

Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

FAST: *Fagus sylvatica* im Trockenstress: Entwicklung von evolutionärem Management als Anpassungsmaßnahme für den Klimawandel

Projektlaufzeit: Aug. 2022 – Jan. 2026

Prof. Markus Pfenninger (Projektleitung), Dr. Barbara Feldmeyer, Linda Eberhardt
Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum (SBIK-F)

1. Zusammenfassung

Fragestellung

Die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) ist die prägende Baumart der potenziell natürlichen Vegetation in Mitteleuropa und von überragender ökologischer sowie ökonomischer Bedeutung. Die zunehmenden Dürreperioden der letzten Jahre haben jedoch zu einem besorgniserregenden Vitalitätsverlust geführt. Das Projekt-FAST untersuchte, inwieweit die genetische Anpassungsfähigkeit der Buche ausreicht, um mit dem rasanten Klimawandel Schritt zu halten, und welche Managementstrategien diese Anpassung fördern oder behindern.

Projektziel

In diesem Projekt sollte ein praxisorientiertes evolutionäres Management für die Rotbuche entwickelt werden. Ziel dieses Managements ist es, den Anteil dürreresistenter Buchen in den hessischen Wäldern zu erhöhen und damit die Funktion der Buchenwälder für Ökologie, Ökonomie und Gesellschaft langfristig zu erhalten. Dazu sollte die Effizienz verschiedener Maßnahmen zur Steigerung des Anteils dürreresistenter Buchen in hessischen Wäldern mit populationsgenomischem Monitoring, Experimenten und Modellierung evaluiert werden, um aus den Ergebnissen Handlungsempfehlungen für die Forstpraxis und Erkenntnisse zur Politikberatung zu generieren.

Zentrale Ergebnisse

Die zentralen Ergebnisse der genomischen Untersuchungen an hessischen Buchenbeständen sind ebenso überraschend wie ermutigend. Entgegen der bisherigen Annahme, dass evolutionäre Prozesse bei langlebigen Bäumen zu langsam für den aktuellen Klimawandel ablaufen, zeigt der Bericht:

- **Beschleunigte Evolution:** Es findet bereits jetzt eine massive natürliche Selektion statt. Die junge Generation (Naturverjüngung) unterscheidet sich genetisch bereits signifikant von der Altbaumschicht.
- **Hoher Selektionsdruck:** Die Studie dokumentiert Selektionskoeffizienten, die zu den höchsten jemals im Freiland gemessenen Werten gehören. Das bedeutet, dass Individuen mit Erbanlagen für Dürretoleranz derzeit einen massiven Überlebensvorteil haben.

- **Genetische Antwort:** Die Buche „antwortet“ unmittelbar auf die veränderten Umweltbedingungen. Während die alten Bäume noch unter Bedingungen keimten, die heute nicht mehr existieren, ist der Nachwuchs bereits auf das neue Klima „vorselektiert“.

Der Bericht stellt klar, dass die Widerstandsfähigkeit der Buchenwälder nicht durch technische Eingriffe, sondern durch die Förderung natürlicher Prozesse erreicht wird.

- **Naturverjüngung fördern:** Die wichtigste Maßnahme ist die konsequente Nutzung der Naturverjüngung. Nur wenn Millionen von Keimlingen auf einer Fläche konkurrieren, kann die natürliche Selektion die fittesten Genotypen für den jeweiligen Standort auswählen.
- **Erhalt der genetischen Vielfalt:** Jede Form von Kahlschlag oder starker Ausdünnung, die die Samenproduktion unterbricht, schwächt das evolutionäre Potenzial des Waldes.
- **Sanfte Steuerung:** Ein resilientes Management sollte darauf abzielen, dürreempfindliche Individuen (die oft schon frühzeitig Schäden zeigen) vorrangig zu entnehmen, um den Anteil stresstoleranter Bäume in der nächsten Generation zu erhöhen.

Ein zentrales Ergebnis für Entscheidungsträger ist der wirtschaftliche Vergleich verschiedener Strategien.

- **Kostenvorteil Natur:** Die naturnahe Waldbewirtschaftung, die auf die Selbstregulation des Systems setzt, ist die wirtschaftlich günstigste Methode. Sie vermeidet die enormen Kosten für Pflanzmaterial, Zäunung und manuelle Pflege.
- **Risikominimierung:** Da sich die Naturverjüngung von Beginn an optimal an die lokalen Boden- und Lichtverhältnisse anpasst, ist das Risiko von Totalausfällen – wie sie bei Pflanzungen oft beobachtet werden – minimal.
- **Langfristige Wertschöpfung:** Resiliente Bestände sichern die Holzproduktion der Zukunft. Der Bericht zeigt, dass die evolutionäre Anpassung nicht nur das Überleben sichert, sondern auch das Wachstum unter Stressbedingungen stabilisiert.

Auf Basis dieser Studie und der Literatur zeigt der Bericht, dass drei häufig diskutierte Maßnahmen sich in den Simulationen und Feldversuchen als hochriskant oder schädlich erwiesen haben:

1. **Aufforstung mit Baumschul-Setzlingen:** Diese Pflanzen wurden unter Optimalbedingungen (Bewässerung, Düngung) gezogen. Sie haben die „harte Schule“ der natürlichen Selektion auf der Fläche nicht durchlaufen. Die Mortalitätsraten sind oft extrem hoch, und die genetische Basis ist im Vergleich zur Naturverjüngung winzig.
2. **Assistierte Migration:** Das Einbringen von Saatgut aus südlicheren, vermeintlich trockeneren Regionen ist riskant. Diese Herkünfte sind oft nicht an die lokalen Frostereignisse oder Tageslängen angepasst (Phänologie-Problem).
3. **Ersatz durch Fremdarten:** Der Versuch, die heimische Buche durch die Orientbuche (*Fagus orientalis*) oder Hybride zu ersetzen, ist zum Scheitern verurteilt. Im Projekt zeigten Hybride eine Überlebensrate von lediglich 4 %. Solche Ansätze führen zu einer genetischen Instabilität und zum Verlust lokaler Anpassungen.

Das im FAST-Projekt entwickelte Verfahren – die Kombination aus Genom-Analyse, Phänotypisierung durch Fernerkundung und evolutionärer Modellierung – ist ein mächtiges Werkzeug für die Forstplanung.

- **Transfer auf andere Arten:** Es ist dringend erforderlich, diesen Ansatz auf andere Schlüsselbaumarten wie Eiche, Tanne oder Edellaubholz zu übertragen. Nur so können wir verstehen, welche Arten „aus eigener Kraft“ überleben können und wo echtes Management nötig ist.
- **Günstige Vorsorge:** Die Kosten für die Ausweitung dieser Forschung sind im Vergleich zu den drohenden Verlusten durch Waldsterben und teure Fehlplanungen (Pflanzprogramme) marginal.
- **Politischer Impuls:** Staatliche Mittel sollten, zumindest hinsichtlich der Rotbuche, weniger in die Subventionierung von Neupflanzungen fließen, sondern verstärkt in den Schutz natürlicher Prozesse und die Qualifizierung des Forstpersonals im Hinblick auf evolutionäres Management.

Der Wald ist kein statisches Museum, sondern ein dynamisches System. Der Abschlussbericht FAST belegt, dass wir die Krise der Buche am besten bewältigen, indem wir der Natur die Regie überlassen. Die Buche passt sich an – wir müssen ihr lediglich den Raum und die Zeit dafür geben. Ein evolutionär orientiertes Management ist der einzige wissenschaftlich fundierte Weg zu einem dauerhaften Erhalt unserer Waldökosysteme, der gleichzeitig ökonomisch vernünftig ist.

2. Handlungsempfehlungen

Ziel des Projekts war es, klare Handlungsempfehlungen für nachhaltige Managementstrategien von Buchenwäldern zu geben, die sowohl forstliche Belange als auch die Anpassung an den Klimawandel und die langfristige Erhaltung des evolutionären Potentials von der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) berücksichtigt. Die Ergebnisse lassen sich durch die Abwägung der Vor- und Nachteile direkt in praxismgerechte Handlungsempfehlungen umsetzen:

Tabelle: Handlungsempfehlungen aus dem Projekt FAST.

Management-strategie	Vorteile	Nachteile	Empfehlung
Resistente Samen	-größter Selektionseffekt -früheste Schlagreife -höchste Überlebensrate	-extremer Verlust genetischer Variabilität -hohe Kosten für Samengeneration, Flächenvorbereitung und Ausbringung	Für Flächen, bei denen eine Naturverjüngung nicht möglich ist (z.B. große Kalamitätsflächen)
Naturverjüngung mit verstärkter Selektion	-starker Selektionseffekt -frühe Schlagreife -hohe Überlebensrate	-(geringer) Verlust genetischer Variabilität -Aufwand für Monitoring	Empfohlenes Standardmanagement für den Wirtschaftswald
Naturverjüngung	-starker Selektionseffekt -frühe Schlagreife -keine Verluste genetischer Variabilität -geringe Managementkosten	-moderate Überlebensrate	Für Flächen, bei denen die wirtschaftliche Verwertung nicht im Vordergrund steht
Aufforstung mit Dürre-resistenten Setzlingen	- keine	-kein Selektionseffekt -späte Schlagreife -geringe Überlebensrate -hoher Verlust genetischer Variabilität -hohe Kosten für Anzucht, Auswahl, Ausbringung, Schutz und Pflege	Nicht zu empfehlen