

Empfehlungen zur ex situ-Erhaltung und Ansiedlung* gefährdeter Pflanzen

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	2
2.	Sammeln von Samen gefährdeter Pflanzen an Wildstandorten	3
2.1	Zweck der Sammlung	3
2.2	Auswahl der Arten und Bewilligung	3
2.3	Wichtige Empfehlungen beim Sammeln von Saatgut	4
2.4	Wo werden Samen oder Pflanzen erhalten?	5
3.	Empfehlungen zur ex situ-Erhaltung gefährdeter Wildpflanzen in Gärten	5
3.1	Genetische Drift und Inzucht: Risiken und Empfehlungen	5
3.2	Auszucht und Auszuchtdepression: Risiken und Empfehlungen	6
3.3	Gärtnerische Selektion und Anpassung an Gartenbedingungen	6
3.4	Hybridisierung: Risiken und Empfehlungen	7
3.5	Mutationsakkumulierung: Risiken und Empfehlungen	7
4.	Empfehlungen zur Ansiedlung gefährdeter Arten an Wildstandorten	8
4.1	Wann sollten Ansiedlungen durchgeführt werden?	8
4.2	Was sollte man vor einer Ansiedlung wissen?	8
4.3	Auswahl eines geeigneten Habitats	9
4.4	Viele Individuen ansiedeln um gegen Umweltschwankungen gewappnet zu sein	10
4.5	Auswahl des Pflanzenmaterials - Genetische Diversität und lokale Anpassung	10
4.6	Welches Material sollte letztendlich verwendet werden?	10
4.7	Weitere praktische Tipps bei Ansiedlungen	10
	Anhang 1: IUCN Guidelines	11
	Anhang 2: Literatur	12

Empfehlungen zur ex situ-Erhaltung und Ansiedlung* gefährdeter Pflanzen

1. Einleitung

Anbau und Erhaltung gefährdeter Wildpflanzen ausserhalb ihres natürlichen Lebensraumes (*ex situ*) sind eine Möglichkeit das Aussterben von Arten zu verhindern. Je nach Situationen können *ex situ* vermehrte Arten wieder in natürlichen Lebensräumen angesiedelt werden. Dieses Vorgehen soll aber keinesfalls als Ersatz für Massnahmen zum Schutz bestehender Populationen in der Natur (*in situ*) betrachtet werden. *In situ*-Massnahmen, *ex situ*-Erhaltung und Ansiedlungen* ergänzen sich aber oftmals.

Die Global Strategy for Plant Conservation, GSPC, welche die Schweiz über die Biodiversitätskonvention oder Convention on Biological Diversity, CBD, ratifiziert hat verlangt ausserdem, dass 75% der gefährdeten Arten *ex situ* erhalten werden, und dass 20% davon für Ansiedlungen zur Verfügung stehen.

Unterstützt durch diese gesetzlichen Anforderungen und bedingt durch den Zustand der Arten *in situ*, werden auch in der Schweiz seit einigen Jahren die *ex situ*-Erhaltung und Ansiedlung gefährdeter Wildpflanzen in natürliche Habitate vermehrt angewendet.

Die folgenden Empfehlungen enthalten praktische Tipps zum Sammeln von Samen in den bestehenden Populationen, zur *ex situ*-Erhaltung und zur Ansiedlung gefährdeter einheimischer Wildpflanzen in der Schweiz. Sie stützen sich auf die IUCN Guidelines, auf die gesetzlichen Vorgaben in der Schweiz, auf die Schlussfolgerungen einer in Bern durchgeführten Tagung im 2015, auf Literaturhinweise und auf praktische Erfahrungen.

An der Erarbeitung der Empfehlungen beteiligten sich insbesondere Experten des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève (CJB), des Instituts für Pflanzenwissenschaften (IPS) der Universität Bern sowie von Info Flora.

*Ansiedlung: im Sammelbegriff "Ansiedlung" sind enthalten Verstärkungen von bestehenden Populationen, Wiederansiedlungen von Populationen innerhalb des historischen Verbreitungsgebietes und Neu-Ansiedlungen ausserhalb des historischen Verbreitungsgebietes.

2. Sammeln von Samen gefährdeter Pflanzen an Wildstandorten

2.1 Zweck der Sammlung

Saatgut von Wildpflanzen kann zu verschiedenen Zwecken gesammelt werden:

- für den Anbau und die Nutzung von Wildpflanzensamen für Samenmischungen, die in der Landwirtschaft, im Gartenbau oder auch entlang von Verkehrswegen genutzt werden. In der Regel handelt es sich um nicht gefährdete Arten. Sammlung und Nutzung unterliegen eigenen Empfehlungen.
- für Saatgut zu Schulungs- und Forschungszwecken oder für's Zeigen in Botanischen Gärten. Hier muss in erster Linie sichergestellt werden, dass die besammelte Population nicht gefährdet wird.
- für die **ex situ-Erhaltung der Art in einer Samenbank / einem Garten** und/oder zur **Ansiedlung der Art an geeigneten Wildstandorten** einschliesslich einer eventuellen Zwischenvermehrung. Wichtige Richtlinien müssen hier eingehalten werden, damit Risiken wie Inzucht, Auszucht und Selektion vermieden werden.

In den vorliegenden Empfehlungen geht es um das Sammeln von Samen zur ex situ-Erhaltung und zur Ansiedlung gefährdeter Wildpflanzen.

2.2 Auswahl der Arten und Bewilligung

Bevor gesammelt wird muss entschieden werden **welche Arten** gesammelt werden. Dafür können verschiedene Kriterien und Listen verwendet werden:

- weltweit / europaweit / schweizweit gefährdete Arten
- national prioritäre Arten der Schweiz
- endemische, teil-endemische Arten der Schweiz
- Arten, die in der Schweiz auf nationaler, regionaler oder lokaler Ebene kurzfristig vom Aussterben bedroht sind
- schweizweit oder regional geschützte Arten,
- Arten mit sozio-kulturellem Wert

Bevor gesammelt wird müssen **geeignete Bestände / Populationen** ausgesucht werden. Die Standortbedingungen der ausgesuchten Bestände sind genau beschrieben und die Verteilung der zu besammelnden Individuen ist bekannt. Eine vorgehende Besichtigung ist also sehr wichtig – auch zur genauen Bestimmung der Art.

Bevor gesammelt wird braucht man alle **nötigen Bewilligungen**, sicher von der kantonalen Naturschutzfachstelle, welche auch das Bundesamt für Umwelt informiert, und vom eventuellen Landbesitzer. Weitere Bewilligungen können nötig sein. Ausserdem ist es zentral, dass sich die verschiedenen Erhalter, meist die botanischen Gärten, koordinieren. Info Flora übernimmt die Angaben zum ex situ-Material und zu Ansiedlungen in ihre Datenbank.

2.3 Wichtige Empfehlungen beim Sammeln von Saatgut

Das gesammelte Material soll den Genpool einer Population möglichst gut repräsentieren. Um dies zu erreichen müssen verschiedene Faktoren eingehalten werden. Sehr umfangreiche Informationen findet man auf der Website von Ensconet, dem European Native Seed Conservation Network.

Die Empfehlungen zum Sammeln kurz zusammengefasst:

- Die besammelte Population darf nicht gefährdet werden – **die in situ-Erhaltung hat Vorrang**. Es sollten nie mehr als 20% der zum Sammelzeitpunkt vorhandenen reifen Samen entnommen werden.
- Pro Population sollten Samen auf mindestens 50 (besser 200) verschiedenen Individuen, die im Bestand möglichst gut verteilt sind, oder auf mehr als 50% der vorhandenen Individuen, entnommen werden (ohne die 20% vorhandener Samen zu überschreiten).
- Die Auswahl der Individuen ist willkürlich. Sowohl kleine oder scheinbar schlecht wachsende oder angefressene, als auch grosse und robuste Individuen werden gewählt.
- Individuen sowohl im Zentrum als auch im Randbereich einer Population besammeln.
- Ist der Bestand in unterschiedliche Mikrohabitate aufgeteilt, sollen genügend Individuen in jedem Mikrohabitat besammelt werden.
- Pro Individuum sollten genügend Samen gesammelt werden, im Idealfall werden pro Population 5'000 Samen gesammelt (ist abhängig von der Art / der Samenproduktion).
- Bei Arten, die sich selbst bestäuben sollte die Anzahl besammelter Individuen doppelt so hoch sein.
- Möglichst mehrmals pro Jahr sammeln, damit die Variation Frühblüher bis Spätblüher eingefangen wird. Ist dies nicht möglich soll zu einem Zeitpunkt gesammelt werden an dem möglichst viele Individuen reife Samen tragen.
- Jede Sammlung muss sorgfältig dokumentiert werden.

Für die ex situ Erhaltung der Samen in einer Samenbank oder im botanischen Garten

- Die besammelten Populationen werden getrennt aufbewahrt / getrennt zwischenvermehrt (=Akzession). Nur so kann bei einer späteren Ansiedlung und Mischung von Populationen sichergestellt werden, dass jeder Genotyp vorhanden ist.
- Idealer Weise werden von einem Taxon fünf Populationen aus dem umliegenden Verbreitungsgebiet besammelt. Für jede Population sind die ökologischen Standortbedingungen bekannt und beschrieben. Jede Population (=Akzession) wird getrennt aufbewahrt.

Sammlungen sind selten perfekt, in jedem Fall soll man alles daran tun um die genetische Variabilität einer Population möglichst vollständig zu widerspiegeln. Und, genauso wichtig ist die genaue Beschreibung der ökologischen Bedingungen am Sammelstandort.

2.4 Wo werden Samen oder Pflanzen erhalten?

Für eine Langzeiterhaltung ist die Einlagerung in **Samenbanken** sicher die kostengünstigste Methode.

Das **Conservatoire et Jardin Botaniques de la ville de Genève** betreibt eine Samenbank, welche Pflanzensamen unter optimalen Bedingungen auf lange Zeit sichert. Die Samen werden mit der Technik der Kryokonservation erhalten. Für jede Akzession werden zwei Muster eingelagert – eines steht eventuellen Forschungs- oder Ansiedlungsprojekten zur Verfügung, das zweite dient der Langzeiterhaltung. Risiken liegen insbesondere darin, dass die Arten von eventuellen Klimaänderungen ausgeschlossen sind und damit der natürlichen Evolution entgehen.

Weitere Informationen erhalten Sie beim Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève.
http://www.ville-ge.ch/cjb/conservation_activites_exsitu_semence.php

Die Erhaltung in **Botanischen Gärten** ist eine weitere Möglichkeit der ex situ-Erhaltung. Auch hier müssen verschiedene Parameter eingehalten werden, damit Risiken wie Selektion oder Hybridisierung vermieden werden können. Die Empfehlungen dazu sind im kommenden Kapitel beschrieben.

3. Empfehlungen zur ex situ-Erhaltung gefährdeter Wildpflanzen in Gärten

Wird eine Akzession einer Wildpflanze in einem Garten kultiviert oder in einer Samenbank eingelagert, so spricht man von *ex situ*-Erhaltung. Das erhaltene Material von jeder besammelten Population stammt ursprünglich von mehreren Individuen, und es soll so gut wie möglich die genetische Vielfalt der besagten Population repräsentieren. Die Herkunft des Materials ist bekannt und beschrieben.

In der Regel ist das Ziel einer *ex situ*-Erhaltung das lokale, regionale oder globale Aussterben einer Art zu verhindern. Ist die anschliessende Ansiedlung einer gefährdeten Art geplant, so ist es meist notwendig das gesammelte Pflanzenmaterial *ex situ* zu vermehren. Sowohl bei der *ex situ*-Erhaltung als auch bei der *ex situ*-Vermehrung von Pflanzenmaterial können verschiedene Risiken auftreten.

3.1 Genetische Drift und Inzucht: Risiken und Empfehlungen

Genetische Drift

Kleine Populationen können auf Grund externer Faktoren einen Teil ihrer Erbfaktoren verlieren, damit geht die genetische Vielfalt innerhalb der Population verloren, die Pflanzen verlieren an Fitness und Anpassungsfähigkeit.

Inzucht, Inzuchtdepression

Ausserdem besteht die Gefahr, dass sich nah verwandte Pflanzen immer wieder miteinander kreuzen, was wiederum die genetische Vielfalt verringert.

Zur Vorbeugung genetischer Drift und Inzucht sollte man **möglichst viele Individuen** bzw. Samen vieler Individuen einer Population in Kultur nehmen. Nach verschiedenen Literaturangaben wäre es ideal eine Populationsgrösse von 500-5'000 Individuen zu erhalten.

Bis jetzt werden in der Schweiz (zumindest nach unseren Kenntnissen) Akzessionen erhalten, das heisst Material ein und derselben Population wird getrennt von anderen Populationen (Akzessionen) der gleichen Art erhalten. Stammt aber das Ausgangsmaterial aus kleinen, nicht sehr vitalen Populationen, dann ist der Verdacht auf genetische Drift und Inzucht sehr gross. In diesen Fällen muss man sich gut überlegen ob es nicht sinnvoll wäre Pflanzenmaterial aus mehreren benachbarten Populationen, welche immer ein ähnliches Habitat aufweisen, auch in den ex situ-Anlagen (Gartenbeet) zu mischen. **Die Risiken der genetischen Drift und Inzucht können durch eine Vermischung von Populationen aus ähnlichen ökologischen Bedingungen verringern.**

3.2 Auszucht und Auszuchtdepression: Risiken und Empfehlungen

Bei der Vermischung von entfernten Populationen besteht jedoch die Gefahr einer Übertragung unangepasster Gene und eines Verlustes der genetischen Vielfalt und der Anpassungsfähigkeit.

Um der Auszuchtdepression vorzubeugen, sollen Individuen verschiedener Populationen nur gemischt werden, wenn die Herkunftshabitate **sehr ähnliche** ökologischen Bedingungen aufweisen (prioritäres Kriterium) und die Populationen aus **benachbarten Wuchsorten** stammen. Dabei werden insbesondere die Distanz und die eventuellen natürlichen Barrieren in Betracht gezogen (sind nur geringe natürliche Barrieren da, kann die Distanz zwischen den Populationen etwas grösser sein). Hier ist die Einschätzung von Experten gefragt.

3.3 Gärtnerische Selektion und Anpassung an Gartenbedingungen

Die Kultivierung in Gärten birgt immer auch die Gefahr, dass innerhalb kürzester Zeit (weniger Generationen) populationsgenetische Veränderungen stattfinden können, welche die Eigenschaften von Pflanzen verändern. Die Pflanzen passen sich an die Gartenbedingungen an und möglicherweise nicht mehr, oder weniger gut, an die Bedingungen ihres Wildstandortes. Durch die ex situ-Bedingungen können andere Eigenschaften selektioniert werden.

Um eine Anpassung der Pflanzen an Gartenbedingungen zu vermeiden, sollte man die Pflanzen möglichst in naturnahen Beeten kultivieren, d.h. die Umweltbedingungen (Bodentyp, Wasser und Nährstoffversorgung) so ähnlich wie möglich wie die des natürlichen Habitats gestalten. Ebenfalls sollte man Konkurrenz mit anderen typischen Vertretern des Habitats zulassen. Falls Individuen in Gewächshäusern vorgezogen und dann in Beete ausgepflanzt werden ist es wichtig, dass spät und früh keimende, grosse und kleinere Pflanzen ausgepflanzt werden um die genetische Variabilität in der Population zu erhalten und nicht auf bestimmte Merkmale, z.B. frühe Keimung oder schöne Blüten, zu selektieren.

Zudem sollten Zwischenvermehrungen, welche Material für Ansiedlungen liefern sollen, so kurz als möglich gehalten werden. Hier gilt das "Rein-Raus-Prinzip"

3.4 Hybridisierung: Risiken und Empfehlungen

In Gärten besteht die Gefahr einer Hybridisierung oder Kreuzung von Individuen verschiedener meist nah verwandter Arten, die in der Natur nicht zusammen vorkommen. Dies kann einerseits zu einem sterilen Nachwuchs führen, oder andererseits kann die genetische Integrität der Arten bei fertilen Hybriden beeinträchtigt werden.

Bei Arten aus **für Hybridisierungen bekannten Gattungen wird empfohlen diese so weit wie möglich voneinander entfernt zu kultivieren**. Es unterstreicht auch die Wichtigkeit von Aussenstationen. Dies gilt ebenfalls für Pflanzen verschiedener Populationen einer Art, welche stark differenziert oder deren Herkunft geografisch weit entfernt voneinander liegt.

Ist eine räumliche Trennung nicht möglich, empfiehlt es sich die Pflanzen zur Blütezeit mit Netzen gegen Fremdbestäubung zu schützen und die Bestäubung per Hand oder mit Hilfe von portablen Bienenvölkern zu sichern.

3.5 Mutationsakkumulierung: Risiken und Empfehlungen

Mutationen entstehen spontan und in jedem Organismus. In natürlichen Populationen geht man davon aus, dass schädliche Mutationen nicht bestehen können und ausselektiert werden (z.B. durch harte Umweltbedingungen). In Ex-situ Kulturen werden die Pflanzen aber oft verwöhnt, das heisst sie werden mit Wasser und genügend Nährstoffen versorgt und sogar von lästiger Konkurrenz oder Frassfeinden befreit. Dadurch können auch Individuen bestehen, welche normalerweise aufgrund von schädlichen Mutationen gestorben wären. Mutationen können sich somit in der Population anreichern und theoretisch, wenn die Pflanzen wieder angesiedelt werden, den Ansiedlungserfolg verringern.

Eine der wichtigsten Regeln zur Verminderung der Risiken durch Mutationsakkumulierung ist **die Anzahl der Generationen in ex situ-Kultur so klein wie möglich zu halten**. Dies gilt auch zur Risikoverminderung durch Inzuchtdepression und genetische Drift. Ausserdem dient die naturnahe Inkulturnahme der Verminderung von Mutationen.

4. Empfehlungen zur Ansiedlung gefährdeter Arten an Wildstandorten

Ansiedlungen gefährdeter Pflanzenarten werden als immer wichtigere Massnahmen für den Erhalt der Biodiversität propagiert. Trotz ihrer Wichtigkeit sind Ansiedlungen nicht als eine Alternative zum Artenschutz in situ anzusehen. Die Priorität im Naturschutz liegt nach wie vor in der in situ-Erhaltung so vieler natürlicher Populationen wie nur möglich in ihren natürlichen Habitaten. Ansiedlungen können allerdings als ergänzende Massnahme sehr sinnvoll sein um den Rückgang der Biodiversität aufzuhalten.

Spricht man von Ansiedlungen, muss man zwischen Verstärkungen, Wiederansiedlungen und Neu-Ansiedlungen unterscheiden (siehe auch die IUCN Guidelines).

Verstärkung:	Ansiedlung von Individuen in eine bestehende Population
Wiederansiedlung:	Gründung einer neuen Population innerhalb des historischen Verbreitungsgebietes
Neu-Ansiedlung:	Gründung einer neuen Population ausserhalb des historischen Verbreitungsgebietes

4.1 Wann sollten Ansiedlungen durchgeführt werden?

- Es gibt nur noch wenige Populationen einer Art, die Populationen und die Individuenzahl innerhalb der Populationen befinden sich im Rückgang.
- In situ Massnahmen wurden unternommen und als nicht ausreichend für die langzeitige Erhaltung der Art befunden.
- Die Gefahren und Gründe des Rückgangs sind bekannt und können nicht durch in situ Massnahmen aufgehalten werden.
- Die Art hat ein hohes Aussterberisiko wenn sie nur mit in situ-Massnahmen unterstützt wird.
- Die Art ist gut von anderen nahverwandten Arten, Unterarten zu unterscheiden. Eine Hybridisierung durch Einbringung „falsche“ Individuen kann ausgeschlossen werden.

4.2 Was sollte man vor einer Ansiedlung wissen?

Die Biologie einer Art sollte grösstmöglich bekannt sein. Darunter fallen Informationen zu:

- Die Ansprüche der Art an das Habitat müssen bekannt sein: Vegetationsaufnahmen, mikro-klimatische Faktoren, Bodenparameter usw. sind Informationen die notwendig sind um geeignete Habitate für Ansiedlungen zu finden.
- Fortpflanzungssystem: Kann sich die Art selbst bestäuben? Oder ist sie selbstinkompatibel und auf Auskreuzung angewiesen? Dies beeinflusst stark die Wahl des Ansiedlungsmaterials.
- Ist die Art mehrjährig oder einjährig? Dies entscheidet über die Einbringung von Samen oder adulten Pflanzen - bei mehrjährigen Arten scheint die Ansiedlung adulter Pflanzen

erfolgreicher zu sein, bei annuellen Pflanzen erzielt man ebenfalls gute Resultate wenn diese als Samen angesiedelt werden.

- Ist die Art diözisch? Dies beeinflusst das Auspendungsdesign. Männliche und weibliche Individuen sollten nah zu einander gepflanzt werden.
- Benötigt die Art spezielle Mutualisten? Ist eventuell eine Inokulierung mit Boden-organismen notwendig.

4.3 Auswahl eines geeigneten Habitats

Die häufigste Ursache für eine gescheiterte Ansiedlung (Wiederansiedlung) ist ein nicht geeignetes Habitat. Deshalb ist es für den Ansiedlungserfolg besonders wichtig, die Eignung eines Habitats sicher zu beurteilen – eine Aufgabe die oft schwierig ist. Biologie und Ökologie der betreffenden Art, sowie die ökologischen Bedingungen der ursprünglichen, besammelten Population und des ausgesuchten Wildstandortes für die Ansiedlung müssen genauestens bekannt sein.

4.4 Viele Individuen ansiedeln um gegen Umweltschwankungen gewappnet zu sein

Vor allem kleine Populationen können stark durch Umweltschwankungen beeinträchtigt werden. Zudem muss beim Verpflanzen von Individuen sowie beim Aussähen von Samen damit gerechnet werden, dass die Population in den ersten Jahren deutlich abnimmt, dann aber nach einem Flaschenhals auch wieder ansteigen kann. Dabei sind Populationseinbrüche von bis zu 90 % nicht ungewöhnlich. Deshalb ist so wichtig, möglichst viele Individuen auszubringen, um das Überleben der Population zu sichern. Eine grosse Individuenzahl vergrössert auch die Chance, dass nicht angepasste Genotypen ausselektiert, und sich angepasste Genotypen etablieren können.

Es ist oft schwierig genaue Individuenzahlen für Ansiedlungen zu empfehlen. Je nach Art und Lebensraum werden mehr oder weniger Individuen benötigt, um eine eigenständige Population zu gewährleisten. **Ein paar Faustregeln gibt es aber doch:**

- Die neugegründete Population sollte mindestens 500 Individuen beinhalten,
- die Individuen sollten von mindestens 50 repräsentativen Pflanzen abstammen, idealerweise > 180,
- ist der Lebensraum sehr variabel, braucht man mehr Individuen als in stabilen Lebensräumen.

Werden Pflanzen anstelle von Samen ausgebracht, scheint dies vor allem für langlebige Arten von Vorteil zu sein, da bei diesen die Wahrscheinlichkeit, dass ein Same zur adulten Pflanze wird, oft geringer ist. Eine adulte Pflanze allerdings macht viele Samen, und trägt somit stärker zum Populationswachstum bei als ein Same. Je älter eine Pflanze wird (Alter der ersten Reproduktion) desto mehr Samen werden benötigt um eine selbsterhaltende Population zu gründen. Für kürzerlebende Arten ist der extra Aufwand beim Pflanzen aufziehen und auspflanzen nicht zwingend notwendig.

4.5 Auswahl des Pflanzenmaterials - Genetische Diversität und lokale Anpassung

Unzählige Studien unterstreichen die Wichtigkeit einer hohen genetischen Variation für das Überleben von Populationen und demzufolge für den Ansiedlungserfolg gefährdeter Pflanzenarten. Je diverser eine Population ist, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich diese an sich verändernde Umweltbedingungen anpassen kann. Zudem schützt eine hohe genetische Variation vor Inzucht. **Eine grössere genetische Variation kann durch das Mischen von Pflanzenmaterial verschiedener Populationen erreicht werden.**

Allerdings besteht oft die Sorge, dass durch das Mischen verschiedener, eventuell sogar entfernt liegender Populationen Pflanzenmaterial eingebracht wird, welches nicht an die lokalen Umweltbedingungen angepasst ist. Vor allem bei Verstärkungen von sich im Rückgang befindenden Populationen mit Pflanzenmaterial aus anderen Populationen, könnten theoretisch **lokale Anpassungen** aufgebrochen werden. Dieses Phänomen nennt man **Auszuchtdepression**, und konnte bisher vor allem bei der Einbringung von Material aus sehr weit entfernt liegenden Populationen (mehr als 200 km) festgestellt werden. Ergebnisse bisheriger Studien lassen allerdings vermuten, dass die Risiken von Inzuchtdepression viel grösser sind als die der Auszuchtdepression. Da jedoch sowohl Inzucht als auch Nichtangepasstheit das Überleben einer Population beeinflussen, sollte vor jeder Ansiedlung die Wahl der Herkunft des Materials gut überlegt sein.

4.6 Welches Material sollte letztendlich verwendet werden?

Das verwendete Material bestimmt den Erfolg der Ansiedlung mit! Idealerweise sollte das angesiedelte Material den lokalen Umweltbedingungen entsprechen, den lokalen Genpool widerspiegeln und zugleich eine genetisch diverse Population repräsentieren.

Angepasstes Material verwenden

Unzählige Studien zeigen, dass die Pflanzen an ihre abiotischen und biotischen Bedingungen angepasst sind. Ein paar Regeln:

- das verwendete Material soll aus Populationen mit ähnlichem Klima, Umweltbedingungen, und ähnlichen Habitaten stammen. Oft trifft dies auf benachbarte Populationen zu.
- Vermutet man sehr starke lokale Anpassung, zum Beispiel an Schwermetalle im Boden, empfiehlt es sich nur lokales Material zu verwenden.

Diverses Material verwenden

Eine hohe genetische Variation des auszupflanzenden Materials ist wichtig um eine rasche Anpassung an die lokalen und zukünftigen Bedingungen zu garantieren. Deshalb sollte möglichst der gesamte Genpool einer besammelten Population im Ansiedlungsmaterial vertreten sein (siehe auch die Empfehlungen zum Sammeln von Samen).

Traditionellerweise wurde bisher empfohlen bei Ansiedlungen nur Material einer Population zu verwenden sofern keine Informationen über das Fortpflanzungssystem, Ausbreitung und genetische Struktur bekannt sind welche ein Mischen verschiedener Populationen rechtfertigen würden. **Neue**

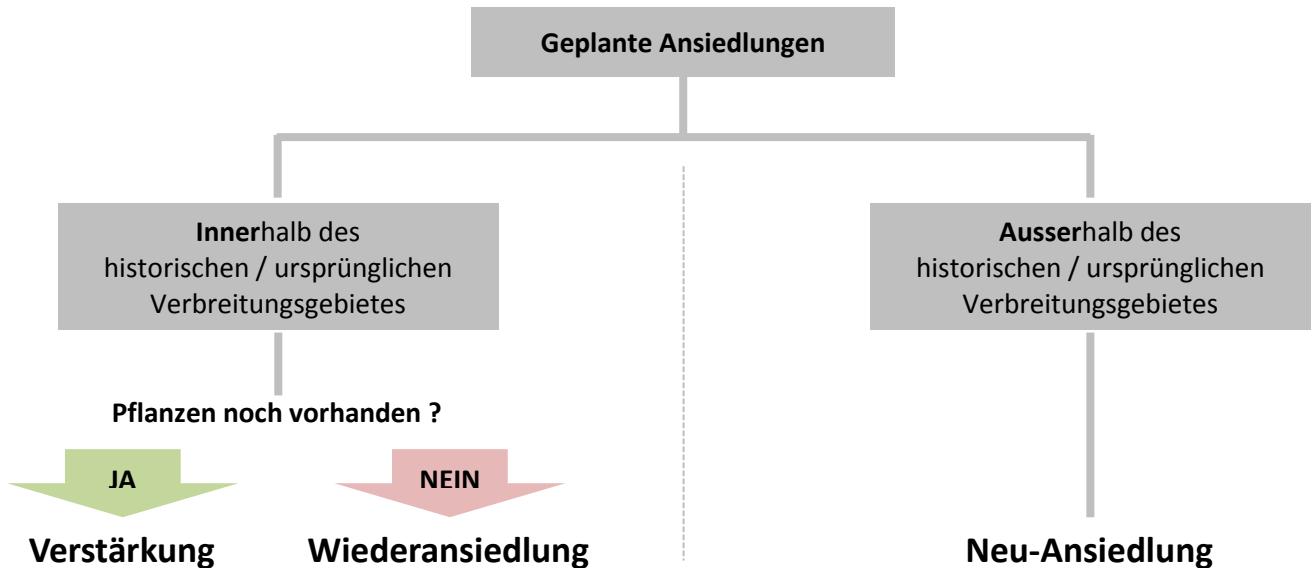
Studien weisen allerdings darauf hin, dass eine möglichst grosse genetische Variation von Pflanzen verschiedener Populationen zu besseren Ansiedlungserfolgen führt. Obschon ebenfalls Beispiele für eine höhere Erfolgsrate durch die Verwendung lokalen Materials existieren, scheint im Hinblick auf den Einfluss des Klimawandels und die damit eintretenden Veränderungen ein Mischen von Herkünften von Vorteil, um der angesiedelten Population eine Möglichkeit zur Anpassung an zukünftige Bedingungen zugeben. Die Einbringung von Pflanzenmaterial aus mehreren benachbarten Populationen, **welche ein ähnliches Habitat aufweisen**, scheint demzufolge sinnvoll zu sein.

4.7 Weitere praktische Tipps bei Ansiedlungen

- Bei mehrjährigen Arten ist die Erfolgsquote höher, wenn Pflanzen anstelle von Samen ausgebracht werden.
- Bei langlebigen Arten sollten Individuen unterschiedlicher Grösse und Lebenszyklus, also Keimlinge, juvenile und adulte Pflanzen ausgebracht werden.
- Sind nur wenige Samen vorhanden, empfiehlt sich unbedingt das Vorziehen der Pflanzen. Diese sollten möglichst als adulte Pflanzen ausgebracht werden, da somit die Überlebenschancen gesteigert werden.
- Bei annuellen Pflanzen (oder sehr kurzlebigen Pflanzen) ist die Ausbringung von Samen sinnvoll.
- Idealerweise sollten Ansiedlungen in mehreren hintereinanderliegenden Jahren durchgeführt werden um möglichst viel ausgebrachte genetischen Variation zu erhalten – Jahresschwankungen in klimatischen Bedingungen fördern jeweils unterschiedliche Genotypen.
- Generell empfiehlt sich eine Bewässerung der Pflanzen nach der Ausbringung bis sich diese etabliert haben. Werden Samen ausgebracht (z.B. bei annuellen Pflanzen) empfiehlt sich eine zusätzliche Bewässerung in der Keimungsphase und ein Bewässerungsprotokoll, um die Erfolgsquote für zukünftige Ansiedlungen zu optimieren.

Anhang 1: IUCN Guidelines

Die IUCN oder Weltnaturschutzunion, hat ihre Empfehlungen zu Ansiedlungen – [Guidelines for reintroductions and other conservation translocations](#) – im 2013 überarbeitet. Ansiedlungen lassen sich in drei Bereiche unterteilen: Verstärkungen, Wiederansiedlungen und Neu-Ansiedlungen.



Bei den geplanten Ansiedlungen (=conservation translocation) von Arten, welche das Ziel verfolgen den Gefährdungsgrad der Art zu mindern oder die Funktionen des Lebensraumes wiederherzustellen, unterscheidet man zwischen Ansiedlungen **innerhalb** des historischen Verbreitungsgebietes (=population restoration) und **ausserhalb** des historischen Verbreitungsgebietes (=conservation introduction).

Die geplanten Ansiedlungen innerhalb des historischen Verbreitungsgebietes werden unterteilt in **Verstärkungen** (=reinforcement) und **Wiederansiedlungen** (=reintroduction). Bei Verstärkungen wird eine bestehende Population mit zusätzlichen Individuen verstärkt, bei Wiederansiedlungen wird eine neue Population im ursprünglichen Verbreitungsgebiet gegründet.

Neu-Ansiedlungen oder geplante Ansiedlungen ausserhalb des historischen Verbreitungsgebietes werden in zwei Bereiche unterteilt. Man spricht von "**assisted colonisation**" oder "begleitender Kolonisation" wenn die Neu-Ansiedlung das Aussterben der Art verhindert, und von "**ecological replacement**" oder "ökologischer Ersatz" wenn die neu-Ansiedlung eine ökologische Funktion wiederherstellt.

Anhang 2: Literatur

Evaluation der eigenen Ex situ-Kulturen:

Cavender N, Westwood M, Bechtoldt C et al. (2015) Strengthening the conservation value of ex situ tree collections. *Oryx*, 1–9.

Cibrian-Jaramillo A, Hird A, Oleas N, Ma H, Meerow AW, Francisco-Ortega J, Griffith MP (2013) What is the Conservation Value of a Plant in a Botanic Garden? Using Indicators to Improve Management of Ex Situ Collections. *The Botanical Review*, 79, 559–577.

Havens K, Vitt P, Maunder M, Guerrant, E.O.G., Dixon K (2006) Ex Situ Plant Conservation and Beyond. *BioScience*, 56, 525–532.

Auswahl der Arten für ex-situ Erhaltung:

Cires E, De Smet Y, Cuesta C et al. (2013) Gap analyses to support ex situ conservation of genetic diversity in Magnolia, a flagship group. *Biodiversity and Conservation*, 22, 567–590.

Farnsworth EJ, Kliensky S, Brumback WE, Havens K (2006) A set of simple decision matrices for prioritizing collection of rare plant species for ex situ conservation. *Biological Conservation*, 128, 1–12.

Griffiths KE, Balding ST, Dickie JB, Lewis GP, Pearce TR, Grenyer R (2014) Maximizing the Phylogenetic Diversity of Seed Banks. *Conservation Biology*, 29, 70–81.

Sammeldesign von Wildsammlungen für ex situ-Erhaltungen

Bower AD, Clair B St., Erickson V (2014) Generalized provisional seed zones for native plants. *Ecological Applications*, 23, 515–522.

Breed MF, Stead MG, Ottewell KM, Gardner MG, Lowe AJ (2012) Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. *Conservation Genetics*, 14, 1–10.

Broadhurst LM, Lowe A, Coates DJ, Cunningham S a., McDonald M, Veski P a., Yates C (2008) Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications*, 587–597.

Caujapé-Castells J, Pedrola-Monfort J (2004) Designing ex-situ conservation strategies through the assessment of neutral genetic markers : Application to the endangered *Androcymbium gramineum*. *Conservation Genetics*, 5, 131–144.

Guerrant EO, Fiedler PL, Havens K, Maunder M (2004) Revised genetic sampling guidelines for conservation collections of rare and endangered plants. In: *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild*, pp. 419–441. Island Press, Washington.

Guerrant EO, Havens K, Vitt P (2014) Sampling for Effective Ex Situ Plant Conservation. *International Journal of Plant Sciences*, 175, 11–20.

Havens K, Vitt P, Still S, Kramer AT, Fant JB, Schatz K (2015) Seed sourcing for restoration in an era of climate change. *Natural Areas Journal*, 35, 122–133.

Hoban S, Schlarbaum S (2014) Optimal sampling of seeds from plant populations for ex-situ conservation of genetic biodiversity, considering realistic population structure. *Biological Conservation*, 177, 90–99.

Malaval S, Lauga B, Regnault-Roger C, Largier G (2010) Combined definition of seed transfer guidelines for ecological restoration in the French Pyrenees. *Applied Vegetation Science*, 13, 113–124.

Vander Mijnsbrugge K, Bischoff A, Smith B (2010) A question of origin: Where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 11, 300–311.

Prasse R, Kunzmann D, Schröder R (2010) Entwicklung und praktische Umsetzung naturschutzfachlicher Mindestanforderungen an einen Herkunftsnachweis für gebietseigenes Wildpflanzensaatgut krautiger Pflanzen. Abschluss Bericht: DBU Projekt 23931, Leibniz Universität Hannover.

Saura M, Perez-Figueroa, Fernandez J, Caballero A (2008) Preserving population allele frequencies in ex situ programs. *Conservation Biology*, 22, 1277–1287.

Vitt P, Havens K, Kramer AT, Sollenberger D, Yates E (2010) Assisted migration of plants: Changes in latitudes, changes in attitudes. *Biological Conservation*, 143, 18–27.

Zippel E (2009) ENSCONET Protokolle und & Empfehlungen für Saatgutbanken (Deutsche Fassung des ENSCONET Curation Protocols & Recommendations), Royal Botanic Garden Kew, London.

Fallbeispiele Genetische Variabilität in Ex-situ Kulturen und Samenbanken

Borner A, Chebotar S, Korzun V (2000) Molecular characterization of the genetic integrity of wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm after long-term maintenance. *Theoretical and Applied Genetics*, 100, 494–497.

Brütting C, Hensen I, Wesche K (2012) Ex situ cultivation affects genetic structure and diversity in arable plants. *Plant Biology*, 15, 1–9.

Chebotar S, Röder MS, Korzun V, Saal B, Weber WE, Börner A (2003) Molecular studies on genetic integrity of open-pollinating species rye (*Secale cereale* L.) after long-term genebank maintenance. *Theoretical and Applied Genetics*, 107, 1469–76.

Christe C, Kozłowski G, Frey D et al. (2014) Do living ex situ collections capture the genetic variation of wild populations? A molecular analysis of two relict tree species, *Zelkova abelica* and *Zelkova carpinifolia*. *Biodiversity and Conservation*, 23, 2945–2959.

Ensslin A, Sandner TM, Matthies D (2011) Consequences of ex situ cultivation of plants: Genetic diversity, fitness and adaptation of the monocarpic *Cynoglossum officinale* L. in botanic gardens. *Biological Conservation*, 144, 272–278.

Gómez OJ, Blair MW, Frankow-Lindberg BE, Gullberg U (2005) Comparative Study of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces Conserved ex situ in Genebanks and in situ by Farmers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52, 371–380.

Greene SL, Kisha TJ, Yu L-X, Parra-Quijano M (2014) Conserving plants in gene banks and nature: investigating complementarity with *Trifolium thompsonii* Morton. *PLoS one*, 9, e105145.

Lauterbach D, Burkart M, Gemeinholzer B (2012) Rapid genetic differentiation between ex situ and their in situ source populations: an example of the endangered *Silene otites* (Caryophyllaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 168, 64–75.

Li Q, Xu Z, He T (2002) Ex situ genetic conservation of endangered *Vatica guangxiensis* (Dipterocarpaceae) in China. *Biological Conservation*, 106, 151–156.

Miao Y, Su J, Zhang Z, Lang X, Liu W, Li S (2015) Microsatellite markers indicate genetic differences between cultivated and natural populations of endangered *Taxus yunnanensis*. *Botanical Journal of the Linnean Society*.

Namoff S, Husby CE, Francisco-ortega J, Noblick LR, Lewis CE, Griffith MP (2010) How well does a botanical garden collection of a rare palm capture the genetic variation in a wild population? *Biological Conservation*, 143, 1110–1117.

Del Rio AH, Bamberg JB, Huamann Z, Salas A, Vega SE (1997) Assessing changes in the genetic diversity of potato gene banks. 2. In situ vs ex situ. *Theoretical and Applied Genetics (TAG)*, 199–204.

Rucinska A, Puchalski J (2011) Comparative molecular studies on the genetic diversity of an ex situ garden collection and its source population of the critically endangered polish endemic plant *Cochlearia polonica* E. Fröhlich. *Biodiversity and Conservation*, 20, 401–413.

Yokogawa M, Kaneko S, Takahashi Y, Isagi Y (2013) Genetic consequences of rapid population decline and restoration of the critically endangered herb *Polemonium kushianum*. *Biological Conservation*, 157, 401–408.

Management von Ex-situ Kulturen

Basey A, Fant JB, Kramer A (2015) Producing native plant materials for restoration: ten rules to maximize genetic diversity. *Native Plants Journal*, 16, 37–52.

Ensslin, A, Tschöpe, O, Burkart, M & Joshi, J (2015) Fitness decline and adaptation to novel environments in ex situ plant collections: Current knowledge and future perspectives. *Biological Conservation*, 192, 394–401.

Guerrant EO, Fiedler PL (2004) Accounting for sample decline during ex situ storage and reintroduction. In: *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild* (eds Guerrant EO, Havens K, Maunder M), pp. 365–386. Island Press, Washington.

Hamilton NRS, Chorlton KH (1996) Regeneration of accessions in seed collections: a decision guide. *Handbook for Genebanks No. 5*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Havens K, Guerrant EO, Maunder M, Vitt P (2004) Guidelines for ex situ conservation collection management. Minimizing risks. In: *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild* (eds Guerrant EO, Havens K, Maunder M), pp. 454–473. Island Press, Washington.

Lauterbach D (2013) Ex situ-Kulturen gefährdeter Wildpflanzen – Populationsgenetische Aspekte und Empfehlungen für Besammlungen, Kultivierung und Wiederausbringung. *Anliegen Natur*, 35, 32–39.

Lawrence MJ (2002) A comprehensive collection and regeneration strategy for ex situ conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59576, 1–11.

Fallbeispiele Auswirkungen von Ex-situ Erhaltung auf Fitness und Phänotyp

Ensslin A, Sandner TM, Matthies D (2011) Consequences of ex situ cultivation of plants: Genetic diversity, fitness and adaptation of the monocarpic *Cynoglossum officinale* L. in botanic gardens. *Biological Conservation*, 144, 272–278.

Schröder R, Prasse R (2013) From nursery into nature: A study on performance of cultivated varieties of native plants used in re-vegetation, their wild relatives and evolving wild × cultivar hybrids. *Ecological Engineering*, 60, 428–437.

Schröder R, Graf MD, Jochum J, Rode G, Schemmel J (2013) Testing the Effects of a Regionalized Seed Production on the Germination Behavior of Wild Plant Species. *Ecological Restoration*, 31, 295–301.

Populationsgenetische Risiken bei Ex-situ Erhaltung

Ensslin, A, Tschöpe, O, Burkart, M & Joshi, J (2015) Fitness decline and adaptation to novel environments in ex situ plant collections: Current knowledge and future perspectives. *Biological Conservation*, 192, 394–401.

Frankham R (2008) Genetic adaptation to captivity in species conservation programs. *Molecular ecology*, 17, 325–33.

Frankham R, Manning H, Margan SH, Briscoe DA (2000) Does equalization of family sizes reduce genetic adaptation to captivity? *Heredity*, 357–363.

Hamilton MB (1994) Ex situ conservation of wild plant species: Time to reassess the genetic assumptions and implications of seed banks. *Conservation Biology*, 8, 39–49.

Havens K, Guerrant EO, Maunder M, Vitt P (2004) Guidelines for ex situ conservation collection management. Minimizing risks. In: *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild* (eds Guerrant EO, Havens K, Maunder M), pp. 454–473. Island Press, Washington.

Hufford KM, Mazer SJ (2003) Plant ecotypes: Genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 18, 147–155.

Hurka H, Neuffer B, Friesen N (2004) Plant genetic resources in botanical gardens. *Acta Horticulturae*, 651, 35–44.

Husband BC, Campbell LG (2004) Population responses to novel environments; implications for ex situ plant conservation. In: *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild* (eds Guerrant EO, Havens K, Maunder M), pp. 231–285. Island Press, Washington.

Lauterbach D (2013) Ex situ-Kulturen gefährdeter Wildpflanzen – Populationsgenetische Aspekte und Empfehlungen für Besammlungen, Kultivierung und Wiederausbringung. *Anliegen Natur*, 35, 32–39.

Lesica P, Allendorf FW (1999) Ecological genetics and the restoration of plant communities: Mix or match? *Restoration Ecology*, 7, 42–50.

McKay JK, Christian CE, Harrison S, Rice KJ (2005) “How Local Is Local?”—A review of practical and conceptual issues in the genetics of restoration. *Restoration Ecology*, 13, 432–440.

Montalvo AM, Williams SL, Rice KJ et al. (1997) Restoration Biology: A population biology perspective. *Restoration Ecology*, 5, 277–290.

Schaal BB, Leverich WJ (2004) Population genetic issues in ex situ conservation. In: *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild* (eds Guerrant EO, Havens K, Maunder M), pp. 267–285. Island Press, Washington.

Schoen DJ, Brown AHD (2001) The conservation of wild plant species in seed banks. *BioScience*, 51, 960–966.

Schoen DJ, David JL, Bataillon TM (1998) Deleterious mutation accumulation and the regeneration of genetic resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 394–399.

Vitt P, Havens K (2004) Integrating quantitative genetics into ex situ conservation and restoration practices. In: *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild* (eds Guerrant EO, Havens K, Maunder M), pp. 286–304. Island Press, Washington.

Weeks AR, Sgro CM, Young AG et al. (2011) Assessing the benefits and risks of translocations in changing environments: a genetic perspective. *Evolutionary Applications*, 4, 709–725.

Empfehlungen für Wiederansiedlungen:

Albrecht MA, Maschinski J (2012) Influence of founder population size, propagule stages, and life history on the survival of reintroduced plant populations. In: *Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils* (eds Maschinski J, Haskins KE). Island Press, Washington.

Bischoff A, Steinger T, Müller-Schärer H (2010) The importance of plant provenance and genotypic diversity of seed material used for ecological restoration. *Restoration Ecology*, 18, 338–348.

Dalrymple SE, Stewart GB, Pullin AS (2011) Are re-introductions an effective way of mitigating against plant extinctions? *CEE Review*, 07-008, (SR32).

Dalrymple SE, Banks E, Stewart GB, Pullin AS (2012) A meta-analysis of threatened plant reintroductions from across the globe. In: *Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils* (eds Maschinski J, Haskins KE). Island Press, Washington.

Dorner J (2002) An introduction to using native plants in restoration projects. Plant Conservation Alliance, U.S. Environmental Protection Agency.

Frankham R (2015) Genetic rescue of small inbred populations: meta-analysis reveals large and consistent benefits of gene flow. *Molecular Ecology*, 24, 2610–2618.

Frankham R, Bradshaw CJA, Brook BW (2014) Genetics in conservation management: Revised recommendations for the 50/500 rules, Red List criteria and population viability analyses. *Biological Conservation*, 170, 56–63.

Godefroid S, Piazza C, Rossi G et al. (2011) How successful are plant species reintroductions? *Biological Conservation*, 144, 672–682.

- Guerrant EO (2013) The value and propriety of reintroduction as a conservation tool for rare plants. *Botany*, 91, v–x.
- Hufford KM, Mazer SJ (2003) Plant ecotypes: Genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 18, 147–155.
- Kephart SR (2004) Inbreeding and reintroduction: Progeny success in rare *Silene* populations of varied density. *Conservation Genetics*, 5, 49–61.
- Knight TM (2012) Using population viability analyses to plan reintroductions. In: *Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils* (eds Maschinski J, Haskins KE). Island Press, Washington.
- Lauterbach D (2013) Ex situ-Kulturen gefährdeter Wildpflanzen – Populationsgenetische Aspekte und Empfehlungen für Besammlungen, Kultivierung und Wiederausbringung. *Anliegen Natur*, 35, 32–39.
- Maschinski J, Falk DA, Wright SJ, Possley J, Roncal J, Wendelberger KS (2012) Optimal locations for plant reintroductions in a changing world. In: *Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils* (eds Maschinski J, Haskins KE). Island Press, Washington.
- Maschinski J, Albrecht MA, Monks L, Haskins CE (2012b) Center for plant conservation best reintroduction practice guidelines. In: Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils (eds Maschinski J, Haskins CE), pp. 277–307. Island Press, Washington.**
- Maschinski J, Wright SJ, Koptur S, Pinto-Torres EC (2013) When is local the best paradigm? Breeding history influences conservation reintroduction survival and population trajectories in times of extreme climate events. *Biological Conservation*, 159, 277–284.
- Maunder M (1992) Plant reintroduction : an overview. *Biodiversity and Conservation*, 61, 51–61.
- Menges ES (2008) TURNER REVIEW No. 16. Restoration demography and genetics of plants: When is a translocation successful? *Australian Journal of Botany*, 56, 187.
- Prasse R, Kunzmann D, Schröder R (2010) Entwicklung und praktische Umsetzung naturschutzfachlicher Mindestanforderungen an einen Herkunftsnachweis für gebietseigenes Wildpflanzensaatgut krautiger Pflanzen. Abschluss Bericht: DBU Projekt 23931, Leibniz Universität Hannover.
- Ramp Neale J (2012) Genetic considerations in rare plant reintroduction: Practical Applications (or How are we doing?). In: *Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils* (eds Maschinski J, Haskins KE), pp. 71–88. Island Press, Washington.
- Vergeer P, Sonderen E, Ouborg NJ (2004) Introduction Strategies Put to the Test : Local Adaptation versus Heterosis. Conservation Biology, 18, 812–821.**
- Vergeer P, van den Berg LJJ, Roelofs JGM, Ouborg NJ (2005) Single-family versus multi-family introductions. *Plant Biology*, 7, 509–15.
- Vitt P, Havens K, Kramer AT, Sollenberger D, Yates E (2010) Assisted migration of plants: Changes in latitudes, changes in attitudes. *Biological Conservation*, 143, 18–27.
- Weeks AR, Sgro CM, Young AG et al. (2011) Assessing the benefits and risks of translocations in changing environments: a genetic perspective. *Evolutionary Applications*, 4, 709–725.
- Fallbeispiele Ansiedlungen**
- Aavik T, Edwards PJ, Holderegger R, Graf R, Billeter R (2012) Genetic consequences of using seed mixtures in restoration: A case study of a wetland plant *Lychnis flos-cuculi*. *Biological Conservation*, 145, 195–204.
- Aavik T, Bosshard D, Edwards PJ, Holderegger R, Billeter R (2014) Fitness in Naturally Occurring and Restored Populations of a Grassland Plant *Lychnis flos-cuculi* in a Swiss Agricultural Landscape. Restoration Ecology, 22, 98–106.**
- Baer SG, Gibson DJ, Gustafson DJ et al. (2013) No effect of seed source on multiple aspects of ecosystem functioning during ecological restoration: cultivars compared to local ecotypes of dominant grasses. *Evolutionary Applications*, n/a–n/a.
- Baker K, Lambdon P, Jones E et al. (2014) Rescue, ecology and conservation of a rediscovered island endemic fern (*Anogramma ascensionis*): ex situ methodologies and a road map for species reintroduction and habitat restoration. 461–477.
- Betz C, Scheuerer M, Reisch C (2013) Population reinforcement – A glimmer of hope for the conservation of the highly endangered Spring Pasque flower (*Pulsatilla vernalis*). *Biological Conservation*, 168, 161–167.
- Bischoff A, Vonlanthen B, Steinger T, Müller-Schärer H (2006) Seed provenance matters — Effects on germination of four plant species used for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*, 7, 347–359.
- Bischoff A, Steinger T, Müller-Schärer H (2010) The importance of plant provenance and genotypic diversity of seed material used for ecological restoration. Restoration Ecology, 18, 338–348.**
- Crémieux L, Bischoff A, Müller-Schärer H, Steinger T (2010) Gene flow from foreign provenances into local plant populations: Fitness consequences and implications for biodiversity restoration. *American journal of botany*, 97, 94–100.
- Drayton B, Primack RB (2012) Success rates for reintroductions of eight perennial plant species after 15 years. Restoration Ecology, 20, 299–303.**

Hufford KM, Mazer SJ (2003) Plant ecotypes: Genetic differentiation in the age of ecological restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 18, 147–155.

Kephart SR (2004) Inbreeding and reintroduction: Progeny success in rare *Silene* populations of varied density. *Conservation Genetics*, 5, 49–61.

Krauss SL, Dixon BOB, Dixon KW (2002) Rapid Genetic Decline in a Translocated Population of the Endangered Plant *Grevillea scapigera*. *Conservation Biology*, 16, 986–994.

Lofflin DL, Kephart SR (2005) Outbreeding, seedling establishment, and maladaptation in natural and reintroduced populations of rare and common *Silene douglasii* (Caryophyllaceae). *American Journal of Botany*, 92, 1691–1700.

Maschinski J, Wright SJ, Koptur S, Pinto-Torres EC (2013) When is local the best paradigm? Breeding history influences conservation reintroduction survival and population trajectories in times of extreme climate events. *Biological Conservation*, 159, 277–284.

Maurice A-C, Abdelkrim J, Cisel M et al. (2013) Mixing plants from different origins to restore a declining population: ecological outcomes and local perceptions 10 years later. *PloS one*, 8, e50934.

Noël F, Prati D, van Kleunen M, Gygas A, Moser D, Fischer M (2011) Establishment success of 25 rare wetland species introduced into restored habitats is best predicted by ecological distance to source habitats. *Biological Conservation*, 144, 602–609.

Raabová J, Münzbergová Z, Fischer M (2007) Ecological rather than geographic or genetic distance affects local adaptation of the rare perennial herb, *Aster amellus*. *Biological Conservation*, 139, 348–357.

Schröder R, Prasse R (2013) From nursery into nature: A study on performance of cultivated varieties of native plants used in re-vegetation, their wild relatives and evolving wild × cultivar hybrids. *Ecological Engineering*, 60, 428–437.

Vergeer P, Sonderen E, Ouborg NJ (2004) Introduction Strategies Put to the Test : Local Adaptation versus Heterosis. *Conservation Biology*, 18, 812–821.

Vergeer P, van den Berg LJJ, Roelofs JGM, Ouborg NJ (2005) Single-family versus multi-family introductions. *Plant Biology*, 7, 509–15.

Internationale Dokumente

Wyse Jackson PS, Sutherland LA (2000) International Agenda for Botanic Gardens in Conservation. Botanic Gardens Conservation International (BGCI), Richmond, UK.

BGCI (2012) International Agenda for Botanic Gardens in Conservation: 2nd edition. Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK.

BGCI (2014) Building living plant collections to support conservation: A guide for public gardens. 1-4 pp.

CBD (2011) Decisions adopted by the conference of the parties to the convention of biological diversity at its tenth meeting. 82–353.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD) (2002) Global Strategy for Plant Conservation. <http://www.cbd.int/doc/publications/pc-brochure-en.pdf> (accessed January 2010).

Populationsgenetische Grundlagen:

Brown A.D.H. (1992) Human Impact on Plant Gene Pools and Sampling for Their Conservation Human impact on plant gene pools and sampling for their conservation. *OIKOS*, 63, 109–118.

Ellstrand NC, Elam DR (1993) Population genetic consequences of small population size: Implications for plant conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24, 217–242.

Falk DA, Holsinger KE (1991) Genetics and the conservation of rare plants. Oxford University Press, Oxford.

Frankham R (1999) Quantitative genetics in conservation biology. *Genetical Research*, 74, 237–44.

Kawecki TJ, Ebert D (2004) Conceptual issues in local adaptation. *Ecology Letters*, 7, 1225–1241.

Leimu R, Fischer M (2008) A meta-analysis of local adaptation in plants. *PLoS One*, 3, 1–8.

Leimu R, Mutikainen PIA, Koricheva J, Fischer M (2006) How general are positive relationships between plant population size, fitness and genetic variation? *Journal of Ecology*, 94, 942–952.

Reed DH, Frankham R (2003) Correlation between Fitness and Genetic Diversity. *Conservation Biology*, 17, 230–237.

Willi Y, Van Buskirk J, Hoffmann AA (2006) Limits to the Adaptive Potential of Small Populations. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*.

Young A, Boyle T, Brown T (1996) The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in Ecology & Evolution*, 5347, 413–418.