

Wolfgang VON BRACKEL und Julia VON BRACKEL

Ein Pilotversuch zur Wiederherstellung von Flechten-Kiefernwäldern

A pilot experiment for the restoration of lichen pine forests



Abb. 1: Aspekt eines gut entwickelten, reifen Flechten-Kiefernwaldes im Staatsforst Leinburg mit dichten Polstern verschiedener Arten von Rentierflechten (Foto: Julia von Brackel).

Fig. 1: Aspect of a well-developed, mature lichen pine forest in the Staatsforst Leinburg.

Zusammenfassung

Flechten-Kiefernwälder prägten bis in die 1980er-Jahre weite Teile des Nürnberger Reichswaldes. Durch die Aufgabe der Streunutzung und den Eintrag von Stickstoffverbindungen über die Luft sind sie bis auf kleine Restbestände verschwunden; dieses Phänomen ist im gesamten mitteleuropäischen Verbreitungsgebiet zu beobachten.

Seit 2012 läuft ein Pilotprojekt mit dem Ziel, moosreiche Kiefernwälder wieder zu Flechten-Kiefernwäldern zu entwickeln. Hierzu wurde auf der gesamten Projektfläche der Kiefernbestand aufgelichtet und die Kiefernstrauchschicht entfernt. Auf Teilflächen wurde zusätzlich die Rohhumusschicht entfernt und anschließend mit Flechten-Bruchstücken beimpft. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Maßnahmen schnell zum Erfolg führen: Bereits nach vier Jahren zeigt die abgeschobene und beimpfte Fläche eine höhere Deckung der naturschutzfachlichen Zielarten der Flechten-Kiefernwälder als die Vergleichsflächen, die lediglich eine Auflichtung erfahren haben.

Summary

Lichen pine forests covered large areas of the Nürnberger Reichswald up to the 1980s. Due to the cessation of litter raking and the input of atmospheric nitrogen compounds they disappeared except for small remnants, a phenomenon noticed in the whole Central European range.

Since 2012 a pilot experiment is running to reconvert moss rich pine forests to lichen pine forests. For this purpose the pine canopy was thinned out and the pine shrubs were cleared on the entire experimental site. In subareas the topsoil was removed and then they were inoculated with lichen fragments. First results show how fast the measures may lead to success: after only four years on the stripped and inoculated plot the typical species of the lichen pine forests showed a higher coverage than on the reference plots where only the canopy was thinned out.

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Flechten-Kiefernwälder (Cladonio-Pinetum JURASZEK 1927 beziehungsweise Leucobryo-Pinetum cladoniotosum MATUSZKIEWICZ 1960) sind Waldgesellschaften extrem nährstoffarmer und leicht austrocknender Standorte, auf denen Laubbaumarten, insbesondere die Buche, nicht Fuß fassen können. Sie sind (oder waren) von den Niederlanden bis ins östliche Polen und von Süddeutschland bis zur Slowakei verbreitet (ELLENBERG 1996; HEINKEN 2008b; DINGOVÁ KOŠUTHOVÁ et al. 2013). Natürlicherweise sind sie auf sehr flachgründige Böden über Felsstandorten oder auf mächtige Dünen sande beschränkt. Durch die bis in die Mitte des vergangenen Jahrhunderts ausgeübte Streunutzung in Kiefernwäldern und -forsten konnten sie auch auf solchen Sandböden gedeihen, die sonst von Moos-Kiefernwäldern beziehungsweise von bodensauerer Eichenwäldern eingenommen worden wären. Diese Nutzung ermöglichte eine deutliche Ausweitung der Flechten-Kiefernwälder.

Durch die Aufgabe der Streunutzung, vor allem aber durch die massiven Stickstoffeinträge durch die Luft sind die Bestände der Flechten-Kiefernwälder innerhalb der letzten 20 bis 30 Jahre in ganz Mitteleuropa erheblich geschrumpft, stellenweise sind sie gänzlich verschwunden. So spricht etwa HEINKEN (2008a) bezogen auf Deutschland von einem „massiven Rückgang“ und STRAUSSBERGER (1999) bezogen auf Bayern von einem „stetigen Rückgang“. FISCHER, A. et al. (2015) geben für den Nürnberger Reichswald einen Flächenverlust von 90 % innerhalb der letzten 30 Jahre an, ähnliche Zahlen nennen FISCHER, P. et al. (2014) für Niedersachsen. In Mitteleuropa sind die Verluste im Westen, bedingt durch die hier stärkere allgemeine Eutrophierung, stärker als im Osten (HEINKEN 2008b).

Die Humus- und Nährstoffanreicherung verschiebt die Konkurrenzverhältnisse zuungunsten der Flechten und der Kiefer hin zu Moosen, Beersträuchern wie der Heidelbeere, Gräsern wie Schlängelschmiele und zu Laubbäumen. Ohne Hilfsmaßnahmen werden die Flechten-Kiefernwälder im Mittelfränkischen Becken wie auch andernorts in Deutschland auf Dauer nicht zu halten sein (HEINKEN 2008a; FISCHER, P. et al. 2013, 2014). Auf einer Dauerbeobachtungsfläche in der Abteilung „Kühbach“ im Leinburger Forst (Mittelfranken) konnte beobachtet werden, dass die Deckung der Arten der Flechten-Kiefernwälder zwischen 1996 und 2011 von knapp 25 %

auf knapp 14 % zurückging. Im gleichen Zeitraum stieg die der Heidelbeer-Kiefernwälder von gut 54 % auf gut 87 % an, vor allem bedingt durch Zunahmen beim Rotstängelmoos (*Pleurozium schreberi*) und der Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) (BRACKEL 2011).

Flechten-Kiefernwälder sind zum einen durch den § 30 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) geschützt („Wälder und Gebüsche trockenwarmer Standorte“), zum anderen stellen sie einen Lebensraumtyp nach Anhang I der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) dar („Mittleuropäische Flechten-Kiefernwälder“, Code 91T0). In der Roten Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands (RENNWALD 2000) werden sie in der Kategorie „1“ (vom Aussterben bedroht) geführt. Dass diese Wälder teilweise erst durch menschliches Wirken entstanden sind, ändert nichts daran, dass sie unseren besonderen Schutz verdienen. Dies gilt in gleicher Weise für orchideenreiche Kalkmagerrasen.

Die Flechten-Kiefernwälder im Nürnberger Reichswald, etwa in der Abteilung „Speck“ südlich von Leinburg, waren seit langer Zeit das Paradebeispiel für diesen Waldtyp in Mittelfranken beziehungsweise in ganz Bayern (BRUNNER & LINDACHER 1994; BUSHART et al. 1994; BRUNNER 2006). Auch bei ihnen ist ein Verlust an Qualität wie an Fläche festzustellen. Leider fehlen bis jetzt, zumindest in Süddeutschland, Erfahrungen mit der Qualitätssicherung beziehungsweise Wiederherstellung von flechtenreichen Kiefernwäldern. Erste Versuche dazu fanden in Norddeutschland statt, bisher allerdings ohne publizierte Ergebnisse (SCHMIDT et al. 2008; FISCHER, P. et al. 2012).

Deshalb wurden jetzt in einem Projekt im Nürnberger Reichswald verschiedene Methoden erprobt, wie der Entwicklung zu Moos- und Heidelbeer-Kiefernwäldern begegnet werden kann. Das Projekt wurde auf einer Pilotfläche in der Abteilung „Wimmerslohe“ in einer Zusammenarbeit aus Unterer Naturschutzbehörde am Landratsamt Nürnberger Land, Forstamt Nürnberg und dem Institut für Vegetationskunde und Landschaftsökologie durchgeführt. Die zur Verfügung stehende Fläche und die Begrenztheit der finanziellen Mittel bedingen einen pragmatischen Ansatz. Eine statistische Absicherung durch mehrere Parallelversuche war weder möglich noch im Rahmen des Pilotversuchs als notwendig erachtet worden. Die Versuchsanordnung mit mehreren, nach einem festgelegten Schema angeordneten Probe-

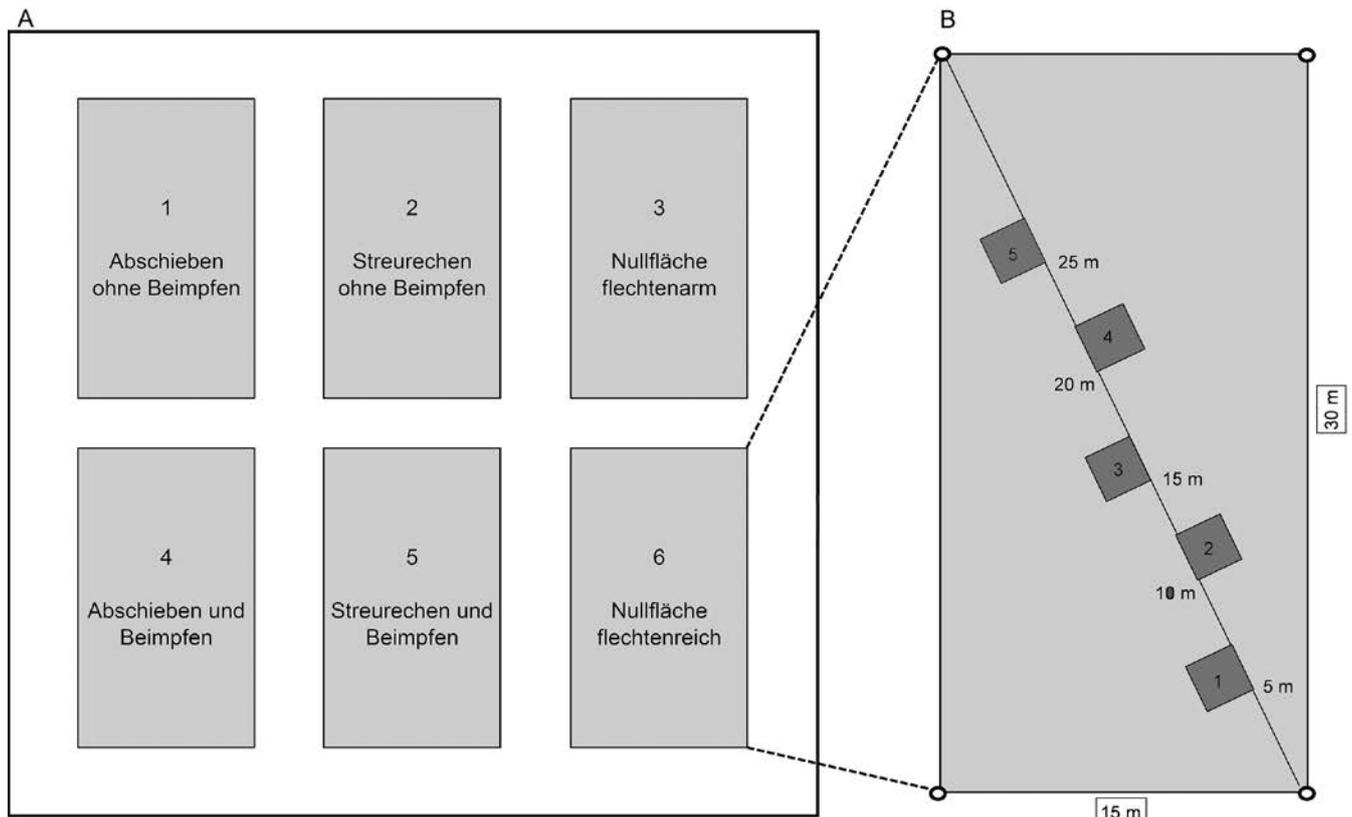


Abb. 2: A: Anordnung und Behandlung der Versuchsfelder innerhalb der Projektfläche. B: Beispielhafte Anordnung der Probequadranten entlang eines Transekts in einer Versuchsfeld. Legende: Projektfläche (weiß), sechs Versuchsfelder (grau) mit je fünf Probequadranten (dunkelgrau).

Fig. 2: A: Arrangement and management of the test areas within the experimental site. B: Exemplary arrangement of the permanent plots along a transect in a test area. Legend: Experimental site (white), six test areas (grey) with five permanent plots each (dark grey).

quadranten pro Versuchsfeld gewährleistet jedoch die Objektivität und begrenzt unvermeidbare Schätzfehler auf ein Minimum.

Als Voraussetzung für die Wiederherstellung eines Flechten-Kiefernwaldes ist die Entfernung der dezimeterhohen Rohhumusdecke unbestritten. Zur Frage stand, ob das aufwendige Streurechen per Hand auch durch den Einsatz eines Minibaggers ersetzt werden kann und ob die Impfung der freigelegten Flächen mit eingesammelten Flechten-Bruchstücken einen deutlichen Vorteil gegenüber der unbeeinflussten Entwicklung bietet.

2. Methoden

Die Projektfläche ist knapp 1 ha groß und beinhaltet sechs Versuchsfelder von je 30 mal 15 m (siehe Abbildung 2). Um bessere Lichtverhältnisse zu schaffen, wurde auf der Projektfläche und in ihrem Umgriff der Kieferschirm durch Fällung einzelner Bäume auf durchschnittlich knapp 50% aufgelichtet und die Kiefern-Strauchschicht entfernt. Wie Versuche von DINGOVÁ KOŠUTOVÁ et al. (2013) in der Slowakei ergeben haben, hängt die Artenvielfalt an Flechten im Flechten-Kiefernwald signifikant von der Deckung der Überschildung ab.

Auf der gesamten Fläche wurde vor Beginn der Maßnahmen eine kleinflächige Vegetationskartierung durchgeführt und eine Gesamtartenliste erhoben.

Zwei der sechs Versuchsfelder wurden als Vergleichsfelder (folgend Nullflächen genannt) erhalten: Eine davon sehr flechtenreich (Abbildung 1), eine flechtenarm. Auf diesen Nullflächen fand lediglich die Auflichtungsmaßnahme statt. Auf zwei weiteren Flächen wurde im Frühjahr 2012 von Hand Streu gereicht und zwei Flächen wurden mit einem Minibagger von der Humusschicht befreit (Abbildung 3). Auf je eine der streugereichten und der abgeschobenen Flächen wurden zur Impfung vorher auf den Versuchsfeldern eingesammelte, getrocknete und leicht zerbröselte Rentierflechten (je zirka 4,5 kg Trockenmaterial) aufgebracht. Deren Artzusammensetzung wurde beim Einsammeln bestimmt (siehe Tabelle 1).

Art	Gew. %	Art	Gew. %
<i>Cetraria islandica</i>	2	<i>Cladonia portentosa</i>	2
<i>Cladonia arbuscula</i> ssp. <i>squarrosa</i>	45	<i>Cladonia rangiferina</i>	40
<i>Cladonia ciliata</i>	2	<i>Cladonia squamosa</i>	1
<i>Cladonia gracilis</i>	5	<i>Cladonia uncialis</i>	3

sowie in geringer Menge Beimischungen von *Dicranum spurium*, *Dicranum polysetum*, *Hypnum jutlandicum* und *Pleurozium schreberi*.

Tab. 1: Zusammensetzung der Impfmischung.

Tab. 1: Composition of the inoculation mixture.

Auf jeder der sechs Versuchsflächen wurde ein Transekt von 30 m Länge eingerichtet, an den Endpunkten ebenerdig vermarktet und eingemessen. Entlang des Transekts wurden nach einem festgelegten Schema je fünf Probequadrate zu 2 mal 2 m für die Vegetationsaufnahmen gelegt.

Auf den Probequadraten wurden jeweils im Oktober pflanzensoziologische Aufnahmen nach der Methode Braun-Blanquet erhoben, wobei eine verfeinerte zehnstufige Schätzskala angewandt wurde (siehe zum Beispiel BRACKEL 2010). Aufgenommen wurden dabei nur solche Exemplare von Flechten (und Moosen), die deutlich „angewachsen“ waren, also eine Wachstumsrichtung zeigten (siehe Abbildung 6). Unverändert auf dem Boden liegende Bruchstücke wurden nicht berücksichtigt. Zusätzlich wurde auf jeder der sechs Versuchsflächen eine halbquantitative Artenliste erhoben, um auch die Arten zu erfassen, die durch Zufall nicht auf den Probequadraten auftraten.

3. Ergebnisse

Bislang wurden die Probequadrate in jährlichem Abstand viermal aufgenommen. Der jetzige Zustand stellt sicher nur eine Momentaufnahme dar und die Entwicklung ist bei weitem nicht abgeschlossen. Da der Verfall der Flechten-Kiefernwälder jedoch dermaßen rasch fortschreitet, sind für die Planung weiterer Maßnahmen auch Zwischenergebnisse wertvoll.

3.1 Vegetationskartierung und Gesamtartenliste

Die mitteleuropäischen Kiefernwälder auf Sandböden, insbesondere die Flechten-Kiefernwälder, sind arm an Arten der Blütenpflanzen. Wesentlich artenreicher sind

Flechten und Moose vertreten, die an die Extreme hinsichtlich Nährstoffarmut und Trockenheit besser angepasst sind als die Mehrzahl der Gefäßpflanzen. Dies drückt sich in der Artenliste aus: Sie enthält zehn Arten Blütenpflanzen, 16 Arten von Flechten und 19 Arten von Moosen. Dazu treten weitere neun Flechtenarten an der Rinde der Kiefern und vier Arten flechtenbewohnender Pilze auf (Tabelle 2).

Der Waldbestand auf der Projektfläche ist beim üblichen Kartiermaßstab von 1:5.000 überwiegend als Flechten-Kiefernwald anzusprechen und damit durch § 30 BNatSchG geschützt und unter dem LRT 91T0 der FFH-Richtlinie zugehörig. Die Fläche ist zudem reich an den typischen Moos- und Flechtenarten der Gesellschaft, von denen eine ganze Reihe auf den Roten Listen verzeichnet sind.

Auf den Roten Listen (Deutschland und Bayern für Gefäßpflanzen und Moose, nur Deutschland für Flechten) sind eine Moosart und neun Flechtenarten verzeichnet, darunter fünf Arten in der Kategorie „2“ (stark gefährdet). Dazu treten eine Gefäßpflanzenart und fünf Moosarten der Vorwarnstufe auf. Zwei Moosarten und fünf Flechtenarten sind im Anhang V der FFH-Richtlinie aufgeführt. Der flechtenbewohnende Pilz *Stigmidium microcarpum* (auf *Cetraria islandica*) war ein Neufund für Deutschland.

Durch die fehlende Streunutzung und zunehmende Nährstoffeinträge aus der Luft sind die Bestände jedoch durch aufkommende dichte Moospolster (*Pleurozium schreberi*, teils auch *Dicranum polysetum*) bedroht. Nicht unerhebliche Teile der Fläche sind bereits so stark mit den beiden Moosarten bewachsen, dass dort keine Flechten mehr aufkommen können. Die Schlängel- oder Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*) und die Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) stellen auf der Projektfläche noch kein gravierendes Problem dar. Auch andernorts Probleme verursachende und von Nährstoffeinträgen profitierende Arten wie Reitgras (*Calamagrostis epigejos*) oder Brombeere (*Rubus fruticosus* agg.) treten auf der Fläche noch nicht auf.

3.2 Monitoring

Die Auswertung der pflanzensoziologischen Aufnahmen erfolgte über Tabellen, in denen die aufgefundenen Arten in Gruppen zusammengefasst wurden. Die Zielgruppe sind die „Flechten und Moose des Flechten-Kiefernwaldes“. Unerwünscht ist ein zu starkes Auftreten der Gruppen „Gehölzjungwuchs“, „Zwergsträucher und Gräser“ sowie „Moose abbauend“. Dazu tritt neutral eine Gruppe indifferenter Flechten und Moose (siehe Tabelle 2).

Bei den Nullflächen zeigten sich erwartungsgemäß nur geringe Veränderungen. Die leichten Steigerungen bei den Artenzahlen der Flechten und Moose des



Abb. 3: Entfernen der Rohhumusdecke mit einem Minibagger im Frühjahr 2012 (Foto: Wolfgang von Brackel).

Fig. 3: Removal of the duff layer with a mini-digger spring 2012.

Flechten-Kiefernwälder sind eventuell auf die Auflichtung der Baumschicht zurückzuführen; vor allem *Cladonia gracilis* und *C. portentosa* haben hier zugenommen beziehungsweise sind neu hinzugekommen. Deutlich ist dagegen die Steigerung der Artenzahlen auf allen anderen vier Versuchsflächen, vor allem zwischen 2012 und 2013 (siehe Abbildung 5). In den Folgejahren ergaben sich immer noch Steigerungen, die aber nicht mehr so ausgeprägt waren. Die Zunahme verteilt sich hier auf etliche Arten.

Die Auflichtung der Bestände allein scheint schon einen positiven Einfluss auf den Artenreichtum zu haben; allerdings sind die Veränderungen hier so gering, dass dies durch einen eigenen Versuch mit ausreichenden Vergleichsmöglichkeiten untersucht werden müsste. Wie unten gezeigt wird (Abbildung 7), wirkt sich die Auflichtung aber nicht positiv auf die Gesamtdeckung der erwünschten Arten aus.

Augenfällig ist auch der Unterschied zwischen den unbeimpften und den beimpften Flächen. Auf unbeimpfte Flächen wandern zwar auch Arten aus der Umgebung ein, insgesamt wurden 2015 hier jedoch mit elf bis zwölf Arten pro Probequadrat deutlich weniger Arten nachge-



Abb. 4: *Cladonia stygia* ist eine der hoch bedrohten Flechtenarten auf der Projektfläche; hier ein dichtes Polster der durch einseitigwändige Äste und eine graugrüne Färbung charakterisierten Art (Foto: Wolfgang von Brackel).

Fig. 4: *Cladonia stygia* is one of the highly endangered lichen species at the experimental site.

Tab. 2: Artenliste der Projektfläche (RLD = Rote Liste Deutschland, RLB = Rote Liste Bayern, FFH V = Art nach Anhang V der FFH-Richtlinie). In der letzten Spalte ist die Zugehörigkeit zu den in Kapitel 3.2 genannten Gruppen angegeben (Z/G = Zwergsträucher/Gräser, J = Gehölzjungwuchs, MFK = Moose und Flechten des Flechten-Kiefernwaldes, Ma = Moose abbauend, Mi = Moose und Flechten indifferent).

Tab. 2: Species list of the experimental site (RLD = red list Germany, RLB = red list Bavaria, FFH V = species of the annex V of the Flora-Fauna-Habitat-Directive). In the last column the affiliation to the groups mentioned in chapter 3.2 is given (Z/G = dwarf shrubs/grasses, J = young trees and shrubs, MFK = mosses and lichens of the lichen pine forest, Ma = degrading mosses, Mi = mosses indifferent).

RLD	RLB	FFH V	Gruppe
Blütenpflanzen			
		<i>Calluna vulgaris</i>	Z/G
		<i>Deschampsia flexuosa</i>	Z/G
		<i>Gnaphalium sylvaticum</i> (randlich)	-
		<i>Juncus tenuis</i> (randlich)	-
		<i>Luzula pilosa</i> (randlich)	-
		<i>Pinus sylvestris</i>	J
		<i>Rumex acetosella</i> (randlich)	-
		<i>Vaccinium myrtillus</i>	Z/G
		<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Z/G
	V	<i>Viscum laxum</i> (Kronenschicht)	-
Moose			
V		<i>Bazzania trilobata</i>	i
V		<i>Campylopus flexuosus</i>	FK
		<i>Dicranella heteromalla</i>	i
		<i>Dicranum polysetum</i>	Ma
		<i>Dicranum scoparium</i>	Ma
3	2	<i>Dicranum spurium</i>	FK
		<i>Hylocomium splendens</i>	Ma
		<i>Hypnum jutlandicum</i>	Ma
V	+	<i>Leucobryum glaucum</i>	FK
		<i>Lophocolea heterophylla</i>	i
		<i>Orthodicranum montanum</i>	i
		<i>Pleurozium schreberi</i>	Ma
		<i>Pohlia nutans</i>	i
		<i>Polytrichum formosum</i>	Ma
		<i>Polytrichum piliferum</i>	i
V		<i>Ptilidium ciliare</i>	FK
		<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	i
V	+	<i>Sphagnum girgensohnii</i>	Ma
		<i>Thuidium tamariscinum</i>	Ma
Flechten (bodenbewohnend)			
2		<i>Cetraria islandica</i>	FK
3	+	<i>Cladonia arbuscula</i> ssp. <i>squarrosa</i>	FK
2	+	<i>Cladonia ciliata</i>	FK
		<i>Cladonia coniocraea</i>	i
3		<i>Cladonia deformis</i>	i
		<i>Cladonia digitata</i>	i
		<i>Cladonia furcata</i>	i
3		<i>Cladonia gracilis</i>	FK
		<i>Cladonia macilenta</i> ssp. <i>macilenta</i>	i
		<i>Cladonia phyllophora</i>	FK
3	+	<i>Cladonia portentosa</i>	FK
		<i>Cladonia pyxidata</i> ssp. <i>chlorophaea</i>	i
2	+	<i>Cladonia rangiferina</i>	FK
		<i>Cladonia squamosa</i>	i
2	+	<i>Cladonia stygia</i>	FK
3		<i>Cladonia uncialis</i>	FK
Flechten (epiphytisch)			
		<i>Hypocenomyce scalaris</i>	i
		<i>Hypogymnia physodes</i>	i
		<i>Hypogymnia tubulosa</i>	i
		<i>Imshaugia aleurites</i>	i
		<i>Lepraria incana</i> agg.	i
		<i>Parmelia sulcata</i>	i
		<i>Parmeliopsis ambigua</i>	i
		<i>Placynthiella icmalea</i>	i
		<i>Pseudevernia furfuracea</i>	i
flechtenbewohnende Pilze			
		<i>Arthonia digitatae</i>	i
		<i>Clypeococcum hypocenomyces</i>	i
		<i>Lichenocodium erodens</i>	i
		<i>Trichonectria anisospora</i>	i

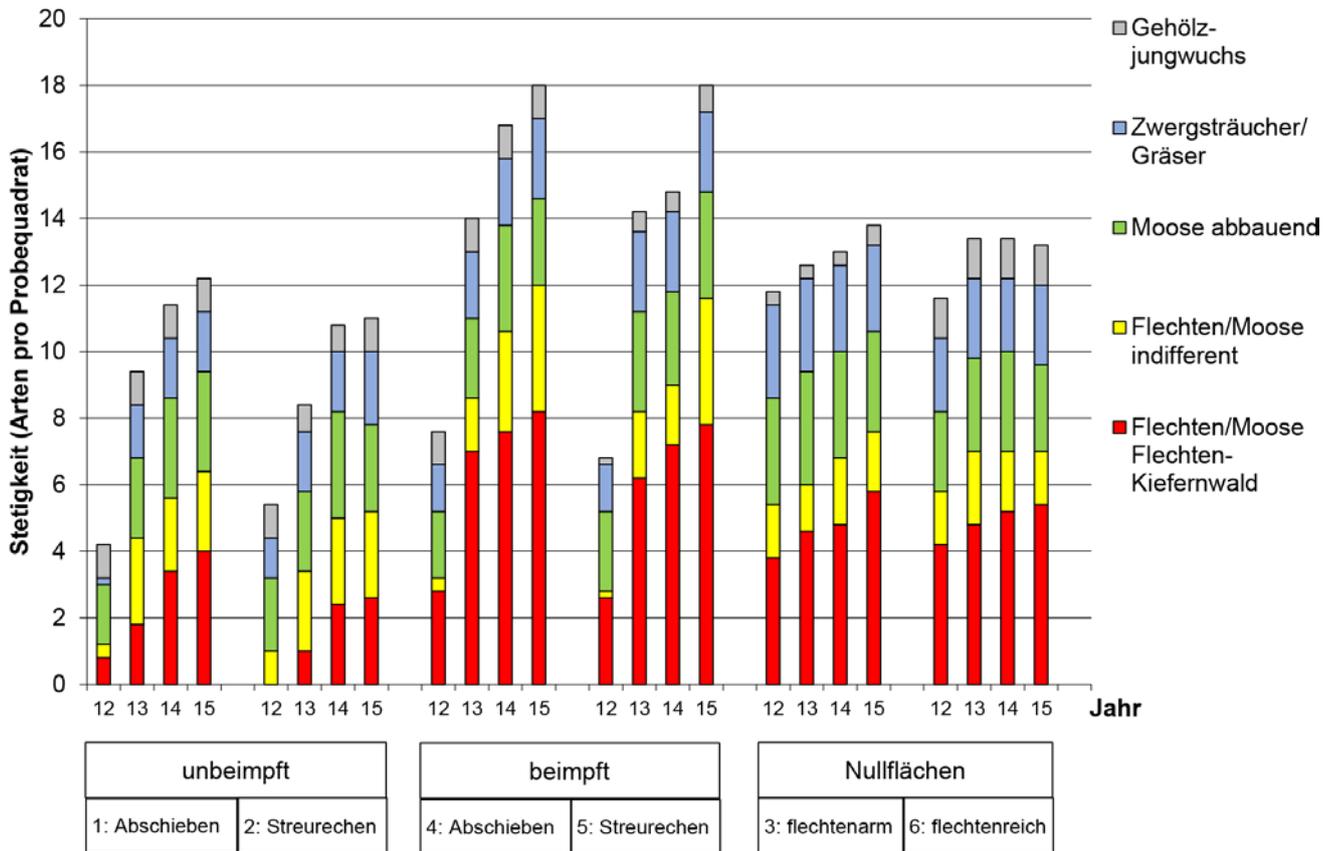


Abb. 5: Entwicklung der Stetigkeiten der Artengruppen (durchschnittliche Artenzahlen pro Probequadrat) auf den sechs Versuchsfeldern in den Jahren 2012 bis 2015 (12 bis 15).

Fig. 5: Development of the steadiness of the species groups (mean number of species per plot) on the six test areas from 2012 to 2015 (12 to 15).

wiesen als auf den beimpften Probequadraten (18 Arten). Mit etwa acht Arten pro Probequadrat liegt die Zahl der Arten der Flechten-Kiefernwälder auf den beimpften Probequadraten 2015 doppelt bis dreifach so hoch wie auf den unbeimpften.

Interessant ist auch, dass auf den beimpften Flächen sowohl die Artenzahlen pro Probequadrat wie auch die Zahlen der Arten der Flechten-Kiefernwälder bereits im zweiten Jahr über denen der Nullflächen lagen. Dies liegt allerdings weniger am höheren Gesamtartenreichtum als an der gleichmäßigeren Verteilung der aus den Bruchstücken austreibenden Flechten und Moose. Auf den Nullflächen nehmen einzelne Arten oft große Flächen ein und lassen anderen Arten hier keinen Platz. Das rasche Ansteigen der Artenzahlen auf den beimpften Probequadraten zeigt aber auch, wie erfolgreich die Bruchstücke anwachsen und zur Entwicklung gelangen.

Von den elf auf den Nullflächen vorkommenden Arten der Flechten-Kiefernwälder konnten sich bis 2015 zehn auf den abgetragenen Flächen etablieren. Lediglich *Cladonia stygia* (siehe Abbildung 4) trat bisher nur vorübergehend auf. Möglicherweise wurde sie nicht immer erkannt, da die Artzuordnung bei den teilweise nur wenige Millimeter hohen Flechten noch Schwierig-



Abb. 6: Auf den beimpften Flächen aufgelaufene Jungstadien von *Cladonia arbuscula* ssp. *squarrosa*, *Cetraria islandica*, *Calluna vulgaris*, *Dicranum spurium* (im Uhrzeigersinn von links oben beginnend; Fotos: Julia und Wolfgang von Brackel).

Fig. 6: Young specimens, sprouting on the inoculated plots, of *Cladonia arbuscula* ssp. *squarrosa*, *Cetraria islandica*, *Calluna vulgaris*, *Dicranum spurium* (clockwise, starting top left).

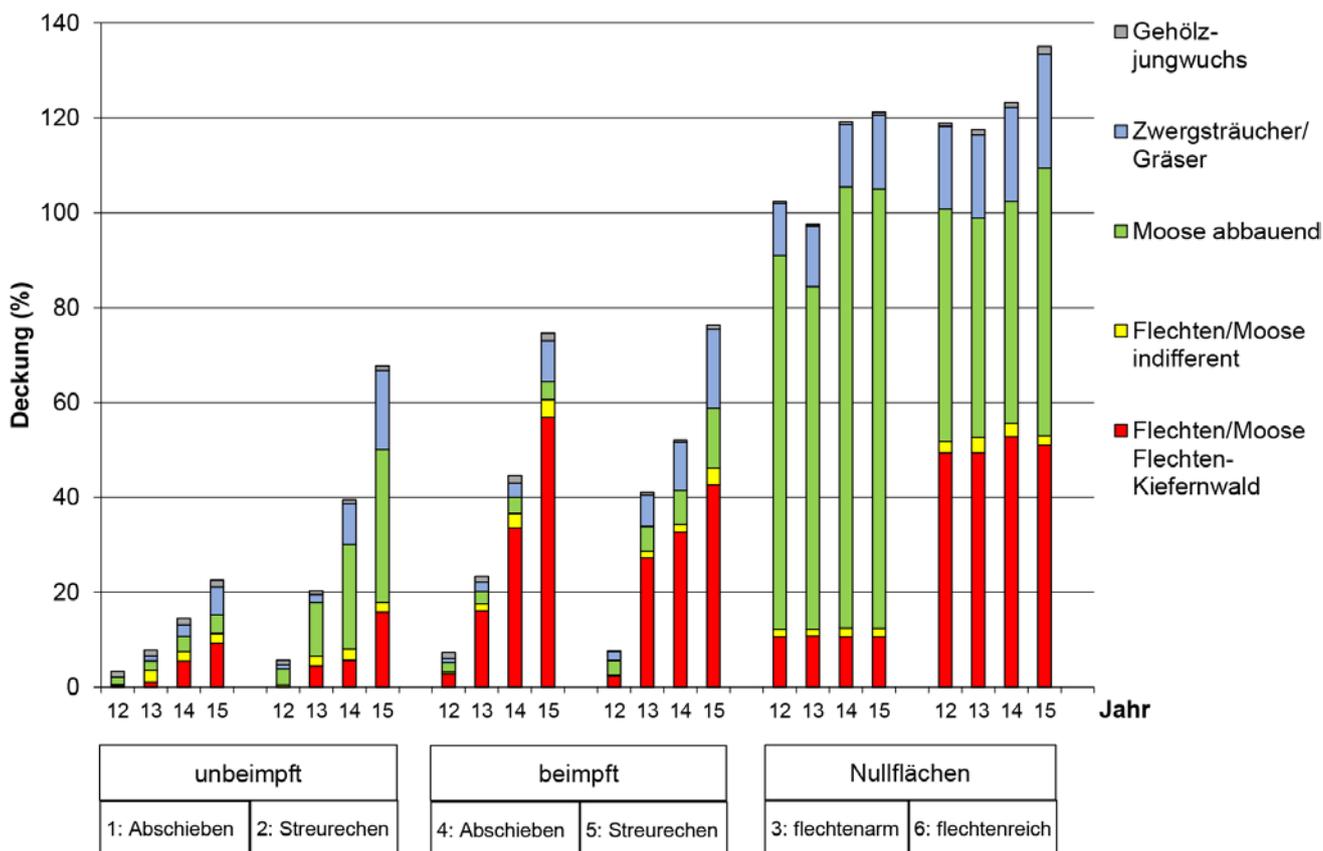


Abb. 7: Entwicklung der Deckungen der Artengruppen auf den sechs Versuchsflächen in den Jahren 2012 bis 2015 (12 bis 15).

Fig. 7: Development of the coverage of the species groups on the six test areas from 2012 to 2015 (12 to 15).

rigkeiten bereitet (vor allem bei *Cladonia stygia* gegen *C. rangiferina* und *C. portentosa* gegen *C. arbuscula*).

Zwischen den verschiedenen Behandlungen unterscheiden sich die Deckungen der verschiedenen Artengruppen sehr deutlich. Während auf den Nullflächen Gesamtdeckungen von um die 100 % erreicht wurden (durch die Mehrschichtigkeit sind Werte über 100 % möglich), lagen sie bei den abgetragenen Flächen ein halbes Jahr nach Versuchsbeginn im Bereich von unter 10 %. Bereits im Folgejahr machte sich insbesondere auf den beimpften Flächen eine deutliche Steigerung der Deckungen der Arten der Flechten-Kiefernwälder bemerkbar, die bis 2015 anhielt und hier knapp 80 % erreichte.

2015, also knapp vier Jahre nach dem Versuchsbeginn, war die Deckung der Arten der Flechten-Kiefernwälder auf der abgeschobenen, beimpften Fläche bereits höher als auf den beiden Nullflächen. Auf der streugerechten, beimpften Fläche war die Deckung geringfügig niedriger als auf der flechtenreichen Nullfläche. Im Vergleich zu den Nullflächen ist auch das Verhältnis der Deckungen der erwünschten gegen die unerwünschten Arten weit aus günstiger, da hier viel weniger abbauende Moose auftreten.

Auf den unbeimpften Flächen stieg die Deckung der Arten der Flechten-Kiefernwälder weitaus langsamer an und erreicht auch nur einen deutlich geringeren vorläu-

figen Endwert, der im Durchschnitt etwa bei einem Viertel des Wertes auf den beimpften Flächen liegt. Dies liegt im Einklang mit den Ergebnissen, die Studien zur Wiederbesiedelung offener Flächen nach Beimpfung mit *Cladonia mitis* beziehungsweise *Cetraria islandica* in Polen erbrachten (ROTURIER et al. 2007; ZARABSKA-BOŻEJEWICZ et al. 2015). Auf der streugerechten, unbeimpften Fläche steigt zudem die Deckung der abbauenden Moose stark an, was fast ausschließlich am Erstarken von *Dicranum polysetum* liegt.

Bezüglich der beiden Varianten Abschieben (1, 4) und Streurechen (2, 5) zeigen sich bei den beimpften Flächen nur geringe Unterschiede, bei den unbeimpften aber deutliche. Unabhängig von der Beimpfung liegen die Deckungen der abbauenden Moose sowie der Zwergsträucher/Gräser auf den streugerechten Flächen höher als auf den abgeschobenen. Ob dies tatsächlich eine Folge des auf den streugerechten Flächen höheren Anteils auf der Fläche verbliebenen Rohhumus (oder ausgefallener Streu beziehungsweise darin enthaltener Bruchstücke von Moosen und Flechten) ist oder dem Zufall entspringt, könnte nur durch Parallelversuche geklärt werden.

Der Gehölzjungwuchs spielt auf allen Flächen, auch auf den abgetragenen, nur eine geringe Rolle. Im Frühjahr 2012 waren massenhaft Kiefernssämlinge aufgetreten,

die bereits Anlass zur Sorge um die Entwicklung der Flächen gaben. Im Lauf des trockenen Sommers waren sie zum allergrößten Teil wieder abgestorben und stellten kein Problem mehr dar. Bis 2015 trat Gehölzanflug, außer auf einem Teil der Abschiebefläche mit Impfung (siehe Abbildung 8), immer nur in geringer Zahl auf.

4. Fazit

Die Entwicklung der Versuchsflächen zeigt nach nur knapp vier Jahren bereits beachtliche Erfolge: Auf den beimpften Flächen haben sich in hoher Dichte die gewünschten Flechtenarten angesiedelt, abbauende Moosarten, Gräser und Zwergsträucher bleiben dagegen zurück. Auch der Kiefernjungwuchs stellt derzeit kein Problem dar; sowohl 2013 wie auch 2014 liefen zwar in großer Menge Kiefernkemmlinge auf, die jedoch in den folgenden Trockenperioden fast vollständig wieder vergingen. Ein Jahr ohne Trockenperioden könnte dagegen zum Problem werden.

Noch während der Laufzeit des Versuchs war etwa ab 2014 daran gedacht, die Streunutzungsflächen bis zu einem angestrebten Zielwert von etwa 40 ha sukzessive zu erweitern. Der hier behandelte Versuch stellt unseres Erachtens nur einen Einstieg in die Problematik dar, bei dem noch viele Fragen offen bleiben, etwa:

- Mit welcher Menge von Flechtenbruchstücken müssen die abgezogenen Flächen beimpft werden, um einen ausreichenden (beziehungsweise ausreichend schnellen) Besiedelungseffekt zu erreichen? Diese Frage erhält insofern große Wichtigkeit, als für die größeren Flächen die Gewinnung von Impfmateriale schnell zum Problem werden wird.
- Gibt es jahreszeitlich günstigere oder ungünstigere Termine für das Abschieben und Beimpfen? Im Gegensatz zu den Blütenpflanzen haben die Flechten ihr Photosynthese- und damit Wachstumsmaximum in der kalten Jahreszeit, in der sie auch weniger unter Austrocknung leiden. Möglicherweise ist daher ein Ausbringungstermin im Herbst günstiger als im Frühjahr.
- Wie wirkt sich die Exposition auf die Besiedelung aus? Die Konkurrenzkraft der Flechten gegenüber Blütenpflanzen und Polstermoosen ist in Südlage wegen der größeren Resistenz gegen Austrocknung sicherlich höher, wohingegen sie in leichter Nordlage vom kühl-feuchteren Kleinklima profitieren dürfte.



Abb. 8: Versuchsfläche 4 (abgeschoben und beimpft) mit dem Transekt und dem Zählrahmen auf einem Probequadrat. Im Vordergrund sind Kiefernjungwuchs und weißliche Flecken von sich entwickelnder *Cladonia* zu erkennen (Foto: Julia von Brackel).

Fig. 8: Test area 4 (stripped and inoculated) with the transect and the counting frame on one plot. In the foreground, young pines and whitish patches of developing *Cladonia* are visible.

- Welchen Einfluss hat die Flächengröße? Bei den relativ kleinen Versuchsflächen ist davon auszugehen, dass sich Randeffekte, wie veränderter Wasserhaushalt und unterschiedliche Besiedlungsmöglichkeiten bemerkbar machen.

Bereits jetzt kann festgestellt werden, dass das Abschieben im Vergleich zu Streurechen zu einer geringfügigen Verschiebung der Vegetationszusammensetzung hin zu mehr gewünschten Arten führt. Die Beimpfung verstärkt diesen Effekt und beschleunigt die Wiederbesiedelung in hohem Maße. Bei der Wiederherstellung von Flechten-Kiefernwäldern zeigen sich also Parallelen zu der von Magerrasen-Gesellschaften, bei denen gründliches Abschieben und Beimpfung mit geeignetem Mähgut zu den besten Erfolgen führt (siehe zum Beispiel KIEHL & WAGNER 2006; JESCHKE & KIEHL 2006; BRACKEL 2010).

Das Versuchsergebnis führt zu der Empfehlung, bei einer Erweiterung der Umwandlungsmaßnahmen die Variante des Abschiebens mit einem Minibagger und die folgende Beimpfung mit Flechtenbruchstücken zu wählen.

Literatur

- BRACKEL, W. V. (2010): Neuanlage von Magerrasen auf Ausgleichsflächen der Stadt München – Vergleich verschiedener Techniken. – ANLIEGEN NATUR 34: 9–24.
- BRACKEL, W. V. (2011): Geobotanische Dauerbeobachtung in Mittelfranken, Bericht 2011. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Bund Naturschutz in Bayern e.V., Hemhofen: 35 S. + Anhang.

- BRUNNER, G. (2006): Die Aktuelle Vegetation des Nürnberger Reichswaldes – Untersuchungen zur Pflanzensoziologie und Phytodiversität als Grundlage für den Naturschutz. – Archiv naturwissenschaftlicher Dissertationen Band 17, Nümbrecht.
- BRUNNER, G. & LINDACHER, R. (1994): Flechtenreiche Kiefernwälder des Nürnberger Reichswaldes. – *Hoppea* 55: 255–272.
- BUSHART, M., MEYER, N. & LEUPOLD, P. (1994): Die Sanddünengebiete bei Altdorf. – *Hoppea* 55: 273–318.
- DINGOVÁ KOŠUTHOVÁ, A., SVITKOVÁ, I., PIŠŮT, I., SENKO, D. & VALACHOVIČ, M. (2013). The impact of forest management on changes in composition of terricolous lichens in dry acidophilous Scots pine forests. – *The Lichenologist* 45: 413–425.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. – Ulmer, Stuttgart.
- FISCHER, A., MICHLER, B., FISCHER, H. S., BRUNNER, G., HÖSCH, S., SCHULTES, A. & TITZE, P. (2015): Flechtenreiche Kiefernwälder in Bayern: Entwicklung und Zukunft. – *Tuexenia* 35: 9–29.
- FISCHER, P., WAESCH, G. & BÜLTMANN, H. (2012): Dauerbeobachtungsflächen ausgewählter flechtenreicher Standorte im Naturwaldreservat „Kaarßer Sandberge“ – Wiederholungsuntersuchung 2012. – Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt: 14 S. + Anhang.
- FISCHER, P., BÜLTMANN, H., MEYER, P. & WAESCH, G. (2013): Monitoring im Naturwald. Entwicklung der Bodenvegetation im Flechten-Kiefernwald. – *AFZ – Der Wald* 2013/10: 32–33.
- FISCHER, P., BÜLTMANN, H., DRACHENFELS, O. v., HEINKEN, T. & WAESCH, G. (2014): Rückgang der Flechten-Kiefernwälder in Niedersachsen seit 1990. – *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 34(1): 54–65.
- HEINKEN, T. (2008a): Die natürlichen Kiefernstandorte Deutschlands und ihre Gefährdung. – *Beiträge aus der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt* 2: 19–41.
- HEINKEN, T. (2008b): Dicrano-Pinion. Sand- und Silikat-Kiefernwälder. – *Synopsis der Pflanzengesellschaften Deutschlands*, Heft 10, Teil 1.
- JESCHKE, M. & KIEHL, K. (2006): Auswirkung von Renaturierungs- und Pflegemaßnahmen auf die Artenzusammensetzung und Artendiversität von Gefäßpflanzen und Kryptogamen in neu angelegten Kalkmagerrasen. – *Tuexenia* 26: 223–242.
- KIEHL, K. & WAGNER, C. (2006): Effect of hay transfer on long-term establishment of vegetation and grasshoppers on former arable fields. – *Restoration Ecology* 14: 157–166.
- RENNWALD, E. (2000): Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/RoteListePflanzengesellschaften.pdf.
- ROTURIER, S., BÄCKLUND, S., SUNDÉN, M. & BERGSTEN, U. (2007): Influence of ground substrate on establishment of reindeer lichen artificial dispersal. – *Silva Fennica* 41: 269–280.
- SCHMIDT, M., FISCHER, P., GÜNZL, B., HEINKEN, T., KELM, H.-J., MEYER, P., PRÜTER, J. & WAESCH, G. (2008): Artenvielfalt durch alte Nutzungsformen? – *Flechten-Kiefernwälder*. – *AFZ – Der Wald* 2008/8: 424–425.
- STRAUSSBERGER, R. (1999): Untersuchungen zur Entwicklung bayerischer Kiefern-Naturwaldreservate auf nährstoffarmen Standorten. – *Naturwaldreservate in Bayern* 4: 1–180.

- ZARABSKA-BOŻEJEWICZ, D., STUDZIŃSKA-SKORA, E. & FALTYNOWICZ, W. (2015): Transplantation of lichen thalli: a case study on *Cetraria islandica* for conservation and pharmaceutical purposes. – *Fungal Ecology* 16: 34–43.

Autor und Autorin



Dr. Wolfgang v. Brackel, Jahrgang 1952, studierte Biologie mit Schwerpunkt Geobotanik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und promovierte an der Universität Hamburg über flechtenbewohnende Pilze. Er ist Gründungsmitglied des Instituts für Vegetationskunde und Landschaftsökologie (IVL) und seit 1982 dort freiberuflich tätig. Arbeitsschwerpunkte sind Monitoring, insbesondere von Grünland-Gesellschaften, sowie die Ökologie und Taxonomie von Flechten und flechtenbewohnenden Pilzen.

Institut für Vegetationskunde und Landschaftsökologie (IVL)
Georg-Eger-Straße 1b
91334 Hemhofen
wolfgang@vonbrackel.de
+49 9195 9497 23



Julia v. Brackel, Jahrgang 1984, studierte Biologie an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und an der Freien Universität Berlin mit Schwerpunkt Botanik. Seit 2011 arbeitet sie freiberuflich im Bereich Biotop- und LRT-Kartierung, Managementplanung, Monitoring und Evaluierung. Darüber hinaus gilt ihr besonderes Interesse der Kenntnis und Anwendung pharmazeutisch wirksamer (Wild-)Pflanzen, was sie zu einer Zusatzausbildung in Traditioneller Heilkräuterkunde bewog.

Lauf 10
91325 Adelsdorf
julia@vonbrackel.de
+49 9195 8851 831

Zitiervorschlag

- BRACKEL, W. v. & BRACKEL, J. v. (2016): Ein Pilotversuch zur Wiederherstellung von Flechten-Kiefernwäldern. – *ANLIEGEN NATUR* 38(1): 102–110, Laufing; www.anl.bayern.de/publikationen.

Impressum

ANLIEGEN NATUR

Zeitschrift für Naturschutz
und angewandte
Landschaftsökologie
Heft 38(1), 2016

Die Publikation ist Fachzeitschrift und Diskussionsforum für den Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz und die im Natur- und Umweltschutz Aktiven in Bayern. Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Verfasserinnen und Verfasser verantwortlich. Die mit Verfassernamen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers, der Naturschutzverwaltung oder der Schriftleitung wieder.

Herausgeber und Verlag

Bayerische Akademie für Naturschutz
und Landschaftspflege (ANL)
Seethalerstraße 6
83410 Laufen an der Salzach
poststelle@anl.bayern.de
www.anl.bayern.de

Schriftleitung

Bernhard Hoiß (ANL)
Telefon: +49 8682 8963-53
Telefax: +49 8682 8963-16
bernhard.hoiss@anl.bayern.de

Redaktionsteam

Bernhard Hoiß (BH), Paul-Bastian Nagel (PBN),
Wolfram Adelman (WA), Lotte Fabsicz
Weitere Bearbeitung: Dr. Andreas Zehm (AZ),
Monika Offenberger (MO)

Fotos: Quellen siehe Bildunterschriften
Satz und Bildbearbeitung: Hans Bleicher
Druck: Fuchs Druck GmbH, 83317 Teisendorf
Stand: Oktober 2016

© Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)
Alle Rechte vorbehalten
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und

Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – ist die Angabe der Quelle notwendig und die Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Alle Teile des Werkes sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Der Inhalt wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.

Erscheinungsweise

In der Regel zweimal jährlich

Bezug

Bestellungen der gedruckten Ausgabe sind über www.bestellen.bayern.de möglich.

Die Zeitschrift ist digital als pdf-Datei kostenfrei zu beziehen. Das vollständige Heft ist über den Bestellshop der Bayerischen Staatsregierung unter www.bestellen.bayern.de erhältlich. Alle Beiträge sind auf der Seite der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) digital als pdf-Dateien unter www.anl.bayern.de/publikationen/anliegen abrufbar.

Zusendungen und Mitteilungen

Die Schriftleitung freut sich über Manuskripte, Rezensionsexemplare, Pressemitteilungen, Veranstaltungsankündigungen und -berichte sowie weiteres Informationsmaterial. Für unverlangt eingereichtes Material wird keine Haftung übernommen und es besteht kein Anspruch auf Rücksendung oder Publikation. Wertsendungen (und analoges Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleitung schicken.

Beabsichtigen Sie einen längeren Beitrag zu veröffentlichen, bitten wir Sie mit der Schriftleitung Kontakt aufzunehmen. Hierzu verweisen wir auf die Richtlinien für Autoren, in welchen Sie auch Hinweise zum Urheberrecht finden.

Verlagsrecht

Das Werk einschließlich aller seiner Bestandteile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der ANL unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.