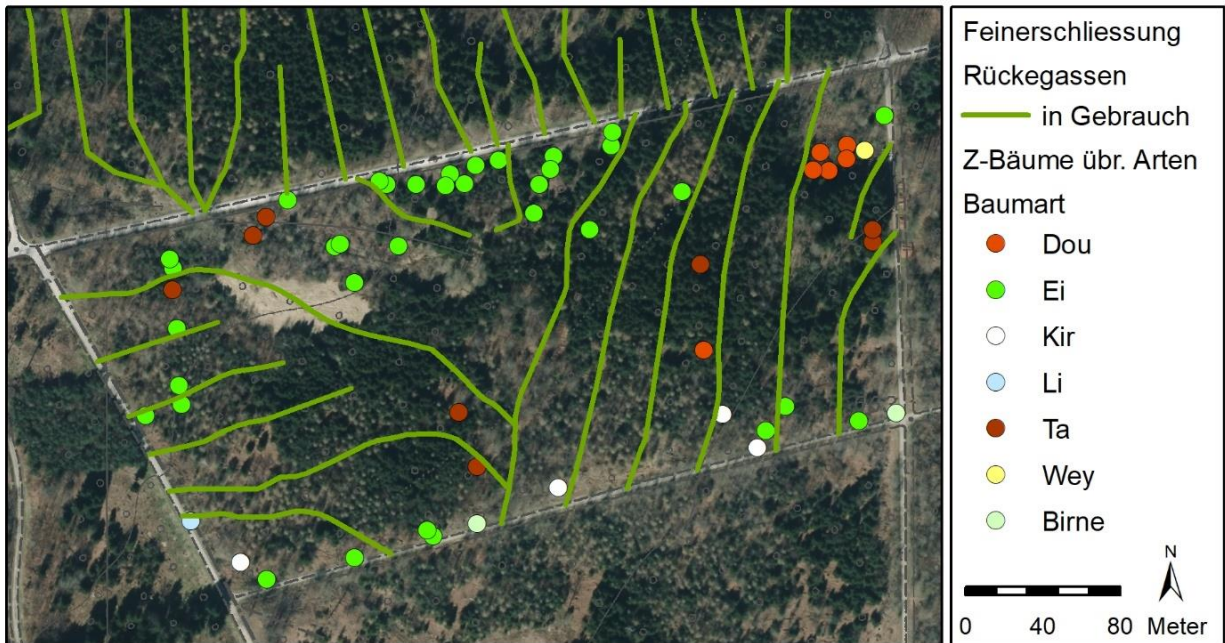


Abbildung 5: Räumliche Darstellung einzelner Z-Bäume von Baumarten mit geringen Flächenanteilen.

2.7 Anzahl Baumarten

Im 7.5 ha grossen Untersuchungsgebiet sind 20 Baumarten vorhanden. Falls Japanlärche und europäische Lärche unterschieden würden, wären es sogar 21 Baumarten. Im Durchschnitt sind auf pro Polygon der Bestandskartierung 7.7 verschiedene Baumarten vorhanden (mittlere Grösse 19.5 Aren). Die Anzahl Baumarten pro Teilfläche ist in Abbildung 6 dargestellt:

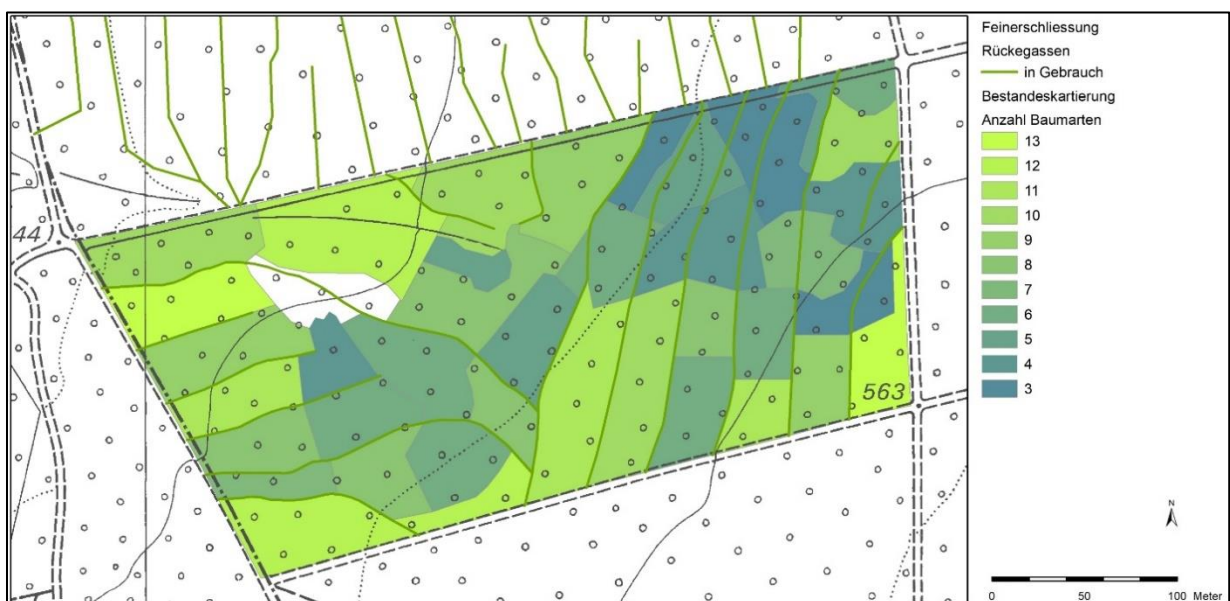


Abbildung 6: Anzahl Baumarten pro Polygon.

Die vor Lothar klassisch durch Pflanzung begründeten und damals noch intensiv gepflegten Polygone enthalten im Mittel 4.6 Baumarten, wobei aber die Mischbaumarten nur in sehr geringem Ausmass beteiligt sind, d.h. oft die Fichte mit 100% dominiert. Auf den natürlich verjüngten Flächen (kurz vor und nach Lothar) wachsen durchschnittlich 8.7 Baumarten. Auf 12 Polygonen gibt es 10 oder mehr Baumarten. Das Maximum liegt bei 13 Baumarten pro Teilfläche. Insgesamt eine beeindruckende Vielfalt auf Flächen von rund 20 Aren, wenn man bedenkt, dass nur einzelne Schwarzerlen sowie 2 Exemplare von Wildbirne gepflanzt worden waren.

2.8 Laub- und Nadelholzanteile

Abbildung 7 zeigt das bereits bekannte Muster: Hoher Nadelholzanteil bei den meisten vor Lothar verjüngten Teilflächen, bzw. dort wo die Verjüngung bereits eingeleitet war. Insgesamt gute Verteilung von laub- und nadelholzdominierten Beständen. Der Anteil Nadelholz beträgt insgesamt 59.7 %. Von den 40.3 % Laubholz entfallen 29.4 % auf Weichlaubhölzer, dies zeigt, wie wichtig Birke und weitere Weichlaubhölzer sind für eine rasche und kostengünstige Anpassung bzw. für das Erreichen eines risikoärmeren und naturnäheren Waldes.



Abbildung7: Laub- und Nadelholzanteile.

Auf einem kalkreicheren Standort könnten auch Edellaubhölzer wie Bergahorn, Spitzahorn, Esche (abgesehen von der Eschenwelke) und Kirsche eine wichtigere Rolle spielen (und hätten sich vermutlich auch zahlreicher eingestellt). Hier auf dem stark sauren 7aa / 7c spielen die Weichlaubhölzer waldbaulich eine wichtige Rolle – es gibt wenige Alternativen. Eine davon wäre die Eiche, welche aber sehr kostenintensiv ist, falls bedeutende Flächenanteile angestrebt werden – immerhin sind jetzt einzelne Samenbäume für die Zukunft vorhanden.

2.9 Einfluss waldbaulicher Massnahmen seit dem Sturm Lothar

Das Sturmholz wurde verhältnismässig rasch geräumt. Aufgrund der grossen Holzmengen, der heiklen Böden und der sehr nassen Witterung im Winter 2000 entstanden verbreitet Bodenverdichtungen (Spurtyp III). Diese sind heute noch gut sichtbar.

Im Jahr 2000 wurden auf stark verdichteten Stellen Schwarzerlen im Weitabstand gepflanzt und mit Einzelschützen versehen. Dies betrifft vor allem die Partie im Südosten des Schildes entlang der Müserenstrasse (vgl. Abb. 4i). Ebenfalls wurden 2 einzelne Birnbäume gepflanzt.

2003 wurden an den vitalsten Lärchen im Endabstand (!) Einzelschütze montiert. Dazu wurde unverzinktes Drahtgeflecht verwendet, welches mit einem Bambusstab fixiert wurde. Der Draht sollte sich natürlich abbauen, damit kein Entfernen notwendig sein würde und kein Einwachsen ins Holz stattfindet. Es hat sich inzwischen gezeigt, dass das Geflecht auch nach knapp 20 Jahren noch intakt ist. Das Begehen der Jungbestände war damals aufwendig, insbesondere wegen üppigem Brombeerbewuchs. Die ausgewählten Lärchen wurden mit der Sichel ausgetrichert, einerseits um sie zu fördern, aber auch um die Einzelschütze anbringen zu können.

2007 wurden die Lichtbaumarten Lärchen, Föhren und die vereinzelt vorkommenden Eichen ausgetrichert. Dieser Eingriff erfolgte im Endabstand. Er wurde mit Handgeräten (Sichel, Handsägen für dickere Bäume) ausgeführt. Der Verzicht auf Motorgeräte auf den stellenweise immer noch stark unkrauteten oder sehr dicht bestockten Sturmflächen hatte den Vorteil, dass sie unabhängig vom Treibstoffnachschub waren (wo steht der Kombikanister...?). In einer Dickung bereits im Endabstand zu arbeiten und sich ganz konsequent nur auf wenige Zielbaumarten zu beschränken, war damals revolutionär; an einem Kurs initiiert durch Georg Schoop, geleitet von Peter Ammann (Abteilung Wald) wurde dieses Vorgehen u.a. auf der Untersuchungsfläche geübt. Auch Revierförster Bruno Schmidli hatte bereits vorher in diese Richtung experimentiert.

Im Winter 2017/18 wurde die Feinerschliessung mit Unterstützung der Abteilung Wald (Andreas Freuler) geplant unter möglichst hohem Einbezug vorhandener Spuren. Die Gassen wurden mit GPS ins Gelände gelegt und mit Spray markiert. Alle dünnen Bäume wurden bodeneben ausgehauen, dickere stehengelassen (teilweise mit der Motorsäge markiert für späteres Wiederauffinden). Die Randbäume der Gassen wurden in Richtung Gasse grob mit der Motorsäge aufgeastet. Damit sind die Gassen definitiv erkennbar. Der verbleibende Gassenaushieb leistet noch Zuwachs und kann beim späteren vollmechanisierten Eingriff genutzt werden. Es wurden Z-Bäume ausgewählt und baumartenspezifisch gefördert, sowie Einzelschütze an den Lärchen-Z-Bäumen entfernt. Auch dieser Eingriff konzentrierte sich ausschliesslich auf Lichtbaumarten (bzw. lokal seltene Baumarten); es wurden Eichen, Lärchen, Föhren, Douglasien, Schwarzerlen, eine Weymouthsföhre sowie einzelne Kirschen, Birken und Aspen gefördert. Die konsequente Förderung der Weichlaubhölzer auf der ganzen Fläche hätte zu deutlich mehr Arbeitsaufwand und Hiebsanfall (ohne Nutzung) geführt; oft sind Aspen und Birken sowieso natürlicherweise immer noch vorherrschend. Beim nächsten Eingriff werden zahlreiche weitere Birken und Aspen kombiniert mit Holzernte gefördert werden können.

Eingriff (Jahr)	Massnahme	Zeitaufwand/ha
2003	Einzelschütze, Austrichtern	10-15 Stunden (geschätzt)
2007	Austrichtern	5-10 Stunden (geschätzt)
2017/2018	Feinerschliessung planen, markieren, aushauen	4.5 Stunden
	Z-Baum-Durchforstung, Einzelschütze entfernen	5.0 Stunden
Total		25-35 Stunden

Tabelle 1: Zusammenstellung der Zeitaufwände für die bisherigen Eingriffe.

Der bisherige waldbauliche Input beträgt nur rund 30 Stunden pro Hektare, davon knapp 5 Stunden für das Aushauen der Feinerschliessung. Die Feinerschliessung dient aber nicht nur dem Bodenschutz, son-

dern hat auch den Eingriff wesentlich erleichtert (Übersicht, Orientierung, Reduktion der zu beurteilenden Fläche, Vermeiden von Fehlinvestitionen). Ohne die Einzelschütze von 2003 wäre der Aufwand noch tiefer. Der Aufwand für die Pflanzung der Schwarzerlen ist hier nicht eingeschlossen; dieser betrifft nur einen kleinen Teil der Gesamtfläche.

Es wurden gemäss den Prinzipien der biologischen Rationalisierung konsequent noch keine Fichten, Buchen oder Hagebuchen gefördert. Der Aushieb der Konkurrenten wurde möglichst wenig zersägt und erfolgte mit hohen Stöcken zwecks späterem Wiederauffinden der Z-Bäume; weitere Gründe dafür sind: Ergonomie, Kosten, Totholz stehend. Vereinzelt wurden Konkurrenten geringelt aus Stabilitätsgründen.

Die Pflanzung der Schwarzerlen ist eine interessante Bereicherung der Baumartengarnitur. Schwarzerlen sind auch für die Durchdringung verdichteter Böden sehr vorteilhaft. Es hätte aber auch ohne die Pflanzung überall genügend Verjüngung gehabt.

Das Schützen der Lärchen stellte sich im Nachhinein als nicht nötig heraus. Es hatte so viele Lärchen auf der grossen Sturmfläche, dass das befürchtete Fegen durch Rehwild keine Rolle spielte. Ohne der Anbringen und Entfernen der Einzelschütze wäre der Aufwand rund 10 Stunden pro Hektare geringer.

Bemerkenswert ist der lange Turnus von 10 Jahren zwischen 2007 und 2017/2018. Die Sichelhiebe von 2007 waren vielerorts noch gut sichtbar, die geförderten Lärchen (Auslesekriterium Vitalität!) haben sich meist gut entwickelt. Die Eichen sind oft mitherrschend (was allerdings auch dem Wuchstempament im Vergleich zu Lärche und Weichlaubhölzern entspricht). Ob sie mit einem zusätzlichen Eingriff bereits etwas dicker und stabiler wären, oder ob es mit mehr Eingriffen noch mehr Eichen gäbe, kann nicht gesagt werden. Die Qualität war bei der Auswahl der Eichen nur zweitrangig; einige Eichen sind aber von sehr guter Qualität.

Setzt man die entstandene Vielfalt und das grosse Produktionspotential (ca. 200 Lärchen-Z-Bäume, ca. 40 Föhren, 37 junge Eichen), Fichte und Birke als Massenware, einzelne Douglasien) in Relation zu den Kosten von rund Fr. 2'000.-/ha, so ist das Ergebnis zweifellos auch ökonomisch sehr überzeugend. Für die Wiederbewaldung nach Lothar hatte der Kanton Aargau Subventionen von Fr. 5'500.-/ha ausbezahlt (Kategorie Naturverjüngung mit fakultativen Ergänzungspflanzungen). Dies war das erste Mal, dass Beiträge nicht massnahmenorientiert, sondern zielorientiert und unabhängig der ausgeführten Massnahmen ausgerichtet wurden. Die Ziele des Kantons für einen vielfältigen, stabilen und anpassungsfähigen Wald wurden damit voll erreicht.

2.10 Beurteilung der Waldleistungen im Verlauf der Anpassung

2.10.1 Holzproduktion und weitere Produkte

Sturm Lothar mit dem nachfolgenden Holzpreiserfall war ein Wertverlust. Die entstandenen Jungwaldbestände sind sehr artenreich und robust, enthalten aber auch hohe Anteile von wirtschaftlich wichtigen Baumarten:

Baumart	Aktueller Anteil am Deckungsgrad (%)	Anzahl Z-Bäume	Produktionsziel, Bedeutung, Tendenz
Fichte	36.9	(noch) keine	Produkt Massenware, wirtschaftlich interessant
Lärche	16.2	200	Zukünftige Wertträger, sehr interessant
Föhre	6.2	40	Zukünftige Wertträger, Samenbäume
Tanne	0.1	8	Geringe Bedeutung, wichtige Samenbäume
Douglasie	0.2	9	Wertträger, wichtige Samenbäume
Buche	6.7	(noch) keine	Tiefe Qualität, Energieholz
Eiche	0.2	40	Anteil noch sehr tief, sollte stark zunehmen
Birke	12.7	30	Hoher Zuwachs, wirtschaftlich interessant
Schwarzerle	3.5	15	Hoher Zuwachs
Hagebuche	0.8	(noch) keine	Anteil noch sehr tief, wird zunehmen
Übrige	16.5	(noch wenige)	Energieholz
Total	100.0	Ca. 350	

Tabelle 3: Übersicht der wichtigsten Produktionsbaumarten-

Die Fichte ist zwar mit 36.9 Prozent immer noch die häufigste Baumart, dies aber vor allem in den Bestandteilen, welche bereits vor Lothar verjüngt worden waren, bzw. dort wo die Naturverjüngung bereits eingeleitet worden war (Innensaum, Femellücken). Der Anteil ist aber so, dass die Risiken vertretbar sind. Die ehemals gepflanzten, heute 30-40jährigen Fichtenbestände sind aufgrund des hohen Fichtenanteils (annähernd 100 %) zwar risikoreich, flächenmässig aber nicht allzu gross. Die fichtendominierten Bestände aus Naturverjüngung enthalten Mischbaumarten, wodurch das Risiko geringer ist. Hier wurde zudem (im Gegensatz zu ersteren) kein einziger Franken investiert. Es ist naheliegend, die fichtenreichen Partien eher vorzeitig zu verjüngen (Reduktion der Umtriebszeit). Dies wird zu einer weiteren Anpassung und zu noch mehr Struktur führen. Samenbäume der meisten in Frage kommenden Baumarten werden reichlich vorhanden sein.

Falls die Lärchen starke Dimensionen erreichen können (was mit dem wärmeren Klima nicht mehr selbstverständlich ist), sind hohe Wertleistungen möglich. Auch die Föhren sind dank der guten Erziehung in den dichten Jungbeständen von guter Qualität. Ökonomisch bedeutsam sind auch die Eichen, Douglasien und Schwarzerlen, auch wenn es sich nur um verhältnismässig wenige Bäume handelt. Aber auch die Birken sind wirtschaftlich interessant und haben z.T. bereits beachtliche Dimensionen erreicht.

Ein erfolgreiches Nicht-Holz-Produkt ist das Ökosponsoring von Pionierbaumarten. Die für pionierhafte Leistungen ausgezeichnete Haus- und Energietechnikfirma Felix & Co bezahlt dafür jährlich einen 5-stelligen Betrag. Die 29.4 Prozent Weichlaubhölzer (dieses Schildes und weiterer Bestände) lassen sich somit vermarkten, ohne dafür Holz ernten zu müssen; es sind auch keinerlei quantitative Vorgaben damit verbunden, d.h. der Forstbetrieb Baden behält sämtliche Entscheidungsfreiheit.

Ein weiterer Ökosponsor ist die Badener Brauerei Müller AG, welche hochwertiges Quellwasser vom Müserenplateau bezieht – eine naturnahe Baumartenzusammensetzung mit nicht zu hohen Nadelholzanteilen ist für diese Einnahmequelle Voraussetzung.

Auch für die Holzproduktion ist es elementar, dass mit den jungen und artenreichen Beständen die Risiken für die Zukunft wesentlich tiefer einzuschätzen sind als vor dem Sturm Lothar.

2.10.2 Biodiversität

Gemäss Monitoringbericht 2009 gab es im Zeitraum 2003 bis 2008 folgende Befunde auf den Windwurfflächen Müseren/Baldegg:

- Pilze: Zunahme von 37 auf 53 Arten
- Gefässpflanzen: Zunahme von 41 auf 60 Arten
- Vogelarten: Bereits wieder leichte Abnahme von 24 auf 23 Arten
- Brutvogelarten: Bereits wieder leichte Abnahme von 17 auf 15 Arten
- Tagfalterarten: Abnahme von 14 auf 8 Arten

Insbesondere bei den Vögeln und Tagfaltern war die Artenzahl auf den frischen Pionierflächen sehr hoch (Offenland- und Waldarten) und war 2008 bereits wieder im Abnehmen begriffen.

Mit der hohen Baumartenvielfalt und dem Zulassen von natürlichen Abläufen wie Selbstdifferenzierung, natürliche Mortalität und Sukzession ist die Biodiversität generell hoch. Besonders wertvoll sind die hohen Anteile von Pionierbaumarten; dies unter anderem für Tagfalter. Nach dem Sturm blieb trotz Räumung viel Totholz auf der Fläche (insbesondere die grossen Wurzelstöcke). Ebenfalls wurden die überlebenden Laubbäume des Nebenbestandes, meist Buchen, oft stehengelassen. Mit ihren abgebrochenen Kronen, Rindenverletzungen, groben Ästen und teils bizarren Formen handelt es sich heute oft um wertvolle Biotopbäume mit Kronentotholz. Sie sind auch für die Struktur wichtig; es sind die Bäume mit den grössten Durchmessern.

Das Untersuchungsgebiet gehört zum Eichenwaldreservat Baden (gesamter Perimeter der OBG Baden). Neben 3 schon etwas älteren Eichen in der nordöstlichen Ecke sind die 37 einzelnen Naturverjüngungseichen von hohem Wert. Unabhängig von ihrer Qualität wurden alle gefundenen Eichen konsequent gefördert; falls nötig wurden auch wesentlich dickere und qualitativ schöne Lärchen zugunsten von Eichen gefällt. Für das Eichenwaldreservat könnten sie eventuell in Wert gesetzt werden (Anrechnung im Pflegevertrag für das Naturschutzprogramm Wald?). Entlang des Baches im Nordwesten der Fläche gibt es einige kleine Feuchtbiotope, deren Umgebung jährlich gemäht wird.

Mit dem Eingriff 2017/18 inkl. Aushieb der Rückegassen gab es nach rund 20 Jahren erstmals wieder Nachschub von frischem Totholz, wenn auch nur in geringen Dimensionen. Einzelne Bäume wurden zudem geringelt. Durch die konsequent ausgeführten Eingriffe (Z-Bäume im Endabstand) ist der grössere Teil der Fläche weiterhin unbehandelt. Weichlaubhölzer wurden konsequent nur als Konkurrenten von Z-Bäumen entfernt. Es gab keinerlei negative Auslese.

Der Sturm Lothar und die nachfolgende Entwicklung war aus Sicht Biodiversität ein hoher Gewinn, welcher durch „planmässige“ Bewirtschaftung nicht in dieser Form möglich gewesen wäre.

2.10.3 Erholung

Mit dem Sturm Lothar wurde das vertraute Waldbild zerstört, der Wald war nicht mehr zugänglich. Die Waldleistung wurde schlagartig reduziert. Für die Bevölkerung war vorerst sicherlich das rasche Wiederherstellen und Öffnen der Waldstrassen in diesem beliebten Erholungsgebiet von Bedeutung. Positive Punkte in der Entwicklung des Jungwaldes waren die Natürlichkeit und Vielfalt des jungen Waldes, sowie der höhere Lichteinfall. Im Jahresverlauf wertvoll und auffällig ist z.B. das frühe Grün der Weiden und Lärchen, aber auch die Blüte von Salweiden oder Kirschen. Obschon sie für die Holzproduktion

auf dem sauren Standort keine grosse Bedeutung haben, wurden die wenigen vitalen Kirschbäume entlang der Müserenstrasse bewusst gefördert (aber nicht wertgeastet). Auch die hellen Stämme von Birke und Aspe bringen Abwechslung in den Wald.

Allgemein sind die Weichlaubhölzer für den Erholungswald wichtig, da sie am Schnellsten von allen Baumarten wieder ein Gefühl von „grossen“ Bäumen vermitteln (Baumhöhe, Durchmesser). Vielerorts spaziert der Waldbesucher heute bereits wieder im Schatten. Aber auch der offene Charakter und die gute Besonnung im Winter hatten ihren Reiz. Für einige Waldbesucher oder Sportler sind aber wohl vor allem die Wege entscheidend, der Wald selber wird weniger genau wahrgenommen. Naturliebhaber kommen voll auf ihre Rechnung, die Entwicklung ist spannend und sehr dynamisch. Für einige altingesessene Badener handelt es sich allerdings nicht mehr um „richtigen Wald“, sie hätten sich eine saubere Abspflanzung mit Fichten gewünscht. Dies zeigt, wie subjektiv die Wahrnehmung der Erholungsleistungen ist.

2.10.4 Gewichtung der verschiedenen Waldleistungen

Das Beispiel zeigt, dass die Kombination aller Waldleistungen möglich ist, und gleichzeitig eine Anpassung an den Klimawandel erfolgen kann. Kurzzeitig waren die Waldleistungen reduziert, heute sind sie insgesamt höher als vor dem Sturm Lothar, wozu vor allem der Bereich Biodiversität beiträgt.

Für eine gesteuerte Anpassung (ohne Sturmereignis) bestünde die Herausforderung, eine nicht so rasche und grossflächige Verjüngung zu erreichen, welche trotzdem genügend Möglichkeiten offenlässt für Licht- und Pionierbaumarten. Dies ist waldbaulich möglich (gemäss „Vorbild“ Müseren), aber vor allem kommunikativ eine grosse Herausforderung.

2.10.5 Anpassungsvorgänge

Die Vorverjüngung einiger Bestandesteile war positiv; aufgrund des längeren Verjüngungszeitraums wachsen hier vor allem Fichten und Föhren, durchsetzt von einzelnen Pionieren. Die grösste Vielfalt steht aber heute auf den ehemals dunklen, noch nicht vorverjüngten Flächen. Hier hat es hohe Anteile von Lärche und Weichlaubhölzern, aber auch Föhre, Eiche und Hagebuche sind vorhanden. Trotz extrem hohem Nadelholzanteil in den Vorgängerbeständen ist die Vielfalt explodiert, d.h. es haben relativ wenige Samenbäume genügt.

Entscheidend war es danach, die Fläche sich selbst zu überlassen und das nötige Vertrauen in die Naturverjüngung zu haben (ausser der Pflanzung einiger Schwarzerlen). Es wurden auch Lücken ohne Verjüngung toleriert (ein Adlerfarn-Loch ist heute noch vorhanden) – dies war oft die Chance für Lichtbaumarten inkl. Eichen.

Sehr entscheidend war auch die Art der Jungwaldpflege gemäss den Prinzipien der biologischen Rationalisierung: Bereits in der Dickung wurde im Endabstand gearbeitet und konsequent nur für Lichtbaumarten eingegriffen. Der lange Turnus zwischen den Eingriffen 2007 und 2017/18 ist bemerkenswert.

Umgekehrt hätten mit Pflanzungen und/oder flächiger Pflege die Bestände ganz anders herauskommen können: Mehr Fichte, Lärche und höherer Nadelholzanteil, dafür weniger Vielfalt, Laubholz, Weichlaubhölzer und Struktur. Bemerkenswert ist auch, dass die Edellaubhölzer Bergahorn, Kirsche und Esche nur 3.1% des Deckungsgrades ausmachen. Dies ist gut so, denn der Standort ist zu sauer für eine optimale Produktion dieser Baumarten. Die Natur macht keine Fehler.

Wichtig war es auch, Bäume des ehemaligen Nebenbestandes zu belassen (Reduktion der Spätfrostgefahr, Beschattung, Stabilität, ein eminent wichtiger Samenbaum (Hagebuche), Struktur, Biotopbäume, verhältnismässig dicke Bäume für die Erholungsfunktion).

Mittelfristig sind mit den Lärchen und Föhren interessante Baumarten als Wertträger vorhanden. Bei weitergehender Zunahme von Wärme und Trockenheit sind mit Douglasie (immerhin einige Samenbäume), Eiche, Hagebuche, Birke, Aspe und Salweide einige der wichtigsten Zukunftsbaumarten für saure und frische bis feuchte Standorte vorhanden. Damit sollte der Wald im Untersuchungsgebiet für die Zukunft gut gerüstet sein.

3 Schlussfolgerungen

Insgesamt ist die Entwicklung auf der Müseren ein Glücksfall, er zeigt eindrücklich die Kräfte der Natur. Diese wurden vom Stadtforstamt Baden sehr gut genutzt bzw. zugelassen und mit äusserst geringem Input punktuell auf intelligente Weise gesteuert. Wichtig war auch die kantonale Subventionspolitik.

Was hätte man besser machen können? Nach dem Sturm wurden die verbliebenen Überhälter geerntet. Ein Stehenlassen hätte die Struktur und das Waldbild positiv beeinflussen können. Einige Überhälter hätten auch noch Wertzuwachs leisten können, andere wären wohl abgestorben (im angrenzenden Gebenstorfer Wald stehen noch 3 Föhren, welche Lothar überlebt haben). Im Falle eines Absterbens (am meisten bei Föhre beobachtet aufgrund Trockenheit, Hagel) oder Windwurfes von Überhältern wäre der Anfall von frischem Totholz ein interessanter Nebeneffekt gewesen.

Die Schwarzerlen hätte man nicht unbedingt pflanzen müssen (sie sind aber für die Wiederbelebung des Bodens positiv). Die Einzelschütze waren aus heutiger Sicht nicht notwendig. Beim Eingriff 2017/2018 hätte man im Nachhinein auch einzelne Hagebuchen als zukünftige Samenbäume fördern können (dies ist auch später noch möglich). Dies wäre auch für einige wenige Vogelbeeren sinnvoll gewesen; da diese Baumart bereits Mühe hat, sich in der Oberschicht zu halten. Auch die einzige vorkommende Linde würde aufgrund ihrer lokalen Seltenheit eine Förderung verdient haben, wobei die Schaftqualität bedeutungslos ist.

4 Literatur

Brang, P., Küchli, C., Schwitter, R., Bugmann, H., und Ammann, P., 2016: Waldbauliche Strategien im Klimawandel. In: Pluess et al, 2016: Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. BAFU, WSL. Haupt Verlag.

Burger, T., und Stocker, R., 1998: Standortskarte Müseren. Burger+Stocker, Forstingenieure Lenzburg.

Burger, T., und Liechti, T., 2009: Monitoring Windwurfflächen. Burger & Liechti GmbH.

OBG Baden, 1998: Wirtschaftsplan 1998.

OBG Gebenstorf, 1980: Wirtschaftsplan 1980.

Schoop, G., 2000: Nachtrag zum Wirtschaftsplan OBG Baden 1998-2010, Nachtrag als Folge der Lotharschäden vom 26.12.1999.