

Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie und klimainduzierte Waldveränderung – ein Widerspruch?

Habitats Directive and climate-induced forest change – In contradiction?

Jörg Ewald, Axel Ssymank, Markus Röhling, Helge Walentowski und Stefan Hohnwald

Zusammenfassung

Im globalen Wandel interagieren langfristige Trends wie Zuwachsanstieg, Eutrophierung und Verdunklung der Wälder mit Störungen durch Hitze und Dürre. Kleinteilige Baum mortalität trägt zur Struktur- und Artenvielfalt bei, Großkalamitäten wirken homogenisierend. Kohärenz und Naturnähe wappnen das Natura-2000-System für Veränderungen der Lebensraumtypen (einschließlich Assisted migration) im Klimawandel. Die Vulnerabilität der Lebensraumtypen muss in Schutzgebietsverordnungen und einem adaptiven Management berücksichtigt werden.

Adaptives Management – Assisted migration – biologische Vielfalt – Klimawandel – Lebensraumtypen – Natura 2000 – Schutzgebiete

Abstract

Global change combines long-term trends such as accelerated growth, eutrophication and darkening of forests with disturbance events caused by drought and heat. While fine-scale mortality increases structural and species diversity, stand-replacing calamities homogenise habitats. Owing to its coherence and naturalness, the Natura 2000 network of sites is suited to coping with the climate-induced succession (including assisted migration) of habitat types. Adaptive management must take account of the vulnerability of habitat types.

Adaptive management – Assisted migration – Biodiversity – Climate change – Habitat types – Natura 2000 – Protected areas

Manuskripteinreichung: 15.11.2021, Annahme: 7.4.2022

DOI: 10.19217/NuL2022-07-04

1 Einleitung

Die Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Richtlinie dient der Erhaltung von Schutzgütern gemeinschaftlichen europäischen Interesses. Es stellt sich die Frage, wie die angesichts des Klimawandels zu erwartenden Veränderungen von Wald-Lebensraumtypen (Wald-LRT) zu bewerten sind. Hierzu ist die Betrachtung der Sensitivität und der Dringlichkeit von Anpassungsmaßnahmen wie der Assisted migration (AM; gezielte Arealveränderung von Arten) notwendig. Behalten die jetzigen Waldlebensräume ihren Sinn als Bezugssystem für Ausweisung, Management und Bewertung oder braucht es neue, dynamische Konzepte für Schutz und Management der FFH-Gebiete?

2 Veränderungen von Waldlebensräumen im Klimawandel

Der Einfluss des Klimawandels auf FFH-LRT und Implikationen für das Schutzgebietssystem Natura 2000 wurden in mehreren Workshops national (z.B. Balzer et al. 2007) und im Rahmen des „biogeographischen Prozesses“ auf europäischer Ebene diskutiert (vgl. z. B. auch Essl et al. 2017). Die Auswirkungen bedürfen eines dauerhaften Monitorings (Ssymank, Doczkal 2017). Zu unterscheiden sind die allmähliche Drift der abiotischen Standortbedingungen (Mittelwerte von Temperatur, Niederschlag, Dauer der Vegetationszeit), Störungen durch Extremereignisse (Dürre, Sturm, Überschwemmung) und biotische Interaktionen (Konkurrenz, Herbivorie, Pathogene).

In der gemäßigten und borealen Zone wird die Vegetationsperiode länger (Menzel et al. 2006), was gemeinsam mit CO₂-Düngung

und Stickstoffeintrag den Zuwachs seit 1960 um 10–30% erhöht hat (Pretzsch et al. 2014). Seit 1981 wurde Europa im Durchschnitt deutlich grüner (Yang et al. 2019) und die Naturnähe deutscher Wälder nahm laut Bundeswaldinventur zu (Hennenberg et al. 2017). Erhöhte Produktivität, naturnahe Bewirtschaftung und ökologischer Waldumbau fördern Schattbaumarten (Abb. 1) und die mikroklimatische Pufferung durch ein geschlossenes Kronendach (De Frenne et al. 2013). Nährstoffzeiger nehmen auf Kosten lichtbedürftiger Arten zu (Bernhardt-Römermann et al. 2015), während die erwartete Thermophilisierung auf sich warten lässt (Zellweger et al. 2020).

Nach Petermann et al. (2007; vgl. auch Ssymank et al. 2021) sind in Deutschland 38% der Wald-LRT hinsichtlich Artenzusammensetzung, Ausdehnung und Verbreitung sehr klimasensitiv, bei acht wird ein Rückgang erwartet. Auch Ewald (2009) nimmt für Nadelwälder und Moorwälder eine erhöhte Gefährdung an (Tab. 1, S. 342). Die Erwärmung verschiebt die Konkurrenz der Klimaxbaumarten, die Höhenstufen und Vegetationszonen (Abb. 2, S. 342). In Klimaxwäldern und Forsten mit hoher Kronenmasse verursachen Dürre und Hitze Schäden, denen durch Durchforstung vorgebeugt werden kann (Kohler et al. 2010). Andererseits erhöht Bestandsauflichtung die Dürresensitivität von Buchen (*Fagus sylvatica*; Mausolf et al. 2018) und kann zu Sonnenbrand führen (Kunze, Blanck 2021). An Extremstandorten kommt es zu vorzeitigem Laubabwurf, Jahringausfällen und Absterben von Beständen (Anderegg et al. 2012). In Nadelwäldern begünstigen Wärme, Dürre und Sturm Schädlinge (Dobbertin, Rigling 2012; Zeppenfeld et al. 2015), die auch an Eichen (*Quercus* sp.; Petercord 2011), Ulmen (*Ulmus* sp.; Mölder et al. 2009) und Eschen (*Fraxinus excelsior*; Kudernatsch et al. 2019) zu Auflichtung führen. Hatten sich Buchenwälder 2003 noch rasch

erholt (Eichhorn et al. 2008), brachte die Dürreperiode 2018 – 2020 größere Schäden (BMEL 2021; Abb. 3, S.343).

Dürrebedingte Mortalität von Einzelbäumen und Baumgruppen könnte, gemäß der intermediate disturbance hypothesis, die Baumartenvielfalt (Yeboah, Chen 2016), aber auch Biotopbäume, Totholz und Phasenvielfalt fördern (z. B. Grendelmeier, Feller 2021), synchrone Großstörungen könnten sie, oft verstärkt durch Schädlingsbefall und Schadholzentnahme, aber auch reduzieren (Senf et al. 2021). Ob Schattbaumarten, Pionierbaumarten oder Bodenvegetation profitieren, hängt von Vorausverjüngung (ggf. Waldumbau) und Verbiss ab. Die Reaktion wertbestimmender Tierarten ist bisher wenig erforscht. Die in Abb. 1 zusammengefassten Hypothesen zur Wirkung der Dürre auf die biologische Vielfalt bleiben also widersprüchlich und bedürfen dringender weiterer Forschung.

Klimawandel und Eutrophierung führen schließlich zur Änderung der potenziellen natürlichen Vegetation (Hickler et al. 2012; Fischer et al. 2019) hin zu neuen LRT, die derzeit an wärmeren und trockeneren Orten außerhalb Deutschlands vorkommen (Abb. 2, S. 342, vgl. Mette et al. 2021). Untersuchungen an Ökotonen der Westkarpaten zeigen, wie sich Standorte, Baumarten und Begleitvegetation im Klimawandel in 60 – 80 Jahren ändern könnten (Andreica et al. 2019; Heinrichs et al. 2021). Nach Hohnwald et al. (2020) liegt der mikroklimatische Kippunkt von Buchen- zu Eichenwäldern bei Tagestemperaturen von 23 °C und Sättigungsdefiziten > 10 hPa.

3 Klimaanpassung und Assisted migration (AM)

Anpassungsfähigkeit und -bedarf hängen von örtlichen Klimagradierten sowie der Größe und Konfiguration der Schutzgebiete ab. Waldnationalparks und Naturwälder in Gebirgen mit engem Nebeneinander von Höhenstufen (Bässler et al. 2010) lassen unter Abwägung von Prozessschutz und Waldschutz (Michler, Aschenbrand 2020) mehr selbstgesteuerte Anpassung erwarten als verinselte Wälder im Flach- und Hügelland mit geringem Temperaturgefälle, wo viele Waldarten nicht mit der Erwärmung Schritt halten (Bertrand et al. 2011) und einem höheren Invasionsdruck durch Neophyten ausgesetzt sind (Wagner et al. 2017; 2021).

Das Konzept der AM (Abb. 4, S.343), d. h. der gezielten Relokation von Arten und Lebensräumen an neue Wuchsorte, ist in Naturschutz und Forstwirtschaft umstritten (Peters, Darling 1985; Williams, Dumroese 2013), nicht zuletzt, weil es dem Ziel widerspricht, standortheimische LRT möglichst lange als Wanderkorridore und Tritteinstiege von Arten zu erhalten. AM betreibt mit klassischen forstlichen Instrumenten (Bewertung der Baumarteneignung, Ausweisung von Herkunftsgebieten für forstliches Vermehrungsgut, Saat, Pflanzung) eine Verschiebung des Anbaus von Wirtschaftsbaumarten und Herkünften (MacKenzie, Mahony 2021; Mette et al. 2021).

In FFH-LRT könnte ein Wechsel von Natur- zu Kunstverjüngung im Zuge der AM Erhaltungs- und Entwicklungszielen zuwiderlaufen. Allerdings bedient sich der ökologische Waldumbau des künst-

Kriterium	Klimamittelwerte (Standortdrift)	Klimaextreme (Störungen)
Vollständigkeit der Arten:		
Baum- und Strauchschicht	Klimax-BA <u>Ökologischer Waldumbau</u>	Mortalität standortfremder BA Mortalität lebensraumtypischer BA
Bodenvegetation	Verdunklung (Thermophilisierung)	(Thermophilisierung) Mortalität lebensraumtypischer Arten
Charakteristische Tierarten	Einwanderung mediterraner/ subkontinentaler Arten Ausbreitung von Neozoen inkl. Forstschädlingen	Zunahme thermophiler Arten Verlust der Totholzkontinuität
Vollständigkeit der Strukturen:		
Schichtigkeit		Einzelbaummortalität
Waldentwicklungsphasen		Zerfallsphasen Natürliche Sukzession Mortalität der Altbestände
Biotop- und Altbäume		Zusätzliche Biotopbäume Mortalität der Altbäume
Totholz		Totholznachlieferung <u>Sanitärhiebe</u>
Beeinträchtigungen:		
Störungszeiger	Eutrophierung	Eutrophierung, Redynamisierung von Auen
Verbiss/Naturverjüngung	Wilddichte/Tragekapazität Entmischung	Entmischung
Befahrung		<u>Sanitärhiebe</u>
Standortverhältnisse	(Grundwassersenkung) (Moorentwässerung)	Verlust des Waldinnenklimas Humusabbau
Nichtheimische Gehölze	<u>Exotenanbau</u>	Invasive Gehölze
BA = Baumart; grün = positiv/förderlich; rot = beeinträchtigend; kursiv/unterstrichen = Reaktionen der Bewirtschaftung; in Klammern = Reaktion standortabhängig		

Abb. 1: Wirkungen des Klimawandels auf den Erhaltungszustand der Waldebensraumtypen. Darstellung der mutmaßlichen Einflüsse der prognostizierten Klimamittelwerte und Klimaextreme auf verschiedene Kriterien zur Bewertung des Erhaltungszustandes. Weiterhin wird hervorgehoben, inwieweit die Arten profitieren oder beeinträchtigt werden.

Fig. 1: Effects of climate change on the conservation status of forest habitat types. Representation of presumed influences of the predicted climate mean values and climate extremes on different criteria for the assessment of conservation status. Furthermore, the extent to which species are positively or negatively affected is highlighted.

lichen Voranbaus, um Naturnähe zu steigern und ggf. LRT (wieder) herzustellen (Hölzel 2019; vgl. Moomaw et al. 2019).

4 Ist die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie fit für den Klimawandel?

Dank ihres biogeographischen Ansatzes ermöglicht die FFH-Richtlinie einen flexiblen Umgang mit Klimawandel: Zonale Wald-LRT wie 9110 und 9130 decken mit ihren Subtypen viele klimawandelbedingte Veränderungen ab. Die Richtlinie kennt (sub)mediterrane LRT „ante portas“, die in Deutschland neu auftreten werden (Tab. 1, S.342, Abb. 2, S.342). Referenzlisten von LRT und Arten der biogeographischen Regionen werden in FFH-Berichten und Standarddatenbögen laufend aktualisiert (EEA 2020). Signifikante Vorkommen neu auftretender Schutzgüter unterliegen allen Bestimmungen aus den Naturschutzrichtlinien der Europäischen Union. Schließlich erlaubt Art. 19 die Aufnahme zusätzlicher LRT in die Anhänge, sofern diese eine Gefährdung nach Art. 1(c) aufweisen.

Die Natura-2000-Gebiete behalten auf Grund ihrer Naturnähe und Kohärenz selbst nach Wegfall einzelner LRT oder Arten ihre

Tab. 1: Sensitivität (nach Petermann et al. 2007), vermutete Entwicklungsrichtung und berichtete Beeinträchtigungen (BfN 2019) von Wald-Lebensraumtypen in Deutschland im Zuge des Klimawandels (vgl. auch Abb. 2).

Table 1: Sensitivity (after Petermann et al. 2007), assumed trend and reported impairments (BfN 2019) of forest habitat types in Germany in the course of climate change (cf. also Fig. 2).

LRT	Kurztitel	Sensitivität	Entwicklungsrichtung	Beeinträchtigungen	Bemerkung, mögliche Entwicklung
2180	Bewaldete Dünen	1	=	N01	
9110	Hainsimsen-Buchenwälder	2	=	-	9190
9120	Atlantische Buchen-Eichen-Wälder mit Stechpalme	2	=	-	91J0 pp.
9130	Waldmeister-Buchenwälder	2	=	-	9150, 9170, 9260 u. a.
9140	Subalpine Bergahorn-Buchenwälder	1	-	N01, N02	9130 pp.
9150	Orchideen-Kalk-Buchenwälder	1	+	N02	9170
9160	Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder	2	=	-	9130, 9110
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwälder	1	=	-	91G0*, 91L0
9180*	Schlucht- und Hangmischwälder	3	-	-	9110 pp., 9130 pp.
9190	Alte bodensaure Eichenwälder	2	-	-	
91D0*	Moorwälder	3	-	N02, N05	Bruchwälder
91E0*	Erlen-Eschen- und Weichholzauenwälder	3	-	-	92A0
91F0	Hartholzauenwälder	3	-	-	92C0
91G0*	Subkontinentale bis pannonische Eichen-Hainbuchenwälder	1	+	-	91M0, 91H0, 91I0
91T0	Mitteleuropäische Flechten-Kiefernwälder	3	=	-	
91U0	Kiefernwälder der sarmatischen Steppe	3	=	-	
9410	Montane bis alpine bodensaure Fichten-wälder	3	-	N01, N02, N08	9110/ 9130 pp.
9420	Alpine Lärchen- und/oder Arvenwälder	1	-	N01, N08	9410
9430	Bergkiefernwälder (* auf Gips oder Kalk)	2	=	K. A.	

LRT = Lebensraumtyp; * = prioritärer LRT; Sensitivität: 1 gering, 2 mittel, 3 hoch; Entwicklung: = gleichbleibend, - sich verschlechternd, + zunehmend; Beeinträchtigungen: N01 = Temperaturänderung (z. B. Zunahme und Extremwerte), N02 = Dürre und Niederschlagsabnahme, N05 = Änderung der Habitatvorkommen, -größe und/oder -qualität, N08 = Änderung von Artverbreitungen (natürliche Neankömmlinge); K. A. = keine Angabe; 91L0 = Illyrische Eichen-Hainbuchenwälder; weitere Abkürzungen von Codes der LRT siehe Abb. 2

Bedeutung für den Biotopverbund, die selbstgesteuerte Wanderung von Arten und das Entstehen neuer Lebensräume, was in der intensiv genutzten Landschaft kaum möglich wäre (Ellwanger et al. 2013).

Während das „Verschlechterungsverbot“ des Art. 6 Abs. 2 der FFH-Richtlinie zu aktiven Schutzmaßnahmen verpflichtet, kann eine nicht steuerbare Entwicklung wie der Klimawandel ohne weitere Konsequenzen berichtet werden. Die FFH-Berichte wurden um eine Sektion „N“ (Klimawandel) mit neun Untergruppen erweitert (EEA 2020), und im deutschen FFH-Bericht 2019 wurden für sechs Wald-LRT entsprechende Gefährdungen berichtet

(Tab. 1) – im kommenden FFH-Bericht 2025 ist mit einer Verschärfung zu rechnen.

Mangelnde Berücksichtigung des Klimawandels ist jedoch in der Aktualisierung von Managementplänen sowie in der nationalen oder länderspezifischen rechtlichen Umsetzung zu beklagen, wenn z. B. Schutzgebietsausweisungen auf veraltete Standarddatenbögen (SDB) zugreifen und neu auftretende LRT und Arten vernachlässigen oder unvollständige FFH-Verträglichkeitsprüfungen durchgeführt werden. Hier sind neue angepasste Lösungen erforderlich, z. B. Schutzgebietsverordnungen, die auf die jeweils gültige Fassung der SDB verweisen.

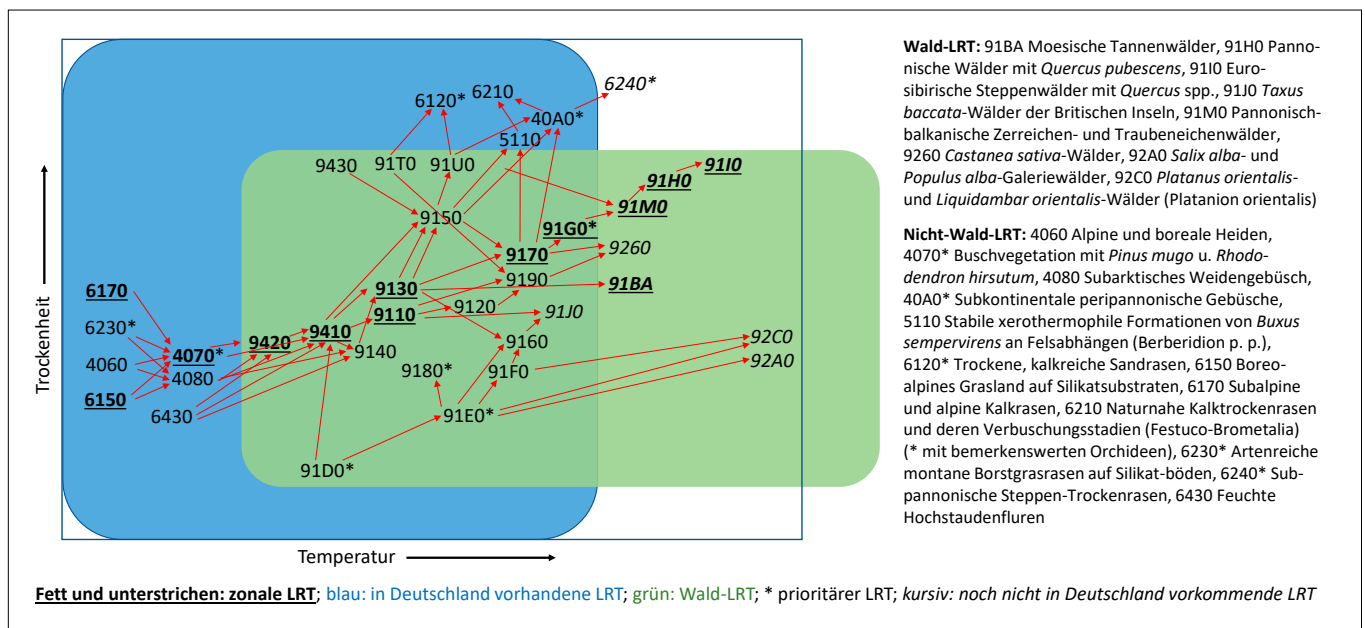


Abb. 2: Ökogramm zur Veranschaulichung der im Klimawandel erwarteten Übergänge von Lebensraumtypen (LRT, weitere Abkürzungen von Codes der LRT siehe Tab. 1). Rote Pfeile zeigen gutachterliche Einschätzungen der Autoren.

Fig. 2: Ecogram showing expected transitions of habitat types (for further abbreviations of habitat type codes see Table 1) under climate change. Red arrows indicate expert assessments by the authors.



Abb. 3: Dürreschäden an Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) auf Muschelkalkstandorten (Lebensraumtyp 9130) im Nationalpark Hainich. (Foto: Thomas Stephan, 2019)

Fig. 3: Drought damage affecting European beech (*Fagus sylvatica*) at limestone sites (habitat type 9130) in the Hainich National Park.

5 Ausblick

In Hinblick auf die LRT der zukünftigen potenziellen natürlichen Vegetation (vgl. Abb. 2) könnten die LRT-Listen der biogeographischen Regionen und Mitgliedsstaaten sowie die Standarddatenbögen der FFH-Gebiete erweitert werden; die Kriterien für

den Erhaltungszustand ließen sich entsprechend öffnen. Dazu werden eine szenarienbasierte Modellierung der europaweiten LRT-Verbreitung (vgl. Múcher et al. 2009; Fischer et al. 2019) sowie grenzüberschreitende LRT-Steckbriefe benötigt, was eine erhebliche Verstärkung des transnationalen Datenaustauschs voraussetzt (vgl. z. B. Chytrý et al. 2020). Auf dieser Basis könnte das Management der Wald-LRT um naturschutzkonforme Methoden der AM erweitert werden.

Eine LRT-bezogene Auswertung der Dürreperioden 2003, 2015 sowie 2018 – 2020, die einen Vergleich zwischen Wäldern mit natürlicher Entwicklung und Wirtschaftswäldern einschließt, ermöglicht eine zeitgemäße Analyse der Vulnerabilität der Schutzgüter, die Klimawirkungen (vgl. Abb. 1, S. 341, und Tab. 1) und Anpassungsfähigkeit des sozioökonomischen Systems in Beziehung setzt (Brandt et al. 2017). Dies wäre ein wesentlicher Schritt zu einem adaptive management der FFH-LRT und zu einer adaptive governance des Natura-2000-Systems (Schultz et al. 2015).

In der praktischen Umsetzung der FFH-Richtlinie sind Schutzgebietsverordnungen, regelmäßige Updates der Managementpläne, die Behebung von Vollzugsdefiziten und verbesserte Ressourcen ebenso erforderlich wie wissenschaftliche Begleituntersuchungen und ein auf den Klimawandel abgestimmtes, umfassendes Monitoring der FFH-LRT. Ein Beharren auf dem Verschlechterungsverbot reicht nicht, vielmehr muss Beeinträchtigungen wie dem Stickstoffüberangebot und Störungen des Wasserhaushalts aktiv entgegengewirkt werden, um gegen den Klimawandel besser gerüstet zu sein oder dessen Auswirkungen nicht noch zu verstärken. Kommende Generationen werden beurteilen, ob es gelingt, wesentliche Teile unserer biologischen Vielfalt im europäischen Netzwerk Natura 2000 zu erhalten.

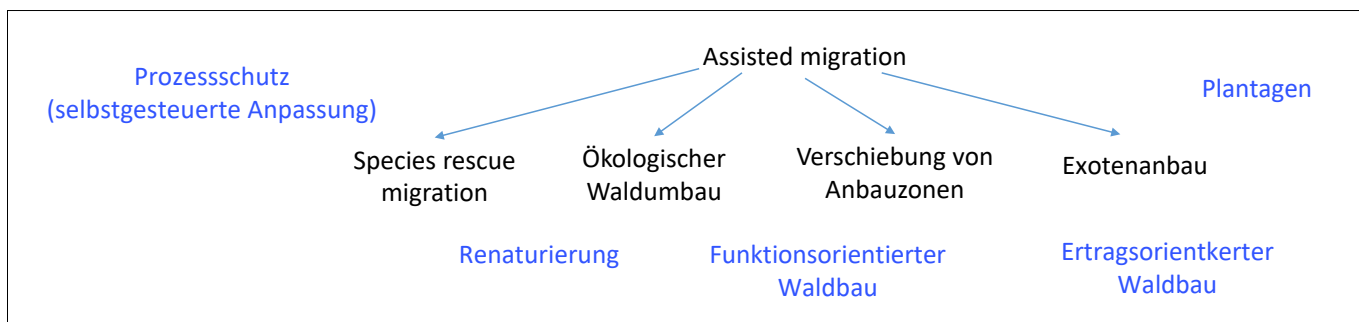


Abb. 4: Einordnung der Assisted migration in den mitteleuropäischen Waldnaturschutz.

Fig. 4: The role of assisted migration within Central European forest conservation.

6 Literatur

Anderegg W.R., Kane J.M., Anderegg L.D. (2012): Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nature Climate Change* 3: 30 – 36. DOI: 10.1038/nclimate1635

Balzer S., Dieterich M., Beinlich B. (2007): Natura 2000 und Klimaänderungen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 46: 173 S.

Bässler C., Müller J., Dziöck F. (2010): Detection of climate-sensitive zones and identification of climate change indicators. *Folia Geobotanica* 45(2): 163 – 182. DOI: 10.1007/s12224-010-9059-4

Bernhardt-Römermann M., Baeten L. et al. (2015): Drivers of temporal changes in temperate forest plant diversity vary across spatial scales. *Global Change Biology* 21(10): 3.726 – 3.737. DOI: 10.1111/gcb.12993

Bertrand R., Lenoir J. et al. (2011): Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. *Nature* 479: 517 – 520. DOI: 10.1038/nature10548

BfN/Bundesamt für Naturschutz (2019): FFH Bericht 2019. <https://www.bfn.de/ffh-bericht-2019> (aufgerufen am 20.1.2022).

BMEL/Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Waldbericht der Bundesregierung 2021. <https://www.bmel.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Broschueren/waldbericht2021.pdf> (aufgerufen am 20.1.2022).

Brandt L.A., Butler P.R. et al. (2017): Integrating science and management to assess forest ecosystem vulnerability to climate change. *Journal of Forestry* 115(3): 212 – 221. DOI: 10.5849/jof.15-147

Chytrý M., Tichý L. et al. (2020): EUNIS habitat classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science* 23(4): 648 – 675. DOI: 10.1111/avsc.12519

De Frenne P., Rodríguez-Sánchez F. et al. (2013): Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110(46): 18.561 – 18.565. DOI: 10.1073/pnas.1311190110

Dobbertin M., Rigling A. (2012): Der Rückgang der Gemeinen Kiefer in den alpinen Trockentälern. *Archiv für Forstwesen und Landschaftsökologie* 46: 88 – 95.

EEA/European Environment Agency (2020): Reference portal for reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Eionet Central Data Repository. https://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats_art17 (aufgerufen am 26.6.2020).

- Eichhorn J., Dammann I. et al. (2008): Untersuchungen zur Trockenheitstoleranz der Buche am Beispiel des witterungsextremen Jahres 2003. In: Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (Hrsg.): Ergebnisse angewandter Forschung zur Buche. Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt 3. Universitätsverlag Göttingen. Göttingen: 109 – 134.
- Ellwanger G., Ssymank A. et al. (2013): Bedeutung der Schutzgebietsnetze im Klimawandel. In: Essl F., Rabitsch W. (Hrsg.): Biodiversität und Klimawandel. Springer Spektrum, Berlin: 342 – 352.
- Essl F., Rabitsch W., Rahmstorf S. (Hrsg.) (2017): Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer-Verlag GmbH. Unveränderter Softcover-Nachdruck der 1. Aufl. 2013. Springer Spektrum, Berlin: 458 S.
- Ewald J. (2009): Veränderung der Waldlebensräume Bayerns im Klimawandel. Laufener Spezialbeiträge 2/09: 26 – 33.
- Fischer H.S., Michler B., Fischer A. (2019): High resolution predictive modelling of potential natural vegetation under recent site conditions and future climate scenarios: Case study Bavaria. *Tuexenia* 39: 9 – 40.
- Grendelmeier A., Feller K. (2021): Extremereignisse als Chance für integrativen Naturschutz im Produktionswald. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 172(6): 392 – 393.
- Heinrichs S., Öder V. et al. (2021): The Influence of *Tilia tomentosa* MOENCH on plant species diversity and composition in mesophilic forests of Western Romania – A potential trees species for warming forests in Central Europe? *Sustainability* 13(14): 7996.
- Hennenberg K.J., Winter S., Reise J. (2017): Die dritte Bundeswaldinventur aus Sicht des Naturschutzes. *Natur und Landschaft* 92: 201 – 208.
- Hickler T., Vohland K. et al. (2012): Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography* 21(1): 50 – 63. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2010.00613.x
- Hohnwald S., Andreica A. et al. (2020): Microclimatic tipping points at the beech-oak ecotone in the Western Romanian Carpathians. *Forests* 2020(11): 919.
- Hölzel N. (2019): Wälder. In: Kollmann J., Kirmer A. et al. (Hrsg.): Renaturierungsökologie. Springer, Berlin: 101 – 124.
- Andreica A., Teodosiu M. et al. (2019): Nemoral deciduous forests under climatic extremes – Phytosociological studies along climatic gradients in SW Romania. In: Borz S.A., Curtu A.L., Muşat E.C. (Hrsg.): Proceedings of the 8th Edition of the Biennial International Symposium „Forest and Sustainable Development“. Transilvania University Press. Kronstadt: 139 – 148.
- Kohler M., Sohn J. et al. (2010): Can drought tolerance of Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) be increased through thinning? *European Journal of Forest Research* 129(6): 1.109 – 1.118. DOI: 10.1007/s10342-010-0397-9
- Kudernatsch T., Blaschke M. et al. (2019): Walddynamik im Naturwaldreservat Echinger Lohe – Erkenntnisse aus vier Jahrzehnten Dauerbeobachtung. *Tuexenia* 39: 101 – 119.
- Kunze S., Blanck K. (2021): Neue Waldschäden durch Trockenheit. In: Kunze S., Blanck K. (Hrsg.): Renaturierung von Waldböden. Prinzip der biologischen Intervention. Springer Spektrum (essentials). Wiesbaden: 3 – 6.
- MacKenzie W.H., Mahony C.R. (2021): An ecological approach to climate change-informed tree species selection for reforestation. *Forest Ecology and Management* 481: 118705. DOI: 10.1016/j.foreco.2020.118705
- Mausolf K., Wilm P. et al. (2018): Higher drought sensitivity of radial growth of European beech in managed than in unmanaged forests. *Science of the Total Environment* 642: 1.201 – 1.208. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.065
- Menzel A., Sparks T.H. et al. (2006): European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12(10): 1.969 – 1.976. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x
- Mette T., Brandl S., Kölling C. (2021): Climate analogues for temperate European forests – Forestry practice profits from silvicultural evidence in twin regions. *Sustainability* 13: 6522. DOI: 10.3390/su13126522
- Michler T., Aschenbrand E. (2020): „Natur Natur sein lassen“. Entstehung und Bedeutung des deutschen Nationalpark-Leitbildes in internationaler Perspektive. In: Heurich M., Mauch C. (Hrsg.): Urwald der Bayern. Geschichte, Politik und Natur im Nationalpark Bayerischer Wald. Vandenhoeck & Ruprecht. Göttingen: 165 – 184.
- Mölder A., Meyer P. et al. (2009): 33 Jahre nach dem letzten Hieb – Zur Entwicklung der Bestandesstruktur im Naturwald „Großer Freeden“ (Teutoburger Wald). *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 180(9/10): 196 – 205.
- Moomaw W.R., Masino S.A. et al. (2019): Intact forests in the United States: Proforestation mitigates climate change and serves the greatest good. *Frontiers in Forests and Global Change* 2: 27. DOI: 10.3389/ffgc.2019.00027
- Mücher C.A., Hennekens S.M. et al. (2009): Modelling the spatial distribution of Natura 2000 habitats across Europe. *Landscape and Urban Planning* 92(2): 148 – 159. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2009.04.003
- Petercord R. (2011): Eichenschäden in Unter- und Mittelfranken nach Insektenfraß und Mehltreibbefall. *Forstschutz Aktuell* 51: 19 – 21.
- Petermann J., Balzer S. et al. (2007): Klimawandel – Herausforderung für das europaweite Schutzgebietssystem Natura 2000. In: Balzer S., Dieterich M., Beinlich B. (Bearb.): Natura 2000 und Klimaänderungen. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 46: 127 – 148.
- Peters R.L., Darling J.D. (1985): The greenhouse effect and nature reserves. *BioScience* 35(11): 707 – 717. DOI: 10.2307/1310052
- Pretzsch H., Biber P. et al. (2014): Forest stand growth dynamics in central Europe have accelerated since 1870. *Nature Communications* 5: 4967. DOI: 10.1038/ncomms5967
- Schultz L., Folke C. et al. (2015): Adaptive governance, ecosystem management, and natural capital. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112(24): 7.369 – 7.374. DOI: 10.1073/pnas.1406493112
- Senf C., Sebald J., Seidl R. (2021): Increasing canopy mortality affects the future demographic structure of Europe's forests. *One Earth* 4(5): 749 – 755. DOI: 10.1016/j.oneear.2021.04.008
- Ssymank A., Doczkal D. (Hrsg.) (2017): Biodiversität des südwestlichen Dinkelbergrandes und des Rheintals bei Grenzach-Wyhlen – eine Bestandsaufnahme im südwestlichen Einfallstor Deutschlands für neue Arten in Folge des Klimawandels. *Mauritiana* 34: 910 S.
- Ssymank A., Ellwanger G. et al. (2021): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (2009/147/EG). Band 2.1: Lebensraumtypen der Meere und Küsten, der Binnengewässer sowie der Heiden und Gebüsche. 2. Aufl. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 172: 795 S.
- Wagner V., Chytrý M. et al. (2017): Alien plant invasions in European woodlands. *Diversity and Distributions* 23(9): 969 – 981. DOI: 10.1111/ddi.12592
- Wagner V., Večeřa M. et al. (2021): Alien plant invasion hotspots and invasion debt in European woodlands. *Journal of Vegetation Science*. DOI: 10.1111/jvs.13014
- Williams M.L., Dumroese R.K. (2013): Preparing for climate change: Forestry and assisted migration. *Journal of Forestry* 111(4): 287 – 297. DOI: 10.5849/jof.13-016
- Yang Y., Wang S. et al. (2019): Factors affecting long-term trends in global NDVI. *Forests* 10(5): 372. DOI: 10.3390/f10050372
- Yeboah D., Chen H.Y. (2016): Diversity-disturbance relationship in forest landscapes. *Landscape Ecology* 31(5): 981 – 987. DOI: 10.1007/s10980-015-0325-y
- Zellweger F., De Frenne P. et al. (2020): Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. *Science* 368: 772 – 775. DOI: 10.1126/science.aba6880
- Zeppenfeld T., Svoboda M. et al. (2015): Response of mountain *Picea abies* forests to stand-replacing bark beetle outbreaks: neighbourhood effects lead to self-replacement. *Journal of Applied Ecology* 52(5): 1.402 – 1.411. DOI: 10.1111/1365-2664.12504

Dank

Die Autoren danken Alexander Rumpel, Christian Kölling und zwei anonymen Reviewern für Anregungen zu diesem Manuskript.

Prof. Dr. Jörg Ewald
Korrespondierender Autor
 Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
 Institut für Ökologie und Landschaft
 Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 3
 85354 Freising
 E-Mail: joerg.ewald@hswt.de



Der Autor studierte Biologie in Tübingen, Edinburgh sowie München und erforscht seit seiner Diplomarbeit die Bergwälder der Nordalpen. Er promovierte 1997 in Forstwissenschaften an der LMU München. Seit 2001 ist er Professor für Botanik und Vegetationskunde an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HWST). 2020 wurde er auf die Forschungsprofessur für Diversität und Funktionen von Gebirgsökosystemen berufen. Er leitete Forschungsprojekte zur Modellierung von Standortseinheiten und Waldlebensraumtypen, zu Energieholznutzung und Biodiversität sowie zur Humuspflege in Bergwäldern.

Dr. Axel Ssymank
 Bundesamt für Naturschutz
 FG II 2.2 – FFH-Richtlinie/Natura 2000
 Konstantinstraße 110
 53179 Bonn
 E-Mail: axel.ssymank@bfn.de

Dipl.-Forstw. Markus Röhling
 Bundesamt für Naturschutz
 FG II 2.2 – FFH-Richtlinie/Natura 2000
 Konstantinstraße 110
 53179 Bonn
 E-Mail: markus.roehling@bfn.de

Prof. Dr. Helge Walentowski
 Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst
 Fakultät Ressourcenmanagement
 Büsgenweg 1a
 37077 Göttingen
 E-Mail: helge.walentowski@hawk.de

PD Dr. Stefan Hohnwald
 Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst
 Fakultät Ressourcenmanagement
 Büsgenweg 1a
 37077 Göttingen
 E-Mail: stefan.hohnwald@hawk.de

Anzeigen

www.dnl-online.de



Die
 Literatur-
 datenbank
 des
 Bundesamtes
 für
 Naturschutz

www.otterzentrum.de

Natur erleben.
 Fühlen. Staunen.
 Familienspaß bei Otter, Nerz und Co.

OTTER ZENTRUM
 Hankensbüttel

Manche Wälder sind alt!

Aber voller Leben!

GNA e.V.
 Gesellschaft für Naturschutz und Auenentwicklung e.V.
 www.gna-aue.de
 gna.aue@web.de
 Buchbergstr. 6
 63517 Rodenbach
 06184 - 99 33 797

Spenden Sie für die Vielfalt!

Raiffeisenbank Rodenbach
 BLZ 506 636 99 | Konto 10 70 800
 Ihre Spende ist selbstverständlich steuerlich abzugsfähig.



Bundesamt für Naturschutz