

Generhaltung in bestehenden Waldreservaten

Andreas Rudow Institut für Terrestrische Ökosysteme, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (CH)*

Aufgrund des Klimawandels ist die Erhaltung forstlicher Genressourcen von zunehmender Bedeutung. Wie das Projekt «Generhaltungsgebiete Schweiz» anhand von exemplarisch ausgewählten Baumarten zeigt, kann ein pragmatischer Ansatz, der sich auf bestehende Waldreservate abstützt, durchaus zweckmässig sein. Das Pilotprojekt weist erste konkrete Generhaltungsgebiete aus und liefert einen Mechanismus, um diese unter Mitwirkung der Kantone zu evaluieren und zu etablieren. Der Beitrag gibt einen Überblick über bisherige Ergebnisse und das weitere Vorgehen.

doi: 10.3188/szf.2016.0341

* Universitätstrasse 16, CH-8092 Zürich, E-Mail andreas.rudow@env.ethz.ch

Die Artenvielfalt der Waldbäume und ihre genetische Vielfalt werden als forstliche Genressourcen bezeichnet. Als Gerüstarten der Waldökosysteme bilden die Baumarten die Grundlage der Waldbiodiversität. Sie sind Garant für die Anpassungsfähigkeit unserer Wälder und damit für die nachhaltige Sicherung von Waldleistungen. Angesichts des Klimawandels sind Anpassungsfähigkeit und genetische Vielfalt von besonderem Interesse (Pluess et al 2016). Das Alpenland Schweiz ist für die Erhaltung forstlicher Genressourcen auch gesamteuropäisch von Bedeutung. Im Alpenbogen kommen etliche Arten des borealen Nadelwaldes endemisch vor. Zudem fördern spezielle Kombinationen von Standortfaktoren und die topografisch bedingte räumliche Isolation in Taltschaften die ökologische und somit die genetische Differenzierung (Rudow 2012; Abbildung 1).

Die frühere schweizerische Arbeitsgruppe Genreservate hat die Idee der Ausscheidung von Erhaltungsgebieten für forstliche Genressourcen in der Schweiz schon in den 1980er-Jahren lanciert. Jedoch erwies sich der angestrebte konservative, d.h. statische Schutz von Genressourcen in Genreservaten nicht als zweckmässig. Die vertragliche Sicherung und die Einschränkungen für die Waldbewirtschaftung waren nur schwer zu realisie-

ren. Zudem stellten Erkenntnisse zum Genfluss über weite Distanzen (Pollen- und Samentransport) die Zielsetzung zunehmend infrage. Mit dem Projekt «Generhaltungsgebiete Schweiz» von ETH Zürich und Bundesamt für Umwelt (BAFU) wird heute eine paneuropäisch koordinierte, dynamische In-situ-Erhaltung in Generhaltungsgebieten verfolgt.

Durch das europäische Programm für forstliche Genressourcen (EUFORGEN)

wurde in den letzten Jahren der Grundstein für die dynamische Generhaltung entwickelt (Schueler & Konrad 2016, dieses Heft). Zentrales Instrument ist die europäische Datenbank EUFGIS, auf welcher die Strategien zur In-situ-Erhaltung in Generhaltungsgebieten sowie zum genetischen Monitoring aufbauen. Generhaltungsgebiete sollen die genetische Vielfalt wesentlicher Teilpopulationen einer Art umfassen. In Generhaltungsgebieten werden natürliche Fortpflanzungs-, Anpassungs- und Migrationsvorgänge zugelassen und durch Monitoring erfasst. Die Früherkennung demografischer und genetischer Veränderungen ermöglicht eine nachhaltige Sicherung und verbessert das Verständnis der komplexen Prozesse in den Teilpopulationen sowie den alle Teilpopulationen umfassenden Metapopulationen unserer Baumarten.

Rechtsgrundlage auf nationaler Ebene bildet die Waldgesetzgebung betreffend forstliches Vermehrungsgut, Förderung der biologischen Vielfalt des Waldes und Förderung von Forschung und Entwicklung. Die Strategie Biodiversität Schweiz bekräftigt mit dem strategischen Ziel 7.4 die generelle Bedeutung der Erhaltung von genetischer Diversität und von Genressourcen (BAFU 2012). Die Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald erläutert die Ausscheidung von Generhaltungsgebieten (Imesch et al 2015). Ein nationales Konzept «Forstliche Genressourcen und



Abb 1 Oberes Murgtal (SG; im Bild) und angrenzendes Mürttschental (GL) umfassen zusammen die grösste Reliktpopulation der Arve (*Pinus cembra*) auf der Alpennordseite mit über 20 000 Individuen.

Klimawandel» ist in Entwicklung. Dieses Engagement entspricht den internationalen Verpflichtungen der Schweiz. Die Stossrichtung der Generhaltung und der paneuropäischen Zusammenarbeit ist durch die Europäische Forstministerkonferenz festgelegt (Rudow et al 2013) und wird mit der jüngsten Resolution weiter konkretisiert (Forest Europe 2015).

Pilotprojekt «Generhaltungsgebiete Schweiz» (2013–2015)

In der Schweiz gelten 45 Baumarten als einheimisch. Davon wurden für ein Pilotprojekt sieben Baumarten ausgewählt (Tabelle 1). Die Auswahl orientiert sich primär an der Bedeutung für die Schweiz (z.B. Hauptbaumarten) und an paneuropäischen Vorgaben (EUFORGEN-Modellarten). Die Vorkommen der Hauptbaumarten werden durch die Daten des Landesforstinventars (LFI) relativ gut abgebildet. Doch für Verbreitungsmuster und Demografie von Nebenbaumarten ist die Auflösung des LFI zu gering, sodass

Projektphase	Baumarten	Einheimische Baumarten	Hauptbaumarten	EUFORGEN-Modellarten
Pilotprojekt	<i>Abies alba</i>	1	1	1
	<i>Fagus sylvatica</i>	1	1	1
	<i>Picea abies</i>	1	1	1
	<i>Pinus cembra</i>	1	1	1
	<i>Populus nigra</i>	1		1
	<i>Sorbus torminalis</i>	1		1
	<i>Taxus baccata</i>	1		
Folgeprojekt	<i>Acer pseudoplatanus</i>	1	1	
	<i>Fraxinus excelsior</i>	1	1	1
	<i>Larix decidua</i>	1	1	
	<i>Pinus sylvestris</i>	1	1	1
	<i>Quercus petraea</i>	1	1	1
	<i>Quercus robur</i>	1	1	
	<i>Quercus pubescens</i>	1		
	<i>Castanea sativa</i>	1	1	1
	<i>Pinus uncinata</i>	1	1	
	<i>Populus tremula</i>	1		1
	Weitere einheimische Nebenbaumarten	28		
	Weitere EUFORGEN-Modellarten (mediterranean)		(3)	3
Anzahl	45	12	14	

Tab 1 Ausgewählte Baumarten nach Projektphasen und Auswahlkriterien.

Bereiche	Kriterien	Indikatoren
Relevanz (Eignung in Bezug auf Bedeutung innerhalb der Metapopulation)	Gesamtverbreitung	1. Zugehörigkeit zu Kernpopulation oder zu Randpopulation mit speziellen Standortfaktoren
	Geschichte (species history)	
	Potenzielle ökologische Differenzierung	2. Zugehörigkeit zu Verwandtschaftsgruppe oder zu genetisch besonderer Teilpopulation (Diversität, Allele)
Repräsentanz (Eignung in Bezug auf Bestockung)	Populationsgrösse	3. Individuenreiche Bestockung der Zielbaumart (Hauptbaumarten >10 000 Individuen, Nebenbaumarten oder Randpopulationen >500 Individuen)
	Autochthonie	
	Lokale ökologische Diversität	
Nachhaltigkeit (Eignung in Bezug auf langfristige Sicherung)	Pufferkapazität	5. Starke Pufferung innerhalb des Gebiets (Perimeter >500 ha, vertikaler Puffer >500 m, grosse Standortvielfalt)
	Schutzgebietstyp	6. Bei Nebenbaumarten oder Randpopulationen möglichst hoher Anteil Sonderwaldreservat
Einschränkungen (Eignungsdefizit durch reduzierte Umsetzbarkeit)	Organisatorische Rahmenbedingungen	7. Ausschluss grundsätzlicher Einschränkungen aufgrund von Eigentümerschaft und Zielkonflikten

Tab 2 Bereiche, Kriterien und Indikatoren der Eignung von Waldreservaten als Generhaltungsgebieten.

ergänzende Inventurdaten notwendig sind (Rudow et al 2006). Zu den ausgewählten Baumarten existieren teilweise genetische Daten, welche kombiniert mit klassischen paläoökologischen Analysen (Pollen, Makroreste) Aufschluss über genetische Struktur und mögliche Einwanderungsrouten der Teilpopulationen geben (Gugerli & Sperisen 2010).

Datengrundlage bezüglich des Perimeters von Generhaltungsgebieten bildet die nationale Waldreservatsdatenbank. Dabei gilt, dass Generhaltungsgebiete keine neuen Einheiten begründen und Waldreservate nicht in Teilflächen zerschneiden, sondern einem oder mehreren aneinander angrenzenden oder zumindest nahe beieinander gelegenen Waldreservaten entsprechen. Waldreservate können so das Prädikat «Generhaltungsgebiet» für eine oder mehrere Zielbaumarten erhalten. Entsprechend der Dominanz der Baumart ist der Waldreservattyp von Bedeutung (sog. MCPFE- resp. heute Forest-Europe-Waldschutzklassen). Für dominierende Hauptbaumarten können Naturwaldreservate geeignet sein (Waldschutzklasse 1.2), sofern sie gross genug sind. Idealerweise umfassen sie mehrere 100 ha. So werden eine hohe standörtliche Vielfalt und oft auch ein grosser Höhengradient erreicht (Pufferung). Ausserdem sind so

auch vermehrt günstige Altersklassenverteilungen und kaum fehlende Verjüngungsflächen anzutreffen. Für konkurrenzschwache Nebenbaumarten sowie Randpopulationen von Hauptbaumarten sind dagegen Sonderwaldreservate (Waldschutzklasse 1.3) oder Komplexwaldreservate zweckmässig, damit bei Bedarf Fördermassnahmen möglich sind.

Um abzuschätzen, ob sich Waldreservate als Generhaltungsgebiete eignen, wurden national verfügbare Daten und gutachtliche Einschätzungen zu den Zielbaumarten in den Waldreservatsperimetern zusammengestellt. Daraus wurden sieben Indikatoren zur Eignung und Priorisierung von Waldreservaten abgeleitet und mit diesen dann die prioritären Generhaltungsgebiete identifiziert (Tabelle 2). Von 88 Teilpopulationen der sieben Pilotbaumarten, die aus nationaler Sicht zu berücksichtigen sind, werden 60 durch bereits bestehende Waldreservate gut repräsentiert (Abbildung 2). Die Abdeckung von 68% ist angesichts der breiten Artenpalette, inkl. seltener Nebenbaumarten, beachtlich. Fünf der bestehenden Lücken betreffen die Zielbaumart *Populus nigra* und fallen in Auengebiete von nationaler Bedeutung, die nicht als Waldreservate ausgewiesen sind. Diese und zehn weitere Lücken könnten

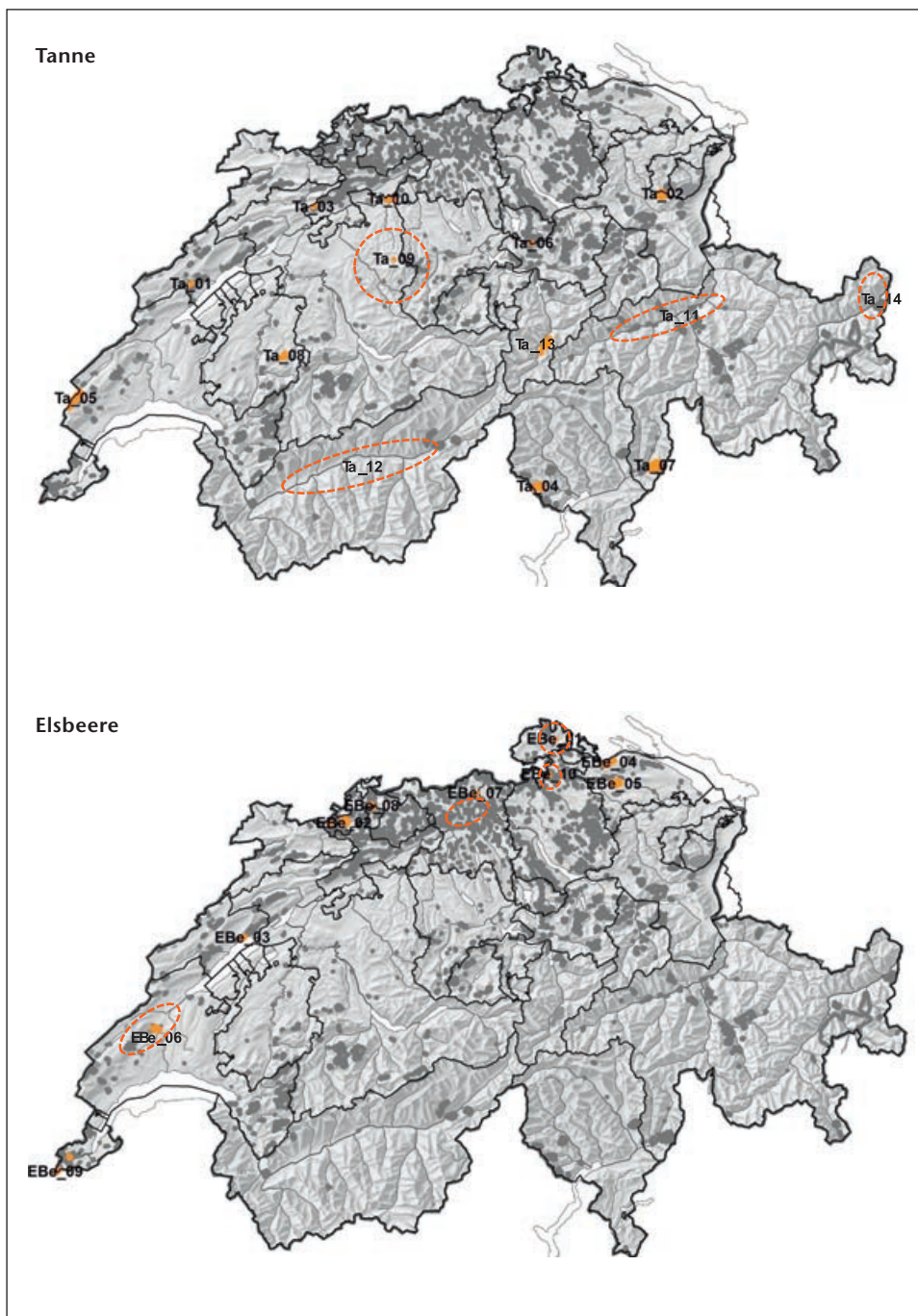


Abb 2 Waldreservate (dunkelgrau, Stand 2014) mit prioritären Generhaltungsgebieten (gelb) für Tanne (*Abies alba*, Ta 1–14) und Elsbeere (*Sorbus torminalis*, EBe 1–9). Lücken ohne ausreichende Abdeckung der Zielpopulation durch bestehende Waldreservate sind mit orangen Kreisen gekennzeichnet.

durch ergänzende Waldreservate abgedeckt werden. Für dreizehn Lücken ist das jedoch kaum möglich (14%). Dies betrifft Teilpopulationen seltener, meist nur einzeln beigemischter Nebenbaumarten wie *Sorbus torminalis* sowie Teilpopulationen inneralpiner Reliktareale von Hauptbaumarten wie *Abies alba* (Abbildung 2). Sie könnten lediglich in Perimetern von mehreren 1000 ha gefasst werden. Dafür wird ein ergänzender grossflächiger Modus mit grossräumiger, dafür abgeschwächter Sicherung auf Stufe Waldentwicklungsplanung vorgeschlagen.

Die Evaluation und Etablierung von Generhaltungsgebieten in bestehenden Waldreservaten erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Kantonen. Das Vorgehen umfasst den Prozess von der Aufbereitung der Datengrundlage bis zur Sicherung der Generhaltungsgebiete durch Eintrag in den nationalen Generhaltungsgebiete-Kataster. Das Verfahren hat sich bewährt und soll als Standardmechanismus für die Evaluation und Etablierung von Generhaltungsgebieten weiter verwendet werden (Tabelle 3). Das Projekt «Generhaltungsgebiete Schweiz» berät die Kantone bei der Umsetzung und entwickelt bei Bedarf nationale Standards zur Umsetzung gemeinsam mit den Kantonen sowie anhand der konkreten Generhaltungsgebiete aus dem Pilotprojekt.

Projektfortsetzung mit weiteren Baumarten (2016–2019)

Die Etablierung von Generhaltungsgebieten der sieben Pilotbaumarten wird im Folgeprojekt fortgesetzt. Zudem werden sieben weitere Baumarten einbezogen (Tabelle 1). Damit können unsere wichtigsten Hauptbaumarten und gleichzeitig ein Grossteil der aktuellen EUFORGEN-Modellarten bearbeitet werden.

Während durch das pragmatische Vorgehen bisher zügig Ergebnisse bei der Priorisierung und Sicherung von Generhaltungsgebieten erzielt wurden, liegen für einige methodische Fragen zur Umsetzung erst Lösungsvorschläge vor. Diese Aspekte sollen im weiteren Projektverlauf anhand der konkreten Beispiele gesicherter Generhaltungsgebiete und ihrer Anforderungen geklärt werden. Dabei werden Kantone und Fachausschuss des Projektes einbezogen. Entsprechende Standards werden in die nächste Vollzugshilfe des BAFU zur Waldbiodiversität einfließen.

Schritt	Arbeiten	Akteure
Grundlagen	Dossier zu Baumarten Datenbank zu Waldreservaten	Projekt, Fachausschuss
Evaluation	Umfrage zur Vorevaluation möglicher geeigneter Waldreservate	Kantone
Priorisierung	Auswahl (Varianten) aufgrund nationaler Perspektive und Eignungskriterien	Projekt, Fachausschuss
Vernehmlassung	Umfrage zur Vernehmlassung prioritärer Generhaltungsgebiete	Kantone
Sicherung	Eintrag definitiver Generhaltungsgebiete in nationalen Kataster	Kantone, Projekt

Tab 3 Verfahrensschritte zur Etablierung von Generhaltungsgebieten.

- Rechtliche Sicherung der ergänzenden Zielsetzung Generhaltung in Waldreservaten: flexible Handhabung je nach bestehender Zielformulierung auf Stufe Vertrag, Schutzverordnung oder Pflegeplanung.
- Spezieller Modus bei geringer Verdichtungsstärke der Zielbaumart: Sicherung grosser Gebiete auf Stufe Waldentwicklungsplanung.
- Umsetzung von Massnahmen: Eine Plattform für Sammlung und Erfahrungsaustausch mit Förderungsmaßnahmen ist in Betracht zu ziehen.

In Gebieten zur dynamischen Generhaltung wird auf die Selbsterhaltung der Arten gesetzt. Das Zusammenspiel von Umweltveränderungen, Migration (innerhalb eines Gebietes z.B. durch Ausbreitung nach oben) sowie Anpassung auf Stufe Individuum und Population (Plastizität, Epigenetik, Genetik) ist sehr komplex. Hinzu kommen ökologische Interaktionen wie Konkurrenz, Frass, Schädlinge, Samenvektoren, Mykorrhiza etc., die ihrerseits durch Umweltveränderungen beeinflusst werden. Verlässliche Angaben über Reaktionen von Baumarten und ihren Populationen auf Umweltveränderungen sind heute nur über langfristige systematische Beobachtung und breit angelegte Experimente zu bekommen.

In Anlehnung an paneuropäische Strategien soll ein entsprechendes Monitoring repräsentative Information über effektive Veränderungen der Zielbaumarten liefern. Dabei wird auch die Verjüngung einbezogen. Testerhebungen in vier ausgewählten potenziellen Generhaltungsgebieten mit unterschiedlichen Bestockungsdichten der Zielbaumarten ergaben wertvolle Hinweise bezüglich Stichprobendesign in Abhängigkeit von der Populationsdichte. Im Folgeprojekt ist ein Abgleich mit anderen Langfristerhebungen unter Einbezug neuer technischer Möglichkeiten geplant, um ein Monitoringsystem für Generhaltungsgebiete einzurichten. In gesicherten Generhaltungsgebieten werden Ersterhebungen durchgeführt. Monitoringsystem und demografische Daten bilden die Grundlage für paneuropäische genetische Studien. Die Untersuchung von genetischer Diversität, Genfluss und genetischen Veränderungen im Vergleich zu anderen Teilpopulationen im gesamten Verbreitungsgebiet sind essenziell für das Verständnis der po-

pulationsbiologischen Auswirkungen von Umweltveränderungen.

Schlussfolgerungen

Die dynamische Erhaltung forstlicher Genressourcen in Generhaltungsgebieten und das Monitoring der Zielpopulationen stellen eine zweckmässige Kombination dar und fördern unser Verständnis über das Reaktionsvermögen der Baumarten auf den Klimawandel. Der pragmatische Ansatz zur Etablierung von Generhaltungsgebieten mit Fokus auf die durch bestehende Waldreservate erbrachten Generhaltungsleistungen ist sinnvoll und kostengünstig. Das iterative Vorgehen mit der Etablierung von Generhaltungsgebieten in Zusammenarbeit mit den Kantonen und anschliessender Klärung offener Fragen zur Umsetzung und zum Monitoring ermöglicht ein zügiges Vorkommen. Das Projekt Generhaltungsgebiete Schweiz leistet einen wichtigen Beitrag zur Sicherung forstlicher Genressourcen und damit zur Erhaltung der Waldbiodiversität der Schweiz. ■

Dank

Das Projekt Generhaltungsgebiete Schweiz wird finanziert durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU). Den Projektbegleitern des BAFU und der ETH Zürich sowie den weiteren Fachausschussmitgliedern der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) und der Kantone danke ich für die engagierte Mitwirkung. Ein grosses Dankeschön geht an die Kontaktpersonen der kantonalen Waldbehörden für den offenen Dialog und die gute Zusammenarbeit.

Literatur

- BAFU (2012) Strategie Biodiversität Schweiz. Bern: Bundesamt Umwelt. 89 p.
- GUGERLI F, SPERISEN C (2010) Genetische Struktur von Waldbäumen im Alpenraum als Folge (post)glazialer Populationsgeschichte. Schweiz Z Forstwes 161: 207–215. doi: 10.3188/szf.2010.0207
- IMESCH N, STADLER B, BOLLIGER M, SCHNEIDER O (2015) Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald. Bern: Bundesamt Umwelt, Umwelt-Vollzug 1503. 186 p.

Weitere Informationen
www.genres.ethz.ch

- PLUESS AR, AUGUSTIN S, BRANG P, EDITORS (2016) Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. Bern: Haupt. 445 p.
- RUDOW A, SCHWAB P (2006) EFFOR2-Grundlagen: Baumartenvielfalt und genetische Ressourcen. Bern: Bundesamt Umwelt, Projektbericht ETHZ/BAFU. 59 p.
- RUDOW A (2012) Die Bedeutung von Ökotypen für die Anpassungsfähigkeit. Bündner Wald (3): 15–20.
- RUDOW A, ROTACH P, KÜCHLI C, DÜRR C, SCHMID S ET AL (2013) The state of the world's forest genetic resources. FAO Country Report Switzerland 2012. Bern: Bundesamt Umwelt. 52 p.
- SCHUELER S, KONRAD H (2016) Dynamische Generhaltung in Europas Wäldern: Paneuropäische Konzepte nehmen Gestalt an. Schweiz Z Forstwes 167: 325–332. doi: 10.3188/szf.2016.0325

Conservation des ressources génétiques dans des réserves forestières

La sauvegarde et le suivi des ressources génétiques forestières sont indispensables dans le contexte des modifications environnementales et des changements climatiques annoncés. Le projet «Aires de conservation génétique Suisse» permet de protéger chaque essence sur toute son aire de répartition, à long terme et de manière coordonnée, et d'assurer un suivi systématique des modifications démographiques et génétiques. L'approche pragmatique de ce projet tient compte des synergies avec des réserves forestières existantes. L'évaluation des réserves forestières a montré qu'environ 70% des principales sous-populations des sept essences pilotes peuvent être directement couvertes par des réserves forestières existantes. En collaboration avec les cantons, les aires de conservation génétique définitives ont été évaluées et sélectionnées pour leur saisie dans le cadastre national des aires de conservation génétique et ainsi pour leur transfert dans la banque de données européenne EUGIS. Le projet sera poursuivi en maintenant l'approche pragmatique, la collaboration étroite avec les cantons et le développement itératif des standards nécessaires. En même temps, la liste des essences sera augmentée de sept essences supplémentaires, et un système de suivi démographique et génétique sera développé et appliqué pour les populations cibles des aires de conservation génétique, basé sur les stratégies paneuropéennes.