

Habitatansprüche des Grünen Besenmooses in Hessen und Niedersachsen

Konsequenzen für den Schutz einer Anhang-II-Art der FFH-Richtlinie

Von MARCUS SCHMIDT, EGBERT SCHÖNFELDER, FALKO ENGEL, UWE DREHWALD, KATJA LORENZ, PETER MEYER, ANDREAS OPITZ, MARKUS PREUSSING, HJALMAR THIEL und GUNNAR WAESCH

Eingereicht am 05. 04. 2018, angenommen am 28. 10. 2018

Abstracts

Das Grüne Besenmoos (*Dicranum viride*) ist eine bundesweit gefährdete Anhang-II-Art der FFH-Richtlinie. Die Habitatansprüche der überwiegend epiphytisch lebenden Moosart waren bisher nicht genau bekannt. Um herauszufinden, welche Einflussgrößen ihr Vorkommen bestimmen, wurde auf der Grundlage von punktgenau verorteten Funddaten aus Hessen und Niedersachsen eine Habitatmodellierung durchgeführt (Modellierungsverfahren: „boosted regression tree“, BRT). Damit sollte auch die Frage beantwortet werden, wie eine forstliche Nutzung den Habitatansprüchen der Moosart gerecht werden kann.

Die Habitatmodellierung zeigt, dass nur ein sehr geringer Anteil der untersuchten Waldfläche von 0,4% überhaupt die für ein Vorkommen des Grünen Besenmooses notwendige Habitatqualität aufweist. Zu den wichtigsten Einflussgrößen auf das Vorkommen von *Dicranum viride* gehören ein hoher Anteil von alten Laubbäumen, basenreiche Böden sowie eine lange Habitatkontinuität.

Für Waldbestände mit Vorkommen von *Dicranum viride* empfiehlt sich in der Mehrzahl der Fälle eine Aufgabe der forstlichen Nutzung. Falls die Bewirtschaftung weitergeführt wird, muss dies sehr zurückhaltend und mit Blick auf die Habitatansprüche der Moosart erfolgen.

Habitat requirements of green fork tooth moss in Hesse and Lower Saxony

The Green Fork Tooth Moss (*Dicranum viride*) is a nationally endangered species listed in Appendix II of the Habitats Directive. Habitat requirements of this predominantly epiphytic moss species are not yet known exactly. In order to explore the factors determining the occurrence of *D. viride*, habitat modelling was carried out on the basis of precisely located data from Hesse and Lower Saxony (modelling method: “boosted regression tree”, BRT). This should also answer the question of how forestry can take the habitat requirements of *D. viride* into consideration.

Habitat modelling shows that only a very small proportion of the investigated forest area (0.4%) exhibits the habitat quality necessary for Green Fork Tooth Moss occurrence. The main factors influencing the occurrence of *D. viride* are a high proportion of old deciduous trees, base-rich soils and a long-lasting habitat continuity.

In the majority of cases, the abandonment of forest use is recommended for forest stands with an occurrence of *D. viride*. If management is continued, it must be very restrained and has to consider the habitat requirements of the moss species.

1 Einführung

Das Grüne Besen- oder Gabelzahnmoos *Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb. (Abb. 1) gehört zu den in Anhang II der FFH-Richtlinie aufgeführten Pflanzenarten von gemeinschaftlichem Interesse, für deren Erhaltung besondere Schutzgebiete ausgewiesen werden müssen (SSYMANEK et al. 1998). Die eng an Wald gebundene, auf Rinde, Totholz und Gestein lebende Moosart (SCHMIDT et al. 2011) hat in Deutschland ihre Hauptverbreitung im Südwesten und in den Alpen (Baden-Württemberg, Bayern) und wird nach Norden und Osten seltener. Im Mittelgebirgsraum liegen die nördlichsten Vorkommen in Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Thüringen und Sachsen. Im Norddeutschen Tiefland existieren aktuell nur einzelne Fundpunkte in Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg (MEINUNGER & SCHRÖDER 2007). Die individuen- und trägerbaumreichen Vor-

kommen des Grünen Besenmooses in Süddeutschland sind europa- und weltweit von großer Bedeutung. Hieraus leitet sich eine besondere Verantwortung Deutschlands für den Erhalt der Moosart ab (HACHTEL et al. 2003).

Zur Ökologie des Grünen Besenmooses liegen mehrere regionale Arbeiten vor (BRACKEL & HOWEIN 2004, MANZKE 2006, MANZKE & WENTZEL 2004, NEBEL & PHILIPPI 2000, SAUER & PREUSSING 2003, THIEL & PREUSSING 2004). Danach besiedelt die Moosart vor allem die Rinde mittelalter bis alter Laubbäume der Gattungen *Fagus*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Tilia*, *Alnus*, *Acer* oder *Carpinus* im Bereich von unteren oder schräg gewachsenen Stammabschnitten sowie im Stammfußbereich. Selten ist sie auch auf Totholz, sehr selten auf Silkatgestein oder Humus (über Kalk) zu finden. *Dicranum viride* gilt als Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger (ELLENBERG et al. 2001), nach NEBEL & PHILIPPI (2000) sowie

DIERSSEN (2001) sogar als azidophytisch, ist in Deutschland jedoch besonders in Wäldern auf basen- bis kalkreichen Böden verbreitet (SAUER & PREUSSING 2003, THIEL & PREUSSING 2004 u. a.). PHILIPPI (1993) vermutet, dass hier die Rinde der Trägerbäume durch Stäube höhere pH-Werte aufweist. Das Grüne Besenmoos benötigt permanent hohe Luftfeuchtigkeit und gilt als relativ lichtbedürftig (FARTMANN et al. 2001, HACHTEL et al. 2003). Nach ELLENBERG et al. (2001) wächst die Moosart aber weder in vollem Licht noch in vollem Schatten und wird als Halbschattenpflanze eingestuft. In Bezug auf das Zusammenspiel der beiden Standortfaktoren Licht- und Luftfeuchtigkeit besteht offenbar eine enge Standortamplitude. Waldgesellschaften, in denen *Dicranum viride* vor allem gefunden wurde, sind Waldmeister- und Waldgersten-Buchenwälder, Sternmieren- oder Waldlabkraut-Eichen-Hainbuchenwälder, Schlucht- und Hangmischwälder sowie

Auenwälder (BRACKEL & HOWEIN 2004, HACHTEL et al. 2003, MANZKE & WENTZEL 2004) (Abb. 2).

Während noch im 19. und frühen 20. Jahrhundert nicht selten eine generative Vermehrung über Sporen beobachtet wurde (ARNOLD 1877, FAMILLER 1911), sind aus jüngerer Zeit lediglich aus den deutschen Alpen zwei Einzelfunde von Sporophyten bekannt. Ansonsten erfolgt die Ausbreitung des Grünen Besenmooses in Deutschland gegenwärtig weitestgehend vegetativ über Blattfragmente, sogenannte Bruchblätter (FREY & KÜRSCHNER 2011, NEBEL & PHILIPPI 2000). Dies limitiert die Fernausbreitung und damit die Neu- oder Wiederbesiedlung geeigneter Standorte und dürfte ein Grund für das heute oft nur inselhafte Auftreten des Grünen Besenmooses außerhalb des südwestdeutschen Hauptverbreitungsgebietes sowie für eine enge Bindung an alte Laubwaldstandorte mit langer Bestandeskontinuität sein (BRACKEL & HOWEIN 2004, DREHWALD & HERZOG 2014, MANZKE & WENTZEL 2004, THIEL & PREUSSING 2004).

Die historische Verbreitung und Häufigkeit von *Dicranum viride* ist nur schwer zu beurteilen, da die 1856 aus Nordamerika beschriebene Art in Deutschland erst seit dem Ende des 19. Jahrhunderts verstärkt beachtet wurde (DREHWALD & HERZOG 2014, MANZKE & WENTZEL 2004). Historische Angaben aus regionalen bryologischen Arbeiten, beispielsweise aus der Rhön, dem Vogelsberg oder dem Frankenjura (ARNOLD 1877, FAMILLER 1911, GEHEEB 1870, SPILGER 1903), machen es jedoch wahrscheinlich, dass das Grüne Besenmoos vor 1900 weiter verbreitet und häufiger war als heute (BRACKEL & HOWEIN 2004, DREHWALD & HERZOG 2014, THIEL & PREUSSING 2004). Als mögliche Rückgangsursachen werden vor allem die Umwandlung von Laub- in Nadelwälder sowie Kahlschläge und die Überführung von Nieder-, Mittel- und Plenterwäldern in Hochwälder (Altersklassenwälder) gesehen (BRACKEL & HOWEIN 2004, THIEL & PREUSSING 2004). Der Einfluss von Luftschadstoffen, insbesondere von Säureeinträgen, wird ebenfalls als Rückgangsursache diskutiert. So erklären BRACKEL & HOWEIN (2004) das Ausbleiben der Sporophytenbildung mit einer Schädigung durch Luftschadstoffe und die Verbreitung in Kalkgebieten mit der Notwendigkeit einer Abpufferung von Säureeinträgen aus der Luft. DREHWALD & HERZOG (2014) sehen hingegen die Vorkommen von *Dicranum viride* in unmittelbarer Nähe zum Frankfurter Flughafen und zu mehreren Autobahnen als Beleg für eine relative Unempfindlichkeit der Moosart gegenüber Luftschad-



Abb. 1: *Dicranum viride* auf Buchenrinde. Im feuchten Zustand sind die lang ausgezogenen, brüchigen Blattspitzen gut zu erkennen. © Markus Preussing

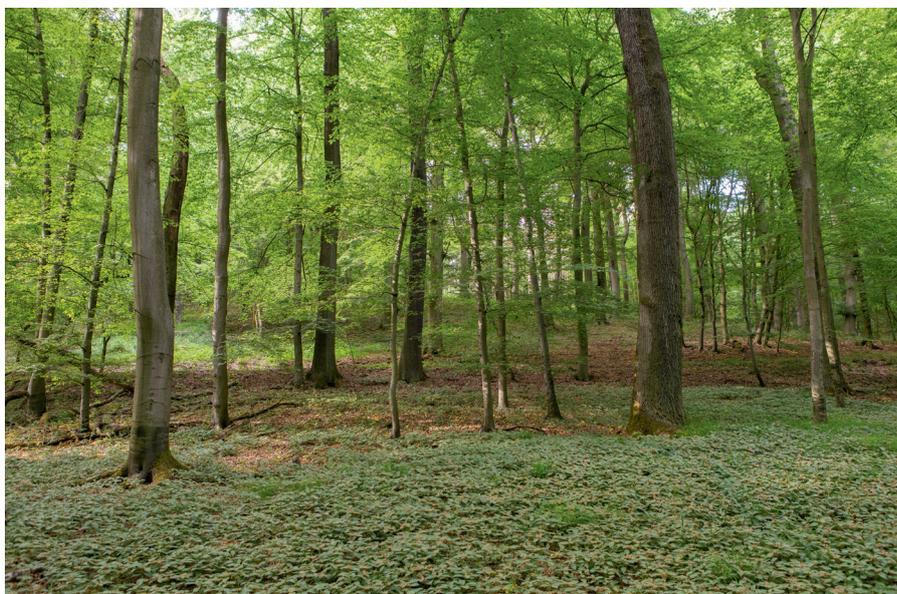


Abb. 2: Habitat des Grünen Besenmooses im Naturschutzgebiet „Hangelstein“ bei Gießen. Der Waldbestand wird nicht mehr forstlich genutzt. © Uwe Drehwald

stoffen. Die Förderung konkurrenzstarker nitrophiler Moose wie *Hypnum cupressiforme* und *Brachythecium rutabulum* durch Stickstoffeintrag aus der Luft kann jedoch zur Verdrängung des Grünen Besenmooses an Stammbasen führen (BRACKEL & HOWEIN 2004, DREHWALD & HERZOG 2014, NEBEL & PHILIPPI 2000). Versuche zum Einfluss von Kalkungsmaßnahmen auf die Vitalität von *Dicranum viride* zeigten in einem einjährigen Beobachtungszeitraum nur eine geringe Reaktionsintensität der Moosart, doch sind die langfristigen Wirkungen einer Bodenschutzkalkung etwa auf die Konkurrenzverhältnisse epiphytischer Moose nicht bekannt (TSCHÖPE et al. 2014).

Obwohl also aus regionalen Arbeiten bereits viele Informationen zum Grünen

Besenmoos vorliegen, sind die Verbreitung der Art und ihre Habitatansprüche noch immer nicht genau verstanden. Dies erschwert die Beurteilung von Gefährdungsursachen und die Ableitung von Schutz- und Erhaltungsmaßnahmen. Dabei besteht auch unter Bryologen Uneinigkeit darüber, ob und wenn ja in welcher Weise Waldbestände mit Trägerbäumen des Grünen Besenmooses bewirtschaftet werden sollten, um einen günstigen Erhaltungszustand der Populationen zu gewährleisten (DREHWALD & HERZOG 2014, MANZKE 2006).

In der vorliegenden Arbeit werden daher für die Bundesländer Hessen und Niedersachsen vorliegende punktgenaue Artdaten aus regionalen Kartierungen mit flächenhaften Umweltinformationen

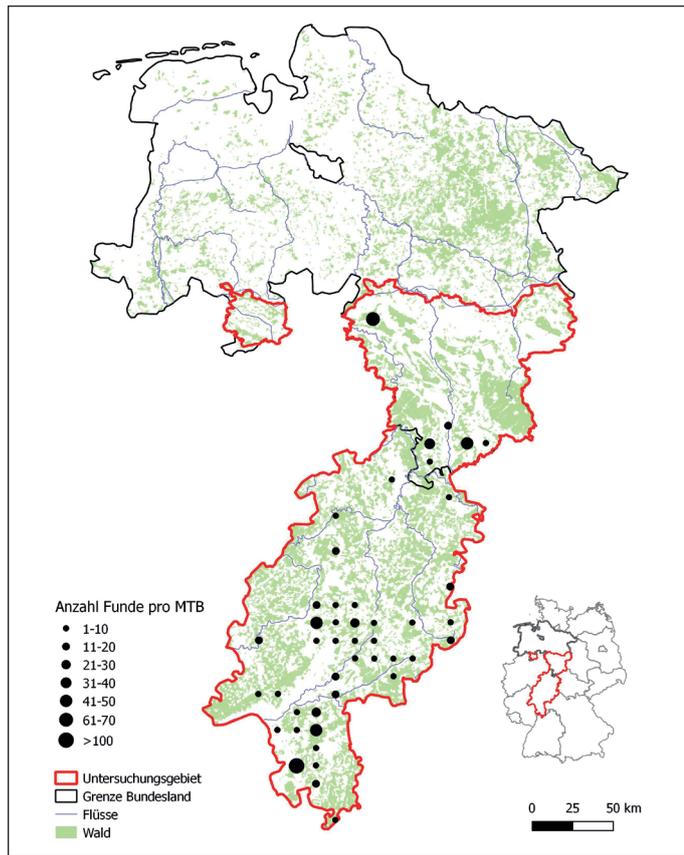


Abb. 3: Verbreitung von *Dicranum viride* in Hessen und Niedersachsen sowie Abgrenzung des Untersuchungsgebiets.

(Forsteinrichtungen, forstliche Standortkartierungen, Geländemodelle, Klimadaten etc.) zusammengeführt und im Rahmen einer Habitatmodellierung ausgewertet. Mit dieser Analyse sollen v. a. die folgenden beiden Fragen beantwortet werden:

- ▶ Welche Einflussgrößen (Standortfaktoren) bestimmen in erster Linie das Vorkommen von *Dicranum viride* im Untersuchungsgebiet?
- ▶ Wie kann eine forstliche Nutzung im Bereich von Populationen des Grünen Besenmooses den Habitatansprüchen der Art gerecht werden?

2 Untersuchungsgebiet

In Hessen liegen die Verbreitungsschwerpunkte des Grünen Besenmooses in den Naturräumen (MEYNEN et al. 1953–1962) Hessische Rheinebene, Untermainebene, Messeler Hügelland, Vorderer, Unterer und Hoher Vogelsberg, Vorder- und Kuppenrhön sowie Lange Rhön (DREHWALD 2017). Nachdem von einem historischen Fundort in der Lüneburger Heide keine aktuellen Nachweise mehr vorliegen, beschränkt sich das Vorkommen von *Dicranum viride* in Niedersachsen heute auf das Hügel- und Bergland (Abb. 3). Hier bilden das Sollingvorland, der Göttingen-Northeimer Wald und das Calenberger Bergland die Verbreitungsschwerpunkte (KOPERSKI 2011, PREUSSING 2011). *Dicranum viride* wird in

Deutschland wie auch in Hessen als gefährdet eingestuft (DREHWALD 2013, LUDWIG et al. 1996). Im niedersächsischen Hügel- und Bergland ist die Art stark gefährdet; im Tiefland gilt sie als ausgestorben oder verschollen (KOPERSKI 2011).

Insgesamt lagen für Hessen und Niedersachsen 840 punktgenau verortete Fundmeldungen vor. Die besiedelten Substrate waren zu 91,9% Rinde, zu 7,9% Totholz und zu 0,2% Gestein. Diese Daten stammen überwiegend aus dem Zeitraum von 2003 bis 2017 und sind unveröffentlichten Gutachten entnommen, die im Auftrag des Hessischen Landesamts für Naturschutz, Umwelt und Geologie, des Landesbetriebs HessenForst, des Regierungspräsidiums Darmstadt, des Nationalparkamts Kellerwald-Edersee sowie des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küs-

ten- und Naturschutz erstellt wurden. Bearbeiter der Gutachten waren U. Drehwald (Göttingen), M. Preußing (Holzminden), G. Waesch (Gütersloh) und T. Wolf (Karlsruhe).

Die Größe der einzelnen Populationen schwankt dabei zwischen einem und 330 (lebenden oder toten) Trägerbäumen. Mehr als zwei Drittel der Populationen besteht aus nur einem Trägerbaum, nur 10% der Populationen weisen mehr als zehn Trägerbäume auf. Im Mittel lag die Populationsgröße bei sechs Trägerbäumen (Abb. 4).

Nach den Ergebnissen der dritten Bundeswaldinventur weist Hessen mit 42% neben Rheinland-Pfalz den höchsten Waldanteil aller deutschen Bundesländer auf. Der Laubwaldanteil liegt bei 59%. Wichtigste Baumart ist die Buche mit einem Anteil von 31% (HMuKLV 2015). Im niedersächsischen Bergland liegt der Waldanteil mit 33% etwa im Bundesdurchschnitt (32%). Der Laubholzanteil beträgt 61%. Auch hier ist die Buche mit 35% Anteil die häufigste Baumart (NMELV 2014). Die Waldstandorte Hessens zeichnen sich überwiegend (59%) durch basenarme Ausgangsgesteine (z. B. Buntsandstein, Tonschiefer, Sande, Grauwacke) aus. Eine mittlere Basenversorgung weisen 17% (v. a. Lösslehm, Lehm) und eine hohe Basenversorgung 24% (z. B. Basalt, Tonstein, Muschelkalk) der Waldstandorte auf (PAAR et al. 2016). Das niedersächsische Hügel- und Bergland wird durch überwiegend basenarme Gesteine wie Buntsandstein, Tonschiefer, Grauwacke und Granit mit insgesamt rund 40% bestimmt. Reiche Substrate wie Kalksteine, Tone und Lehme kommen auf rund 30% der Waldstandorte vor. Typisch ist auch Lösslehm, der mit 20% vertreten ist und standörtlich von basenarm bis -reich, teilweise auch als kalkhaltig eingestuft wird. Das niedersächsische Tiefland wird großflächig durch Sande unterschiedlicher Verlehmung geprägt (80%), wobei die unverlehmten Sande mit knapp 60% die größte Gruppe darstellen. Basenreiche Standorte sind nur in der

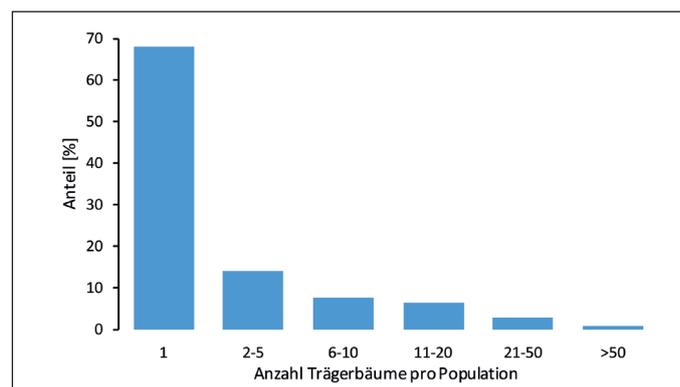


Abb. 4: Prozentualer Anteil von Trägerbäumen (n=840) pro *Dicranum viride*-Population (n=141) nach Häufigkeitsklassen.

Gruppe der Lösslehme und Lehme zu finden und insgesamt auf rund 10% der Waldstandorte vertreten (EVERS et al. 2018). Der Anteil von Standorten mit einer mehrhundertjährigen Waldkontinuität (historisch alte Wälder) liegt in Hessen wie auch im niedersächsischen Hügel- und Bergland bei 88%, im niedersächsischen Tiefland bei nur 25% (SCHMIDT et al. 2009).

3 Methoden

Für die Habitatmodellierung wurde eine Einschränkung der 840 insgesamt vorliegenden auf 378 Fundpunkte im hessischen und niedersächsischen Staatswald vorgenommen, da nur für diese Besitzart flächendeckende Informationen zum Wald vorliegen. Die Ausprägung verschiedener Eingangsgrößen (Standortvariablen) wurde an den 378 Fundpunkten und an 3022 103 Hintergrundpunkten, die systematisch im 50-x-50-m-Raster generiert wurden und an denen keine Funde des Grünen Besenmooses vorliegen bzw. vorausgesetzt werden, aus den vorliegenden Geodaten (Tab. 1) abgefragt. Die Modellierung der Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von *Dicranum viride* im Sinne der Habitataignung erfolgte mit Hilfe von „presence-only-distribution-models“ (HIJMANS & ELITH 2017) in der Statistikumgebung R und insbesondere

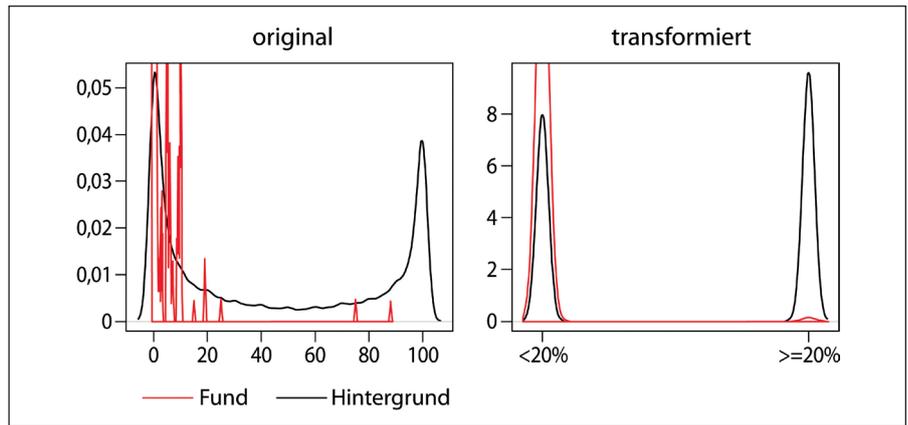


Abb. 5: Vergleich der Verteilungsdichten von Fundpunkten und Hintergrundpunkten in Bezug auf den Nadelholzanteil in Baumschicht 1, links dargestellt mit kontinuierlichem Nadelholzanteil in %, rechts mit zweistufigem Nadelholzanteil (< 20 %, ≥ 20 %).

den Libraries „raster“ und „dismo“ (HIJMANS 2016, HIJMANS et al. 2017, R Core Team 2017). Für eine belastbare Vorhersage ist ein räumlicher Zusammenhang zwischen den Fund- und den Hintergrundpunkten unabdingbar. Ein Modell bezieht sich auf die jeweiligen standörtlichen Voraussetzungen einer Region und ist nicht ohne Weiteres auf Regionen mit anderen Voraussetzungen übertragbar. Ziel der Auswertung ist es, auf der Grundlage von Fundpunkten, Hintergrundpunkten und geeigneten erklärenden Variablen ein Modell anzupassen, mit dem die Fundwahr-

scheinlichkeit für alle Punkte im Untersuchungsgebiet, an denen ein kompletter Satz an Variablen vorliegt, vorhergesagt werden kann. Die Modellierung beruht demnach auf der räumlichen Abhängigkeit zwischen dem Vorhandensein von *Dicranum viride* und der Ausprägung der Eingangsgrößen. Ein gewisses Defizit ist dabei die selektive, nichtzufällige Auswahl der Fundpunkte mittels Vorwissen (PHILIPS et al. 2009).

Nach einer Transformation der Standortvariablen wurden die Verteilungen der Variablen an den Fundpunkten mit denen an den Hintergrundpunkten ohne Artfunde verglichen (Abb. 5). Im Hinblick auf die Variable „Anteil Nadelholz in Baumschicht 1“ sind bei den Hintergrundpunkten zwei Gipfel bei 0 und 100% und eine Verteilung in U-Form zu erkennen, während die Fundpunkte deutlich im Bereich eines niedrigen Nadelholzanteils liegen. Durch eine Transformation in eine zweistufige Klassifikation mit einem Cut-Punkt bei 20% wird dieser Zusammenhang auf einfache Weise dargestellt: Bei einem Nadelholzanteil von > 20% gibt es kaum Fundpunkte, wohingegen bei den Hintergrundpunkten dieser Nadelholzanteil überwiegt.

Eine ähnliche Art von Klassenbildung (Transformation) wurde bei folgenden Variablen angewandt: Anzahl Baumschichten (1, ≥2), Mischung Eiche, Esche, Hainbuche, Linde (jeweils vorhanden, nicht vorhanden), Nährstoffversorgung (Klassen 1–3, Klassen 4–6), Hangneigung (< 5%, ≥ 5%) und Wasserhaushalt (Klassen 1–8, Klassen 9–16).

Zusätzlich wurden die Variablen Laubholz (einheimische Eichen, Esche, Hainbuche und Linden) in den Stufen „vorhanden“ und „nicht vorhanden“ sowie drei Wechselwirkungen aus Nährstoffversorgung und Anteil Nadelholz in Baumschicht 1, Alter der Hauptbaumart bei Niederschlag in der Vegetationszeit < 400 mm und Alter Haupt-

Tab. 1: Eingangsgrößen für die Habitatmodellierung.

Standortvariable	Quelle
Höhe über NN [m]	Digitales Geländemodell (DGM5), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
Hangneigung [%]	
Exposition [°]	
Jahresniederschlag [mm]	Deutscher Wetterdienst, Daten der klimatischen Normalperiode 1961–1990
Niederschlag in der Vegetationszeit [mm]	
Jahrestemperatur [°C]	
Jahrestemperaturspanne [°C]	GLASER & HAUKE (2004)
Distanz zu historisch alten Waldstandorten [m]	
Nährstoffversorgung (6 Klassen)	Forstliche Standortkartierung Landesbetrieb HessenForst und Niedersächsische Landesforsten
Wasserversorgung (16 Klassen)	
Alter der Hauptbaumart (Durchschnittsalter 2016)	Forsteinrichtungsdaten Landesbetrieb HessenForst und Niedersächsische Landesforsten
Bestockungsgrad der Hauptbaumart	
Anteil Nadelholz in Baumschicht 1 (Hauptbestand)	
Anzahl Baumarten in Schicht 1 (Hauptbestand)	
Anzahl heimische Laubholzarten in Baumschicht 1 (Hauptbestand)	
Anzahl Altersklassen	
Anzahl Baumschichten	
Bestockungsgrad der Verjüngung	
Maximalalter des heimischen Laubholzes (Bezugsjahr 2016)	
Mischung Buche (Anteil im Hauptbestand)	
Mischung Eiche (Anteil im Hauptbestand)	
Mischung Esche (Anteil im Hauptbestand)	
Mischung Hainbuche (Anteil im Hauptbestand)	
Mischung Linde (Anteil im Hauptbestand)	

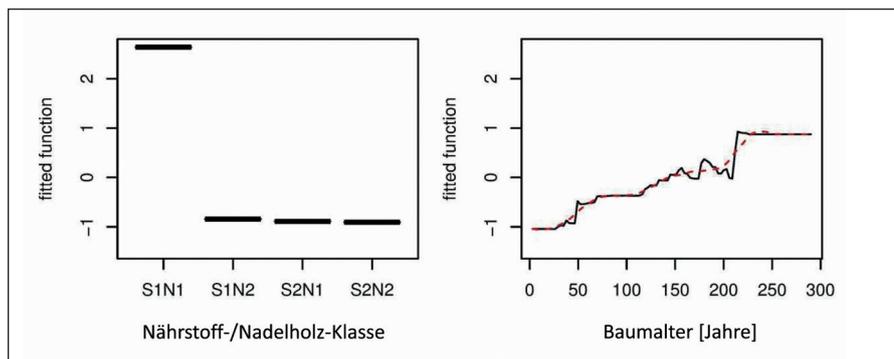


Abb. 6: Relativer Einfluss der Variablen „Wechselwirkung Nährstoffversorgung und Anteil Nadelholz in Baumschicht 1“ in vier Klassen (links) und „Wechselwirkung Alter der Hauptbaumart bei Niederschlag in der Vegetationszeit <400 mm“. Auf der vertikalen Achse wird die transformierte Fundpunktswahrscheinlichkeit dargestellt. Je höher deren Wert, desto größer ist die Habitataignung für den Wert der jeweiligen Einflussgröße. Die Habitataignung für *Dicranum viride* ist am höchsten auf Standorten mit sehr guter Basenversorgung und geringem Nadelholzanteil (Klasse S1N1) und steigt mit zunehmendem Alter der Hauptbaumart an.

baumart bei Niederschlag in der Vegetationszeit ≥ 400 mm gebildet. Hinweise auf die Relevanz dieser speziellen Wechselwirkungen ergaben sich im Laufe der ersten Rechnungen.

Als Modellierungsverfahren wurde ein „boosted regression tree“ (BRT) verwendet (s. Library „dismo“, Funktion „gbm“, ELITH & LEATHWICK 2017, HIJMANS et al. 2017, RIDGEWAY et al. 2015). Allgemein wird mit dem Verfahren die Wahrscheinlichkeit geschätzt, dass ein beliebiger (Hintergrund-) Punkt mit seinen speziellen Eigenschaften ein Fundpunkt sein kann. Als Schwellenwert für die Wahrscheinlichkeit, als Fundpunkt zu gelten, wird die TSS-Statistik benutzt (ALLOUCHE et al. 2006). Hierzu wurde zunächst ein Modell mit allen 378 Fundpunkten und 10 000 zufällig gezogenen Hintergrundpunkten berechnet. Dieses Modell wird nun zur Auswahl der wichtigsten Einflussgrößen sowie zur Konstruktion und Auswahl der oben erwähnten Wechselwirkungen herangezogen. Auch bei mehrmaliger Wiederholung eines solchen Modells mit jeweils anderen 10 000 zufälligen Hintergrundpunkten blieben die Menge der wichtigen Einflussgrößen und deren Rangfolge sehr stabil.

4 Ergebnisse

Als wichtigste Einflussgrößen wurden 18 Variablen mit einem Wert von mindestens 0,8% relativen Einflusses identifiziert (Tab. 2). Ihr relativer Einfluss addiert sich insgesamt auf 97,4%.

Bei einem geringen Nadelholzanteil in Baumschicht 1 auf nährstoffreichen (basenreichen) Böden (Klasse S1N1 in Abb. 6) steigt die Habitataignung für das Vorkommen von *Dicranum viride* deutlich an. Auch mit zunehmendem Alter der Hauptbaumart auf Standorten mit geringerem Nieder-

schlag in der Vegetationszeit erhöht sich die Habitataignung stark (Abb. 6). Beide Variablen haben zusammengenommen bereits einen relativen Einfluss von mehr als 60% auf das Vorkommen des Grünen Besenmooses. Der Einfluss aller weiteren Größen ist deutlich geringer.

Mit Hilfe des Ausgangsmodells (alle Variablen, 10 000 Hintergrundpunkte) und der Vorhersage auf alle Hintergrundpunkte ergibt sich ein Anteil von 1,32% positiven Hintergrundpunkten, an denen ein Fund wahrscheinlich ist. Die Verbesserung dieses Schätzergebnisses erfolgte anschließend durch 100-fache Wiederholung von BRT-Modellen mit allen 378 Fundpunkten und jeweils 3780 zufälligen Hintergrundpunkten. Jedes der erhaltenen Modelle wurde anschließend genutzt, um für alle Hintergrundpunkte die Wahrscheinlichkeit zu

schätzen, ein möglicher Fundpunkt zu sein. Positive Ergebnisse wurden mit Eins verschlüsselt und die entsprechende Summe für jeden der 3 022 103 Punkte berechnet. Diese Summe wird im Folgenden als Habitataignung bezeichnet. Wird ein Schwellenwert von 95 für eine optimale Habitataignung angesetzt, so ergibt sich ein Anteil von 0,39% positiven Hintergrundpunkten. Das heißt, dass rund 0,4% der 2500 m² großen Rasterzellen Standorteigenschaften aufweisen, die ein Vorkommen des Grünen Besenmooses sehr wahrscheinlich machen.

Durch das hier verwendete Regressionsmodell mit allen Standortvariablen und 10 000 Hintergrundpunkten werden bis auf drei (0,8%) alle Fundpunkte von *Dicranum viride* richtig als solche identifiziert. Das lässt auf eine hohe Korrelation der gewählten Standortvariablen mit dem Vorkommen des Grünen Besenmooses schließen. Gleichzeitig liefert das Modell Aussagen über die wichtigsten Einflussgrößen, die das Vorkommen des Grünen Besenmooses bestimmen. Eine Kartendarstellung der hohen Auftretenswahrscheinlichkeiten von *Dicranum viride* mit Hilfe eines Rasterlayers ergibt sowohl viele Punkte in der Umgebung von bisherigen Fundpunkten als auch Hinweise auf neue Gebiete mit möglichen Vorkommen oder zumindest optimaler Habitataignung (Abb. 7, 8).

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Wenn auch durch die verstärkte Kartieraktivität vor dem Hintergrund der FFH-Richtlinie in den letzten 15 Jahren ein guter

Tab. 2: Wichtigste Einflussgrößen auf das Vorkommen von *Dicranum viride* und ihr relativer Einfluss.

Einflussgröße	relativer Einfluss [%]
Wechselwirkung Nährstoffversorgung und Anteil Nadelholz in Baumschicht 1	46,4
Wechselwirkung Alter der Hauptbaumart bei Niederschlag in der Vegetationszeit < 400 mm	15,0
Jahrestemperatur	6,6
Anzahl heimische Laubholzarten	4,9
Jahrestemperaturspanne	4,0
Alter der Hauptbaumart	3,2
Maximalalter der heimischen Laubholzarten	2,8
Jahresniederschlag	2,1
Höhe über NN	1,9
Niederschlag in der Vegetationszeit	1,9
Mischung Buche	1,8
Bestockungsgrad der Verjüngung	1,2
Distanz zu historisch alten Waldstandorten	1,1
Mischung Linde	1,0
Bestockungsgrad der Hauptbaumart	1,0
Exposition	0,9
Hangneigung	0,8
Anzahl Baumarten in Schicht 1	0,8
Summe	97,4

Kenntnisstand erreicht wurde, sind sehr wahrscheinlich die Wuchsorte des Grünen Besenmooses im Untersuchungsgebiet noch nicht vollständig erfasst. Für das Habitatmodell gilt in diesem Zusammenhang, dass nur diejenigen Standortvariablen abgebildet werden können, die an den bekannten Fundpunkten vorliegen. Weitere Fundpunkte mit ihren zugehörigen Standortvariablen könnten das Modellergebnis noch verbessern.

Auch durch die Einbeziehung weiterer Standortvariablen, für die keine flächenhaften Daten vorliegen, könnte sehr wahrscheinlich eine Verbesserung des Habitatmodells erreicht werden. Hierzu gehören beispielsweise das Lichtangebot im Bereich der unteren Stammabschnitte von Trägerbäumen oder das Vorkommen besonderer Baumwuchsformen (schräg stehende Bäume, verdickte Stammbasen etc.). Dass dies, wie von zahlreichen Autoren (u. a. BRACKEL & HOWEIN 2004, SAUER & PREUSSING 2003) betont, wichtige Einflussgrößen sein dürften, kommt möglicherweise indirekt darin zum Ausdruck, dass viele Flächen, die nach dem Modellergebnis eine optimale Habitataignung aufweisen, im Umfeld von Steilhängen und/oder in Bachtälern zu finden sind (Abb. 7, 8), wo häufig durch eine geringere Wuchsleistung der Bäume sowie durch seitlichen Lichteinfall günstige Lichtverhältnisse herrschen. Zugleich treten aufgrund der Standortbedingungen und einer an solchen Standorten häufig sehr zurückhaltend praktizierten oder fehlenden Nutzung besondere Baumwuchsformen gehäuft auf und die Bäume erreichen ein hohes Alter.

Die exemplarische Überprüfung von Waldgebieten mit optimaler Habitataignung durch versierte Kartierer des Grünen Besenmooses ergab bisher keine neuen Fundpunkte. Die überprüften Waldgebiete wurden jedoch von den Experten als sehr geeignet eingestuft. Darüber hinaus bildet das Modell nach subjektivem Eindruck viele naturschutzfachlich hochwertige Waldgebiete ab, auch wenn kein Grünes Besenmoos vorkommt. Diese Annahme findet eine Bestätigung darin, dass im Staatswald Hessens und Niedersachsens bereits heute 42% der Waldbestände mit optimaler Habitataignung als Naturschutz-Vorrangflächen ohne forstliche Nutzung ausgewiesen sind (Stand: 20.2.2018).

Die Habitatmodellierung zeigt, dass im Untersuchungsgebiet nur ein sehr geringer Anteil der Waldfläche von 0,4% überhaupt die für ein Vorkommen des Grünen Besenmooses notwendige Habitatqualität aufweist. Auf etwa 0,005% der Waldfläche liegen tatsächlich Artnachweise von *Dicranum viride* vor.

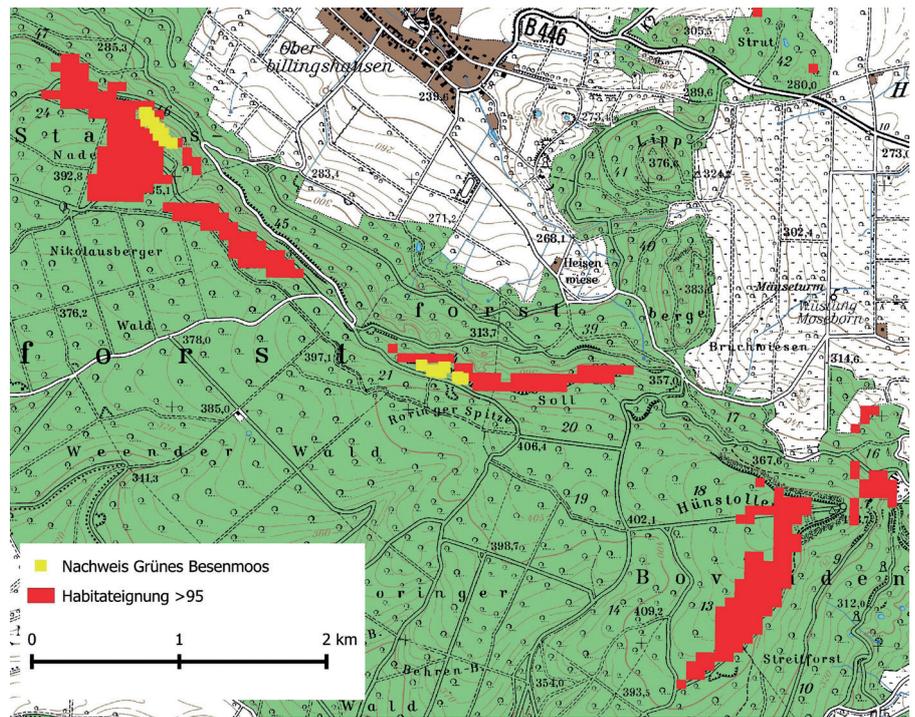


Abb. 7: Beispielhafter Kartenausschnitt für den nördlichen Göttinger Wald (Niedersachsen) mit Fundpunkten von *Dicranum viride* und Waldflächen mit Habitataignung >95 (Kartengrundlage © LGN).

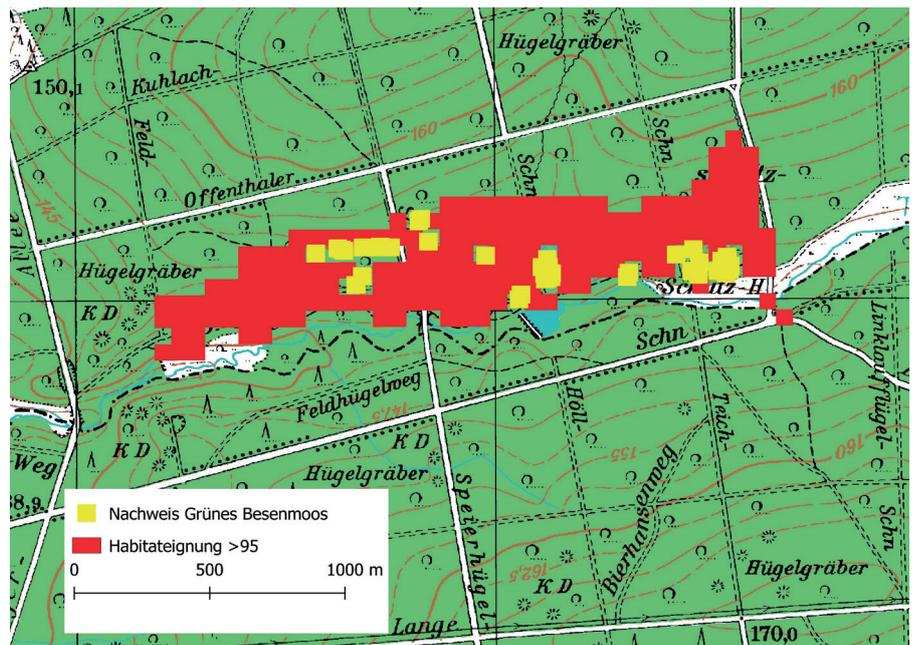


Abb. 8: Beispielhafter Kartenausschnitt für die Hegbacheue nördlich Darmstadt (Hessen) mit Fundpunkten von *Dicranum viride* und Waldflächen mit Habitataignung >95 (Kartengrundlage © HLBG).

Hieraus wird deutlich, dass die bekannten Populationen des Grünen Besenmooses, aber auch die über die Habitatmodellierung identifizierten potenziellen Wuchsorte der Moosart vonseiten des Naturschutzes wie auch der Forstwirtschaft eine besondere Aufmerksamkeit verdienen. Wünschenswert wäre eine systematische Überprüfung der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung identifizierten Waldbestände mit optimaler Habitataignung auf Vorkommen des Grünen Besenmooses.

Die Habitatmodellierung belegt darüber hinaus insbesondere die Bindung des Grünen Besenmooses an alte Laubbäume in historisch alten Laubwäldern auf basenreichen Standorten. Damit ist die Moosart als Naturnähezeiger einzustufen. Das Baumalter ist bei Niederschlägen in der Vegetationszeit von weniger als 400 mm wichtiger für das Vorkommen des Grünen Besenmooses als bei höheren Niederschlägen. Dies deutet darauf hin, dass ungünstigere Niederschlagsverhältnisse in gewissem Um-

fang durch eine bessere Eignung und längere Kontinuität der Trägerbäume ausgeglichen werden können. Die große Mehrzahl der *Dicranum-viride*-Populationen Hessens und Niedersachsens befindet sich in Gebieten mit Niederschlägen von < 400 mm in der Vegetationszeit und < 750 mm im Jahr, sodass die Koppelung an die Eigenschaften der Trägerbäume im Untersuchungsgebiet stark ausgeprägt sein dürfte. Eine Ausnahme bilden lediglich die höheren Lagen (z. B. Vogelsberg, Rhön, Calenberger Bergland). Darüber hinaus wird im Modellergebnis ein Temperatureinfluss auf das Vorkommen von *Dicranum viride* erkennbar. Deutlich ist eine Häufung der Vorkommen bei hohen Jahresdurchschnittstemperaturen > 9 °C und hohen Jahrestemperaturspannen > 17,5 °C. Solche Werte treten im Bereich der Fundpunkte des Grünen Besenmooses in Niedersachsen gar nicht und in Hessen vorwiegend in der Untermain- und Rheinebene auf. Insgesamt aber ist der Einfluss der in das Habitatmodell einbezogenen Klimakenngrößen relativ schwer zu fassen.

Die Bedeutung der in der Literatur (z. B. FARTMANN et al. 2001, HACHTEL et al. 2003) häufig genannten Einflussfaktoren Luftfeuchte und Lichtangebot, die nicht direkt im Habitatmodell abgebildet werden, ist ebenfalls schwer greifbar. Die Tatsache, dass südliche Expositionen an den Fundpunkten des Grünen Besenmooses deutlich unterrepräsentiert waren, spricht jedoch für eine hohe Bedeutung luftfeuchter Bedingungen. In Bezug auf das Lichtangebot wurde beobachtet, dass sowohl eine starke Auflichtung als auch Beschattung durch dicht geschlossene Gehölzverjüngung zum Verlust von *Dicranum viride*-Vorkommen führen kann (DREHWALD & HERZOG 2014). Insgesamt ist von einem engen Zusammenwirken der Faktoren Licht und Luftfeuchte auszugehen (vgl. ÓDOR et al. 2014).

Der Laubwaldanteil liegt in Hessen wie auch im niedersächsischen Hügel- und Bergland im Mittel bei 60%. Der Anteil historisch alter Waldstandorte beträgt annähernd 90% und dürfte für die Laubwälder noch höher sein. Damit bietet das Untersuchungsgebiet grundsätzlich günstige Voraussetzungen für das Vorkommen des Grünen Besenmooses. In anderen Regionen, etwa dem Nordwestdeutschen Tiefland, wo regional weniger als ein Viertel der Waldfläche eine mehrhundertjährige Kontinuität aufweist und alte Laubwälder auf basenreichen Standorten weniger als 10% der Waldfläche einnehmen (SCHMIDT et al. 2009, 2014), ist dies jedoch vor dem Hintergrund der extrem geringen Fähigkeit

des Grünen Besenmooses zur Fernausbreitung ein in starkem Maße limitierender Faktor.

Allgemeine Maßnahmen, die zur Förderung des Grünen Besenmooses im Umfeld bekannter Populationen beitragen können, sind: Laubbäume alt werden zu lassen und insbesondere der Erhalt von tatsächlichen und potenziellen Trägerbäumen mit besonderer Wuchsform (schräg stehende Stammabschnitte, Verdickung der Stammbasis etc.). Die wenigen Waldbestände mit bekanntem Vorkommen von *Dicranum viride* sind sehr zurückhaltend und mit Blick auf die oben genannten Habitatansprüche des Mooses zu bewirtschaften. Die Frage einer forstlichen Nutzung sollte vor dem Hintergrund der Standortbedingungen, der Populationsgröße sowie der räumlichen Verteilung der Trägerbäume differenziert beantwortet werden. Bei Populationen mit < 20 Trägerbäumen, die in geklumpter Verteilung stehen, liegt eine Ausweisung als Habitatbaumgruppe oder Waldfläche mit natürlicher Entwicklung (NWE-Fläche) nahe. Insbesondere bei kleineren Populationen ist zusätzlich die Ausweisung einer Pufferzone ohne forstliche Nutzung notwendig. Dies bedeutet, dass (a) in der unmittelbaren Umgebung (ca. 50 m) von besiedelten Bäumen keine Bäume entnommen werden und (b) in der weiteren Umgebung (ca. 100 m) der Vorkommen keine größeren Auflichtungen erfolgen sollten, um das Aufkommen von Gehölzjungwuchs im Bereich der Trägerbäume des Grünen Besenmooses zu vermeiden (DREHWALD & HERZOG 2014). Eine Kennzeichnung der Trägerbäume vor Ort und ihre Dokumentation im GIS der Forstbetriebe ist zu empfehlen. Ein solches Vorgehen wird in hessischen Forstämtern bereits praktiziert (FISCHER & LORENZ 2014).

Von den *Dicranum-viride*-Populationen im Staatswald liegen bereits 60% in Wäldern mit natürlicher Entwicklung. Im Rahmen der in beiden Bundesländern unmittelbar bevorstehenden Erweiterung der NWE-Kulisse sollte eine Einbeziehung möglichst vieler bekannter Populationen des Grünen Besenmooses angestrebt werden. Bestände, deren Struktur aktuell gut für das Grüne Besenmoos geeignet ist, können unmittelbar aus der Nutzung genommen werden. Dies gilt für Bestände mit von Natur aus hellem Bestandesklima, beispielsweise an Steilhängen. In aufgelichteten Waldbeständen, in denen Gehölzjungwuchs aufgekommen ist, muss dieser in einem Radius von 3–5 m um die besiedelten Stämme entfernt werden, da das Grüne Besenmoos bei stärkerer Beschattung absterbt. Diese Erhaltungsmaßnahmen sind

Fazit für die Praxis

- Das Grüne Besenmoos (*Dicranum viride*) kommt in Hessen und Niedersachsen auf nur 0,005 % der Waldfläche vor. Die meisten Populationen sind klein (< 10 Trägerbäume) bis sehr klein (1 Trägerbaum).
- Die Moosart zeigt eine enge Bindung an alte Laubbäume in Wäldern mit langer Habitatkontinuität auf basenreichen Standorten.
- Als Naturnähezeiger, Rote-Liste-Art und Anhang-II-Art der FFH-Richtlinie verdient sie eine besondere Aufmerksamkeit vonseiten der Forstwirtschaft und des Naturschutzes.
- Trägerbäume des Grünen Besenmooses sollten markiert und geschützt werden.

übergangsweise erforderlich, bis die Bestände eine stabile für das Grüne Besenmoos geeignete Struktur entwickelt haben. In Zweifelsfällen empfiehlt es sich, Moosexperten hinzuzuziehen.

Dank

Das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, der Landesbetrieb HessenForst, das Regierungspräsidium Darmstadt, das Nationalparkamt Kellerwald-Edersee (Bad Wildungen), der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hannover) sowie Dipl.-Biol. Thomas Wolf (Karlsruhe) stellten Daten zur Verfügung. Dipl.-Ing. Forstw. Caroline Becker (Saarbrücken) bereitete Daten auf. M. Sc. Robert Larkin (Northheim) prüfte die englischen Textteile. Ihnen allen sind wir zu Dank verpflichtet.

Literatur

- ALLOUCHE, O., TSOAR, A., KADMON, R. (2006): Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *J. Appl. Ecol.* 43, 1223-1232.
- ARNOLD, F. (1877): Die Laubmoose des fränkischen Jura. *Flora* 60, 305-315, 321-333, 346-352, 391-398, 413-416, 421-428, 526-528, 541-544, 545-560, 568-574.
- BRACKEL, W. v., HOWEIN, H. (2004): *Dicranum viride* in Ober- und Mittelfranken – Standortansprüche und Vergesellschaftung. *Ber. Bayer. Bot. Ges.* 73/74, 129-134.
- DIERSSEN, K. (2001): Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. *Bryophyt. Bibl.* 56, 1-289.
- DREHWALD, U. (2017): Bundesstichprobenmonitoring 2016 des Grünen Besenmooses (*Dicranum viride*; Art des Anhangs II der FFH-Richtlinie). Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie. Gießen. 16 S. (<https://www.hlnug.de/themen/naturschutz/tiere-und-pflanzen/informationen-zu-tier-und-pflanzenarten/moose-und-flechten/gruenes-besenmoos.html>)

- (Bearb.) (2013): Rote Liste der Moose Hessens (1. Fassung, Stand April 2013). Wiesbaden. 79 S.
- , HERZOG, W. (2014): Artenhilfskonzept für das Grüne Besenmoos (*Dicranum viride*) in Hessen 2012. Im Auftrag des Landes Hessen, vertreten durch Landesbetrieb Hessen-Forst Forsteinrichtung und Naturschutz FENA – Fachbereich Naturschutz. Gießen. 22 S.
- ELITH, J., LEATHWICK, J. (2017): Boosted regression trees for ecological modeling. <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/vignettes/brt.pdf> (besucht 26.02.2018).
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3. Aufl. Scripta Geobot. 18, 1-262.
- EVERS, J., PAAR, U., DAMMANN, I., KÖNIG, N., SCHULZE, A., SCHMIDT, M., SCHÖNFELDER, E., SCHELER, B., STÜBER, V., EICHHORN, J. (2018, in Vorb.): Waldbodenzustandsbericht für Niedersachsen – Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Beitr. NW-FVA 19.
- FAMILLER, I. (1911): Die Laubmoose Bayerns. Eine Zusammenfassung der bisher bekannt gewordenen Standortangaben (Teil 1). Denkschr. Kgl. Bayer. Bot. Ges. Regensburg 11 N.F. 5, 1-233.
- FARTMANN, T., GUNNEMANN, H., SALM, P., SCHRÖDER, E. (2001): Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten. Empfehlungen zur Erfassung der Arten des Anhangs II und Charakterisierung der Lebensraumtypen des Anhangs I der FFH-Richtlinie. Angew. Landschaftsökol. 42, 1-725.
- FISCHER, A., LORENTZ, G. v. (2014): Kernzone Auersberg – Schutz für Quellen, Besenmoos, Fleckermaus & Co. Jahrb. Natursch. Hessen 15, 50-53.
- FREY, W., KÜRSCHNER, H. (2011): Asexual reproduction, habitat colonization and habitat maintenance in bryophytes. Flora 206, 173-184.
- GEHEEB, A. (1970): Bryologische Notizen aus dem Rhöngebirge. Flora 20, 305-319.
- GLASER, F. F., HAUKE, U. (2004): Historisch alte Waldstandorte und Hudewälder in Deutschland. Ergebnisse bundesweiter Auswertungen. Angew. Landschaftsökol. 61, 1-193.
- HACHTTEL, M., LUDWIG, G., WEDDELING, K. (2003): 2.4. *Dicranum viride* (SULL. & LESQ.) LINDB. In: PETERSEN, B., ELLWANGER, G., BIEWALD, G., HAUKE, U., LUDWIG, G., PRETSCHER, P., SCHRÖDER, E., SSYMANK, A. (Hrsg.): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch. 69 (1), 1-743.
- HIJMANS, R. J. (2016): raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.5-8.
- , ELITH, J. (2017): Species distribution modeling with R. dismo-Vignette.
- , PHILLIPS, S., LEATHWICK, J., ELITH, J. (2017): dismo: Species Distribution Modeling. R package version 1.1-4.
- HMUKLV (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hrsg., 2015): Wald- und Forstwirtschaft in Hessen 2011–2014. Wiesbaden. 52 S.
- KOPERSKI, M. (2011): Rote Liste und Gesamtartenliste der Moose in Niedersachsen und Bremen. 3. Fassung. Informationsd. Natursch. Nieders. 3/2011, 1-80.
- LUDWIG, G., DÜLL, R., PHILIPPI, G., AHRENS, M., CASPARI, S., KOPERSKI, M., LÜTT, S., SCHULZ, F., SCHWAB, G. (1996): Rote Liste der Moose (Anthocerphyta et Bryophyta) Deutschlands. Schriftenr. Vegetationsk. 28, 189-301.
- MANZKE, W. (2006): Zur Bestandessituation und Gefährdung des Grünen Gabelzahnmooses *Dicranum viride* in stadtnahen Waldgebieten von Frankfurt, Offenbach und Hanau (Untermainebene, Hessen) 2. Nachtrag zur „Moosflora des Frankfurter Waldes“. Hess. Flor. Briefe 55, 10-20.
- MANZKE, W., WENTZEL, M. (2004): Zur Ökologie des Grünen Gabelzahnmooses *Dicranum viride* am Beispiel des Jägersburger Waldes und anderer Waldgebiete der niederschlagsarmen Rhein- und Mainebene. Limprichtia 24, 237-282.
- MEINUNGER, L., SCHRÖDER, W. (2007): Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. Bd. 2. Regensburg. 699 S.
- MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J., GELLERT, J., NEEF, E., MÜLLER-MINY, H., SCHULTZE, J. H. (Hrsg.) (1953–1962): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Bände 1–9. Remagen u. Bad Godesberg.
- NEBEL, M., PHILIPPI, G. (Hrsg.) (2000): Die Moose Baden-Württembergs. Bd. 1: Allgemeiner Teil. Spezieller Teil (Bryophytina I, Andreaeales bis Funariales). Ulmer, Stuttgart. 512 S.
- NMELV (Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hrsg., 2014): Der Wald in Niedersachsen. Ergebnisse der Bundeswaldinventur 3. Hannover. 55 S.
- ÓDOR, P., KIRÁLY, I., TINYA, F., BORTIGNON, F., NASCIBENE, J. (2014): Reprint of: Patterns and drivers of species composition of epiphytic bryophytes and lichens in managed temperate forests. For. Ecol. Manag. 321, 42-51.
- PAAR, U., EVERS, J., DAMMANN, I., KÖNIG, N., SCHULZE, A., SCHMIDT, M., SCHÖNFELDER, E., SCHELER, B., ULLRICH, U., EICHHORN, J. (2016): Waldbodenzustandsbericht für Hessen. Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Beitr. NW-FVA 15, 1-466.
- PHILIPPI, G. (1993): Epiphytische Moosvegetation des südlichen Spessarts, des östlichen Odenwaldes und des angrenzenden Baulandes. Carolea 51, 53-74.
- PHILIPS, S. J., DUDIK, M., ELITH, J., GRAHAM, C. H., LEHMANN, A., LEATHWICK, J., FERRIER, S. (2009): Sample selection bias and presence-only distribution models: implications for background and pseudo-absence data. Ecol. Appl. 19 (1), 181-197.
- R Core Team (2017): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RIDGEWAY, G. (with contributions from others) (2015): gbm: Generalized Boosted Regression Models. R package version 2.1.1.
- SAUER, M., PREUSSING, M. (2003): *Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb. in Stuttgart – Beiträge zur Ökologie und Soziologie einer FFH-Art. Limprichtia 22, 227-244.
- SCHMIDT, M., KRIEBITZSCH, W.-U., EWALD, J. (Red.) (2011): Waldartenlisten der Farn- und Blütenpflanzen, Moose und Flechten Deutschlands. BfN-Skripten 299, 1-111.
- , MEYER, P., PAAR, U., EVERS, J. (2009): Bedeutung der Habitatkontinuität für die Artenzusammensetzung und -vielfalt der Waldvegetation. Forstarchiv 80 (5), 195-202.
- , MÖLDER, A., SCHÖNFELDER, E., ENGEL, F., SCHMIEDL, I., CULMSEE, H. (2014): Determining ancient woodland indicator plants for practical use: A new approach developed in northwest Germany. For. Ecol. Manage. 330, 228-239. doi: 10.1016/j.foreco.2014.06.043
- SPIELGER, L. (1903): Flora und Vegetation des Vogelsbergs. Emil Roth, Gießen. 134 S.
- SSYMANK, A., HAUKE, U., RÜCKRIEM, C., SCHRÖDER, E. (1998): Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000. Schriftenr. Landschaftspfl. Natursch. 53, 1-549.
- THIEL, H., PREUSSING, M. (2004): *Dicranum viride* (Sull. & Lesq.) Lindb. in Thüringen – Lebensraum, Vergesellschaftung, Verbreitung, Bestandesentwicklung, Schutz. Haussknechtia 10, 69-102.
- TSCHÖPE, V., SCHABEL, A., SCHÄFFER, J. (2014): Einfluss der Bodenschutzkalkung auf das Grüne Besenmoos – Eine Sensitivitätsanalyse. AFZ-DerWald 69, 12-15.

KONTAKT



Dr. Marcus Schmidt ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sachgebiet Waldnaturschutz/ Naturwaldforschung der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Vegetationsökologie, Biodiversitäts- und Naturwaldforschung.

> Marcus.Schmidt@nw-fva.de



Dr. Egbert Schönfelder war bis 2017 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sachgebiet Wachstumsmodellierung/Informatik der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Biometrie und Statistik.

> Egbert.Schoenfelder@nw-fva.de



M. Sc. Falko Engel ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sachgebiet Waldnaturschutz/ Naturwaldforschung der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Seine Arbeitsschwerpunkte sind systematische Schutzgebietsplanung und Geodatenanalyse.

> Falko.Engel@nw-fva.de

Dr. Uwe Drehwald, Dipl.-Biologe, Göttingen.

> uwe@drehwald.info

Katja Lorenz, Dipl.-Forsting.(FH) bei der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen.

> Katja.Lorenz@nw-fva.de

Dr. Peter Meyer, Dipl.-Forstwirt bei der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen.

> Peter.Meyer@nw-fva.de

Dr. Andreas Opitz, Dipl.-Biologe beim Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG).

> Andreas.Opitz@hlnug.hessen.de

Markus Preussing, Dipl.-Biologe, Holzminden.

> preussing@gmx.de

Hjalmar Thiel, Dipl.-Biologe, Jameln.

> Hjalmar.Thiel@arcor.de

Dr. Gunnar Waesch, Dipl.-Biologe, Gütersloh.

> gwaesch@freenet.de