

Waldbauliche Versuche in Bayern

Bernhard Felbermeier, Sebastian Höllerl, Bernd Stimm, Alexander Abt, Franz Binder, Hany El Kateb und Reinhard Mosandl

Schlüsselwörter: Waldbau, Versuche, Waldpflege, Durchforstung, Waldverjüngung

Zusammenfassung: Waldbauliche Versuche sind ein wichtiges Instrumentarium, um das Wissen über die Steuerung von Waldökosystemen zu erweitern. Sowohl aus wissenschaftlichem Interesse als auch auf Anregung aus der Praxis untersuchen Wissenschaftler am Lehrstuhl für Waldbau über viele Jahre die Reaktionen des Waldes auf unterschiedliche Behandlungen und nutzen diese Informationen, um Empfehlungen für die Waldbewirtschaftung zu geben. Waldbestände werden hierzu durch waldbauliche Eingriffe bis an die Grenzen ihrer Reaktionsfähigkeit geführt, teilweise aber auch sich selbst überlassen. Damit kann erkundet werden, welches Mittel für eine zielgemäße Entwicklung des Wirtschaftswaldes geeignet ist. Unterschiede zwischen Wirtschaftswald und unbewirtschaftetem Wald können dabei ebenfalls erfasst werden. Die waldbaulichen Versuchsflächen decken die wichtigsten Wirtschaftsbaumarten in ihren bayerischen Hauptverbreitungsgebieten ab.

Die Steuerung von Waldökosystemen durch waldbauliche Verfahren beruht auf Wissen, das sich auf praktische Erfahrung und auf wissenschaftliche Untersuchungsergebnisse stützt. Mit waldbaulichen Experimenten erforschen Wissenschaftler des Lehrstuhls für Waldbau der Technischen Universität München unter den in Bayern vorherrschenden ökologischen und sozioökonomischen Verhältnissen verschiedene Waldbausysteme und Verfahren der Verjüngung sowie der Bestandspflege. Dabei werden ganze Waldökosysteme über Jahrzehnte hinweg entsprechend einer wissenschaftlichen Fragestellung waldbaulich behandelt und regelmäßig Messdaten auf den Versuchsflächen gewonnen. Nach statistischer Analyse der Daten fließen die Untersuchungsergebnisse in waldbauliche Empfehlungen sowie in Prognosemodelle und forstliche Entscheidungsunterstützungssysteme ein. Die über ganz Bayern verteilten waldbaulichen Versuche (Abbildung 1) dienen dabei auch als Demonstrationsflächen für die universitäre Lehre und berufliche Weiterbildung. Sie werden im Folgenden – geordnet nach Naturräumen – vorgestellt.

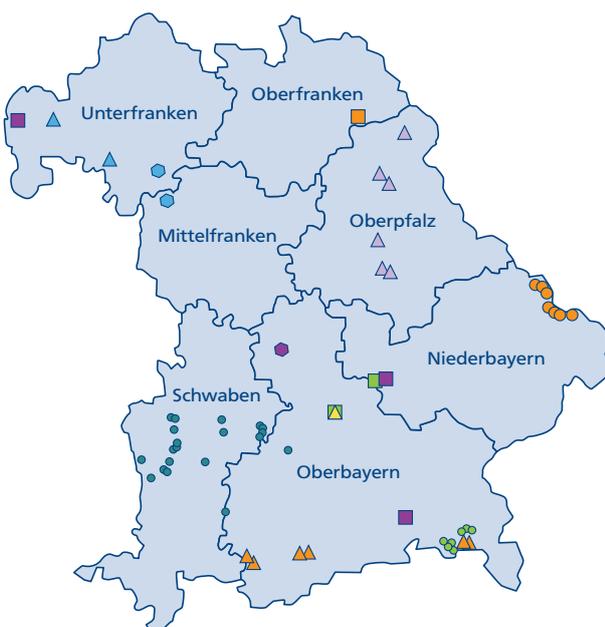


Abbildung 1:

Lage der waldbaulichen Versuche in Bayern. Die Versuchsflächen im Bayerischen Wald und im Auwald werden mit Kooperationspartnern betrieben – (a) zusammen mit dem Fachgebiet Geobotanik, Technische Universität München, (b) zusammen mit der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

- Buchensaatversuch
- Aufforstung Waldschadensgebiet
- Anbauversuche Paulowina
- ▲ Bestandspflege Eichenjungbestände
- ▲ Bestandspflege Kiefernjungbestände
- ▲ Bestandspflege Fichtenjungbestände
- ▲ Bestandspflege Fichte Bergmischwald
- Bergmischwaldversuch
- Verjüngung NP Bayerischer Wald (a)
- Versuchsflächennetz Mittelschwaben
- Auwaldforschung (b)
- Mittelwald Eiche

Bayerische Alpen

Der Bergwald hat eine große Bedeutung für die soziale und ökonomische Entwicklung im bayerischen Alpenraum. Teure Sanierungsmaßnahmen sind jedoch seit Jahren erforderlich, um Degradationsprozesse im Bergwald zu stoppen. Die in den 1970er Jahren viel diskutierte Entmischung der Bergmischwälder und deren Ursachen gaben den Anlass für die Entstehung der Bergwaldforschung am Lehrstuhl für Waldbau. Langjährige Untersuchungen im natürlich vorkommenden Bergmischwald dienen seither dazu, die Prozesse in der Bergwaldentwicklung zu verstehen und waldbauliche Empfehlungen zu geben. Hierzu zählt auch die Behandlung der auf großer Fläche künstlich begründeten Fichtenbestände in der Bergmischwaldzone, welche auf gesonderten Versuchsflächen untersucht werden.

Bergmischwaldversuch

Zielsetzung

Im Jahre 1976 begann der Lehrstuhl für Waldbau eine langfristige Untersuchung zur Verjüngung und Bewirtschaftung des Bergmischwaldes. Das übergreifende Ziel des Versuchs ist es, langfristige Steuerungsmöglichkeiten der Verjüngung im Ökosystem Bergmischwald durch waldbauliche Maßnahmen zu untersuchen und Verfahren zu entwickeln, um praktische Empfehlungen für die Erhaltung aber auch für eine nachhaltige Bewirtschaftung dieses Waldtyps zu erarbeiten. Im Einzelnen zielen die im Laufe des Beobachtungszeitraums

mehrfach wiederholten Aufnahmen darauf ab, folgende Fragen zu beantworten (Abbildung 2):

- Sind die Voraussetzungen für eine natürliche Verjüngung im Bergmischwald (regelmäßige Fruktifikation der Altbäume mit ausreichender Produktion von Samen und Früchten hoher Qualität, gutes Keimbett und hohe Samenkeimung) gegeben?
- Welche Hauptursache führt zur Entmischung des Bergwalds?
- Welche Auswirkungen haben die vorgenommenen waldbaulichen Eingriffe auf die Entwicklung der Altbestände, der Verjüngung und der Bodenvegetation im Bergmischwald?
- Wie sind die durchgeführten Maßnahmen zu bewerten und welche Empfehlungen können daraus abgeleitet werden?

Versuchsaufbau

In den montanen Lagen der ostbayerischen Kalkalpen wurden im Jahr 1976 insgesamt elf geschlossene Altbestände des Bergmischwalds, die aus Fichte, Tanne, Buche sowie Bergahorn und einigen anderen Nadel- und Laubhölzern bestehen, für die Untersuchungen ausgewählt. Sieben Versuchsbestände liegen im kalkalpinen Bereich des ehemaligen Forstamts Ruhpolding und vier im Flyschbereich des ehemaligen Forstamts Siegsdorf. Jeder Bestand stellt eine Versuchsfläche dar, die sich aus einer oder mehreren Versuchspartellen zusammensetzt. Insgesamt wurden 25 dauerhafte Versuchspartellen angelegt.

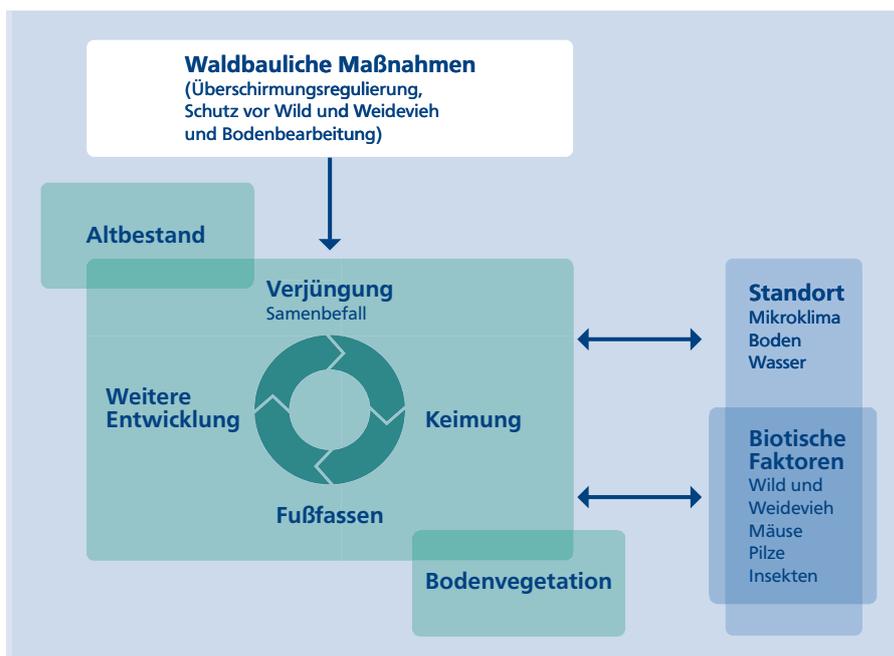


Abbildung 2: Die im Bergmischwaldversuch untersuchten Verjüngungsprozesse und die sie beeinflussenden Faktoren (El Kateb et al. 2006). Die Verjüngung im Bergmischwald ist ein Zusammenspiel von standörtlichen Bedingungen, Altbestandsüberschirmung, biotischen Faktoren und Konkurrenz durch Bodenvegetation. Durch waldbauliche Maßnahmen (Überschirmungsregelung, Schutz vor Verbiss und Bodenbearbeitung) lassen sich diese Prozesse gezielt beeinflussen.

Jede Parzelle unterlag bei Versuchsbeginn einem der folgenden fünf waldbaulichen Eingriffe im Altbestand:

- Kontrolle (kein Eingriff),
- schwacher Schirmhieb (Entnahme von 30% der Bestandsgrundfläche)
- starker Schirmhieb (Entnahme von 50% der Bestandsgrundfläche)
- Kahlhieb (vollständige Entnahme des Altbestands)
- Lochhieb (Aushieb eines Lochs von 30 m Durchmesser)

Die Maßnahmen wurden im Jahr 1976 durchgeführt. Nach 27 Jahren erfolgte ein erneuter Eingriff, um die bei Versuchsbeginn eingestellten Überschirmungsverhältnisse konstant zu halten.

Jede Parzelle ist 0,5 ha groß (71 m × 71 m) und besteht aus einer 0,1 ha (33 m × 33 m) großen Kernfläche und einem Umfassungstreifen von 19 m Breite. Der Altbestand wurde jeweils auf der Gesamtparzelle aufgenommen, während sich die Verjüngungs- und Bodenvegetationsaufnahmen auf die Kernfläche beschränkten. Auf jeder Kernfläche (Abbildung 3) wurden für die Untersuchung der Naturverjüngung und der Bodenvegetation 96 kreisrunde Aufnahmeeinheiten von je 1 m² Größe eingerichtet. Darüber hinaus wurden auf jeder Kernfläche 30 Samenfänge von je 0,25 m² Größe für die Untersuchungen des Streu- und Samenfalls installiert. Außerdem wurden auf einem Teilareal fünf verschiedene Baumarten gepflanzt und auf einem anderen Teilareal meteorologische Messgeräte für die bioklimatischen Untersuchungen platziert.

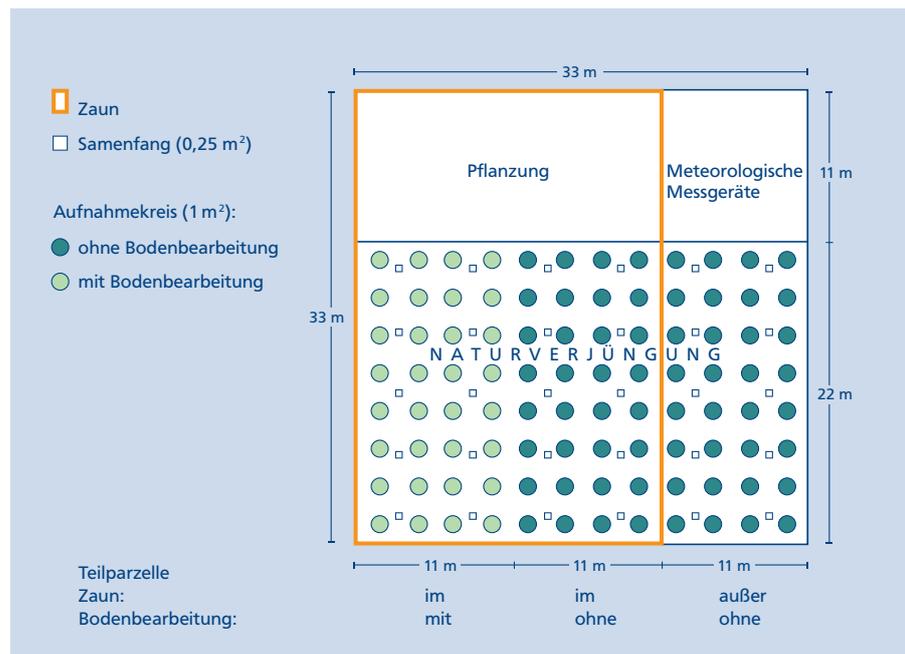
Zu Versuchsbeginn wurden zwei Drittel der Kernfläche eingezäunt und die Hälfte davon mit Hacken intensiv durchgearbeitet (mechanische Bodenbearbeitung), um eine Verbesserung des Keimbetts zu erzielen. Ein Drittel der Kernfläche blieb für Untersuchungen über den Einfluss des Wildes und Weideviehs ungezäunt. Nachdem sich die Zäunung als entscheidender Faktor für die Verjüngung des Bergmischwalds herausstellte, wurden zehn Jahre nach Versuchsbeginn weitere temporäre und permanente Versuchsfelder angelegt, die mit unterschiedlichen Zäunen umgeben waren und es zuließen, die Effekte von Wild und Weidevieh im Bergmischwald auf Verjüngung, Bodenvegetation und Boden getrennt zu untersuchen.

Während des gesamten Untersuchungszeitraums wurden auf allen Versuchsfeldern mehrfach umfassende Aufnahmen durchgeführt, wobei die Aufnahmen in den ersten Jahren nach Versuchsbeginn in der Regel häufiger erfolgten (anfangs teilweise im zweiwöchigen Turnus, später dann jährlich bis hin zu Aufnahmen in größeren Zeitintervallen von fünf bis sieben Jahren).

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Auf den im Bergmischwald angelegten Versuchsfeldern wurden sehr viele neue Erkenntnisse gewonnen, die ihren Niederschlag in mehr als 70 Publikationen gefunden haben. Damit ist es nun möglich, einen umfassenden Überblick über die maßgeblichen Prozesse in der Initialphase der Verjüngung zu geben und praktische Empfehlungen für die Bewirtschaftung des Bergmischwalds auszusprechen.

Abbildung 3:
Die Kernfläche einer Aufnahme-parzelle (El Kateb et al. 2006) ist 33 m × 33 m groß und gliedert sich in die Bereiche: Messgeräte, Pflanzung und natürliche Verjüngung (ohne und mit Bodenbearbeitung). 2/3 der Parzelle ist vor Verbiss durch einen Zaun geschützt. Ein Teil der natürlichen Verjüngung ohne Bodenbearbeitung blieb ungezäunt.



Literatur

El Kateb, H.; Felbermeier, B.; Schmerbeck, J.; Ammer, Ch.; Mosandl, R. (2006): Silviculture and Management of Mixed Mountain Forests in the Bavarian Alps. Silvicultural Experiments 3: 16 S.

El Kateb, H.; Schölch, M.; Mosandl, R. (2009): Waldbau-Verfahren für den Bergmischwald – Empfehlungen für die Praxis auf wissenschaftlicher Grundlage. LWF aktuell 71: S. 9–11

El Kateb, H.; Stolz, M.M.; Mosandl, R. (2009): Der Einfluss von Wild und Weidevieh auf die Verjüngung im Bergmischwald. LWF aktuell 71: S. 16–18

Mosandl, R. (1991): Die Steuerung von Waldökosystemen mit waldbaulichen Mitteln – dargestellt am Beispiel des Bergmischwaldes. Mitteil. a. d. Staatsforstverwaltung Bayerns, Heft 46. 246 S.

Behandlung reiner Fichtenbestände in der Bergmischwaldzone

Zielsetzung

Auf über 30.000 ha der montanen Zone in den Bayerischen Alpen befindet sich eine naturferne Waldbestockung. Wo von Natur aus Bergmischwälder aus Buche, Tanne, Fichte und Ahorn wachsen würden, finden sich nahezu reine Fichtenbestände. Diese naturferne Bestockung hat anthropogene Ursachen. Zu Zeiten der Salinenwirtschaft wurde die Fichte aktiv gefördert, da ihr Brennholz besser triftbar war als Buchenholz und das Feuer nicht zu heiß für die Sudpfannen wurde. Weiterhin führten großflächige Reparationshiebe nach den beiden Weltkriegen zu Kahlflecken, die mit der einfach zu handhabenden Fichte wieder aufgeforstet wurden.

Nicht zuletzt verursachten überhöhte Schalenwildbestände eine Benachteiligung der anderen Baumarten gegenüber der Fichte und damit eine Entmischung.

Die entstandenen reinen Fichtenbestände wuchsen in weiten Teilen ungepflegt auf, da Durchforstungen im Bergwald mit hohen Erntekosten verbunden sind und oft defizitär ausfallen. Daraus entwickelten sich einschichtige Bestände mit relativ hohen Schlankheitsgraden, kurzen Kronen und ohne Vorausverjüngung (Abbildung 4).

Diese Bestände werfen verschiedene Forschungsfragen auf:

- Kann man die Resistenz der Altbestände durch gezielte Durchforstungsmaßnahmen nennenswert erhöhen?
- Kann man die Resilienz/Elastizität der Bestände erhöhen, indem man mittels Verjüngungshieben für Vorausverjüngung sorgt?
- Welche finanziellen Folgen haben solche Durchforstungs- und Verjüngungsmaßnahmen? Sind diese nachteilig?
- Welche Auswirkungen haben solche Maßnahmen auf den Kohlenstoffhaushalt? Ist es hinsichtlich des Kohlenstoffhaushalts sinnvoller, die Bestände zu bewirtschaften oder sie stillzulegen?

Versuchsaufbau

Nachdem in solchen Beständen keine gezielt angelegten Versuchsflecken existierten, wurde eine retrospektive Untersuchung durchgeführt. In drei verschiedenen Entwicklungsstadien wurden jeweils vergleichbare



Abbildung 4: Künstlicher Fichtenwald in der Bergmischwaldzone – produktiv, aber risikofähig Foto: S. Höllerl

Bestände gesucht, die in einem Fall völlig unbehandelt erwachsen und im anderen Fall gezielt gepflegt worden waren. Die drei Entwicklungsstadien sind: Jugendstadium (hier 40–50 Jahre alt, Flächengröße 0,1 ha), Wachstumsstadium (hier 60–70 Jahre alt, Flächengröße 0,2 ha) und Reifestadium (hier 80–90 Jahre alt, Flächengröße 0,2 ha). Diese Flächenanordnung wurde in drei Regionen aufgenommen: Ruppolding, Oberammergau und Bad Tölz.

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Die Auswertung der Versuchsanlage erbrachte hinsichtlich der beschriebenen Forschungsfragen folgende Ergebnisse:

- Eine Erhöhung der Resistenz ist nur in beschränktem Umfang möglich und nur dann, wenn die Durchforstungsmaßnahmen frühzeitig einsetzen und regelmäßig durchgeführt werden (Höllerl 2009a; Höllerl und Mosandl 2009).
- Eine Erhöhung der Elastizität auf dem Wege der natürlichen Vorausverjüngung von Mischbaumarten ist erfolgversprechender. Angepasste Wildbestände vorausgesetzt, sorgen die vereinzelt Mischbaumarten in den Altbeständen für eine unerwartet gemischte Naturverjüngung (Höllerl 2009a; Höllerl und Mosandl 2009).
- Die vordergründig finanziell nachteilig erscheinenden Bewirtschaftungsmaßnahmen erweisen sich als vorteilhaft, wenn man die zugehörigen Kalkulationen umfassend durchführt und folgende Aspekte einbezieht (Höllerl 2009b; Höllerl et al. 2009): (a) Zinseffekte: Wenn es gelingt, im Rahmen von Durchforstungsmaßnahmen frühzeitig im Bestandsleben einen positiven Deckungsbeitrag zu erwirtschaften, so ist dieser frühe finanzielle Rückfluss bei Berücksichtigung von Zinsen mehr wert als spätere Einnahmen. (b) Risikominderung: Mehrere gestaffelte Holzentnahmen vermindern das Risiko eines schlechten Holzpreises bei einer einzelnen Holzerntemaßnahme. Weiterhin reduzieren diese verteilten Eingriffe das Risiko von großen Kalamitäten. Holz mengen, die bereits im Rahmen regulärer Erntemaßnahmen entnommen wurden, können nicht mehr einer Preis minderung infolge einer Kalamität unterliegen. (c) Kostenlose Naturverjüngung: Die Durchforstungs- und Verjüngungsmaßnahmen führen dazu, dass sich auf natürlichem Wege gemischte Vorausverjüngung einstellt. Unbehandelte Bestände sind dagegen so dicht, dass sich keine Verjüngung entwickelt. Im Falle einer Kalamität oder einer größeren Erntemaßnahme muss zum Teil unter erheblichem finanziellen Aufwand gepflanzt werden.

- Ein Vergleich bewirtschafteter und unbewirtschafteter Waldbestände hinsichtlich ihrer Auswirkung auf den Kohlenstoffhaushalt muss verschiedenste Prozesse berücksichtigen. Für beide Varianten gilt: Im Waldbestand wird durch Zuwachs Kohlenstoff festgelegt. Durch Absterbe- und Verrottungsprozesse wird Kohlenstoff freigesetzt. Bei der Bewirtschaftungsvariante treten aber weitere Effekte auf. Entnommenes Holz wird zu Produkten mit unterschiedlicher Lebensdauer verarbeitet. Hier bleibt der Kohlenstoff für die Dauer der Nutzung festgelegt. Weiterhin treten Substitutionseffekte auf. Von Energiesubstitution spricht man, wenn durch das Verbrennen von Holz fossile Brennstoffe substituiert werden, von Materialsubstitution, wenn Baustoffe aus Holz energieaufwendigere Baustoffe ersetzen (z. B. Dachbalken aus Holz anstelle von Stahlträgern). Unterstellt man für die reinen Fichtenbestände ein Nutzungs- und ein Stilllegungsszenario und berücksichtigt sämtliche genannten Effekte sowie Kalamitätsrisiken, dann schneidet das Nutzungsszenario besser ab als die Stilllegungsvariante (Höllerl und Bork 2013).

Literatur

Höllerl, S. (2009a): Auswirkungen von waldbaulichen Maßnahmen auf die Stabilität (Resistenz und Elastizität) von Fichtenreinbeständen in der Bergmischwaldstufe der Bayerischen Alpen. Dissertation Technische Universität München. 361 S.

Höllerl, S. (2009b): Berücksichtigung finanzieller Aspekte bei waldbaulichen Entscheidungen – eine Fallstudie für reine Fichtenbestände in der Bergmischwaldzone. Forstarchiv 80(1), S. 4–14

Höllerl, S.; Mosandl, R. (2009): Stabilisierung montaner Fichtenbestände – Nur rechtzeitig zu durchforsten und verjüngen führt zum Erfolg. LWF aktuell 68, S. 11–13

Höllerl, S.; Hammerl R.; Knoke T.; Mosandl, R. (2009): Stabilisierende Eingriffe lohnen sich – Finanzielle Auswirkungen waldbaulicher Maßnahmen im Gebirge. LWF aktuell 71, S. 12–15

Höllerl, S.; Bork, J. (2013): Die Kohlenstoffspeicherung von bewirtschafteten und unbewirtschafteten Fichtenbeständen unter Berücksichtigung von Ausfallrisiken – Aussagen nicht nur über Bestände der montanen Zone. Forstarchiv 84(2), S. 52–64

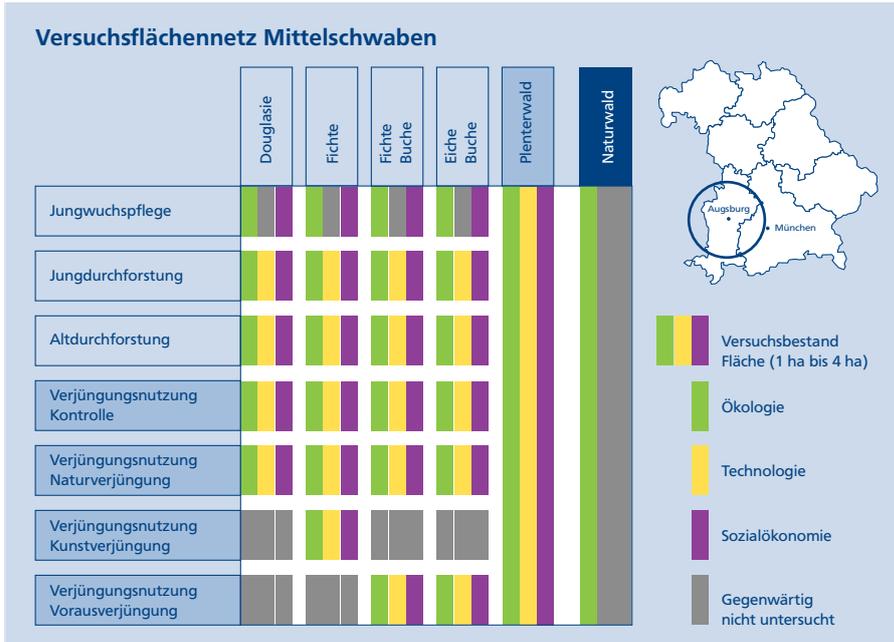


Abbildung 5: Aufbau des Versuchsflächennetzes Mittelschwaben. Das Versuchsflächennetz bildet eine Matrix von Beobachtungsflächen, welche sich aus den sechs Waldbewirtschaftungsoptionen und den Nutzungsarten Jungwuchspflege, Jungdurchforstung, Altdurchforstung und Verjüngungsnutzung zusammensetzt. Die schlagfreien Optionen werden durch eine Versuchsfläche repräsentiert.

Tertiäres Hügelland

Das Tertiärhügelland gehört zu den produktivsten Waldregionen Bayerns und wird daher seit zwei Jahrzehnten als Modellregion für die Entwicklung einer zukunftsorientierten Forstwirtschaft genutzt. Das Gebiet ist von Natur aus mit Buchenwald bedeckt, wird jedoch traditionell überwiegend im schlagweisen Fichtenwald bewirtschaftet. Daher haben die Stabilisierung und der Umbau dieser insbesondere im Hinblick auf mögliche Klimaänderungen risikoreichen Waldbestände eine besondere Bedeutung.

Versuchsflächennetz Mittelschwaben

Zielsetzung

Nachhaltige Forstwirtschaft bedeutet, definierte Ziele unter Nutzung der ökologischen Bedingungen und technologischen Möglichkeiten sowie der Beachtung sozioökonomischer Rahmenbedingungen dauerhaft zu erreichen. Schwierigkeiten bereitet es hierbei oftmals, aus der Vielzahl denkbarer Waldentwicklungen das geeignete Maßnahmenbündel herauszugreifen, um Forstwirtschaft in einer Periode globaler Umwälzungen zukunftsorientiert auszurichten. Ursache ist hierbei oft ein Informationsdefizit über die Konsequenzen unterschiedlicher Waldbehandlungsoptionen. Das im Jahr 1999 angelegte Versuchsflächennetz Mittelschwaben soll wissenschaftliche Grundlagen für eine zukünftige nachhaltige Waldbewirtschaftung schaffen (Felbermeier und Mosandl 2004).

Aufbau

In Wuchsreihen werden hierzu die im Untersuchungsgebiet wichtigsten waldbaulichen Optionen der Waldbewirtschaftung auf Versuchsflächen abgebildet:

- Naturferne, schlagweise Forstwirtschaft mit Douglasie
- Naturferne, schlagweise Forstwirtschaft mit Fichte
- Naturnahe, schlagweise Forstwirtschaft mit Fichte-Buche
- Naturnahe, schlagweise Forstwirtschaft mit Eiche-Buche
- Naturnahe, schlagfreie Forstwirtschaft mit Fichte-Buche-Tanne
- Aufgabe der Forstwirtschaft (Naturwald)

Die waldbauliche Behandlung der Versuchsbestände wird unter Beibehaltung der vorgegebenen Option von den Waldbesitzern festgelegt, so dass auf den Versuchsflächen ein realitätsnahes Abbild der in Mittelschwaben praktizierten waldbaulichen Konzepte dargestellt werden kann. Die Auswirkungen der von den Forstbetrieben angewandten waldbaulichen Verfahren auf das Waldökosystem und seine Nutzung können so auf einer Fläche von insgesamt rund 30ha wissenschaftlich beobachtet werden.

Das Versuchsflächennetz bildet eine Matrix von Beobachtungsflächen, welche sich aus den sechs Waldbewirtschaftungsoptionen und den Nutzungsarten Jungwuchspflege, Jungdurchforstung, Altdurchforstung und Verjüngungsnutzung zusammensetzt. Die schlagfreien Optionen werden durch eine Versuchsfläche repräsentiert (Abbildung 5). Die Versuchsbestände haben –

soweit vorhanden – eine Fläche von mindestens 1 ha und liegen zur Minimierung landwirtschaftlicher Einflüsse mindestens 50 m von Waldrändern entfernt. Alle Bestände stocken einheitlich auf frischem Feinlehm in ebener Lage, so dass die Vergleichbarkeit der Bestände gewährleistet ist. Die Aufnahmeparzellen haben eine Fläche von 0,1 ha (Jungwuchspflege), 0,25 ha (Jungdurchforstung), 0,5 ha (Altdurchforstung) und 1 ha (Verjüngungsnutzung bzw. schlagfreier Wald).

Die Verjüngungsnutzung über Naturverjüngung ist darauf ausgerichtet, den Bestandstyp in seiner Baumartenzusammensetzung zu erhalten. Ein zusätzlicher Umbauversuch, der den Wechsel von der Option Fichte zu den anderen Optionen experimentell abbildet, ergänzt das Versuchsflächennetz.

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Im Rahmen der langfristig angelegten Versuchsanlage werden nach einer ersten Anlaufphase laufend wissenschaftliche Ergebnisse gewonnen, die auf einem Vergleich der unterschiedlichen Waldbehandlungsoptionen basieren. Beispiele hierfür sind Einflüsse der Baumartenzusammensetzung und der Nutzungsart auf die Zusammensetzung von Kohlenstoffverbindungen im Waldboden (Spielvogel et al. 2010) oder das Vorkommen und die Existenzbedingungen von Insekten (Ziesche und Roth 2008). Das Versuchsflächennetz steht Forschergruppen aus unterschiedlichen Disziplinen für wissenschaftliche Untersuchungen zur Verfügung. Die wissenschaftliche Qualität der Versuchsflächenanlage und die bestehende Infrastruktur erlaubt es somit, interdisziplinäre Forschung im Ökosystem Wald effizient zu unterstützen.

Literatur

Felbermeier, B.; Mosandl, R. (2004): Zukunftsorientierte Forstwirtschaft. *Ökosystem Management* 1, 122 S.

Felbermeier, B.; El Kateb, H.; Mosandl, R. (2008): Versuchsflächennetz Mittelschwaben. *Silvicultural Experiments* 2, 20 S.

Spielvogel, S.; Prietzel, J.; Kögel-Kabner, I. (2010): Lignin phenols and cutin- and suberin-derived aliphatic monomers as biomarkers for stand history, SOM source, and turnover. *Geochimica et Cosmochimica ACTA* 74 (12), A983

Ziesche, T.M.; Roth, R. (2008): Influence of environmental parameters on small-scale distribution of soil-dwelling spiders in forests: What makes the difference, tree species or microhabitat? *Forest Ecology and Management* 255, S. 738–752

Fichten-Durchforstungsversuch Freising

Zielsetzung

Fichtenjungbestände besitzen häufig infolge überdichter Verjüngung und Pflegerückständen eine geringe Resistenz gegenüber Sturm und Schnee. Um hierfür geeignete waldbauliche Behandlungen zu erproben, wurde 1974 in einem aus Nachkriegsaufforstungen hervorgegangenen Fichtenbestand ein langfristiger Durchforstungsversuch mit folgender Zielsetzung angelegt:

- Erstbehandlung eines sehr baumzahlreichen Fichten-Jungbestands
- Langfristige Erprobung verschiedenartiger Durchforstungsverfahren unter Einbeziehung praxisorientierter Verfahren und Extremvarianten wie Hiebsruhe und sehr starke Freistellung
- Untersuchung der Wachstumsreaktionen sowie der Qualitäts- und Schadensentwicklung
- Ergänzende Untersuchung der Reaktion junger Buchen unter verschieden stark aufgelichteten Fichtenschirmen
- Möglichkeit der Überprüfung und Ergänzung eines gleichartigen Versuchs im herzoglich-württembergischen Forstamt Altshausen bei Sigmaringen

Aufbau

Nach dem Erstaufschluss des rund 7 ha großen Bestands mit 4 m breiten Rückegassen im 30-m-Abstand erfolgte die Anlage von 0,1 ha großen Versuchspartellen in den bestockten Streifen zwischen den Rückegassen. Die Anzahl der Partellen wurde so gewählt, dass jedes Durchforstungsverfahren zweifach wiederholt ausgeführt werden konnte. Vor Versuchsbeginn wurden alle Mischbaumarten chemisch bzw. durch Ringelung zur Vereinheitlichung der Ausgangslage abgetötet. Danach wurden die Partellen in den Jahren 1974, 1981, 1989, 1996 und 2007 durchforstet. Zur Anwendung kamen die Durchforstungsarten Niederdurchforstung, Auslesedurchforstung, Z-Baum-Durchforstung und schematische Durchforstung in unterschiedlichen Eingriffsstärken (Huss 2009).

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Die Pflege von Fichtenjungbeständen hat einen erheblichen Einfluss auf die Stabilität und den zu erwartenden Ertrag. Am deutlichsten wird dies, wenn man die undurchforsteten Partellen mit solchen vergleicht, auf denen zu Versuchsbeginn zuerst 400 Z-Bäume und dann in den folgenden Jahren 200 Z-Bäume und schließlich 100 Z-Bäume pro Hektar völlig freigestellt wurden. Die Z-Bäume erhielten durch die Behandlung deutlich mehr Wuchsraum und konnten infolgedessen



Abbildung 6: Reichhaltiger Bestandsaufbau aus extrem freigestellten, hiebsreifen 65-jährigen Fichten mit Buchen-voranbau Foto: R. Mosandl

längere Kronen sowie größere Stammdurchmesser entwickeln. Im Vergleich zu den undurchforsteten Parzellen ist die Stückmasse daher fast viermal so hoch und die Einzelbaumstabilität sehr gut entwickelt (Abbildung 6). Eine flexible und holzmarktangepasste Nutzung wird damit über einen längeren Zeitraum möglich, während eine Nutzung der undurchforsteten Parzellen nur mehr in Form von Kahl- und Saumhieben in Betracht kommt. Die übrigen acht Durchforstungsvarianten liegen zwischen diesen beiden Extremvarianten (Hahn et al. 2009).

Literatur

Huss, J. (1990): Zur Durchforstung engbegründeter Fichtenjungbestände. Forstwissenschaftliches Centralblatt 109(1); S. 101–118

Huss, J. (2009): Fichten-Durchforstungsversuch Freising. Kurzbericht. 6 S.

Hahn, A.; Huss, J.; Knoke, T.; Mosandl, R. (2009): Der Fichten-durchforstungsversuch Freising. LWF aktuell 68, S. 18–20

Buchensaatversuch

Zielsetzung

Viele Waldbaukonzepte streben die künstliche Einbringung von Laubholz, vorwiegend Buche, in Nadelholzreinbestände an. Die Umwandlung größerer Waldflächen erfordert jedoch hohe finanzielle Aufwendungen. Als kostengünstige Alternative zum Buchen-Voranbau durch Pflanzung wird daher die Bucheckern-Voraus-saat gesehen. Diese ist jedoch nur dann eine echte waldbauliche Alternative, wenn neben einigen ökologischen Vorteilen die damit verbundenen Kosten geringer oder zumindest vergleichbar sind und eine ausreichende Sicherheit für den Erfolg der Maßnahme besteht (Leder et al. 2003).

Vor diesem Hintergrund wurde ein Versuch konzipiert, mit dem die waldbauliche Steuerung der Faktoren, welche für den Erfolg von Bucheckern-Voraus-saaten maßgeblich sind, untersucht werden kann. Ende der 1990er Jahre wurden von Mitgliedern der Sektion Waldbau des Deutschen Verbands Forstlicher Forschungsanstalten (DVFFA) Versuchsflächen nach einem einheitlichen Konzept in Nordrhein-Westfalen (1996), Bayern (1997), Sachsen (1998) und Rheinland-Pfalz (1998) angelegt (Leder et al. 2003). Ziel des Versuchs ist die Beantwortung folgender Fragen:

- Wie ist der Auflaufferfolg der ausgebrachten Bucheckern auf Saatplätzen?
- Wie wirkt sich die Grundflächenhaltung des Oberstands auf die Entwicklung der Pflanzenzahlen und das Längenwachstum der gekeimten Buchen aus?
- Wie wirkt sich eine gleichzeitig oder kurz vor der Saat erfolgte Kalkung auf den Auflaufferfolg und die weitere Entwicklung der Buchen hinsichtlich Zahl und Sprosslänge aus?
- Wie entwickelt sich die Buchensaat im Vergleich zu gepflanzten Buchen?

Aufbau

An zwei Versuchsstandorten in Bayern (Freising und Landshut) wurden je 36 jeweils 18 m × 18 m große Parzellen eingerichtet und in Form von 6 × 6 lateinischen Quadraten angeordnet. Auf diesen Parzellen wurden an jedem Standort entweder a) keine Maßnahmen durchgeführt, b) einjährige Buchen gepflanzt, die im Jahr zuvor aus dem im Versuch verwendeten Saatgut gezogen worden waren, c) zweijährige Buchen gepflanzt, die einem anderen Erntebestand entstammten oder auf drei Arten gesät: Die Saat umfasste d) eine Kontrollvariante (Saat von 15 g Bucheckern/Platz auf freigelegtem Mineralboden, anschließend leicht übererdet), e) eine Variante, in der bei sonst gleicher Behandlung mit der Saat 200 g feingemahlener Dolomit



Abbildung 7: Buchenpflanzen aus plätzeweiser Saat unter Fichtenaltholz Foto: Lehrstuhl für Waldbau

pro Saatplatz ausgebracht wurde, und f) eine Variante, bei der die Bucheckern nicht nur leicht übererdet, sondern darüber hinaus mit je zehn Litern Buchenlaub pro Saatplatz abgedeckt wurden. Gesät wurde auf Plätzen von 0,5 m² Größe, deren Abstand 2 m × 1 m betrug (Abbildung 7). Gepflanzt wurde ebenfalls in einem Abstand von 2 m × 1 m (Ammer und El Kateb 2007).

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass gepflanzte und gesäte Buchen sich unter Fichtenschirm ähnlich verhalten. So wurde kein Unterschied im Sprossdurchmesser und der oberirdischen Biomasse gefunden. Für alle drei Behandlungsvarianten konnte nachgewiesen werden, dass das Verhältnis von Astbiomasse zu Sprossbiomasse mit dem Alter zunimmt, wobei aufgrund höherer intraspezifischer Konkurrenz bei gesäten Buchen die Zunahme dieses Verhältnisses am geringsten war. Auch wurden Unterschiede im Wachstumsverlauf zwischen den untersuchten Varianten gefunden, die jedoch keinen einheitlichen Trend aufweisen.

Insgesamt eignet sich damit sowohl die Pflanzung als auch die Saat für den Voranbau der Buche unter Fich-

tenaltholz. Eine gelungene Saat bietet dabei eine höhere Ausgangsdichte, und die gesäten Buchen stehen den gepflanzten in ihrem Wachstum nicht nach. Allerdings eignet sich die Saat nicht in allen Situationen und erfordert zudem eine professionelle Vorbereitung und Ausführung. Einen ausreichenden Saaterfolg vorausgesetzt, ist sie aufgrund der geringeren Begründungskosten wirtschaftlicher als eine Pflanzung und führt zu einer ungestörten Wurzelentwicklung (Ammer und El Kateb 2007).

Literatur

Leder, B.; Wagner, S.; Wollmerstädt, J.; Ammer, C. (2003): Bucheckern-Vorausfaat unter Fichtenschirm. Forstwissenschaftliches Centralblatt 122, S. 160–174

Ammer, C.; Mosandl, R. (2007): Which grow better under the canopy of Norway spruce – Planted or sown seedlings of European beech? *Forestry* 80(4), S. 385–395

Ammer, C.; El Kateb, H. (2007): Buchensaat oder -pflanzung: Vergleich zweier Optionen zum Umbau von Fichtenreinbeständen. *LWF Wissen* 58, S. 38–41

Anbauversuch Paulownia

Zielsetzung

Die raschwüchsigen Paulownien, Bäume aus der Gattung der Blauglockenbäume, sind wirtschaftlich überaus interessante Baumarten. Sie können sowohl zur Bereitstellung von Energieholz als auch zur Produktion von höherwertigen Holzwerkstoffen eingesetzt werden. Darüber hinaus verfügen sie über herausragende Holzeigenschaften, die sie für eine ganze Reihe von Verwendungen prädestinieren: Es ist vor allem das einzigartige Verhältnis von Gewicht zu Festigkeit des Paulownia-Holzes. Mit einer Rohdichte von circa 0,29 g/cm³ ist das Holz deutlich leichter als Fichtenholz, besitzt aber dennoch eine sehr hohe Festigkeit, die einen Einsatz im Möbel-, Fahrzeug- und Schiffsbau ermöglicht.

In Deutschland finden flächige Versuchsanbauten mit Paulownien erst seit wenigen Jahren statt. Ziel unseres Anbauversuchs ist es zu untersuchen, ob Paulownia unter den derzeitigen klimatischen Verhältnissen in Bayern gedeiht, ob Holz mit den erwarteten günstigen Eigenschaften produziert werden kann und wie lange es dauert, bis wirtschaftlich verwertbare Dimensionen anfallen. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen Merkmale wie Etablierungserfolg, Überlebensprozent, Wachstum und Anfälligkeit gegenüber Krankheiten, Schädlingen und abiotischen Gefährdungen. Besonderes Augenmerk wird auf das zeitliche Einsetzen der Blühreife gelegt. Aufgrund ihrer



Abbildung 8: 2-jährige Paulownia Foto: B. Stimm

reichlichen und leichten Samen und ihrer Persistenz wird die Art in verschiedenen Ländern als invasiv betrachtet. Im Anschluss an die Etablierungsphase wird untersucht, ob die Palette waldbaulicher Pflegemaßnahmen erfolgreich zur Verbesserung des Einzelbaum- und Bestandswachstums sowie zur Verbesserung der Stammholzqualität eingesetzt werden kann. Holzqualitative Untersuchungen an periodischen Vornutzungen sollen das Programm ergänzen.

Aufbau

Insgesamt kamen sechs verschiedene Versuchsglieder zum Anbau, darunter drei Paulownia-Arten, *Paulownia catalpifolia*, *P. elongata* und *P. tomentosa* (Herkunft USA) sowie die Paulownia-Hybride »ShanTong« (*P. tomentosa* × *P. fortunei*). Der Bezug der Samen von *Paulownia catalpifolia*, *P. elongata*, *P. tomentosa* und des Paulownia-Hybrids »ShanTong« erfolgte aus den USA. Zusätzlich konnte Saatgut von zwei *P. tomentosa*-Herkünften aus China bezogen werden. Die Anzucht des Vermehrungsguts erfolgte im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.

Im Herbst 2011 wurden die Sämlinge an drei verschiedenen Orten Bayerns entlang eines Klimagradients ausgebracht. Die Anbauorte decken das in Bayern vorhandene Temperaturgefälle von warm-temperiert bis kühl-temperiert ab: Markt Großostheim, Unterlippach bei Landshut und Beuerberg.

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Die Paulownia-Arten unseres Versuchs unterscheiden sich sowohl im Gewicht der Samen als auch in der Biomasse ihrer Keimlinge. Die höchsten Keimprozent wiesen die Samen von *P. tomentosa* auf, gefolgt von denen der Hybride, während sich die Samen von *P. elongata* und *P. catalpifolia* als sehr wenig keimfähig erwiesen. Im Jahr 2011 wurden Wuchsleistung und Verzweigungsform zweijähriger Paulownien untersucht (Abbildung 8). Paulownia verzweigt überwiegend sympodial. Da die Endknospen während der Vegetationsruhe absterben, wird die Entwicklung der Hauptachse unterbrochen und die Seitenachsen übernehmen in der nächsten Vegetationszeit das Hauptwachstum. Die natürliche Ausbildung eines Paulownia-Stammes kann daher zu sehr unterschiedlichen und im Hinblick auf die Holzverwendung unerwünschten Formen führen. Von den angezogenen Arten scheint *P. tomentosa* aufgrund des besseren Höhenwachstums und der häufigen Ausbildung eines Verzweigungsmusters, das zu einem geraden Stamm führt, am besten für einen Anbau geeignet zu sein. Die Paulownia könnte aufgrund ihres schnellen Wachstums, ihrer überragenden Holzeigenschaften und ihrer möglichen Anpassbarkeit an Klimabedingungen, wie wir sie in Zukunft in Bayern erwarten, zu einer Bereicherung für die bayerische Forstwirtschaft werden. Allerdings sollten vor einem Anbau von Paulownia in der Praxis auf alle Fälle noch die Ergebnisse von Versuchsanbauten abgewartet werden. Selbst wenn diese positiv ausfallen und sich auch die Gefahr einer Invasivität als gering herausstellen sollte, sollte man diese nichtheimische Baumart nicht im großen Stil anbauen, um keine unvorhersehbaren Risiken einzugehen.

Literatur

Stimm, B.; Stiegler, J.; Genser, C.; Wittkopf, S.; Mosandl, R. (2013): Paulownia – Hoffnungsträger aus Fernost? Eine schnellwachsende Baumart aus China in Bayern auf dem Prüfstand. LWF aktuell 96, S. 18–21

Baumartenentwicklung und Verjüngung im Donau-Auwald

Zielsetzung

Im Jahresverlauf prägt der Wechsel von Hoch- und Niedrigwasser die natürliche Auwaldentwicklung. Gleichmäßig hohe Wasserstände in der Aue sind hingegen das Ergebnis wasserbaulicher Maßnahmen. Seit dem Bau der Donaustufen Ende der 1960er Jahre gibt es die großen Grundwasserschwankungen im Donau-Auwald nicht mehr. Durch regelmäßige ökologische Flutungen soll nun der Auwald zwischen Neuburg und Ingolstadt wieder dynamisiert werden. Damit kommt es auf kleiner Fläche wieder häufiger zu Überflutungen. Die Auswirkungen dieser wasserbaulichen Maßnahme auf den Auwald werden wissenschaftlich begleitet: Ziel ist zum einen festzustellen, ob in den zurückliegenden Jahrzehnten die Vitalität älterer Bäume (>40 Jahre) durch den Staufenbau beeinflusst wurde und wie sie auf die in Zukunft stattfindenden regelmäßigen Überflutungen reagieren werden, zum anderen die Vitalitätsentwicklung der jüngeren Bäume (<40 Jahre) zu beobachten. Zu den untersuchten Baumarten gehören Bergahorn, Esche und Stieleiche. Durch die Aufnahme der Verjüngung sollen Aussagen zur Verjüngungsdynamik im Auwald gewonnen werden.



Abbildung 9: Donauauwald Foto: F. Binder

Versuchsflächenaufbau

Die Reaktion von Bergahorn und Esche auf die ökologischen Flutungen wird mit Hilfe von Dauerbeobachtungsflächen untersucht, welche von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft im Jahr 2009 eingerichtet wurden und gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Waldbau betreut werden. Die Vorauswahl der Flächen erfolgte durch die Simulation angenommener Wasserspiegellagen im Laufe von Hochwasserereignissen und ökologischen Flutungen, um möglichst zu gewährleisten, dass sich die Beobachtungsflächen hinsichtlich ihrer Grundwasserdynamik unterscheiden. Auf den drei typischen Auwaldstandorten a) Mulden – »feucht« –, b) Landwald tief – »selten Überflutungen, etwa alle 10 Jahre« – und c) Landwald hoch – »keine Überflutungen« – wurde je eine Beobachtungsfläche mit sechs Wiederholungen angelegt. Die Flächen sind mit Eschen-/Ahornbeständen bestockt. Innerhalb der Flächen wurden 16 Probe- kreise à 1m² eingelegt, um die Verjüngung zu beobachten. Auf den gleichen Standorten wird zusätzlich der Einfluss des Staufenbaus auf Alteichen anhand von Jahrringbohrkernen untersucht. Der Istzustand der Bestände wurde unmittelbar nach Anlage der Flächen erhoben. Die erste Wiederholungsaufnahme fand im Herbst 2013 statt. Derzeit werden die Daten ausgewertet.

Ergebnisse

Erste Ergebnisse liegen bisher nur für Alteichen vor. Demnach führte die Veränderung der Standortbedingungen durch den Staufenbau zu einem Rückgang des Durchmesserwachstums der Stieleichen (*Quercus robur*). Dieser bewegt sich in den ersten zehn Jahren nach Staufenbau in einer Größenordnung von rund 30% auf gut nährstoffversorgten Standorten (Weißbrod et al. 2013). Zu den weiteren Auswirkungen der ökologischen Flutungen auf die Waldbäume liegen derzeit noch keine Erkenntnisse vor.

Literatur

Weißbrod, M.; Binder, F.; Mosandl, R. (2012): Dendrochronologische Untersuchungen an Alteichen im Donauauwald. Tagungsband inkl. Vortragsfolien zur 12. Forstwissenschaftlichen Tagung an der Technischen Universität München vom 19. bis 22. September 2012. S. 123

Weißbrod, M.; Binder, F.; Mosandl, R. (2013): Auswirkung des Staufenbaus auf das Durchmesserwachstum von Eichen (*Quercus robur*) im Auwald zwischen Neuburg an der Donau und Ingolstadt. In Druck.

Bayerischer Wald

Der Bayerische Wald bildet als Teil des Böhmerwalds eines der größten Waldgebiete Europas. Ursprünglich von Bergmischwald aus Fichte, Tanne und Buche geprägt, besteht er heute vorwiegend aus natürlich erscheinenden Fichtenwäldern. In den Hochlagen des Bayerischen Waldes wurde 1970 der erste Nationalpark Deutschlands eingerichtet und die Entwicklung des Waldes der Natur überlassen. Nach Orkanschäden Mitte der 1980er Jahre entwickelte sich im Nationalpark ein flächiger Borkenkäferbefall, welcher schließlich den Zusammenbruch der Fichtenwälder im Nationalpark bewirkte.

Walddynamik nach Borkenkäferbefall im Nationalpark Bayerischer Wald

Zielsetzung

Die Sorge um ein Verschwinden des Waldkleids im Nationalpark und den damit verbundenen Auswirkungen warf die Frage nach der Notwendigkeit von Pflanztätigkeiten unter den ganz oder teilweise abgestorbenen Beständen auf. Die entscheidende Frage in dieser Situation war, ob es nach dem verheerenden Borkenkäferbefall und dem Absterben der Bestände genügend Verjüngungspflanzen gäbe, die eine Wiederbewaldung sicherstellen. Daher wurden im Nationalpark Versuchsflächen angelegt (Abbildung 10), die folgende Fragestellungen verfolgen:

- Wie stellt sich die Verjüngungs- und Konkurrenzsituation langfristig dar?
- Welches Potenzial an Keimlingen ist vorhanden und unter welchen Umweltbedingungen vermögen sich die Keimlinge anzusiedeln?
- Welchen Einfluss hat die vorhandene und durch Freistellung ihrerseits geförderte Bodenvegetation auf die Etablierung der Gehölzverjüngung?
- Verlaufen die Verjüngungsprozesse im Nationalpark und im Erweiterungsgebiet unterschiedlich?
- Verlaufen die Verjüngungsprozesse in stark vom Borkenkäfer befallenen Altbeständen ähnlich wie in bereits abgestorbenen Altbeständen?
- Gibt es standörtlich bedingte Unterschiede der Verjüngungsentwicklung in Hang- und Plateaulagen?
- Lässt die derzeitige Situation der Gehölzverjüngung und der Bodenvegetation einen neuen Baumbestand erwarten?



Abbildung 10: Aufnahme der Naturverjüngung und Bodenvegetation nach Borkenkäferbefall des Altbestands im Nationalpark Bayerischer Wald Foto: R. Mosandl

Aufbau

Insgesamt wurden in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Geobotanik der Technischen Universität München 24 Dauerbeobachtungsflächen (40 m × 40 m) eingerichtet. 16 Flächen befinden sich in den Hochlagen des Nationalpark-Altgebiets (»Rachel-Lusen-Gebiet«) und acht im Erweiterungsgebiet (»Falkenstein-Rachel-Gebiet«). Die Flächen wurden in den jeweiligen Gebieten so angeordnet, dass sie auf die Faktoren Lage (Hang versus Plateau) und Altbestandszustand (abgestorben versus befallen) gleichmäßig verteilt sind.

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

In den Hochlagen des Bayerischen Waldes wächst nach dem Zusammenbruch der Altbestände eine neue Baumschicht heran, die sich vorwiegend aus den Samen der Altbestände entwickelt und von Fichte mit Vogelbeere dominiert wird. In vielen Bereichen der Hochlagen ist die Dichte der Verjüngung ausreichend. Die Verjüngungspflanzen überleben dabei vorwiegend auf grasfreien Flächen, Nadelkissen, Totholz und in Stockachseln, so dass die neue Waldgeneration eine große räumliche Heterogenität aufweisen wird.

Literatur

Bauer, M.L. (2003): Walddynamik nach Borkenkäferbefall in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. Dissertation Technische Universität München. 167 S.

Bauer, M.L.; Fischer, A.; El Kateb, H.; Mosandl, R. (2008): Verjüngungsdynamik nach großflächigem Borkenkäferbefall in den Fichtenwäldern der Hochlagen des Bayerischen Waldes. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 179, S. 43–51

Oberpfälzer Wald und Hügelland

In vielen Regionen Nordostbayerns wurden die Wälder durch frühe industrielle Nutzungen degradiert. In der Folge entstanden großflächig Kiefernwälder, welche aufgrund devastierter Waldböden über Jahrzehnte eine geringe Wuchsleistung aufwiesen. Beispielhaft hierfür sind die Kiefernwälder in der Oberpfalz. Diese gerade im Hinblick auf Klimaänderungen interessanten Wälder weisen heute wieder ein beachtliches Wachstum auf, das durch gezielte waldbauliche Eingriffe sinnvoll gesteuert werden kann.

Kiefern-Durchforstungsversuch

Zielsetzung

Die Kiefer hat als lichtbedürftige Baumart ein rasches Jugendwachstum. Wüchsige Kieferbestände kulminieren so bereits im Alter von 10 bis 20 Jahren. Kiefernbestände müssen daher gestaffelt durchforstet werden, d. h. starke Eingriffstärken im Jugendstadium und weitgehende Hiebsruhe im Alter. Frühe und starke Eingriffe in Kiefernbestände stoßen jedoch auf Bedenken im Hinblick auf mögliche Zuwachsverluste, auf Qualitätsminderungen und auf erhöhte Gefährdungen, vor allem durch Schnee. Ziel des Versuchs ist es daher, die folgenden drei Aspekte zu prüfen (Huss 1983):

- Wie ist das Zuwachsverhalten junger Kiefernbestände nach Durchforstungen?
- Wie ist die Qualitätsentwicklung in Abhängigkeit von Durchforstungen?
- Welche Risiken sind mit den Durchforstungen verbunden?

Aufbau

Jeweils ein Flächenset wurde an den Standorten Weiden und Burglengenfeld angelegt. Zu Versuchsbeginn wurden die bis dahin undurchforsteten Bestände durch 4 m breite Rückegassen im 30-m-Abstand erschlossen. In die dann verbleibenden Bestandsstreifen wurden rund 0,1 ha große Parzellen gelegt und in diesen eine Reihe verschiedener Durchforstungsverfahren wie Protzenentnahme, Auslesedurchforstung und verschiedene Z-Baumvarianten mit und ohne Astungen erprobt. Alle Varianten wurden zwei- bzw. dreimal wiederholt (Huss 1983).

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Die Kiefernwirtschaft hat aufgrund verbesserter Wachstumsverhältnisse an forstwirtschaftlichem Interesse gewonnen. Durch waldbauliche und technische Maßnahmen lässt sich bei den meisten Beständen wertvolles Starkholz produzieren (Abbildung 11). Dies ist



Abbildung 11: Herrschende, 60-jährige Kiefer: links ohne Durchforstung, rechts fast hiebsreif nach langjähriger Freistellung Foto: R. Mosandl

vor allem mit Hilfe von Astungen sowie rechtzeitigen und intensiveren Durchforstungen möglich, die den Zuwachs beizeiten auf die qualitativ brauchbaren Vorwüchse konzentrieren. Das besondere Wuchsverhalten der Kiefer verlangt, dass diese Freistellungen und Astungen früher und stärker erfolgen, als das gemeinhin angenommen wird, in höherem Bestandsalter aber schwächer geführt werden müssen als üblich. Auch bei sehr starken Durchforstungen in Jungbeständen brauchen Volumenzuwachsverluste offenbar nicht befürchtet zu werden, vielmehr kann mit erheblichen Durchmesserzuzwüchsen gerechnet werden. Nach Modellkalkulationen wirkt sich eine Qualitätsminderung des Mittelstammstücks als Folge verlangsamter Astreinigung auf den Holzwert nicht nachteilig aus. Vielmehr wird der durchschnittliche Festmeterpreis durch die erhebliche Wertsteigerung, welche das Erdstammstück aufgrund des verstärkten Durchmesserzuzwuchses erfährt, angehoben. Schäden durch Schnee traten in den Versuchen zwar auf, betrafen durchweg jedoch nur unter- und zwischenständige Bäume. Wegen der starken Wuchsdynamik der Kiefern in früher Jugend sollte das Durchforstungsintervall unter zehn Jahren liegen, insbesondere wenn nachgeholt Pflegemaßnahmen nötig sind (Huss 1983).

Literatur

Huss, J. (1983): Durchforstungen in Kiefernjungbeständen. Forstwissenschaftliches Centralblatt 102, S. 1–17

Praxisversuch Kiefern-Durchforstung

Zielsetzung

Ergänzt wird der Kiefern-Durchforstungsversuch durch einen Praxisversuch, der durch unorthodoxes waldbauliches Vorgehen 1977 in Kiefernbeständen des ehemaligen Forstamts Tirschenreuth entstanden ist. Dieser Versuch wird seit 1987 zur Beantwortung folgender Fragestellungen wissenschaftlich begleitet:

- Wie entwickelt sich ein überdicht entstandener Kiefernbestand nach sehr starker Auslesedurchforstung?
- Wie ist die technische Qualität der ausgeführten Astung und wie läuft der Überwallungsprozess ab?
- Welche allgemeingültigen Schlüsse können aus den erarbeiteten Befunden für die Auswahl von Astungsbäumen gezogen werden?

Aufbau

Ausgangspunkt war ein aus Naturverjüngung hervorgegangener dichter Kiefernbestand. Im Alter von 35 Jahren ließ das Forstamt Tirschenreuth in einem Bestandsteil 425 Kiefern pro Hektar asten und durch starke Auslesedurchforstung freistellen. Dabei wurde die Hälfte des Vorrats entnommen. Der andere Teil des Bestands blieb unbehandelt. In den Folgejahren wurde die Freistellung der geasteten Bäume fortgesetzt: Im Jahr 1992 wurden dabei 20% und im Jahr 2003 40% der Grundfläche entnommen.

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Der Versuch führte bisher zu folgenden Ergebnissen (Burschel et al. 1989; Burschel et al. 1994):

- Die Durchmesserentwicklung und Qualität der Kiefer kann durch starke Baumzahlreduktion und Astung einer begrenzten Zahl von potenziellen Erntebäumen (nicht mehr als 200 Z-Bäume pro Hektar) in möglichst frühen Entwicklungsphasen gefördert werden.
- Die Astung ist nur bei Starkholzproduktion und nur für gute Ertragsklassen sinnvoll.
- Starke Durchforstungseingriffe verbessern die Widerstandsfähigkeit der Kiefer gegenüber abiotischen Risiken und erhöhen die Resilienz der Bestände durch das Entstehen einer zweiten Bestandsschicht. Die Einzelbaumstabilität ermöglicht lange Endnutzungszeiträume, so dass bei Entnahme des letzten Baums im Oberstand die Verjüngungsschicht bereits die Dickungs- und Starkholzphase erreicht hat. Eine Abkehr von der traditionell im Kahlschlag geführten Kiefernbestandswirtschaft ist damit möglich.



Abbildung 12: Gestufter Bestandsaufbau bestehend aus stark freigestellter, hiebsreifer 70-jähriger Kiefer und natürlich entstandenem Fichten-Nebenbestand

Foto: R. Mosandl

Literatur

Burschel, P.; Klumpers, J.; Binder, F. (1989): Durchforstung und Astung in einem Kiefernbestand. AFZ 44, S. 415–418

Burschel, P.; Boedicker, C.; Ammer, C. (1994): Kiefernbewirtschaftung. Moderne Kiefernwirtschaft, dargestellt am Beispiel eines Bestandes in der Bayerischen Oberpfalz. Teil I: Methodik, Standort und waldbauliche-ertragskundliche Ergebnisse. Der Wald, 44 (3), S. 82–85

Burschel, P.; Boedicker, C.; Ammer, C. (1994): Kiefernbewirtschaftung. Moderne Kiefernwirtschaft, dargestellt am Beispiel eines Bestandes in der Bayerischen Oberpfalz. Teil II: Betriebswirtschaftliche Betrachtungen und Diskussion. Der Wald, 44 (4), S. 116–119

Fichtelgebirge

Der Nordosten Bayerns war im 20. Jahrhundert durch starke Schwefeldioxid-Einträge belastet. Die fast reinen Fichtenwälder im ursprünglich von Mischwäldern bedeckten Fichtelgebirge wurden dadurch erheblich geschädigt. Von forstwirtschaftlicher Seite sollte mit Hilfe eines Sanierungs- und Verjüngungsprogramms einem drohenden Zerfall der Wälder im Fichtelgebirge begegnet werden.

Aufforstung in Waldschadensgebieten

Zielsetzung

Im Rahmen eines von den Alpen bis in den Frankенwald reichenden Versuchs wurden waldbauliche Maßnahmen geprüft, die zu einer Stabilisierung des Waldes beitragen könnten. Von den Beobachtungsflächen wurde die 1985 angelegte Versuchsanlage im Fichtelgebirge bis jetzt fortgeführt. Die Untersuchung verfolgt dabei folgende Ziele:

- Welche Baumarten sind für die Wiederbestockung von Schadflächen geeignet?
- Haben Pflanzung oder Saat unter dem Schirm einer vorhandenen, vermutlich meist aber nicht mehr lang zu haltenden Restbestockung Vorteile gegenüber der Aufforstung auf Freiflächen?
- Können Vitalität und Wachstum der Verjüngung durch Düngung und/oder Regelung der interspezifischen Konkurrenz gefördert werden?

Aufbau

Der Versuch besteht aus je zwei Blöcken mit je drei Versuchspartellen im übershirmten Bereich und auf der Freifläche. Von den drei Versuchspartellen wurden je zwei mit 40 dt/ha kohlenurem Magnesiakalk gedüngt. Ergänzend wurde der komplette übershirmte Bereich im Zuge einer großräumigen Düngungsaktion der Bayerischen Staatsforstverwaltung 1989 zusätzlich mit 30 dt/ha Magnesiakalk gedüngt. Jede Versuchspartelle wurde mit den Baumarten Weißtanne, Fichte, Lärche, Rotbuche, Bergahorn und Eberesche in Kleinflächen bepflanzt und jeweils zur Hälfte die Bodenvegetation mechanisch bekämpft. Auf jeder Versuchspartelle wurde in einem Kontrollstreifen die aufkommende Naturverjüngung untersucht.

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Aus den Versuchsergebnissen zu Beginn der 1990er Jahre konnten folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Kalkungen können die Folgen der Schadstoffeinträge nicht kompensieren.
- Die Buche sollte als natürlich vorkommende Baumart am Bestandsaufbau beteiligt werden. Die damals üblichen, naturfernen Bestockungsziele mit fast reiner Fichte sollten in Zukunft nicht mehr verfolgt werden.
- Eine Beseitigung der Bodenvegetation ist nicht notwendig, wenn gutes Pflanzmaterial verwendet wird.
- Der Verbiss ist zu reduzieren.

Nach 25-jähriger Beobachtungszeit erbrachte der Anbau der verschiedenen Baumarten folgende Ergebnisse:

- Die Lärche ist auf der Freifläche die wüchsigste Baumart, auf den flachgründigen Böden jedoch durch Windwurf gefährdet.
- Die Tanne ist auf der Versuchsfläche eine wuchstarke, der Fichte nahezu gleichwertige Baumart, die gegenüber der Fichte weniger Wipfelbrüche aufweist.
- Die Fichte hat ein hohes Wachstumspotenzial und Überlebensprozent, ist aber schadanfällig insbesondere im Hinblick auf zu erwartende Klimaänderungen.
- Die Buche ist vital und zeigt ein hohes Überlebensprozent auch unter dem erhalten gebliebenen Schirm.
- Der Bergahorn wächst auf den Schirmflächen besser als auf der Freifläche und zeigt sich im Höhenwachstum der Buche unter Schirm überlegen. Er fällt zum Teil jedoch flächig aus.
- Die Eberesche hat mit fast 40% die höchste Überlebensrate. Sie zeigt unabhängig von der Übershirmung vergleichbare Wachstumsraten.

Literatur

Binder, F. (1992): Aufforstung in Waldschadensgebieten – Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung von Beständen im Frankенwald, Fichtelgebirge und in den Bayerischen Kalkalpen. Forstliche Forschungsberichte München 119, 224 S.

Hübner, C. (2010): Entwicklung künstlicher Verjüngung auf ehemaligen Waldschadensflächen im Fichtelgebirge. Diplomarbeit, Technische Universität München, 75 S.

Fränkische Platte und Spessart

Für die Landeskultur Unterfrankens kennzeichnend sind artenreiche, in unterschiedlichen waldbaulichen Betriebsarten bewirtschaftete Eichenwälder. Die historisch weit verbreitete Mittelwaldwirtschaft gewinnt heute wieder an Bedeutung und bedarf einer genaueren waldbauwissenschaftlichen Grundlage. Die traditionelle Erzeugung von Qualitätsholz im Hochwald ist heute nicht mehr konkurrenzfähig und benötigt neue Pflegekonzepte. Umfangreiche waldbauliche Versuche in Mainfranken sollen hierzu empirisch basierte Erkenntnisse liefern.

Eichenpflegeversuch

Zielsetzung

Oberste Zielsetzung in der forstlichen Bewirtschaftung von Eichenforsten ist die Wertholzproduktion. Die Art und Weise, wie dieses Ziel erreicht werden soll und kann, ist hingegen umstritten. Zwar gibt es verschiedene Untersuchungen zur Wuchsreaktion der Eiche auf unterschiedliche Durchforstungsstärken, doch sind diese Untersuchungen meist in älteren Beständen (>100 Jahre Bestandsalter) angesiedelt. Das einzige bislang wirklich belegte durchgehende Eichenproduktionsprogramm in Deutschland ist die negative Auslese, wie sie in den unterfränkischen Eichennachzuchtgebieten seit Jahrhunderten durchgeführt wird. Dieses Pflegekonzept ist bewährt, doch erfordert es sehr lange Umtriebszeiten, die über 300 Jahre betragen können. Mit solch langen Kapitalbindungszeiträumen können nur schwerlich positive Erträge erwirtschaftet werden. Darum wurde 1984 der Traubeneichen-Pflegeversuch angelegt, um zu erforschen, inwieweit das Durchmesserwachstum der Eiche durch waldbauliche Eingriffe gefördert und der Produktionszeitraum abgekürzt werden kann und wie die Qualität der Traubeneiche sich dabei entwickelt.

Aufbau

Der Versuch beinhaltet drei Faktoren: Der erste ist der Standort, der auf zwei Stufen getestet wurde, zum einen auf Buntsandstein bei Rohrbrunn im Spessart und zum anderen auf Muschelkalk bei Kist auf der Fränkischen Platte. Der zweite Faktor ist die waldbauliche Wuchsklasse der Bestände, die mit drei Stufen vertreten ist: Dichtung, Stangenholz und geringes Baumholz. Auf Muschelkalk wurde 1984, als der Versuch angelegt wurde, kein geringes Baumholz gefunden, so dass dieser Teil des Experiments nur auf Buntsandstein existiert. Für die Auswahl der Bestände war maßgeblich, dass sie bis zum Beginn des Experiments noch nicht



Abbildung 13: Eichenpflege: Z-Baum (weiße Markierung) mit zu entnehmendem Bedränger (rote Markierung) Foto: A. Abt

gepflegt worden waren – also seit ihrer Saat keinen Eingriffen unterzogen wurden. Der dritte Faktor des Versuchs ist die waldbauliche Behandlung, von der es vier Ausprägungen gibt: In Kontrollflächen finden keine Eingriffe statt, hier wird die natürliche Entwicklung analysiert. In der Negativauslese werden nach traditioneller Art und Weise nur ungewünschte Schaftformen in den Durchforstungen entnommen. In den beiden anderen Varianten wurden Ausleseebäume identifiziert und diese positiv gefördert. Die beiden positiven Förderungsvarianten unterscheiden sich nach der Stärke der Entnahme in eine mit einer mäßigen und in eine mit einer starken Förderung der Eichen-Zukunftsbäume. Den Eichen ist in allen Beständen Buche zur Schaftpflege beigemischt. Der Versuch besteht aus insgesamt 40 Probeflächen: 5 Bestände (2 Dichtungen, 2 Stangenhölzer, 1 geringes Baumholz) × 4 Behandlungsvarianten × 2 Standorte.

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Das Experiment belegt die ungeheure Dynamik in Eichenbeständen, wonach sich die durch die Saat bedingten hohen Baumzahlen sehr schnell reduzieren. Es konnte gezeigt werden, dass die positive Förderung das

Durchmesserwachstum der Ausleseebäume erhöht (Abbildung 13), diese Wirkung mit zunehmendem Alter der Bestände jedoch schwächer ausfällt. Demnach sind substanzielle Zuwachsgewinne nur dort zu erwarten, wo sehr frühzeitig mit der Pflege begonnen wird. Der erhöhte Durchmesserzuwachs ist mit keiner Qualitätsverschlechterung verbunden, wie die 2012 an Ausleseebäumen vorgenommenen Aufnahmen zeigen. In jeder Pflegevariante auf jedem Standort konnten überdurchschnittlich gute Ausleseebäume gefunden werden, mit denen das Produktionsziel Furnierholz möglich erscheint. Lediglich in den Kontrollflächen auf Muschelkalk fällt die Eiche durch den Konkurrenzdruck der beigemischten Buche immer mehr aus, so dass hier mittelfristig mit einem Totalverlust der Eiche gerechnet werden muss.

Literatur

Abt, A.; Höllerl, S.; Mosandl, R. (2012): Bestandesentwicklung und Qualität von Z-Bäumen in Traubeneichenbeständen unterschiedlicher waldbaulicher Behandlung. Forstarchiv – Kurzbeiträge 83(5), S. 185

Ecker, J. (1992): Wirkungen unterschiedlicher Pflegemaßnahmen auf die Qualitätsentwicklung junger Eichensaatbestände. Diplomarbeit LMU München

El Kateb, H.; Felbermeier, B.; Höllerl, S.; Mosandl, R. (2006): Growth and quality of young sessile oak stands under different tending concepts. *Silvicultural Experiments* 1, 8 S.

Küster, B. (2000): Die Auswirkung unterschiedlicher waldbaulicher Behandlungen auf das Wachstum und die Qualitätsentwicklung junger Traubeneichen (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Forstliche Forschungsberichte München* 179, 223 S.

van Laar, A.; Mosandl, R. (1989): Durchmesserverteilungen in Eichenjungbeständen. *Allg. Forst- u. J.Ztg.* 160, S. 189–194

Mosandl, R.; Burschel, P.; Sliwa, J. (1988): Die Qualität von Ausleseebäumen in Eichenjungbeständen. *Forst und Holz* 43(2), S. 37–41

Mosandl, R.; El Kateb, H.; Ecker, J. (1991): Untersuchungen zur Behandlung junger Eichenbestände. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 110, S. 358–370

Mosandl, R.; Paulus, F. (2002): Rationelle Pflege junger Eichenbestände. *AFZ-DerWald* 11, S. 581–584

Schmidt, M. (2003): Eine betriebswirtschaftliche Analyse verschiedener waldbaulicher Behandlungskonzepte für die Baumart Eiche. Diplomarbeit TU München

Sliwa, J. (1986): Die Qualität der Ausleseebäume in Eichenjungbeständen. Diplomarbeit LMU München

Mittelwaldversuch

Zielsetzung

Mittelwälder sind heute weitgehend aus unserer Landschaft verschwunden. Im Mittelalter dominierten sie auf großer Fläche, wurden jedoch aufgrund unbefriedigender Wert- und (Bauholz-)Massenleistung später in Hochwald umgewandelt. In Unter- und Mittelfranken haben sich aber einige Mittelwälder erhalten, die mit Rechten belastet waren und dadurch nicht umgewandelt werden durften. In den letzten Jahren ist das Interesse am Mittelwald aus forstlicher und naturschutzfachlicher Sicht wieder gestiegen. Einerseits kann im Mittelwald viel Brennholz produziert werden – in Zeiten von Energieknappheit ein wichtiges forstliches Produkt – andererseits stellt der Mittelwald vielen bedrohten Arten Refugien zur Verfügung, die sich in Hochwäldern nicht finden.

Das waldbauliche Wissen über Mittelwälder ist sehr beschränkt und stützt sich größtenteils auf qualitative Aussagen des 19. Jahrhunderts. Zur Untermauerung dieses empirischen Wissens mit quantitativen Daten wurden im Jahr 2007 dauerhafte Versuchsflächen eingerichtet (Abbildung 14). Darüber hinaus wurden junge Eichen, so genannte Lassreitell, in einigen Parzellen des Versuchs geastet, um zu erkunden, ob sich dadurch die Wertleistung im Mittelwald erhöhen lässt.

Aufbau

Der Versuch wurde auf zwei Standorten angelegt: bei Iphofen in Hanglage und bei Weigenheim in der Ebene. Auf jedem Standort wurden drei Behandlungsvarianten mit jeweils einer Wiederholung realisiert: In Variante 1 erfolgen keine Unterholztriebe mehr und die passive Überführung in Hochwald wird beobachtet. In Variante 2 wurden ortstypische Hiebe durch die ortsansässigen Rechtlergemeinschaften durchgeführt, um zu eruieren, wie das tradierte Handeln Mittelwaldstrukturen beeinflusst. In Variante 3 wurde ein Mittelwaldhieb in Anlehnung an Vorgaben des 19. Jahrhunderts durchgeführt und alle Eichenlassreitell geastet. Der Versuch besteht aus zwölf Parzellen (2 Standorte × 3 Behandlungsvarianten × 2 Wiederholungen). Jede Versuchsparzelle ist 0,25 ha groß.

Wichtigste Ergebnisse und Veröffentlichungen

Es zeigte sich, dass die lokal üblichen Mittelwaldhiebe in Franken differenziert ausfallen, was in sehr unterschiedlichen Struktur- und Vorratswerten der Bestände mündete. Einige Bestände sind so vorratsreich, dass sie eher Hochwäldern ähneln als Mittelwäldern. Die Verjüngungsfreudigkeit der Bestände überraschte, da fünf Jahre nach dem Stockhieb teilweise über 220.000



Abbildung 14:
Junger Mittelwald mit
Lassreiteln (links) und
Kernwüchsen (rechts)

Foto: A. Abt

Jungpflanzen pro Hektar festgestellt wurden, der allergrößte Teil davon war generativer Natur. Im Untersuchungsgebiet konnte nachgewiesen werden, dass mit steigendem Eichenstockdurchmesser die Anzahl von Stockausschlägen zunahm und dass in vorratsreichen Beständen die Verjüngung niedriger war als in vorratsarmen Beständen. Die Astung der Eichenlassreiteln auf 6m Stammhöhe erbrachte keinen Erfolg, denn alle Eichen bildeten Wasserreiser, und die astfreie Schaftlänge fiel teilweise auf unter 2m. Die Lassreiteln wurden 2013 erneut geastet, um die Reaktion der Bäume auf eine wiederholte Astung untersuchen zu können.

Literatur

Bewer, A. (2013): Wachstum, Qualitätsentwicklung und Verjüngung von Mittelwäldern in Franken. Masterarbeit, Technische Universität München

Mosandl, R.; Summa, J.; Stimm, B. (2010): Coppice-With-Standards: Management options for an ancient forest system. *Forestry Ideas* 39 (16/1), S.65–74

Summa, J. (2007): Waldbauliche Versuche in Mittelwäldern Frankens. Diplomarbeit, Technische Universität München

Summa, J.; Mosandl, R. (2009): Waldbauliche Untersuchungen zur Qualität von Mittelwald-Lassreiteln. *AFZ-DerWald* 6, S. 296–299

Keywords: Silviculture, trial, forest tending, thinning, forest regeneration

Summary: Silviculture experiments are effective instruments to gain scientific knowledge about the complex mechanism of forest ecosystems in order to develop reliable and valid silvicultural techniques for forest management. Based on management objectives, research questions, and public demands, scientists at the Institute of Silviculture, Technische Universität München have been studying the response of forest ecosystems to the silvicultural treatments for many decades. Knowledge obtained from scientifically based research is used to derive silvicultural guidelines. The described experiments cover all commercial tree species within their main distribution in Bavaria.
