

Christian Hof

BEREICHERUNG ODER BEDROHUNG?

Zur komplexen Beziehung von Biodiversität und historischen Gärten
im Klimawandel

Abstract

In einer durch Landnutzung und Klimawandel massiv veränderten Welt werden historische Gärten zu potentiellen Refugien für wildlebende Tiere und Pflanzen. Darüber hinaus reagieren zahlreiche Arten bereits auf den Klimawandel, mit verschiedenen Implikationen für die Gärten. Ein besseres Verständnis dieser hier umrissenen komplexen Beziehungen ist dringend notwendig, auch und insbesondere zur besseren Erschließung von Synergiepotentialen im Erhalt des Kultur- wie Naturerbes historischer Gärten.

In a world that has experienced massive upheaval triggered by land use and climate change, historic gardens have become potential refuges for wild fauna and flora. Furthermore, numerous species are already reacting to climate change and this has various implications for the gardens. A better understanding of the complex relationships outlined here is urgently needed – also and in particular to foster potential synergies for the conservation of the cultural and natural heritage of historic gardens.

Vorbemerkung

Historische Gärten im Klimawandel – dieses Thema ist geradezu untrennbar mit Fragen zur Biodiversität, der biologischen Vielfalt der Gene, Arten und Ökosysteme verbunden.¹ Gärten bestehen aus einer Vielzahl von Pflanzenarten und -sorten unterschiedlicher Wuchsformen sowie ökologischer Eigenschaften und Ansprüche, die in ihrer räumlichen Kombination wiederum unzähligen Arten von Tieren sowie Pilzen und Mikroorganismen der verschiedensten systematischen Gruppen einen Lebensraum bieten. Neben dem Klima-

Im Text werden Maskulinum und Femininum verwendet, wenn es um Personen geht. Gemeint sind grundsätzlich alle Menschen, gleich welcher Geschlechtsidentität sie sich zugehörig fühlen.

1 Vgl. den Beitrag von Sven Herzog in diesem Band.

wandel sind Tier- und Pflanzenarten mit zahlreichen weiteren anthropogenen Bedrohungsfaktoren konfrontiert, zuvorderst mit dem Wandel in der Landnutzung. Dieser Aufsatz widmet sich zum einen der Frage, ob und wie historische Gärten der Biodiversität in Zeiten des Klima- und Landnutzungswandels Refugien bieten (können), zum anderen thematisiert er die durch den Klimawandel beförderten negativen Auswirkungen biologischer Vielfalt – namentlich von Schadorganismen – auf die Gärten. Der Beitrag schließt mit einem Plädoyer für Synergien zwischen Denkmal- und Naturschutz im Sinne eines nachhaltigen Schutzes der historischen Gärten als Einheit von Kultur und Natur.²

Angesichts der Komplexität des Themenfeldes kann der Beitrag freilich nur an der Oberfläche verbleiben und nur punktuell und ohne jeden Anspruch auf Vollständigkeit auf die umfangreiche Literatur zur Thematik verweisen. Ziel der als Thesen formulierten Gedanken ist es umso mehr, zur vertieften Beschäftigung mit den höchst aktuellen Fragestellungen im Spannungsfeld zwischen Biodiversität, historischen Gärten und Klimawandel anzuregen.

Einleitung: Biodiversität im Klima- und Landnutzungswandel

Der anthropogen bedingte Klimawandel gilt inzwischen als einer der wichtigsten Bedrohungsfaktoren für die Biodiversität (Sala 2000). Tier- und Pflanzenarten benötigen für ihre fortdauernde Existenz Bedingungen, unter denen sie überleben und sich erfolgreich fortpflanzen können. Das Klima zählt zu den wichtigsten Komponenten dieser für das Überleben der Organismen essenziellen Bedingungen – neben Faktoren wie z.B. der Bodenbeschaffenheit oder Nährstoffverfügbarkeit (insbesondere bei Pflanzen) oder etwa der Vegetation, die wiederum die Lebensraumstruktur beeinflusst (wichtig v.a. für Tiere) (Nentwig et al. 2017). Ändern sich die klimatischen Bedingungen, hat dies teils weitreichende Folgen für das Vorkommen von Arten, für die Zusammensetzung von Artengemeinschaften oder gar ganzer Ökosysteme.

Die Aufeinanderfolge der Kalt- und Warmzeiten des Pleistozän, der erdgeschichtlichen Periode von etwa 2,6 Millionen bis 11.700 Jahre vor unserer Zeit, ist eines der beeindruckendsten Beispiele für die Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf Arten und Ökosysteme (Ellenberg/Leuschner 2010; Lomolino et al. 2016). Vereisungen wie Erwärmungen ließen die Verbreitungsgebiete schrumpfen, wachsen und sich verlagern. Zahlreiche Arten starben aus, da sie mit dem pleistozänen Klimawandel nicht Schritt halten konnten, andere zogen sich während der Kaltzeiten in Refugialräume zurück, um von dort die sich wieder erwärmenden Regionen erneut zu besiedeln (Hewitt 1999).

Auch die Folgen der globalen Erwärmung des Anthropozän – der aktuellen, vom Menschen geprägten Epoche (Crutzen 2002) – sind für biotische Systeme bereits zu beobachten (Walther et al. 2002; Peñuelas et al. 2013). Saisonale Phänomene wie z.B. die Rückkehr

2 Vgl. den Beitrag von Tobias Plieninger in diesem Band.

von Zugvögeln aus ihren Überwinterungsgebieten oder der Pflanzenaustrieb im Frühjahr verschieben sich zunehmend auf frühere Daten (Root et al. 2003). Populationen wärmeliebender Arten zeigen stärkere Zunahmen als Populationen von Arten, die an kühlere Bedingungen angepasst sind (Bowler et al. 2017). Und auch Verbreitungsgebiete verschieben sich, z.B. entlang von Höhengradienten in Bergregionen oder – in Europa – in nordöstlicher Richtung (Chen et al. 2011). Modellbasierte Analysen auf der Grundlage zukünftiger Klimaszenarien prognostizieren für die Zukunft teils drastische weitere Veränderungen in der biologischen Vielfalt. Sie reichen von der genetischen Diversität innerhalb von Populationen über die Größe und geographische Position von Artverbreitungen bis hin zur Zusammensetzung von Artengemeinschaften und zu großräumigen Mustern im Artenreichtum oder zur Struktur von Ökosystemen (Thuiller et al. 2005; Hof et al. 2011a; Hickler et al. 2012; Schleuning et al. 2016; Hof et al. 2018).

Neben dem Klimawandel, der als Gefährdungsfaktor für die Biodiversität insbesondere in den letzten beiden Dekaden als immer wichtiger eingestuft wird, bleibt der fortschreitende anthropogene Landnutzungswandel – die Veränderung natürlicher Lebensräume in menschlich genutzten Landschaften – nach wie vor die größte Bedrohung für Arten und Ökosysteme (Sala 2000; Newbold et al. 2015). Die hiermit einhergehenden Folgen der Lebensraumzerstörung, -degradierung und -fragmentierung stellen die Biodiversität seit geraumer Zeit vor immer größere Herausforderungen (Foley et al. 2005). Besonders die landwirtschaftliche Bewirtschaftung auf ganz erheblichen Flächenanteilen setzt Fauna und Flora immer mehr zu. Hinzu kommt die Umwandlung ehemals natürlicher oder naturnaher Areale in Verkehrs-, Siedlungs- und Energieflächen. Ökologisch wertvolle Flächen werden zunehmend an den Rand gedrängt oder verschwinden vollends; selbst wo sie unter Flächenschutz stehen, sind die bedrohten Arten und Lebensräume oftmals vom Menschen beeinflusst (Habel et al. 2016; Hallmann et al. 2017) – sei es direkt z.B. durch touristischen Nutzungsdruck, sei es indirekt etwa durch Nährstoffeinträge aus der Luft (z.B. Stickstoff) oder durch Schadstoffwirkungen z.B. aus benachbarten landwirtschaftlich genutzten Flächen (z.B. Pestizide).

Grundsätzlich muss die Nutzbarmachung ursprünglicher Lebensräume, also die Umgestaltung von Natur- in Kulturlandschaften, für die Artenvielfalt nicht negativ sein. Durch die Umwandlung weiter Teile Mitteleuropas vom hier dominierenden, relativ artenarmen Buchenwald in ein kleinräumig strukturiertes Mosaik landwirtschaftlich genutzter Flächen hat die Anzahl der vorkommenden Tier- und Pflanzen sogar zugenommen (Ellenberg/Leuschner 2010; Klotz et al. 2012). Im Zuge der Urbarmachung durch den Menschen entstanden abwechslungsreiche Landschaften mit Äckern, Grünland und Obstwiesen, unterbrochen von Feldrainen, Hecken, Baumbeständen oder größeren Waldstücken. Dies führte zu einer Erhöhung der Lebensraumvielfalt, die dem Artenreichtum zuträglich war. Erst im Zuge der landwirtschaftlichen Mechanisierung, bis hin zu ihrer Industrialisierung seit etwas mehr als einem halben Jahrhundert, hat sich dieser positive Einfluss ins Gegenteil verkehrt. Abwechslungsreiche Mosaiklandschaften weichen maschinengerechten, flurbereinigten Flächen; konkurrenzschwache, an nährstoffarme Standorte angepasste Pflanzenarten werden

durch intensive Düngung benachteiligt, die Vielfalt der Insekten – auch der Nützlinge – leidet unter hochfrequentem Pestizideinsatz.

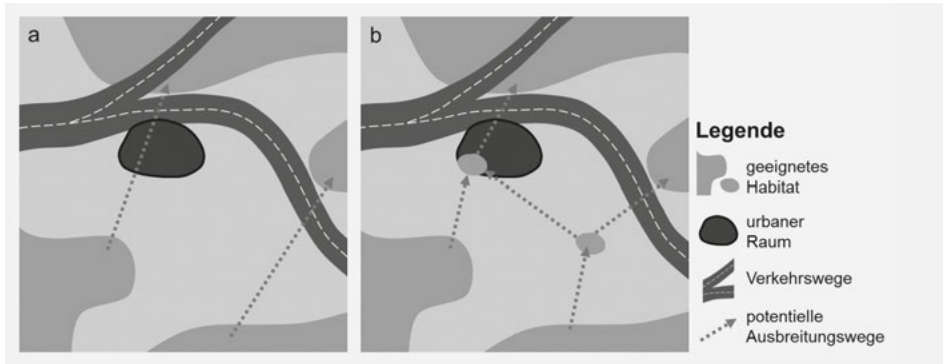
Das Zusammenwirken von Landnutzungs- und Klimawandel stellt die Biodiversität vor ganz besondere Herausforderungen. In massiv vom Menschen veränderten Landschaften fällt es den Arten schwerer, erfolgreich auf klimatische Veränderungen zu reagieren (Hof et al. 2011b). So bieten erstens auf Restareale geschrumpfte naturnahe Gebiete nur noch kleinen Populationen Lebensraum, was zur Verringerung der genetischen Diversität und somit des Anpassungspotentials führt. Zweitens stellen immer mehr Verkehrswege, Energieanlagen, Siedlungen und Industriegebiete für Tiere und Pflanzen erhebliche Barrieren für Bewegungs- und Ausbreitungsprozesse dar – Prozesse, die als Reaktionsmöglichkeit auf sich ändernde klimatische Bedingungen von großer Bedeutung sind. Drittens weisen monotone, von gleichförmiger Bewirtschaftung geprägte Landschaften eine geringere klimatische Vielfalt auf als reich strukturierte Lebensräume, die durch ihre mikroklimatische Diversität vielen Arten selbst auf kleinem Raum wertvolle Refugien geeigneter Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen bieten (vgl. Ackerly et al. 2010; Suggitt et al. 2018).

Historische Gärten als Refugien für biologische Vielfalt

In diesem Gefüge stellen historische Gärten Refugien für Biodiversität dar (Löhmus/Liira 2013). Als Gebiete naturräumlicher Stabilität – teils über Jahrhunderte hinweg – bieten sie, als Inseln der Kontinuität in sich rapide verändernden Landschaften, zahlreichen Tier- und Pflanzenarten Lebensraum (Kowarik/von der Lippe 2014).

Die historischen Gärten städtischer Metropolen in hochurbanisierten Ballungsräumen stehen hinsichtlich der Lebensraumstruktur in ganz offenkundigem Kontrast zu ihrer direkten Umgebung, etwa der Berliner Tiergarten oder der Englische Garten in München. Hier stellen die Gärten oft den einzigen naturnahen Lebensraum größerer Flächenausdehnung im weiteren Umkreis dar, was ihren ökologischen Wert erhöht. Im Tiergarten von Berlin wurden z.B. beachtliche Dichten der Nachtigall (*Luscinia megarhynchos*) nachgewiesen (Scharon 2010), der Schönbrunner Schlosspark in Wien ist verschiedenen seltenen Fledermausarten Heimstatt (Mang 1997), und der Mittelspecht (*Dendrocopos medius*), eine Art der EU-Vogelschutzrichtlinie, für deren Schutz Deutschland eine herausgehobene Verantwortung hat, erreicht in den Gärten und Parks des UNESCO-Welterbes zwischen Berlin und Potsdam außerordentlich hohe Bestände (Knuth 2014).

Doch auch im Vergleich zu land- und forstwirtschaftlich geprägten Umgebungen kommt historischen Gärten eine bedeutende Refugialfunktion zu. So ist beispielsweise das Habitat Wiese in seiner extensiv bewirtschafteten Form in landwirtschaftlich genutzten Räumen extrem selten geworden, wo durch intensive Düngegaben hohe Schnitzzahlen erreicht werden sollen. In historischen Gärten entfällt hingegen der ökonomische Nutzungsdruck hinsichtlich der Mähwiesen, was sie zu Rückzugsräumen, ja inzwischen oft zu Reliktstandorten für zahlreiche an magere Bedingungen angepasste Pflanzenarten macht



1 Schematische Darstellung einer anthropogen veränderten Landschaft und der Möglichkeiten von Arten, in dieser Landschaft über Ausbreitungsprozesse auf den Klimawandel zu reagieren. In (a) sind Arten durch große Entfernungen zwischen geeigneten Habitaten und durch zusätzliche Barrieren wie Siedlungen und Verkehrswege in ihren Ausbreitungsmöglichkeiten und damit ihrem Klimawandel-Reaktionspotential behindert. In (b) können die notwendigen Ausbreitungsdistanzen durch in die Landschaftsmatrix eingebettete Bereiche geeigneter Habitats (z.B. als historische Gärten) verkürzt werden, was den Arten ihre Reaktion auf klimatische Veränderungen erleichtert und so das durch Klima- und Landnutzung bedingte Gefährdungspotential verringert (vgl. Hof et al., 2011b).

(Kowarik/von der Lippe 2014). Der im Gegensatz zu ausgeräumten Agrarlandschaften häufig große Blütenreichtum bietet zudem vielen blütenbesuchenden Insekten (Wildbienen, Schwebfliegen, Schmetterlingen etc.) eine ideale Nahrungs- und damit Überlebensgrundlage. Ähnliches gilt für den Baumbestand der historischen Gärten in einem Umfeld tendenziell artenarmer Wirtschaftswälder: Die teils aus der Garten-Gründerzeit stammenden Altbäume bieten einer Vielzahl von Tierarten ideale Bedingungen, so z.B. höhlenzimmernenden (Spechte) und höhlenbrütenden Vogelarten (Meisen, Fliegenschnäpper, Stare u.v.m.) oder Fledermäusen, dazu unzähligen Arten von Insekten und anderen Wirbellosen.

In ihrer Habitatstruktur zeichnen sich historische Gärten oftmals durch das kleinräumige Lebensraum-Mosaik aus, das, wie eingangs beschrieben, früher weite Teile Mitteleuropas prägte (Weiger et al. 2014). Das Wechselspiel von Baum- und Strauchbeständen, Grünflächen (vom Kurzrasen bis zu wenigschürigen Mähwiesen), Blühpflanzen-Anlagen, Gebäudestrukturen, Wasserflächen und Wegen stellt eine hohe Lebensraumdiversität dar, die in agrarisch und forstlich genutzten Landschaften ihresgleichen sucht. Dieser ökologische Wert steigt gerade im aktuellen und sich weiter verstärkenden Klimawandel. So unterliegen einerseits die in den Gärten selbst bereits vorkommenden Tier- und Pflanzenpopulationen dank ihrer klimatischen Pufferfunktion kleinräumig vielgestaltiger Landschaften (im Gegensatz zu weithin monotonen Landwirtschaftsflächen) einem geringeren klimatischen Aussterberisiko (s.o.).

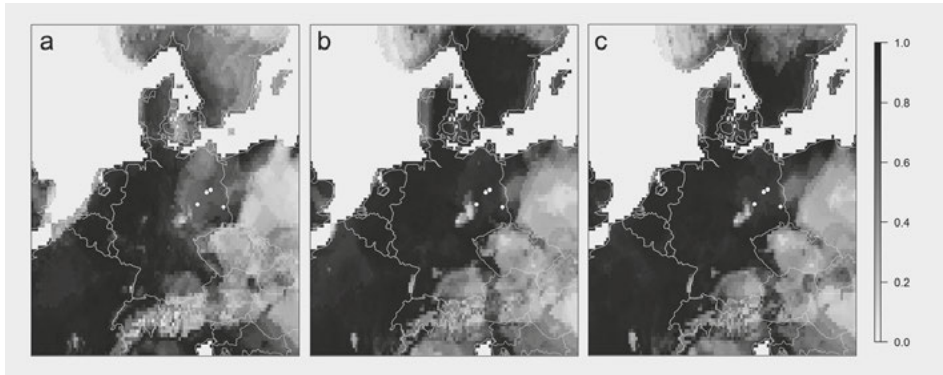
Andererseits könnten die historischen Gärten als die beschriebenen Stabilitätsinseln einen Beitrag dazu leisten, Refugien- oder Trittsteinfunktionen in größerem Landschaftskontext zu erfüllen (Abb. 1). Denn für klimawandelbedingte Ausbreitungsprozesse, die in

einer barriereichen und strukturarmen Welt höchst risikoreich bzw. massiv eingeschränkt sind (Hof et al. 2011b; Tucker et al. 2018), sind in ihrer Lebensraumzusammensetzung über lange Zeiträume stabile und klimatisch gepufferte Gebiete wie die historischen Gärten außerordentlich wertvoll.

Gärten als Opfer biologischer Vielfalt im Klimawandel

Neben Arten, deren klimatische Präferenzen so breit sind, dass sie durch den Klimawandel nicht oder kaum beeinflusst werden, werden andere Spezies zu Gewinnern oder Verlierern (Pörtner/Farrell 2008; Trautmann et al. 2012). Zu den Verlierern gehören an kühle Bedingungen angepasste Tiere und Pflanzen, deren Individuen durch die erhöhten Durchschnittstemperaturen oder die höhere Frequenz von Extremwetterlagen geringere Überlebenswahrscheinlichkeiten oder einen verminderten Fortpflanzungserfolg haben. Die Gewinner sind oft wärmeliebende Arten, denen die klimatischen Veränderungen zum Vorteil gereichen (Trautmann et al. 2012; Bowler et al. 2015). Verursachen sie keine nennenswerten negativen Auswirkungen, z.B. für andere Arten, können aus anthropogener Perspektive viele Klimawandel-Profiteure in der Tier- und Pflanzenwelt durchaus als Bereicherung der heimischen Fauna und Flora bezeichnet werden, auch in historischen Gärten. In optisch-ästhetischer Hinsicht mögen hierzu z.B. Libellen- oder Schmetterlingsarten gehören, deren Verbreitungsgebiete sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten von Süden in die Mitte Europas ausgedehnt haben, bzw. deren Einflüge nach Zentral- und Nordeuropa zunehmen, z.B. die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) oder das Taubenschwänzchen (*Macroglossum stellatarum*).

Doch auch ausgewiesene Pflanzenschädlinge können Gewinner der globalen Erwärmung sein (Björkman/Niemelä 2015). Hierzu können einheimische Arten gehören, deren Auftreten bzw. Vermehrung durch steigende Temperaturen begünstigt werden, wie beispielsweise die Prachtkäfer der Gattung *Agrilus* oder die wärmeliebenden Schmetterlingsarten Schwammspinner (*Lymantria dispar*) und Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) (Kehr/Schumacher 2014; Battisti/Larsson 2015). Darüber hinaus können gebietsfremde Arten, die, wenn sie negative Auswirkungen auf einheimische Arten oder Ökosysteme haben, als »invasiv« bezeichnet werden (Kowarik 2011), Profiteure des Klimawandels sein. Wenngleich dessen genauer Einfluss, z.B. auf das Auftreten und das Schädigungspotential der Kastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*), nicht abschließend geklärt ist, so wird sie durch höhere Temperaturen doch zumindest begünstigt (Gilbert et al. 2005). Gleiches gilt für den Buchsbaumzünsler (*Cydalima perspectalis*). Diese ostasiatische Schmetterlingsart, die die Vitalität von Buchsbäumen durch Raupenfraß massiv beeinträchtigt bzw. im Extremfall deren Absterben verursacht (Deißler 2017), wurde 2007 zum ersten Mal in Deutschland und Europa nachgewiesen (Krüger 2008) und breitet sich rasant über Europa aus (Kenis et al. 2013). Es wird angenommen, dass die Art vom Klimawandel profitiert (Nacambo et al. 2014). Basierend auf den Prognosen eines Artverbreitungsmodells,



2 Prognose der zukünftigen Vorkommenswahrscheinlichkeit des Buchsbaumzünslers (*Cydalima perspectalis*) in Mitteleuropa, basierend auf einem Artverbreitungsmodell. Das Modell nutzt Vorkommensnachweise des Buchsbaumzünslers in seinem ursprünglichen Verbreitungsgebiet in Südostasien sowie Nachweise aus Europa (ab 2007) und verknüpft sie mit Klimadaten (Durchschnitts-, Extrem- und Variabilitätswerte zu Temperatur und Niederschlag), um die klimatische Präferenz (klimatische Nische) der Art zu quantifizieren. Diese klimatische Präferenz wird dann zurück in den Raum (hier: Mitteleuropa) projiziert – anhand von Daten zur räumlichen Verteilung der klimatischen Bedingungen aktuell (a) und der potentiellen klimatischen Zukunft im Jahr 2050 unter verschiedenen Szenarien (b: gemäßigtetes Erwärmungsszenario RCP 4.5, c: starkes Erwärmungsszenario RCP 8.5; IPCC, 2013). Die Grauskala indiziert die Vorkommenswahrscheinlichkeit von 0 (0%) bis 1 (100%): In hellgrauen Regionen prognostiziert das Artverbreitungsmodell eine geringere klimabasierte Vorkommenswahrscheinlichkeit des Buchsbaumzünslers als in dunkelgrauen bzw. schwarzen Bereichen. Die weißen Punkte stellen die Lage der vier Beispielgärten dar (Tiergarten Berlin, Park Babelsberg, Park Branitz und Wörlitzer Park). Datengrundlage: www.gbif.org (Vorkommensnachweise), www.worldclim.org (Klimadaten); das Modell basiert auf einem Boosted Regression Tree, berechnet mit den Paketen `dismo` und `gbm` in der Statistik-Software R (Version 3.3.0, www.r-project.org; weitere Informationen beim Autor auf Nachfrage erhältlich).

kann davon ausgegangen werden, dass sich die klimatischen Bedingungen für die Art in Zukunft u. a. in den Regionen der vier Beispielgärten Tiergarten (Berlin), Park Babelsberg (Potsdam), Park Branitz (Cottbus) und Wörlitzer Park (Dessau/Wörlitz) weiter verbessern werden (Abb. 2, vgl. Nacambo et al. 2014).

Artverbreitungsmodelle, die sich Daten zum Vorkommen der untersuchten Art sowie zum aktuellen und für die Zukunft prognostizierten Klima zu Nutze machen, sind hilfreiche Werkzeuge, um das klimatisch bedingte Ausbreitungs- oder (bei Klima-Verlierern) Gefährdungspotential zumindest grob abzuschätzen (Elith/Leathwick 2009). Aufgrund verschiedener methodischer und datenbezogener Unsicherheiten und der jedem Modell inhärenten simplifizierenden Annahmen, sollten auf solchen Modellen basierende Prognosen jedoch mit der gebotenen Vorsicht interpretiert werden. Gerade bei sich ausbreitenden bekannten und potentiellen Schadorganismen sind die Wissenslücken mitunter immens (Neuvonen/Virtanen 2015). Informationen zum Vorkommen und Verhalten – sei es schad- oder nutzbringend – neu ankommender oder etablierter Arten in Gärten und Parks, auch und gerade unter sich verändernden klimatischen Bedingungen, sind hier außerordentlich hilfreich

für die Verbesserung der Datenlage zur Entwicklung besserer Zukunftsprognosen (vgl. Knuth 2014). Insgesamt sind mehr integrative Studien auf der Grundlage von Beobachtungen, Experimenten und Modellen dringend angezeigt, auch um nachhaltige Schutzmaßnahmen zu entwickeln, die das Kultur- und Naturerbe der historischen Gärten gleichermaßen bewahren.

Fazit und Ausblick: Synergien in der Bewahrung von Kultur und Natur

Historische Gärten sind Kultur- und Naturstätten von herausragendem gesellschaftlichem Wert. Für ihren Erhalt besteht eine der entscheidenden Herausforderungen darin, Synergien zwischen Denkmal- und Naturschutz zu schaffen und gleichzeitig Bedürfnisse der Nutzer etwa für Zwecke der Bildung und Erholung zu befriedigen (Kowarik et al. 1998).³ Dass die Belange des Denkmalschutzes, d.h. des Erhalts des historischen Gartenkunstwerkes, im Vordergrund stehen müssen, sollte angesichts des Entstehungshintergrundes der Gärten in aller Regel außer Frage stehen (Hönes 2015), auch wenn dieses Argument die artenschutzrechtlichen Vorgaben auf nationaler und EU-Ebene nicht aushebelt. Anstatt jedoch energie- und ressourcenzehrende Konflikte auszutragen (vgl. Jordan 1997), sollten insbesondere zwischen Denkmal- und Naturschutz Synergiepotentiale priorisiert werden, was bei einer grundsätzlichen Bereitschaft zum Kompromiss in den meisten Fällen zu beiderseitigem Gewinn führt (Kowarik et al. 1998; Rohde/Sautter 2008; Weiger et al. 2014). Gerade in Anbetracht der Tatsache, dass beide Bereiche, Denkmal- wie Naturschutz, im Vergleich mit vielen anderen Zweigen gesellschaftlicher Gestaltungs- und Finanzierungsverantwortung oft nur eine untergeordnete Rolle spielen, sollten sie der Bedeutung des Kultur- und Naturerhalts als Teil öffentlicher Daseinsvorsorge (Klaffke 1997) immer wieder gemeinsam Nachdruck verleihen.

Beispiele dafür, wie der Erhalt der Kulturstätte historischer Garten dem Arten- und Biotopschutz zugutekommt, wurden bereits benannt. Trotz der Priorität der Kunstwerk-Bewahrung sollten hier, wo irgend möglich, Kompromisse im Sinne des Erhalts und der Schaffung von Lebensräumen ermöglicht werden – vom Schutz stehenden und liegenden Totholzes für seltene Käferarten oder offener Sandbereiche in Wiesenflächen für Solitär-bienen und -wespen bis hin zu den bereits erwähnten Magerwiesen oder Altbaumbeständen. Der Naturschutz sollte gelegentlich weniger auf statische Listen geschützter Arten und rechtliche Rahmenwerke setzen, die mit der wissenschaftlichen Debatte und dem Erkenntnisfortschritt nicht immer Schritt halten können; mehr Austausch und bessere Kooperation zwischen behördlicher Naturschutzpraxis, wissenschaftlicher Naturschutzforschung und den Gesetzgebern sind hier zusätzliche Herausforderungen. Vielmehr sollte die beschriebene potentielle naturschutzfachliche Bedeutung der historischen Gärten als lang-

3 Vgl. auch den Beitrag von Tobias Plieninger in diesem Band.

fristig stabile Natur-Inseln in einer für viele Arten inzwischen oftmals lebensfeindlichen Landschaftsmatrix stärkere Beachtung finden, insbesondere in Zeiten eines beschleunigten Klimawandels.⁴ Um hierzu auch empirische Erkenntnisse liefern zu können, besteht dringender Bedarf an innovativen, möglichst interdisziplinären Forschungsprojekten.

Darüber hinaus bieten die historischen Gärten über den Zugang zu verschiedenen gesellschaftlichen Nutzungsgruppen (vom Freizeitsportler über den Architekturliebhaber bis hin zum Hobbygärtner) eine ideale Gelegenheit, Natur-Bewusstsein zu schulen, ökologische Belange erfahrbar und nicht zuletzt die Auswirkungen des Klimawandels begreifbar zu machen (Knuth 2014).⁵ Die ursprünglich im historischen Garten angelegte Verbindung von Kultur- und Naturerfahrung, die die räumliche Einheit von Kunst und biologischer Vielfalt bedingt, bedient so das ästhetische Empfinden mit dem ökologischen Bewusstsein gemeinsam. Im Hinblick auf die gesellschaftliche Bedeutung sowohl des kulturellen Erbes als auch eines intakten Naturhaushalts erweisen die Gärten dem Gemeinwesen in ihrer Multifunktionalität somit einen kaum zu überschätzenden Dienst.⁶ Dies zu erhalten sollte – auch und gerade aus der Biodiversitäts-Perspektive in Zeiten des Klimawandels – dem Gemeinwesen Anliegen wie Verpflichtung sein.

Literaturverzeichnis

- Ackerly, David; Loarie, Scott; Cornwell, William; Weiss, Stuart; Hamilton, Healy; Branciforte, Ryan; Kraft, Nathan (2010): The geography of climate change: implications for conservation biogeography. In: *Diversity and Distributions* 16, 476–487.
- Battisti, Andrea; Larsson, Stig (2015): Climate Change and Insect Pest Distribution Range. In: *Climate Change and Insect Pests*. Hg. von Christer Björkman und Pekka Niemelä, Wallingford: CABI, 1–15.
- Björkman, Christer; Niemelä, Pekka (Hg.) (2015): *Climate Change and Insect Pests*. Wallingford: CABI.
- Bowler, Diana; Haase, Peter; Kröncke, Ingrid; Tackenberg, Oliver; Bauer, Hans-Günther; Brendel, Christoph; Brooker, Rob; Gerisch, Michael; Henle, Klaus; Hickler, Thomas; Hof, Christian; Klotz, Stefan; Kühn, Ingolf; Matesanz, Silvia; O’Hara, Robert Brian; Russell, David; Schweiger, Oliver; Valladares, Fernand; Böhning-Gaese, Katrin (2015): A cross-taxon analysis of the impact of climate change on abundance trends in central Europe. In: *Biological Conservation* 187, 41–50.
- Bowler, Diana; Hof, Christian; Haase, Peter; Kröncke, Ingrid; Schweiger, Oliver; Adrian, Rita; Baert, Léon; Bauer, Hans-Günther; Blick, Theo; Brooker, Rob; Dekoninck, Wouter; Domisch, Sami; Eckmann, Reiner; Hendrickx, Frederik; Hickler, Thomas; Klotz, Stefan; Kraberg, Alexandra; Kühn, Ingolf; Matesanz, Silvia; Meschede, Angelika; Neumann, Hermann; O’Hara, Robert Brian; Russell, David; Sell, Anne; Sonneward, Moritz; Stoll, Stefan; Sundermann, Andrea; Tackenberg, Oliver; Türkay, Michael; Valladares, Fernando; van Herk, Kok; van Klink, Roel; Vermeulen, Rikjan; Voigtländer, Karin; Wagner, Rüdiger; Welk, Erik; Wiemers, Martin; Wiltshire, Karen; Böhning-Gaese, Katrin (2017): Cross-realm assessment of climate-change impacts on species’ abundance trends. In: *Nature Ecology and Evolution* 1, 0067.
- Chen, I-Ching; Hill, Jane; Ohlemüller, Ralf; Roy, David; Thomas, Chris (2011): Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. In: *Science* 333, 1024–1026.
- Crutzen, Paul Jozef (2002): Geology of mankind. In: *Nature* 415, 23.

4 Vgl. den Beitrag von Norbert Kühn in diesem Band.

5 Vgl. aber auch den Beitrag von Marcel Robischon in diesem Band.

6 Vgl. auch den Beitrag von Tobias Plieninger in diesem Band.

- Deißler, Monika Theresia (2017): Schädlinge und Krankheiten an Gehölzen in Zeiten des Klimawandels – Auswirkungen auf die Personalbedarfsplanung aus Sicht der SPSG. In: *Gehölze in historischen Gärten im Klimawandel. Transdisziplinäre Ansätze zur Erhaltung eines Kulturguts*. Hg. von Norbert Kühn, Sten Gillner und Antje Schmidt-Wiegand. Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, 208–212.
- Elith, Jane; Leathwick, John (2009): Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. In: *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40, 677–697.
- Ellenberg, Heinz; Leuschner, Christoph (2010): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht*. Stuttgart: Ulmer.
- Foley, Jonathan; Defries, Ruth; Asner, Gregory; Barford, Carol; Bonan, Gordon; Carpenter, Stephen; Chapin, Stuart; Coe, Michael; Daily, Gretchen; Gibbs, Holly; Helkowski, Joseph; Holloway, Tracey; Howard, Erica; Kucharik, Christopher; Monfreda, Chad; Patz, Jonathan; Prentice, Colin; Ramankutty, Navin; Snyder, Peter (2005): Global consequences of land use. In: *Science* 309, 570–574.
- Gilbert, Marius; Guichard, Sylvain; Freise, Jona; Grégoire, Jean-Claude; Heitland, Werner; Straw, Nigel; Tilbury, Christine; Augustin, Sylvie (2005): Forecasting *Cameraria ohridella* invasion dynamics in recently invaded countries: From validation to prediction. In: *Journal of Applied Ecology* 42, 805–813.
- Habel, Jan Christian; Segerer, Andreas; Ulrich, Werner; Torchyk, Olena; Weisser, Wolfgang; Schmitt, Thomas (2016): Butterfly community shifts over two centuries. In: *Conservation Biology* 30, 754–762.
- Hallmann, Caspar; Sorg, Martin; Jongejans, Eelke; Siepel, Henk; Hofland, Nick; Schwan, Heinz; Stenmans, Werner; Müller, Andreas; Sumser, Hubert; Hörren, Thomas; Goulson, Dave; de Kroon, Hans (2017): More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. In: *Plos One* 12, e0185809.
- Hewitt, Godfrey (1999): Post-glacial re-colonization of European biota. In: *Biological Journal of the Linnean Society* 68, 87–112.
- Hickler, Thomas; Vohland, Katrin; Feehan, Jane; Miller, Paul; Smith, Benjamin; Costa, Luis; Giesecke, Thomas; Fronzek, Stefan; Carter, Timothy; Cramer, Wolfgang; Kühn, Ingolf; Sykes, Martin (2012): Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. In: *Global Ecology and Biogeography* 21, 50–63.
- Hof, Christian; Araújo, Miguel Bastos; Jetz, Walter; Rahbek, Carsten (2011a): Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity. In: *Nature* 480, 516–519.
- Hof, Christian; Levinsky, Irina; Araújo, Miguel Bastos; Rahbek, Carsten (2011b): Rethinking species' ability to cope with rapid climate change. In: *Global Change Biology* 17, 2987–2990.
- Hof, Christian; Voskamp, Alke; Biber, Matthias; Böhning-Gaese, Katrin; Engelhardt, Eva Katharina; Niamir, Aidin; Willis, Stephen G.; Hickler, Thomas (2018) Bioenergy cropland expansion may offset positive effects of climate change mitigation for global vertebrate diversity. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 115, 13294–13299.
- Hönes, Ernst-Rainer (2015): Konflikte zwischen Naturschutz und Denkmalschutz. Handbuch Naturschutz und Landespflege, 29. Erg. L, 1–25.
- IPCC (2013): *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Jordan, Peter (1997): Konflikte zwischen Denkmalschutz und Naturschutz in den Historischen Gärten Deutschlands. In: *Die Gartenkunst* 9, 261–269.
- Kehr, Rolf; Schumacher, Jörg (2014): Krankheiten und Schädlinge an Gehölzen – Welche Rolle spielt der Klimawandel. In: *Historische Gärten im Klimawandel: Empfehlungen zur Bewahrung*. Hg. von der Generaldirektion der Stiftung Preussische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg. Leipzig: Edition Leipzig, 64–69.
- Kenis, Marc; Nacambo, Saidou; Leuthardt, Florine; Di Domenico, Francesco; Haye, Tim (2013): The box tree moth, *Cydalima perspectalis*, in Europe: horticultural pest or environmental disaster? In: *Aliens: The Invasive Species Bulletin* 33, 38–41.
- Klaffke, Kaspar (1997): Gefährdungen historischer Parks und Gärten im Überblick. In: *Historische Parks und Gärten – ein Teil unserer Umwelt, Opfer unserer Umwelt*. Hg. von Juliane Kirschbaum und Annegret Klein. Bonn: Deutsches Nationalkomitee für Denkmalschutz, 9–12.
- Klotz, Stefan; Baessler, Cornelia; Klusmann-Kolb, Annette; Muellner-Riehl, Alexandra (2012): Biodiversitätswandel in Deutschland. In: *Klimawandel und Biodiversität. Folgen für Deutschland*. Hg. von Volker Mosbrugger, Guy Brasseur, Michaela Schaller und Bernhard Stribny. Darmstadt: WBG, 38–56.

- Knuth, Detlef (2014): Klimaänderung und Biodiversitätsverlust erfordern einen Wissenstransfer in die Zivilgesellschaft. In: *Historische Gärten im Klimawandel: Empfehlungen zur Bewahrung*. Hg. von der Generaldirektion der Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg. Leipzig: Edition Leipzig, 24–25.
- Kowarik, Ingo (2011): *Biologische Invasionen. Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa*. Stuttgart: Ulmer.
- Kowarik, Ingo; Schmidt, Erika; Sigel, Brigitt (Hg.) (1998): *Naturschutz und Denkmalpflege. Wege zu einem Dialog im Garten*. Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Kowarik, Ingo; von der Lippe, Moritz (2014): Wiesen historischer Parkanlagen und ihre Anpassungsmöglichkeiten im Klimawandel. In: *Historische Gärten im Klimawandel: Empfehlungen zur Bewahrung*. Hg. von der Generaldirektion der Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg. Leipzig: Edition Leipzig, 256–261.
- Krüger, Eckhardt (2008): *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) – neu für die Fauna Europas (Lepidoptera: Crambidae). In: *Entomologische Zeitschrift* 118, 81–83.
- Löhmus, Kertu; Liira, Jaan (2013): Old rural parks support higher biodiversity than forest remnants. In: *Basic and Applied Ecology* 14, 165–173.
- Lomolino, Mark; Riddle, Brett; Whittaker, Robert (2016): *Biogeography. Biological Diversity across Space and Time*. Sunderland: Sinauer Associates.
- Mang, Brigitte (1997): Barockgärten und Ökologie. Anmerkungen zum Schönbrunner Schloßpark. In: *Die Gartenkunst* 9, 296–300.
- Nacambo, Saidou; Leuthardt, Florine; Wan, Hu; Li, Hongmei; Haye, Tim; Baur, Bruno; Weiss, Ross; Kenis, Marc (2014): Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe. In: *Journal of Applied Entomology* 138, 14–26.
- Nentwig, Wolfgang; Bacher, Sven; Brandl, Roland (2017): *Ökologie kompakt*. Berlin/Heidelberg: Springer Spektrum.
- Neuvonen, Seppo; Virtanen, Tarmo (2015): Abiotic factors, climatic variability and forest insect pests. *Climate Change and Insect Pests*. Hg. von Christer Björkman und Pekka Niemelä, Wallingford: CABI, 154–172.
- Newbold, Tim; Hudson, Lawrence; Hill, Samantha; Contu, Sara; Lysenko, Igor; Senior, Rebecca; Börger, Luca; Bennett, Choimes; Argyrios, Collen, Ben; Day, Julie; De Palma, Adriana; Díaz, Sandra; Echeverria-Londoño, Susy; Edgar, Melanie; Feldmann, Anat; Garon, Morgan; Harrison, Michelle; Alhousseini, Tamera; Ingram, Daniel; Itescu, Yuval; Kattge, Jens; Kemp, Victoria; Kirkpatrick, Lucinda; Kleyer, Michael; Laginha Pinto Correia; David, Martin; Callum, Meiri, Shai; Novosolov, Maria; Pan, Yuan; Phillips, Helen; Purves, Drew; Robinson, Alexandra; Simpson, Jake; Tuck, Sean; Weiher, Evan; White, Hannah; Ewers Robert; Mace, Georgina; Scharlemann, Jörn; Purvis, Andy (2015): Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. In: *Nature* 520, 45–50.
- Peñuelas, Josep; Sardans, Jordi; Estiarte, Marc; Ogaya, Romà; Carnicer, Jofre; Coll, Marta; Barbeta, Adria; Rivas-Ubach, Albert; Llusà, Joan; Garbulsky, Martin; Filella, Iolanda; Jump, Alistair (2013): Evidence of current impact of climate change on life: A walk from genes to the biosphere. In: *Global Change Biology* 19, 2303–2338.
- Pörtner, Hans-Otto; Farrell, Anthony (2008): Physiology and climate change. In: *Science* 322, 690–692.
- Rohde, Michael; Sautter, Verena (2008): Denkmalpflege und Naturschutz im Miteinander. Erste Vereinbarung im Land Brandenburg – modellhaft? In: *Stadt + Grün* 5, 26–33.
- Root, Terry; Price, Jeff; Hall, Kimberly; Schneider, Stephen; Rosenzweig, Cynthia; Pounds, Alan (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. In: *Nature* 421, 57–60.
- Sala, Osvaldo; Chapin, Stuart; Armesto, Juan; Berlow, Eric; Bloomfield, Janine; Dirzo, Rodolfo; Huber-Sanzwald, Elisabeth; Huenneke, Laura; Jackson, Robert; Kinzig, Ann; Leemans, Rik; Lodge, David; Mooney, Harold; Oesterheld, Martin; Poff, LeRoy; Sykes, Martin; Walker, Brian; Walker Marilyn; Wall, Diana (2000): Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. In: *Science* 287, 1770–1774.
- Scharon, Jens (2010): Ergebnisse der Untersuchung der Brutvögel in 5 ausgewählten Parkanlagen. Bestandteil des DBU-geförderten Projekts »Entwicklung und Erprobung von Kommunikations- und Umsetzungsstrategien zur Implementierung von Naturschutzziele in die Pflege historischer Parkanlagen«. Berlin: NABU Berlin, unveröffentlicht.
- Schleuning, Matthias; Fründ, Jochen; Schweiger, Oliver; Welk, Erik; Albrecht, Jörg; Albrecht, Matthias; Beil, Marion; Benadi, Gita; Blüthgen, Nico; Bruelheide, Helge; Böhning-Gaese, Katrin; Dehling, Matthias; Dormann, Carsten; Exeler, Nina; Farwig, Nina; Harpke, Alexander; Hickler, Thomas; Kratochwil, Anselm;

- Kuhlmann, Michael; Kühn, Ingolf; Michez, Denis; Mudri-Stojnic, Sonja; Plein, Michaela; Rasmont, Pierre; Schwabe Angelika; Settele, Josef; Vujic, Ante; Weiner, Christiane; Wiemers, Martin; Hof, Christian (2016): Ecological networks are more sensitive to plant than to animal extinction under climate change. In: *Nature Communications* 7, 13965.
- Suggitt, Andrew; Wilson, Robert; Isaac, Nick; Beale, Colin; Auffret, Alistair; August, Tom; Bennie, Jonathan; Crick, Humphrey; Duffield, Simon; Fox, Richard; Hopkins, John; Macgregor, Nicholas; Morecroft, Mike; Walker, Kevin; Maclean, Ilya (2018): Extinction risk from climate change is reduced by microclimatic buffering. In: *Nature Climate Change* 8, 713–717.
- Thuiller, Wilfried; Lavorel, Sandra; Araújo, Miguel Bastos; Sykes, Martin; Prentice, Colin (2005): Climate change threats to plant diversity in Europe. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102, 8245–8250.
- Trautmann, Sven; Lötters, Stefan; Ott, Jürgen; Buse, Jörn; Filz, Katharina; Rödder, Dennis; Wagner, Norman; Jaeschke, Anja; Schulte, Ulrich; Veith, Michael; Griebeler, Eva-Maria; Böhning-Gaese, Katrin (2012): Auswirkungen auf geschützte und schutzwürdige Arten. In: *Klimawandel und Biodiversität. Folgen für Deutschland*. Hg. von Volker Mosbrugger, Guy Brasseur, Michaela Schaller und Bernhard Stribrny. Darmstadt: WBG, 260–289.
- Tucker, Marlee; Böhning-Gaese, Katrin; Fagan, William; Fryxell, John; Van Moorter, Bram; Alberts, Susan; Ali, Abdullahi; Allen, Andrew; Attias, Nina; Avgar, Tal; Bartlam-Brooks, Hattie; Bayarbaatar, Buuveibaatar; Belant, Jerrold; Bertassoni, Alessandra; Beyer, Dean; Bidner, Laura; van Beest, Floris M.; Blake, Stephen; Blaum, Niels; Bracis, Chloe; Brown, Danielle; de Bruyn, Nico; Cagnacci, Francesca; Calabrese, Justin; Camilo-Alves, Constança; Chamailé-Jammes, Simon; Chiaradia, Andre; Davidson, Sarah; Dennis, Todd; DeStefano, Stephen; Diefenbach, Duane; Douglas-Hamilton, Iain; Fennessy, Julian; Fichtel, Claudia; Fiedler, Wolfgang; Fischer, Christina; Fischhoff, Ilya; Fleming, Christen; Ford, Adam; Fritz, Susanne; Gehr, Benedikt; Goheen, Jacob; Gurarie, Eliezer; Hebblewhite, Mark; Heurich, Marco; Hewison, Mark; Hof, Christian; Hurme, Edward; Isbell, Lynne; Janssen, René; Jeltsch, Florian; Kaczensky, Petra; Kane, Adam; Kappeler, Peter; Kauffman, Matthew; Kays, Roland; Kimuyu, Duncan; Koch, Flavia; Kranstauber, Bart; LaPoint, Scott; Leimgruber, Peter; Linnell, John; López-López, Pascual; Markham, Catherine; Matisson, Jenny; Medici, Emilia Patricia; Mellone, Ugo; Merrill, Evelyn; de Miranda Mourão, Guilherme; Morato, Ronaldo; Morellet, Nicolas; Morrison, Thomas; Díaz-Muñoz, Samuel; Mysterud, Atle; Nandintsetseg, Dejid; Nathan, Ran; Niamir, Aidin; Odden, John; O'Hara, Robert; Oliveira-Santos, Luiz Gustavo; Olson, Kirk; Patterson, Bruce; Cunha de Paula, Rogerio; Pedrotti, Luca; Reineking, Björn; Rimmler, Martin; Rogers, Tracey; Rolandsen, Christer Moe; Rosenberry, Christopher; Rubenstein, Daniel; Safi, Kamran; Saïd, Sonia; Sapir, Nir; Sawyer, Hall; Schmidt, Niels Martin; Selva, Nuria; Sergiel, Agnieszka; Shiilegdamba, Enkhtuvshin; Silva, João Paulo; Singh, Navinder; Solberg, Erling; Spiegel, Orr; Strand, Olav; Sundaresan, Siva; Ullmann, Wiebke; Voigt, Ulrich; Wall, Jake; Wattles, David; Wikelski, Martin; Wilmers, Christopher; Wilson, John; Wittemyer, George; Ziğba, Filip; Zwijacz-Kozica, Tomasz; Mueller, Thomas (2018): Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. In: *Science* 359, 466–469.
- Walther, Gian-Reto; Post, Eric; Convey, Peter; Menzel, Annette; Parmesan, Camille; Beebee, Trevor; Fromentin, Jean-Marc; Hoegh-Guldberg, Ove; Bairlein, Franz (2002): Ecological responses to recent climate change. In: *Nature* 416, 389–395.
- Weiger, Hubert; von Lührte, Angela; Faensen-Thiebes, Andreas (2014): Denkmal und Naturschutz im Klimawandel – Zukunftsfähigkeit durch gemeinsame Wurzeln. In: *Historische Gärten im Klimawandel: Empfehlungen zur Bewahrung*. Hg. von Generaldirektion der Stiftung Preußische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg. Leipzig: Edition Leipzig, 60–63.

Bildnachweis

1, 2 Christian Hof.