

Zippel, E. Borgmann, P., Burkart, M. Daumann, K.; Kuppinger, A.-L.; Lauterbach, D.; Listl, D.; Martens, A.; Nick, P.; Oevermann, S.; Poschlod, P.; Radkowitzsch, A.; Reisch, C.; Straubinger, C.; Zachgo, S. & Stevens, A.-D. (2016):

Ex situ trifft In situ - Möglichkeiten und Grenzen der Einlagerung von Saatgut, Erhaltungskulturen und Wiederausbringung von gefährdeten Wildpflanzenarten in Anbetracht des Klimawandels am Beispiel des im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt geförderten Projektes „Wildpflanzenschutz in Deutschland: WIPs-De“.

In: Korn, H., Bockmühl, K. & Schliep, R. (Hrsg.): Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland XII. Dokumentation der 12. Tagung. BfN-Skripten 432, 49-57.



Ex situ trifft In situ - Möglichkeiten und Grenzen der Einlagerung von Saatgut, Erhaltungskulturen und Wiederausbringung von gefährdeten Wildpflanzenarten in Anbetracht des Klimawandels am Beispiel des im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt geförderten Projektes „Wildpflanzenschutz in Deutschland: WIPs-De“

ZIPPEL, E. BORGMANN, P., BURKART, M. DAUMANN, J.; KUPPINGER, A.-L.; LAUTERBACH, D.; LISTL, D.; MARTENS, A.; NICK, P.; OEVERMANN, S.; POSCHLOD, P.; RADKOWITSCH, A.; REISCH, C.; STRAUBINGER, C.; ZACHGO, S.; STEVENS, A.-D.

Zusammenfassung

Aufgrund der fortschreitenden Zerstörung und Fragmentierung von Habitaten in unserer Landschaft wird es für ohnehin seltene und gefährdete Arten schwieriger werden, den derzeitigen und prognostizierten Klimaveränderungen durch Wanderungen auszuweichen. Ein Großteil der seltenen und gefährdeten Pflanzenarten in Deutschland lebt mittlerweile in räumlich stark begrenzten, verinselten und kleiner werdenden Populationen ohne die Möglichkeit des genetischen Austausches mit benachbarten Populationen. Unter diesen Bedingungen sinkt zunehmend die für das Überleben wichtige genetische Vielfalt seltener Arten und die daraus resultierende Anpassungsfähigkeit.

Angesichts dieser Problematik reicht der Biotopschutz mit seinen herkömmlichen Pflegemaßnahmen für viele Arten nicht mehr aus. Vielmehr müssen neue Wege beschritten werden, v.a. wenn es sich bei den gefährdeten Taxa um schwerpunktmäßig in Mitteleuropa verbreitete Arten handelt, für deren Schutz Deutschland eine besonders hohe Verantwortung hat. Daher haben in den letzten Jahren *Ex situ*-Maßnahmen¹ im botanischen Artenschutz an Bedeutung gewonnen. *Ex situ*-Maßnahmen umfassen die Einlagerung von Saatgut in Saatgutbanken, die Anlage von Erhaltungskulturen in botanischen Gärten und die gezielte Vermehrung von Pflanzen, die Stützungen von bestehenden Populationen und Wiederansiedlungen mit Hilfe von Saatgut oder Jungpflanzen *in situ* dienen können. Damit ist es ein Stück weit möglich, die genetische Vielfalt und das Anpassungspotenzial an sich verändernde Umweltbedingungen zu erhalten. Im Rahmen des Projektes "Aufbau eines nationalen Netzwerkes zum Schutz gefährdeter Wildpflanzenarten in besonderer Verantwortung Deutschlands - WIPs-De" werden für ausgewählte Arten o.g. *Ex situ*- mit *In situ*-Maßnahmen verknüpft und Standards für Erhaltungs- und Vermehrungskulturen sowie Wiederansiedlungen von gefährdeten Pflanzenarten erarbeitet.

¹ *ex situ* bedeutet die Existenz einer Art außerhalb des natürlichen Lebensraums, also die Sammlung von Samen in Saatgutbanken oder die Kultivierung von Arten in Erhaltungs- und Vermehrungskulturen in botanischen Gärten. *In situ* bedeutet die Existenz einer Art am natürlichen Wuchsort in der Landschaft

Einleitung

Ein gutes Drittel unserer heimischen Gefäßpflanzenarten ist inzwischen in unterschiedlichem Maße gefährdet (LUDWIG & SCHNITTLER 1996). Angesichts dieser inzwischen recht alten Daten dürfte der Anteil inzwischen deutlich höher liegen. Als Hauptgefährdungsursachen gelten u.a. Standortzerstörung durch Baumaßnahmen, landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzung der Flächen, Wildhege und Jagd sowie Nährstoffeinträge und fehlende Dynamik von Standorten (http://bfn.de/0322_pflanzen.html). Der Klimawandel taucht in dieser Liste bisher nicht auf und wird auch in der Tat für den Großteil der Arten derzeit angesichts der o.g. Standortzerstörungen von noch untergeordneter Bedeutung sein. Allerdings ist in den letzten Jahren eine Fülle von Arbeiten erschienen, die auf klimabedingte Arealverschiebungen von Pflanzenarten und Veränderungen von Lebensgemeinschaften hinweisen. So konnte z.B. bereits 2005 (WALTHER 2005) die klimatisch bedingte rezente Ausbreitung von *Ilex aquifolium* anhand der sich in den letzten Jahrzehnten nach Osten verschobenen 0°C-Isotherme nachgewiesen werden und in Bayern ist *Najas marina* seit den letzten Jahren in Ausbreitung begriffen (POSCHLOD 2015). Im Rahmen des europäischen GLORIA-Projektes (<http://www.gloria.ac.at>) wurden umfassende Studien von Auswirkungen des Klimawandels im Hochgebirge auf die Flora und Vegetation durchgeführt, die eine Wanderung von subalpinen und alpine Arten in die Höhe und die Verdrängung hochalpiner und nivaler Arten belegen (u. a. PAULI et al. 2009, PAULI et al 2012).

Pflanzenarten können Klimaveränderungen nur dann ausweichen, wenn sie aufgrund ihrer Ausbreitungsbiologie in der Lage sind, entlang von Klimagradienten zu wandern und dabei geeignete Standorte vorfinden, was im Hochgebirge bzw. angesichts der o.g. Verinselung geeigneter Habitats in unserer "Agrarwüste" häufig nicht mehr der Fall ist. Folgeschwer dürften auch die sich abzeichnenden klimabedingten Verschiebungen der Phänologie der Arten und damit eine Änderung von Lebensgemeinschaften sein. So ist derzeit z.B. nicht abzuschätzen, inwieweit sich enge Wechselbeziehungen wie z.B. die zwischen Bestäuber und Blütenpflanzen an das derzeit schnelle Tempo der Klimaveränderungen anpassen können (MEMMOTT 2007).

Angesichts der Tatsache, dass aufgrund dieser vielfältigen Gefährdungsursachen für viele Arten Maßnahmen des traditionellen Arten- und Biotopschutzes nicht mehr ausreichen, nimmt der Schutz von seltenen Arten *ex situ* immer mehr an Bedeutung zu. *Ex situ*-Maßnahmen wie die Einlagerung von Diasporen gefährdeter in Saatgutbanken oder die Kultivierung von Pflanzen in Botanischen oder Schutzgärten sind bereits in der CBD als wichtige Maßnahme genannt und in der Global Strategy for Plant Conservation (GSPC, 2000) als eines der 16 Ziele festgeschrieben worden. Inzwischen gibt es in Deutschland einige aktive Saatgutbanken für Wildpflanzen sowie zahlreiche Botanische Gärten und Schutzgärten, die sich dem *Ex situ*-Schutz gefährdeter Pflanzenarten widmen (s. u.a. HURKA 1994, HURKA 2000, BURKART 2013, ZIPPEL 2013, NICK 2014, TAUSCH et al. 2015). Allerdings bestehen hierzulande noch immer Vorbehalte gegenüber einem "gärtnerischen" Eingreifen zur Rettung aussterbender Arten bzw. Populationen. Daher ist es immer wieder wichtig zu betonen, dass weder Saatgutbanken noch Erhaltungs- und Vermehrungskulturen allein den Verlust der pflanzlichen Biodiversität aufhalten können. Für wild vorkommende Pflanzen

muss der Artenschutz *in situ*, also am natürlichen Wuchsort, oberste Priorität behalten, da Lebensgemeinschaften oder ganze Ökosysteme in ihrer Komplexität an Makro- und Mikroorganismen und deren Interaktionen nicht *ex situ* erhalten werden können. *Ex situ*-Maßnahmen sind jedoch ein inzwischen unverzichtbares Mittel, um Bemühungen im zoologischen wie botanischen Artenschutz *in situ* zu ergänzen und damit dem endgültigen Aussterben von Arten entgegenzuwirken.

Deshalb fördert das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesamtes für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) im Rahmen des Bundesprogramms "Biologische Vielfalt" das Projekt "Aufbau eines nationalen Netzwerkes zum Schutz gefährdeter Wildpflanzenarten in besonderer Verantwortung Deutschlands – WIPS-De" (<http://wildpflanzenschutz.de/>), das die Synthese von *Ex situ*- und *In situ*-Maßnahmen für 15 Gefäßpflanzenarten mit besonderer Verantwortung Deutschlands (<http://www.biologischevielfalt.de/verantwortungsarten.html>) zum Ziel hat. Die Zielarten, die vom BfN ausgewählt wurden, haben ihren Verbreitungsschwerpunkt in Mitteleuropa und decken ein recht breites taxonomisches, biologisches und ökologisches Spektrum ab. Unter ihnen befinden sich Endemiten und weit verbreitete Arten, die in unterschiedlichem Maße aufgrund deutschland- und europaweit gefährdet sind: Arnika (*Arnica montana*), Serpentin-Streifenfarn (*Asplenium cuneifolium*), Stengelloser Tragant (*Astragalus exscapus*), Reichenbachs Zittergras-Segge (*Carex pseudobrizoides*), Bayerisches Löffelkraut (*Cochlearia bavarica*), Weichhaariger Pippau (*Crepis mollis*), Breitblättriges Knabenkraut (*Dactylorhiza majalis*), Pfingst-Nelke (*Dianthus gratianopolitanus*), Scheiden-Gelbstern (*Gagea spathacea*), Sumpf-Enzian (*Gentianella uliginosa*), Sumpf-Bärlapp (*Lycopodiella inundata*), Tide-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*), Weißes Schnabelried (*Rhynchospora alba*), Graue Skabiose (*Scabiosa canescens*) und Gelbes Galmei-Stiefmütterchen (*Viola calaminaria*). Im WIPS-De Projekt arbeiten die Botanischen Gärten Berlin-Dahlem, Karlsruhe, Osnabrück, Potsdam und Regensburg sowie die Pädagogische Hochschule Karlsruhe in einem Verbund zusammen.

Im WIPs-De- Projekt ergänzen sich folgende Artenschutzmaßnahmen: 1) Einlagerung von Saatgut in Saatgutbanken, 2) Anlage von Erhaltungskulturen in botanischen Gärten und die gezielte Vermehrung von Pflanzenmaterial sowie 3) Stützungen von bestehenden Populationen und Wiederansiedlungen mit Hilfe von Saatgut oder Jungpflanzen *in situ*.

1) Sammlung von Saatgut der 15 Gefäßpflanzen-Verantwortungsarten

Im Rahmen des WIPs-De-Projektes werden von möglichst vielen geographisch und genetisch repräsentativen Populationen Saatgut bzw. Sporen gesammelt und in die Saatgutbanken der beteiligten Botanischen Gärten eingelagert. Die Sammlung des Saatgutes erfolgt wie die weiteren Maßnahmen in enger Zusammenarbeit mit den jeweiligen Behörden und ggf. Gebietsbetreuern vor Ort. Bisher konnten seit Beginn des Projektes im Sommer 2013 rund 400 Akzessionen der o.g. „Verantwortungsarten“ in den Saatgutbanken der beteiligten Verbundpartner eingelagert werden.

Für die Dokumentation der Geländearbeiten wird im Rahmen des Projektes eine App entwickelt, mit deren Hilfe Fundort- und Standortparameter sowie Populationsdaten direkt im

Gelände digital erfasst werden können (s. Reiter „Web-Mapping“ unter <http://wildpflanzenschutz.de/>). Mit dieser App können auch Fundortdaten der Zielarten von Dritten an das WIPs-De-Projekt direkt gemeldet werden.

Arbeitstechniken der Saatgutbanken

In Saatgutbanken für Wildpflanzen soll die genetische Vielfalt von Arten repräsentativ gesichert werden. Da in den wenigsten Fällen populationsgenetische Daten vorliegen, werden über die gesamte geographische und ökologische Amplitude einer Art Proben gesammelt. Die wissenschaftlichen Grundlagen hierfür werden seit drei Jahrzehnten intensiv diskutiert (u.a. Falk & Holsinger 1991, Guarino, et al. 1995, Smith et al. 2003). 2009 erschienen die Empfehlungen und Richtlinien des European Native Seed Conservation Network "ENSCONET" (ENSCONET 2009a, 2009b <http://ensconet.maich.gr/Download.htm>) für die Arbeit europäischer Saatgutbanken für Wildpflanzen, nach denen die Saatgutbanken der deutschen botanischen Gärten arbeiten (ZIPPEL & STEVENS 2014, LANG et al. 2014).

Die Sammlung der Diasporen erfolgt zum oder kurz vor dem Zeitpunkt der natürlichen Ausbreitung. Aus Naturschutzgründen werden nur max. 20% der am Erntetag verfügbaren reifen Samen einer Population gesammelt. Die optimale Erntemenge umfasst 5000 Korn. Bei kleinen Populationen und bei Arten mit geringem Samenansatz ist es häufig nicht möglich, diese Mengen zu sammeln. Für Artenschutzmaßnahmen können in solchen Fällen Vermehrungskulturen zur weiteren Saatgutgewinnung sinnvoll sein. Besonders wichtig ist die objektive und nach Jahrzehnten noch nachvollziehbare Dokumentation der Probe. Deshalb werden zahlreiche geographische und ökologische Parameter sowie umfassende Angaben zur Situation der Population erfasst.

Vor der Einlagerung in die Saatgutbank wird das Saatgut in einer Klimakammer mit ca. 15% rel. Luftfeuchte und 15° C vorgetrocknet, gereinigt, mit Hilfe von Silicagel auf eine Restfeuchte von 3-8% ultratrocknet, in geeignete hermetisch abgedichtete Gefäße gefüllt oder in Aluminiumfolien vakuumverschweißt und unter trockenen Tiefkühlbedingungen aufbewahrt. Regelmäßige Keimungstests, Tetrazoliumtests oder Röntgenanalysen geben über die Vitalität des Saatgutes Auskunft.

Voraussetzung für Einlagerung in eine Saatgutbank ist die Trockenresistenz des Samens. Durch die Trocknung und anschließende Kühlung werden die Stoffwechselprozesse im pflanzlichen Embryo und den ihn umgebenden Geweben auf ein Minimum reduziert und die Lebensdauer des Samens damit erheblich verlängert. Die meisten mitteleuropäischen haben solche sog. orthodoxen Samen. Allerdings gibt es auch hier eine Reihe von Arten, v.a. sind das Arten von feuchten und nassen Standorten und Baumarten mit großen Samen, deren Samen eine Austrocknung nicht überleben und daher nicht in eine Saatgutbank eingelagert werden können.

2) Anlage von Erhaltungs- und Vermehrungskulturen in Botanischen Gärten

Von sämtlichen o.g. Zielarten des Projektes wurden und werden deutschlandweit in botanischen Gärten und ähnlichen Einrichtungen Erhaltungskulturen angelegt, um die Kulturbedingungen der Arten zu erproben und die Arten *ex situ* zu erhalten. Ein wichtiges Augenmerk liegt hierbei auf der Regionalität, d. h. nach Möglichkeit werden die Pflanzen in einem botanischen Garten in der Nähe zur Wildherkunft kultiviert. So soll sichergestellt werden, dass die klimatischen Voraussetzungen in der Kultur denjenigen am Ursprungsort der Population zumindest ähneln. Inzwischen existieren in Deutschland über 50 Akzessionen von Erhaltungskulturen verschiedener „Verantwortungsarten“ in mehr als 10 Botanischen Gärten und ähnlichen Einrichtungen.

Allgemein anerkannte Richtlinien für Erhaltungskulturen von Wildpflanzen - ähnlich den o.g. ENSCONET-Standards für Wildpflanzen-Saatgutbanken - fehlten bisher. Daher wurden im Rahmen des WIPs-De-Projektes solche Standards erarbeitet (LAUTERBACH et al. 2015), die auf dem inzwischen recht großen Erfahrungsschatz der Botanischen Gärten sowie zahlreicher vorliegender wissenschaftlicher Studien (s. Literaturangaben in LAUTERBACH et al. 2015) beruhen.

Erhaltungs- und Vermehrungskulturen in Botanischen Gärten

Die Kulturbedingungen seltener und gefährdeter Arten sind naturgemäß artspezifisch und können sehr unterschiedlich sein. Jedoch sind für den Aufbau von Erhaltungs- und Vermehrungskulturen eine Reihe von Faktoren zu beachten, um die jeweilige genetische Vielfalt der Ursprungspopulation zu gut wie möglich zu erhalten. Unerwünschte Einkreuzungen anderer Populationen oder Arten, genetische Erosion durch gärtnerische Selektion, Verlust spezifischer lokaler Anpassungen oder unerwünschte Anpassungen einer Population an künstliche Standortbedingungen müssen vermieden werden. Die genetischen Veränderungen, die bei der Kultivierung von Wildarten in gärtnerischer Obhut auftreten können, sind allerdings bisher nur in Ansätzen bekannt. So können in Kultur im Garten in kurzer Zeit Dormanzmechanismen verloren gehen (Enßlin et al. 2010). Eine zu geringe Anzahl kultivierter Pflanzen führt bei offener Bestäubung zu einer deutlichen genetischen Verarmung von Gartenpopulationen (Lauterbach et al. 2012).

3) Populationsstützungen und Wiederausbringungen

Die dritte Maßnahme im Projekt sind Populationsstützungen und Wiederausbringungen. Alle Verbundpartner bringen bereits Erfahrungen mit dieser Thematik ein. Populationsstützungen und Wiederausbringungen sind nicht für alle „Verantwortungsarten“ in allen Regionen zielführend. Sie werden nur durchgeführt, wenn die Arten in der Region eine hohe Schutzpriorität genießen, geeignete Habitate für die Art vorhanden sind bzw. hergestellt werden können und ggf. anschließend notwendige Pflege durch die verantwortlichen Behörden bzw. Besitzer der Flächen sichergestellt ist. Daher werden im Projekt

Entscheidungen über *In situ*-Maßnahmen in enger Absprache mit den Unteren Naturschutzbehörden und den Nutzern der Zielflächen getroffen. Die ersten Wiederansiedlungen und Populationsstützungen im Rahmen des WIPs-De-Projektes wurden 2014 in Mecklenburg-Vorpommern und Berlin in renaturierten Mooren mit Brutzwiebeln von *Rhynchospora alba* durchgeführt. An beiden Standorten hatten sich im Folgejahr 2015 Pflanzen aus den Ansiedlungen etabliert. 2015 erfolgten Wiederausbringungen von *Scabiosa canescens* in Berlin sowie von *Dianthus gratianopolitanus* und *Arnica montana* in Brandenburg mit im Garten angezogenen Jungpflanzen. Einige der "Verantwortungsarten" wurden bereits in der Vergangenheit in verschiedenen Ländern wiederangesiedelt oder durch Populationsstützungen gestärkt (<http://www.ex-situ-erhaltung.de/wiederansiedlung>).

Populationsstützungen und Wiederausbringungen gefährdeter Pflanzenarten

Das Ziel von Wiederansiedlungen und Populationsstützungen gefährdeter Arten ist, das Evolutionspotential der Art *in-situ* zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Das wichtigste Kriterium für eine *in-situ*-Maßnahmen auf einer Fläche ist daher die langfristige Gewährleistung einer auf die jeweilige Zielart abgestimmte Pflege, die es der Art erlauben wird, sich auch in der Zukunft erfolgreich am Standort reproduzieren zu können. Ferner muss die Möglichkeit zur Ausbreitung der Art gewährleistet sein. Im optimalen Fall besteht auch der genetische Austausch zu benachbarten Populationen zur Vermeidung genetischer Inzucht.

Populationsstützungen und Wiederausbringungen empfehlen sich bei Arten, die es aller Wahrscheinlichkeit nach es aus eigener Kraft heraus nicht schaffen werden, vitale und überlebensfähige Populationen in der jeweiligen Region aufzubauen - sei es aus den verbliebenen Individuen, der Diasporenbank im Boden oder durch natürliche Ansiedlung. *In-situ*-Maßnahmen sind aufwändig und erfordern eine sorgfältige Planung, Durchführung und langfristige Betreuung. Sie sollten sich daher auf Arten beschränken, deren Schutz und Erhaltung in der Region eine hohe Priorität besitzt, so v.a. die prioritären Arten des Florenschutzes der einzelnen Länder. Die o.g. Gefäßpflanzen-Verantwortungsarten des BfN fallen nur zu einem geringen Teil darunter.

Wiederansiedlungen durch verschiedene Akteure des Naturschutzes sowie teilweise äußerst problematische Ansaubungen in der freien Natur durch „Pflanzenliebhaber“ oder Anhänger des „guerilla-gardenings“ in der freien Natur“, bei dem Bürger Pflanzen oder Saatgut zumeist von Fremdherkünften zur "Bereicherung" der Vegetation in Städten oder der Landschaft ausbringen, nehmen inzwischen immer mehr zu. Daher ist es dringend geboten, auch für Wiederansiedlungen allgemein gültige Kriterienkataloge und Standards zu erarbeiten. Diese müssen sowohl gesetzliche Rahmenbedingungen als auch wissenschaftlich begründete naturschutzfachliche Aspekte berücksichtigen. Die Erarbeitung von Kriterienkatalogen, Standards und Protokollen für die Populationsstützungen und Wiederausbringungen von Wildpflanzenarten ist daher ein weiteres Ziel des WIPs-De-Projektes.

Eine zielgerichteter Schutz von Arten und Populationen durch *Ex situ*-Maßnahmen wird durch die Kenntnis der genetischen Zusammenhänge in und zwischen den Populationen erleichtert. Populationsgenetische Studien können in Verbindung mit Analysen morphologischer und physiologischer Fitnessvariablen wertvolle Grundlagen für einen erfolgreichen Artenschutz liefern. Deshalb fördert das Bundesamt für Naturschutz komplementär zu dem „WIPS-De“-Projekt daher das F&E-Vorhaben „Integration von *Ex situ*- und *In situ*-Maßnahmen zur Erhaltung gefährdeter Blütenpflanzen in Deutschland – ein Modellvorhaben zur Umsetzung der Global Strategy for Plant Conservation (GSPC)“, das am Botanischen Garten und Botanischen Museum Berlin-Dahlem die genetische Struktur ausgewählter Arten in Mitteleuropa untersucht und daraus populationsgenetische Empfehlungen für *Ex situ*- und Wiederausbringungsmaßnahmen ableitet.



Saatgutsammlung



Lagerung in der Saatgutbank



Erhaltungskulturen im Botanischen Garten



Wiederausbringung an geeigneten Standorten

Literatur

- BURKART, M. (2013): Portal für Erhaltungskulturen einheimischer Wildpflanzen. <http://www.ex-situ-erhaltung.de>.
- ENßLIN, A., SANDNER, T., und MATTHIES, D. (2010). 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.
- FALK, D.A. und HOLSINGER, K.E. (Eds.) (1991). *Genetics and Conservation of Rare Plants*. 225-237. Oxford University Press, New York, USA.
- GUARINO, L., RAMANTHA RAO, V. und REID, R. (1995). *Collecting plant genetic diversity*. CABI Publishing, Wallingford, UK.

- ENSCONET (2009a): ENSCONET Seed Collecting Manual for wild species. - Studi Trentini die Scienze Naturali 90: 221-248.
- ENSCONET (2009b): ENSCONET Curation Protocols and Recommendations. - Studi Trentini die Scienze Naturali 90: 249-289.
- HURKA H. (1994): Conservation genetics and the role of botanical gardens. - In: LOESCHKE, J. TOMIUK, V. und JAIN, S. K. (Hrsg): Conservation Genetics. Basel, 371-380.
- HURKA, H. (2000): Die Rolle der Botanischen Gärten bei der Erhaltung der pflanzengenetischen Vielfalt. Schriftenreihe für Vegetationskunde 32, 101-110.
- 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.
- LAUTERBACH, D.; BORGMANN, P.; DAUMANN, J.; KUPPINGER, A.-L.; LISTL, D.; MARTENS, A.; NICK, P.; OEVERMANN, S.; POSCHLOD, P.; RADKOWITSCH, A.; REISCH, C.; STEVENS, A.-D.; STRAUBINGER, C.; ZACHGO, S.; ZIPPEL, E.; BURKART, M. (2015) Allgemeine Qualitätsstandards für Erhaltungskulturen gefährdeter Wildpflanzen. Gärtnerisch-Botanischer Brief (in press).
- LEIPOLD, M., REISCH, C., POSCHLOD, P. (2010): Aufbau einer Genbank für seltene und gefährdete Wildpflanzenarten und solche, für die Bayern aufgrund seiner naturräumlichen Ausstattung innerhalb Deutschlands besondere Verantwortung trägt. Berichte Gesellschaft Pflanzenbauwissenschaften 5: 131-133.
- MEMMOTT, J., CRAZE, P.G., WASER, N.M. & PRICE, M.V. (2007): Global warming and the disruption of interactions. Ecology Letters 10 (8): 710–717.
- PLANT–POLLINATOR INTERACTIONS. ECOLOGY LETTERS 10: 710–711
- NICK, P. (2014) Schützen und nützen – von der Erhaltung zur Anwendung. Fallbeispiel Europäische Wildrebe. IN: POSCHLOD, P., BORGMANN, P., LISTL, D., REISCH, C., ZACHGO S. & DAS GENBANK WEL NETZWERK: Handbuch Genbank WEL. Hoppea Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft, Sonderband 2014, S. 159-174.
- PAULI, H., GOTTFRIED, M. & GRABHERR, G. (2011) Nemorale und mediterrane Hochgebirge: Klima, Vegetationsstufen, Artenvielfalt und Klimawandel am Beispiel der Alpen und der spanischen Sierra Nevada. In: ANHUF D., FICKERT T. & GRÜNINGER F. (Hrsg.), Ökozonen im Wandel, Passauer Kontaktstudium Geographie 11, S. 145–158.
- PAULI, H., GOTTFRIED, M., DULLINGER, S., ABDALADZE, O., AKHALKATSI, M., BENITO ALONSO, J. L., COLDEA, G., DICK, J., ERSCHBAMER, B., FERNÁNDEZ CALZADO, R., GHOSH, G., HOLTEN, J. I., KANKA, R., KAZAKIS, G., KOLLÁR, J., LARSSON, P., MOISEEV, P., MOISEEV, D., MOLAU, U., MOLERO MESA, J., NAGY, L., PELINO, G., PUSCAS, M., ROSSI, G., STANISCI, A., SYVERHUSET, A. O., THEURILLAT, J.-P., TOMASELLI, M., UNTERLUGGAUER, P., VILLAR, L., VITTOZ, P. und GRABHERR, G. (2012): Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. Science 336: 6079.
- POSCHLOD, P., BORGMANN, P., LISTL, D., REISCH, C., ZACHGO, S. & DAS GENBANK WEL-NETZWERK (2014): Handbuch Genbank WEL. Hoppea, Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft, Sonderband: 1-333.
- POSCHLOD, P. (2015): Geschichte der Kulturlandschaft. Stuttgart: Ulmer.
- SMITH, R.D., DICKIE, J.B., LININGTON, S.H., PRITCHARD, H.W. und PROBERT, R.J.(Eds.) (2003). Seed conservation: turning science into practice. Royal Botanic Gardens, Kew, UK.
- TAUSCH, S., LEIPOLD, M., REISCH, C. & POSCHLOD, P. (2015): Genbank Bayern Arche – ein Beitrag zum dauerhaften Schutz gefährdeter Pflanzenarten in Bayern. ANLiegen Natur: 37(1): 82-91.
- WALTHER et al. (2005): An ecological 'footprint' of climate change. Proceedings Royal Society 272.

ZACHGO, S., BORGMANN, P., BURKART, M., FRIESEN, N., LAUTERBACH, D., LISTL, D., MARTENS, A. NICK, P., OEVERMANN, S., POSCHLOD, P., RADKOWITSCH, A., REISCH, C., STRAUBINGER, C., STEVENS, A-D. und ZIPPEL, E. (2015): WIPs-DE: Wildpflanzenschutz Deutschland. Ein Projekt des Bundesprogramms zur Biologischen Vielfalt. Natur und Landschaft 90 (12) (in press).

ZIPPEL, E. & STEVENS, A.D. (2014) Arbeitstechniken der Sammlung und Lagerung von Wildpflanzensamen in Saatgutbanken. IN: POSCHLOD, P., BORGMANN, P., LISTL, D., REISCH, C., ZACHGO S. & DAS GENBANK WEL NETZWERK: Handbuch Genbank WEL. Hoppea Denkschriften der Regensburgischen Botanischen Gesellschaft, Sonderband 2014, S. 71-98.

Kontakt

Dr. Elke Zippel, Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Dahlemer Saatgutbank, Königin-Luise-Straße 6-8, 14195 Berlin, Tel. ++4930 83850141, e.zippel@bgbmorg