

MOOSE DER NATURWALDRESERVATE GOTTLÖB, SPRINGENKOPF UND RUPPELSTEIN IM NATIONALPARK HUNSRÜCK-HOCHWALD

Norbert Stapper

Büro für Ökologische Studien

Verresbergerstrasse 55, D-40789 Monheim am Rhein

Zusammenfassung

In den Naturwaldreservaten (NWR) Gottlob, Ruppelstein und Springenkopf im Nationalpark Hunsrück-Hochwald wurden 2015, drei Dekaden nach Ende der Bewirtschaftung, die Moose inventarisiert. Für spätere Vergleichserhebungen wurden Dauerbeobachtungsflächen an Baumstämmen, Stammfüßen, Gestein, Totholz und am Erdboden eingerichtet und evaluiert. Es wurden insgesamt 89 verschiedene Moosarten nachgewiesen, 21 Leber- und 68 Laubmoose, die meisten im NWR Gottlob (69), gefolgt von Ruppelstein (60) und Springenkopf (49). Die Anzahl der Arten korreliert folglich nicht mit der Flächengröße, die im Fall Ruppelstein nur jeweils ein Drittel der anderen NWR beträgt.

Die meisten Moosarten sind typisch für Standorte mit allenfalls moderatem menschlichem Einfluss. Die Rangordnung im Sinne steigender Hemerobie lautet Ruppelstein < Gottlob < Springenkopf. Das NWR Ruppelstein weist zudem die meisten Indikatorarten für historische Kontinuität sowie die meisten Vorkommen besonders immissionsempfindlicher Moosarten auf und nimmt daher unter den drei Flächen eine herausgehobene Position ein.

An den Stämmen der bis zu 260 Jahre alten Bäume wurden verschiedene Moosgesellschaften aufgenommen, darunter das seltene *Antitrichium curtispendulae*.

Summary

In 2015, three decades after the end of management, a bryophyte inventory was conducted in the natural forest reserves (NWR) Gottlob, Ruppelstein, and Springenkopf within the Hunsrück-Hochwald national park. For future comparative surveys, permanent observation quadrats on the stems and trunk bases of trees, on rocks, deadwood and ground were established and analyzed. A total of 89 bryophyte species were detected, 21 liverworts and 68 mosses, most in NWR Gottlob (69), followed by Ruppelstein (60) and Springenkopf (49). The number of species therefore is not correlated with the floor space, which in the case of Ruppelstein amounts only to one third of any of the other two NWRs.

Most of the bryophyte species are characteristic for sites with a moderate degree of human influence (hemeroby). Ruppelstein <Gottlob <Springenkopf is the rank order in the sense of increasing hemeroby. NWR Ruppelstein also houses most of the indicator species for historical woodland continuity as well as most of the bryophytes particularly susceptible for air-pollution induced damage. Therefore, NWR Ruppelstein occupies an outstanding position among the three NWRs. On the stems of the trees which are up to 260 years old, several bryophyte communities were recorded, among them the rare *Antitrichietum curtispendulae*.

1. Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Erstinventarisierung der Laub- und Lebermoose in den drei Naturwaldreservaten Gottlob, Ruppelstein und Springenkopf an den dort vorhandenen Lebensraumstrukturen Boden, Bäume, Totholz und Steinen. Die Moose sollten anhand ausgewählter und eingemessener Flächen bzw. Objekte systematisch erfasst und der Gesamt-Artenbestand durch eine Begehung des jeweiligen Naturwaldreservates ergänzt werden.

Die Dokumentation des Arteninventars dient als qualitative und quantitative Grundlage für Vergleichsuntersuchungen. Ökologische Zeigerwerte und andere Bioindikatoreigenschaften der Moose werden für eine Zustandsanalyse der Naturwaldreservate herangezogen.

2. Die Untersuchungsgebiete

Die drei im Nationalpark Hunsrück-Hochwald gelegenen Naturwaldreservate Gottlob, Ruppelstein und Springenkopf werden seit mindestens 1982 nicht mehr bewirtschaftet und sind damit wichtige Beispiele dafür, wie sich die heutigen Buchenwälder des neu gegründeten Nationalparks in 33 Jahren entwickeln könnten. Als Hochlagen-Buchenwälder enthalten sie in geringen Anteilen

auch Fichte (*Picea abies*), Traubeneiche (*Quercus petraea*), Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Mehlbeere (*Sorbus aucuparia*) und Vogelbeere (*Sorbus aria*).

Nähere Angaben zur Lage und Beschreibung der NWR Springenkopf, Gottlob und Ruppelstein siehe Balcar 2018 in diesem Heft.

3. Methoden

Die Kartierung der Moose erfolgte nach der von BUNGARTZ & ZIEMMECK (1997) zur Erfassung von Kryptogamen in Naturwaldzellen in Nordrhein-Westfalen entwickelten Methodik. Untersucht wurden jeweils zehn Bodenquadrate, Tothholzobjekte, Steine sowie jeweils pro Hauptbaumart zehn lebende Baumstämme und Stammfüße.

Bodenquadrate: Die vier Quadratmeter großen, entlang der Haupthimmelsrichtungen ausgerichteten Flächen wurden an Stellen mit möglichst vielen verschiedenen Moosarten in möglichst hoher Deckung angelegt und die

prozentuale Deckung jeder Moosart und von höheren Pflanzen und ggf. Flechten bestimmt. Zur dauerhaften Markierung wurde eine Stange aus Baustahl in der Nordwest-Ecke des Quadrates in den Boden geschlagen und mit einem roten Fähnchen versehen. Die Lagekoordinaten und von Norden in die Flächen blickende Fotos sind hinterlegt. Exposition und Hangwinkel wurden im Aufnahmebogen notiert, ebenso der in jeweils drei Klassen geschätzte Anteil von Feinboden, Steinen, Blöcken, anstehendem Fels, die Laubbedeckung und der Zersetzungsgrad des Laubes, der Kronenschlussgrad und der Tothholzanteil.

Abbildung 1

Bodenquadrate im NWR Gottlob (links) und NWR Springenkopf (rechts)

Fotos: N. Stapper



Gesteinsobjekte: Zur Aufnahme der Moose auf Felsen oder Blocksteinen wurde ein Rahmen mit 20 cm mal 20 cm freier Innenfläche verwendet. Dieser wurde direkt auf die Objekte aufgelegt und dabei mit seinen Kanten nach den Haupthimmelsrichtungen ausgerichtet. Die Ausrichtung des Rahmens beinhaltete auch, dass eine Ecke oder eine Kante des Rahmens bündig über einer klar erkennbaren Kontur des darunterliegenden Gesteins zu liegen kam. Lagekoordinaten, Deckung jeder Art, Dicke der Humusaufgabe, Exposition und Neigung der Fläche wurden notiert und in jeweils drei Klassen die Laubbedeckung, die Laubzersetzung und der Kronenschlussgrad. Jede Fläche wurde mitsamt ihrer Umgebung und in direkter Aufsicht formatfüllend fotografiert

und diese Bilder mit Hinweisen hinsichtlich der relativen Lage zu Markierungsstangen naher Bodenquadrate versehen.

Die Auswahl der Flächen richtete sich primär nach dem Vorhandensein von möglichst vielen Moosen. Es wurden nur große Objekte ausgewählt, die wahrscheinlich nicht von Tieren bewegt werden können und die anhand von Fotos und Lagekoordinaten später auch wieder auffindbar sind. Eine Markierung mit Bohrschrauben wurde unterlassen, um die Moosrasen nicht mit saurem Gesteinsmehl zu kontaminieren.

Tothholzobjekte: Es wurden Tothholzobjekte aller Degradationsstufen (ALBRECHT 1990) ausgewählt und der prozentuale Deckungsgrad oberseitiger

Abbildung 2

Gesteinsobjekt im NWR Gottlob (links) und Totholzobjekt im NWR Ruppelstein (rechts)

Fotos: N. Stapper



Moosarten mit einem 10 cm mal 40 cm großen Rahmen erfasst. Dabei wurde weitgehend der Forderung von BUNGARTZ & ZIEMMECK (1997) gefolgt, nur Stammdurchmesser von 30 bis 50 cm zu berücksichtigen. Das gesamte Objekt und seine Umgebung wurden fotografiert sowie der Rahmen in Aufsicht und die Lage des Rahmens z. B. in Bezug zu aus dem Objekt ragenden Zweigen vermerkt. Notiert wurden Stammdurchmesser, Exposition und Neigung, Kronenschlussgrad in drei Klassen und der Zersetzungsgrad nach ALBRECHT (1990).

Stammfüße: Aufnahmen an Stämmen und Stammfüßen lebender Bäume erfolgten an identischen Bäumen. Trittschäden wurden zwar vermieden, dennoch die Füße der Bäume zuerst untersucht. Hierzu wurden die vier Stammsektoren Nord, Ost, Süd und West mit an die Stammbasis angelehnten Holzstäben markiert und die Länge der oberen Kante des Segmentes 40 cm über dem Boden gemessen. Der mittlere Neigungswinkel der Fläche wurde auf fünf Grad genau geschätzt. Die in jedem Sektor

vorkommenden Moosarten und ihr prozentualer Deckungsgrad wurden im Aufnahmebogen zusammen mit den Lagekoordinaten, den Borkeneigenschaften (glatt, rissig, zerfurcht), dem Vermorschungsgrad (fest, beginnend, bröckelig/sich in Schuppen oder Schollen ablösend) notiert und ob die Borke trocken ist oder Pilzbefall erkennbar.

Baumstämme: Zur Markierung des Baumes und der Unterkante der nördlichen Zählgitterfläche wurde eine Schlagschraube aus Edelstahl in 1 m Höhe über dem Boden maximal 3 cm tief in den Stamm eingeschlagen. BUNGARTZ & ZIEMMECK (1997) haben dieses für das Naturwaldzellenprogramm in NRW gewählte Verfahren, das auch im Level II-Programm angewendet wurde (STETZKA & STAPPER 2001), ausführlich diskutiert. Nur bei anderweitig markierten Bäumen wurde davon abgesehen. Zur Bestimmung des Deckungsgrades und der Frequenz jeder Moosart wurden gemäß BUNGARTZ & ZIEMMECK (1997) für Stämme bis 160 cm Umfang ein 20 cm breiter und 40 cm hoher Rahmen mit zehn rechteckigen Maschen verwendet, für stärkere Stämme ein 40

mal 40 cm großer Rahmen mit ebenfalls zehn Maschen. Der Deckungsgrad jeder Art (bezogen auf die Rahmenfläche) sowie deren Frequenz (Anzahl der Maschen mit Vorkommen der Art) wurde notiert, Artvorkommen am Stamm außerhalb der Gitterflächen erhielten jeweils den Wert „Null“.

Parallel zur Anlage der Dauerbeobachtungsflächen wurden weitere Gesteine, liegende und stehende Totholzobjekte, der Erdboden (einschließlich Erde an Wurzeltellern umgestürzter Bäume), Baumstämme, Stammfüße und Zweige

auf Moosvorkommen hin untersucht und deren Häufigkeit in einem separaten Aufnahmebogen erfasst. Die Aufnahme galt als beendet, wenn auf den letzten fünf Substraten keine bis dahin noch nicht registrierte Art mehr gefunden wurde.

Die meisten Moose wurden direkt im Gelände angesprochen, von kritischen Arten die für eine sichere Ansprache erforderliche Mindestmenge entnommen und anhand mikroskopischer Merkmale bestimmt. Die Nomenklatur folgt SÖDERSTRÖM et al. (2016) und HODGETTS (2015).

4. Ergebnisse

Während die Dauerbeobachtungsflächen primär der quantitativen Erfassung der Moose für zukünftige Vergleichsuntersuchungen dienen, zielt die systematische Begehung der Flächen mit festem Abschlusskriterium auf eine gleich tiefe Erfassung des jeweiligen Moosarteninventars und gestattet bereits jetzt einen Vergleich der Naturwaldreservate.

4.1 Ein Vergleich der Naturwaldreservate anhand des Moosarteninventars

Das Spektrum der Moose der drei Naturwaldreservate (NWR) bzw. Standorte umfasst 89 Moosarten, davon 21 Lebermoose und 68 Laubmoose. Nur wenige dieser Moose sind in Deutschland selten, wie die beiden Lebermoose *Fuscocephaloziopsis leucantha* (NWR Gottlob), *Solenostoma obovatum* (NWR Ruppelstein) oder das atlantisch verbreitete Laubmoos *Zygodon conoideus* (LAUER 2005, FRAHM et al 2007; NWR Ruppelstein), fünf Arten (*Fuscocephaloziopsis leucantha*, *Isopaches bicrenatus*, *Leucodon sciuroides*, *Polytrichum juniperinum* und *Racomitrium lanuginosum*) stehen auf der Vorwarnliste (Kategorie V), und drei Arten sind als „gefährdet“ (Kategorie 3) eingestuft (*Antitrichia curtispindula*, *Frullania tamarisci*, *Solenostoma obovatum* (CASPARI et al., in Vorbereitung)).

Die meisten Moosarten (65, davon 47 Laub- und 18 Lebermoose) wurden im NWR Gottlob registriert, gefolgt von NWR Ruppelstein (60 Arten, 50 Laub-, 10 Lebermoose) und dem NWR Springenkopf mit deutlich weniger Arten (49, davon 40 Laub-, 9 Lebermoose).

Die Anzahl der Arten korreliert folglich nicht mit der Flächengröße, die im Fall NWR Ruppelstein nur jeweils ein Drittel der beiden anderen NWR beträgt. Auch die im NWR Ruppelstein homogenere Beleuchtungssituation, d.h. der geringe Anteil aufgelichteter Bereiche im Vergleich zu den beiden anderen Standorten spiegelt sich in der Artenzahl nicht wieder.

Unterschiede der drei NWR ergeben sich auch in der Anzahl der Moosarten pro Hauptsubstrat. Wie in Tabelle 1 aufgeführt, ist die Anzahl der Moosarten auf Stamm, Stammfuß, Gestein, Erde/Boden und Totholz im Fall des NWR Springenkopf immer geringer als an den beiden anderen Standorten. Die höchste Artendiversität weisen Baumstämme im NWR Ruppelstein auf (35 Moosarten; Springenkopf: 29 Arten). Stammfüße und Boden sind mit bis zu 29 bzw. 31 Arten ähnlich artenreich besiedelt. Auf Totholz wurden bis zu 25 Arten angetroffen (NWR Gottlob), an Gestein 11 (NWR Springenkopf) bis 24 Arten.

Der Anteil der Moosarten mit Waldbindung im Hügel- und Bergland (Kategorie M1.1 und M1.2; PREUSSING et al. 2011) beträgt in den NWR Gottlob und Ruppelstein 39 bzw. 37 %, im NWR Springenkopf 29 % (Tabelle 1). Alle anderen Moosarten sind sowohl im Wald als auch im Offenland verbreitet. Moose mit ausschließlichem Vorkommen im Offenland wurden nicht nachgewiesen.

Tabelle 1

Häufigkeit der Artvorkommen je Substrat in den drei Naturwaldreservaten.
(Substrat: E, Epiphyt an Bäumen oberhalb des Stammfußes. F, Epiphyt am Stammfuß, ggf. auch vom Boden heraufkriechende Moose. P, Gestein besiedelnd, ggf. auch vom Boden her aufsteigend. T, Boden bewohnend. X, Totholzobjekte besiedelnd. **Häufigkeit:** E, Einzelfund. s, selten, wenige bis mehrere Funde an bis zu 10 % der untersuchten Habitate, wo die Art vorkommen könnte. z, zerstreut, die Art ist in am Standort gut vertreten und wurde an bis zu 25 % der untersuchten Habitate beobachtet, an denen sie vorkommen könnte. h, häufig, wie vor, jedoch 25 bis 50 % der untersuchten Habitate. sh, sehr häufig, die Art wurde in über 50 % der untersuchten Habitate angetroffen, wo sie vorkommen könnte. ##, Indikatorarten für Wälder mit historischer Kontinuität (FRITZ et al. 2008). **Waldbindung:** Anzahl der Arten der Kategorie M1.1 und M1.2 im Hügel- und Bergland (PREUSSING et al. 2011), und ihr prozentualer Anteil am Moosartenspektrum der jeweiligen Waldfläche; M1.1: „geschlossener Wald“ (insgesamt 26 Arten), M1.2, „Waldränder und Verlichtungen“ (vier Arten), alle anderen Arten M2.1 „Wald wie im Offenland“ und M2.2, „auch Wald, aber Schwerpunkt Offenland“).

Artnamen	Häufigkeit der Moosarten in den Naturwaldreservaten														
	Gottlob					Ruppelstein					Springenkopf				
	Substrat														
	E	F	P	T	X	E	F	P	T	X	E	F	P	T	X
LEBERMOOSE															
<i>Blepharostoma trichophyllum</i>		s		s				E							
<i>Calypogeia muelleriana</i>		s													
<i>Cephaloziella divaricata</i>	s					s	z				s			s	s
<i>Diplophyllum albicans</i>					E									s	
<i>Frullania dilatata</i>	z	s				s	s				s	z			
<i>Frullania tamarisci</i>											s	s			
<i>Fuscocephaloziopsis leucantha</i>					E										
<i>Fuscocephaloziopsis lunulifolia</i>				E											
<i>Isopachys bicrenatus</i>				E											
<i>Lepidozia reptans</i>	s	z			s		s								
<i>Lophocolea bidentata</i>				s											
<i>Lophocolea heterophylla</i>	s	z	z	h	s	s	z	z	z	s	s	h	s	h	z
<i>Lophozia ventricosa agg.</i>			E										E		
<i>Metzgeria furcata</i>	h	z	z		z	sh	sh		s	z	h	h			
## Porella platyphylla							z								
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	s	z	z		s										
<i>Radula complanata</i>	z	s				z	z			s	s	s			
<i>Scapania nemorea</i>			z												
<i>Solenostoma c.f. obovatum</i>								E							
<i>Solenostoma gracillimum</i>				E											
## Syzygiella autumnalis					s				z					z	
Anzahl Lebermoose	7	8	5	6	7	5	7	3	3	3	6	5	2	4	2
LAUBMOOSE															
## Alleniella complanata						s	s			s					
<i>Amblystegium serpens</i>									s		s	s			s
## Antitrichia curtipendula						E	E								
<i>Atrichum undulatum</i>				s											
<i>Aulacomnium androgynum</i>															E

Fortsetzung Tabelle 1

Artnamen	Häufigkeit der Moosarten in den Naturwaldreservaten														
	Gottlob					Ruppelstein					Springenkopf				
	Substrat														
	E	F	P	T	X	E	F	P	T	X	E	F	P	T	X
<i>Brachytheciastrum velutinum</i>					z	s									z
<i>Brachythecium rutabulum</i>	s	z	z	sh	z	s	h	z	h	z	z	z	z	h	s
<i>Brachythecium salebrosum</i>				E		E		E							
<i>Campylopus flexuosus</i>			s	s				E	s	E					
<i>Campylopus introflexus</i>									s					z	
<i>Campylopus pyriformis</i>														s	
<i>Ceratodon purpureus</i>				s											
<i>Dicranella heteromalla</i>				s					s						
<i>Dicranodontium denudatum</i>										s					
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	z	s	s		E		s		s		z	s	s		z
<i>Dicranum montanum</i>	h	sh	z	z	z	h	h	s		s	sh	h		z	sh
<i>Dicranum scoparium</i>	h	sh	sh	sh	h	h	sh	h	sh	h	h	sh	sh	h	sh
<i>Dicranum tauricum</i>	s	h				z	z				z	z			
<i>Eurhynchium striatum</i>		s		s	s				s						
<i>Grimmia hartmanii</i>								E							
<i>Herzogiella seligeri</i>		z		h	z				h	z		z		z	s
<i>Homalothecium sericeum</i>	s	s				s	z			s	s				
<i>Hylocomium splendens</i>				s										s	
<i>Hypnum andoi</i>	s										s?				
<i>Hypnum cupressiforme</i>	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh	sh
<i>Isothecium alopecuroides</i>		s	s	s	s	s	z	s			s	s			z
<i>Isothecium myosuroides</i>			s			s	z	s	z		s	s			
<i>Kindbergia praelonga</i>	s	s	s	z	s									s	
<i>Leucodon sciuroides</i>						E									
<i>Mnium hornum</i>	s	s	s	z	s			s			s	z		z	
<i>Orthodontium lineare</i>	s	z			s										s
<i>Orthotrichum affine</i>						s									E
<i>Orthotrichum lyellii</i>						s					z				
<i>Orthotrichum obtusifolium</i>						E									
<i>Orthotrichum pulchellum</i>	E														
<i>Orthotrichum speciosum</i>	E														
<i>Orthotrichum stramineum</i>	z				z	h	z			z	h	z			z
<i>Orthotrichum striatum</i>						E					E				
<i>Orthotrichum tenellum</i>	s	s				z	s				z				
<i>Paraleucobryum longifolium</i>	s		s			h	z	h	z			s	s		
<i>Plagiothecium denticulatum</i>				h	s	s	z		s		s	s			
<i>Plagiothecium laetum</i>	z	sh	z	s		s	sh	s	z		h	sh		z	
<i>Plagiothecium nemorale</i>									s						
<i>Pleurozium schreberi</i>			z					s	s				s		s
<i>Pohlia lutescens</i>				E											
<i>Pohlia nutans</i>				s											
<i>Polytrichum formosum</i>	z	h	h	sh	h		z	s	sh	s	z	h	z	sh	h
<i>Polytrichum juniperinum</i>														E	
<i>Polytrichum longisetum</i>									E						

Fortsetzung Tabelle 1

Artname	Häufigkeit der Moosarten in den Naturwaldreservaten														
	Gottlob					Ruppelstein					Springenkopf				
	Substrat														
	E	F	P	T	X	E	F	P	T	X	E	F	P	T	X
<i>Pseudoscleropodium purum</i>														s	
<i>Pseudotaxiphyllum elegans</i>				s											
<i>Pterigynandrum filiforme</i>										s					
<i>Ptychostomum moravicum</i>	z	z			s	h	h			z	h	z			
<i>Pylaisia polyantha</i>	s					s									
<i>Racomitrium elongatum</i>			s												
<i>Racomitrium lanuginosum</i>			z					s							
<i>Rhizomnium punctatum</i>		s	E	z				s	s						
<i>Rhynchostegium confertum</i>	s	z				s	s					s		s	
<i>Rhytidiadelphus loreus</i>			s	z				s	s				s		
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>				s										s	
<i>Sciuro-hypnum populeum</i>									s						
<i>Tetraphis pellucida</i>		z			s										
<i>Thuidium tamariscinum</i>			s	s				s					z	s	
<i>Ulota bruchii</i>	z	s			s	z	z	s		z	h				
<i>Ulota crispa</i>	z					s	s				s	s			
<i>Zygodon conoideus</i>						E				E					
<i>## Zygodon rupestris</i>	z					s					s	s			
<i>Zygodon viridissimus</i>						s	s								
Anzahl der Laubmoose	24	21	19	25	18	30	22	19	21	15	23	20	9	17	15
Arten insgesamt je Substrat:	31	29	24	31	25	35	29	22	24	18	29	25	11	21	17
Artenzahl je Standort	65					60					49				
Anzahl der Arten mit Waldbindung Kategorie M1.1 und M1.2 (Anteil)	25 (39 %)					22 (37 %)					14 (29 %)				

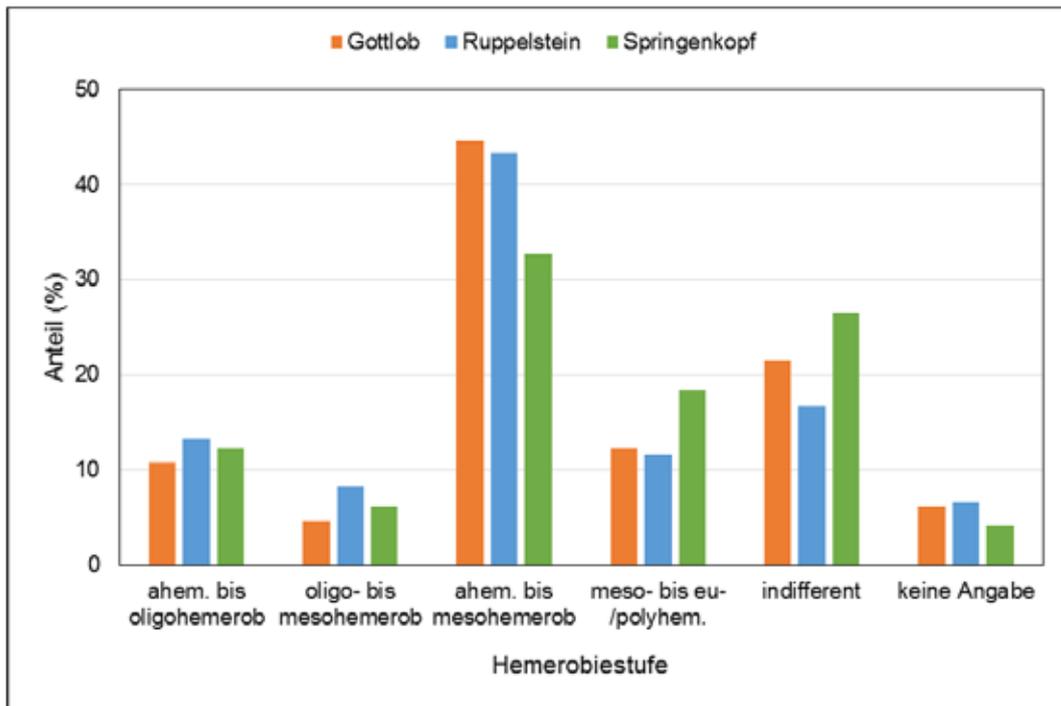
Eine erste Aussage über den Zustand der Wald-ökosysteme gestattet das Vorkommen bzw. die Verteilung von Moosarten mit bekanntem ökologischem Indikatorverhalten im weitesten Sinne. Abbildung 3 zeigt den prozentualen Anteil der Moose am Artenspektrum des jeweiligen Naturwaldreservates in vier Hemerobiestufen von „fehlendem bis geringem“ (ahemerob bis oligohemerob) bis zu „fehlendem bis starkem“ menschlichem bzw. zivilisatorischem Einfluss (meso- bis polyhemerob; DIERSSEN 2001). Indifferente Arten sind in der fünften Gruppe und die Arten ohne entsprechende Angabe in einer sechsten Gruppe enthalten, die jeweils weniger als sieben Prozent der Arten eines Naturwaldreservates beinhaltet. Die meisten Arten, nämlich 33 % (NWR Springenkopf) bis 45 % (NWR Gottlob), sind typisch für Standorte mit allen-

falls „moderatem“ menschlichem Einfluss. Den größten Anteil indifferenter oder an „mäßig bis stark“ beeinflusste Standorte adaptierter Arten weist das NWR Springenkopf auf, während in den beiden Gruppen mit geringem Einfluss das NWR Ruppelstein jeweils den höchsten und NWR Gottlob jeweils den geringsten Anteil an den dort vorkommenden Moosarten aufweist. Danach ergibt sich die Rangordnung Ruppelstein < Gottlob < Springenkopf im Sinne steigenden menschlichen Einflusses auf die Moose (bzw. die Natur). Über eine ähnliche Verteilung der Moosarten auf die ebenso aufgeteilten Hemerobiestufen berichtet WECKER (2009) für das Naturwaldreservat Beeteburger Bësch in Luxemburg, wobei dort der Anteil in den beiden geringen Belastungsgruppen etwas niedriger ist und in der höchsten Gruppe den gleichen, relativ hohen Wert des NWR Spring-

Abbildung 3

Charakterisierung der Moosflora anhand des Auftretens von Arten im Gradienten menschlicher Beeinflussung (Hemerobie; DIERSSEN 2001).

(Dieser Gradient reicht von „fehlendem bis geringem“ (ahemerob bis oligohemerob) bis zu „fehlendem bis starkem“ menschlichem bzw. zivilisatorischem Einfluss (meso- bis polyhemerob). Indifferente Arten und solche ohne Angabe sind separat gruppiert. **Datengrundlage:** Gesamtartenspektrum der drei Naturwaldreservate).



genkopf aufweist. Auch der Anteil der Moosarten ohne Einstufung ist dort höher als im Fall der Hunsrück-NWR. Da die Eingruppierung der Moose in die Hemerobiestufen von den vorhandenen Substraten oder der Strukturvielfalt unabhängig sein sollte, kann man die obige Rangordnung erweitern zu Ruppelstein < Gottlob < Springenkopf < Beeteburger Bësch.

Insgesamt sechs Moosarten sind Indikatoren für „forest continuity“, also forstliche Kontinuität oder „historische Kontinuität“, wobei FRITZ et al. (2008) eine über 350 Jahre währende kontinuierliche Bewaldung zugrunde legen. Alle sechs Moosarten, *Alleniella complanata* (syn. *Neckera* c.), *Antitrichia curtipendula*, *Homalothecium sericeum*, *Porella platyphylla*, *Syzygiella autumnalis* (syn. *Jamesiella* a.) und *Zygodon rupestris* sind in den drei Naturwaldreservaten entweder Einzelvorkommen, überwiegend seltene oder allenfalls

zerstreut vorkommende Arten. Alle sechs Moose wurden im NWR Ruppelstein nachgewiesen, jeweils drei in den beiden anderen NWR. Nur *Porella platyphylla* und *Zygodon rupestris* kommen in den Dauerbeobachtungsflächen an Stamm oder Stammfuß selten, aber in nennenswertem Umfang vor, vorwiegend im NWR Ruppelstein.

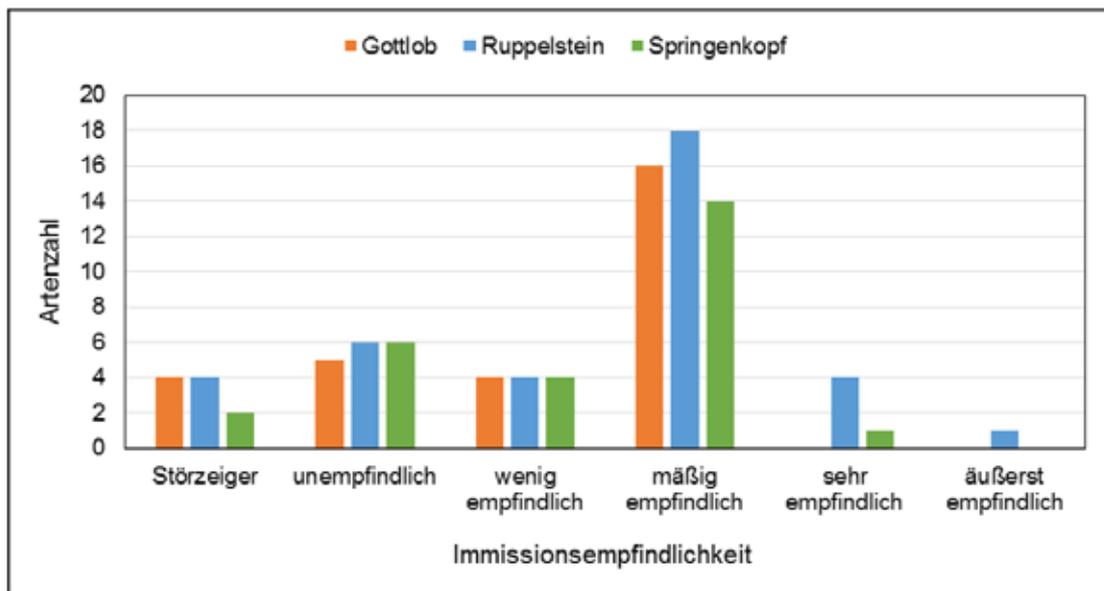
Die Angaben zur Immissionsempfindlichkeit (FRAHM et al. 2007) beschränken sich auf epiphytische Vorkommen von in Deutschland obligat oder fakultativ die Rinde oder Borke von Bäumen bewachsenden Moosen. Die sechsstufige Skala reicht von Störzeigern über „unempfindliche“ zu „äußerst empfindlichen“ Arten. Da einige dieser Moose auch an den drei Naturwaldreservaten abseits von Bäumen vorkommen, wird hier die jeweilige Anzahl der Moose in den verschiedenen Empfindlichkeitskategorien unabhängig vom Substrat verglichen (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4

Immissionsempfindlichkeiten der Moose nach FRAHM et al (2007).

(**Datengrundlage:** Gesamtartenspektrum der drei Naturwaldreservate. Die Empfindlichkeitswerte wurden für epiphytische Moose vergeben, die allerdings auch auf anderen Substraten vorkommen können und dann hier auch in die Wertung eingeflossen sind, aber nur eine Wertung pro NWR.

Empfindlichkeitsklassen: 0,5=Störzeiger, 1=unempfindlich, 2=wenig empfindlich, 4=mäßig empfindlich, 8=sehr empfindlich, 16=äußerst empfindlich. Anzahl der Vorkommen: Gottlob 29, Ruppelstein 37 und Springenkopf 27 Arten. In Klasse „sehr empfindlich“: *Frullania tamarisci*, *Leucodon sciuroides*, *Porella platyphylla*, *Pterigynandrum filiforme* und *Zygodon conoideus*. In der Klasse „äußerst empfindlich“: *Antitrichia curtipendula*).



Die meisten Moose sind als mäßig empfindlich eingestuft, und ihr Anteil am jeweiligen Spektrum der Waldflächen beträgt 25 % (NWR Gottlob; 16 Arten) bis 35 % (NWR Springenkopf; 14 Arten). An allen Standorten wurden in etwa gleich viele Störzeiger, unempfindliche und wenig empfindliche Arten registriert entsprechend 6 bis 15 % der jeweils dort vorkommenden Moose. „Sehr empfindliche“ Moose (*Frullania tamarisci*, *Leucodon sciuroides*, *Porella platyphylla*, *Pterigynandrum filiforme* und *Zygodon conoideus*) sind auf die Standorte Ruppelstein (vier Arten, alle außer *Frullania tamarisci*) und Springenkopf (nur *Frullania tamarisci*) beschränkt. Die einzige „äußerst empfindliche“ Art ist *Antitrichia curtipendula*, die nur im NWR Ruppelstein an Stamm und Stammfuß eines Bergahorns gefunden wurde. Aufgrund der gleichen Kartierungstiefe der drei Standorte wird hier ein Vergleich anhand des Vorkommens nur der empfindlichsten Arten als am sinnvollsten

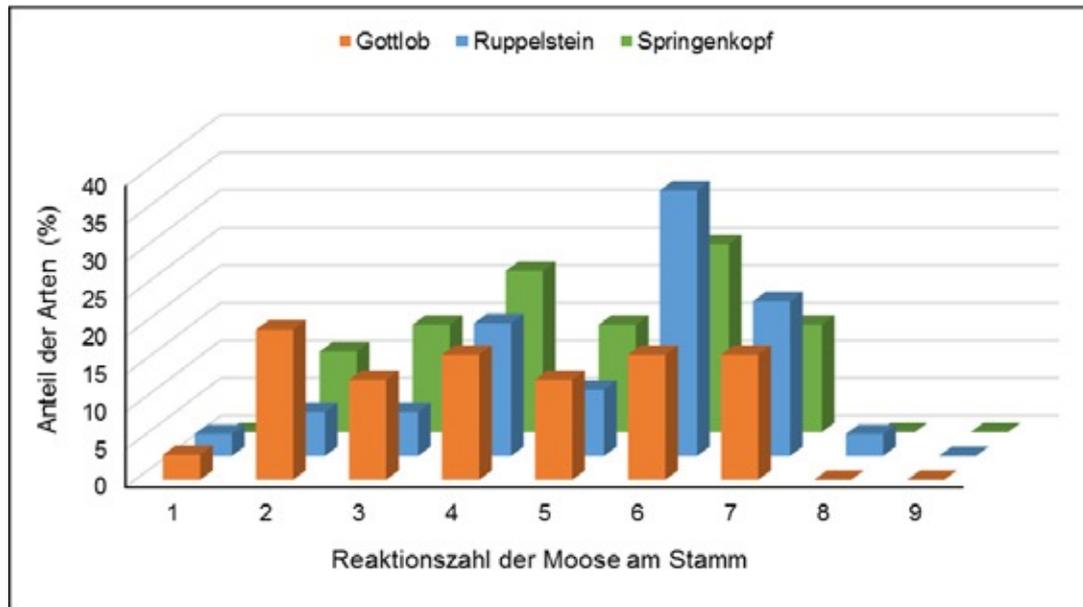
erachtet. Die entsprechende Rangordnung der drei Naturwaldreservate lautet dann Ruppelstein > Springenkopf > Gottlob. WECKESSER (2009, 2010) zeigt für die Naturwaldreservate Grouf (99 ha) und Beeteburger Bësch (155 ha) in Luxemburg eine ähnliche Verteilung der Moose auf die Empfindlichkeitsklassen, lediglich der Anteil der „sehr empfindlichen“ Arten ist dort geringer, und „äußerst empfindliche“ Arten wurden auf den erheblich größeren Flächen nicht nachgewiesen, womit sich, im Umkehrschluss, die anhand von Moosen bioindizierte Immissionsbelastung der drei Hunsrückflächen gegenüber den beiden Wäldern in Luxemburg als geringer darstellt.

Auch ökologische Zeigerwerte wurden zur Beschreibung des aktuellen Zustandes und zum Vergleich der drei Naturwaldreservate herangezogen. Beim Vergleich der jeweiligen Mediane von Licht-, Temperatur-, Kontinentalitäts-, Feuchte- bzw. Re-

Abbildung 5

Spektrum der Reaktionszahlen der Moose an Stämmen.

(**Datengrundlage:** Gesamtartenspektrum der drei Naturwaldreservate. Aufgetragen ist der prozentuale Anteil des jeweiligen Wertes der Reaktionszahlen (DÜLL 2001) für Moose an Rinde bzw. Borke an Stämmen aller Baumarten der jeweiligen Waldfläche. Die Werte reichen von R=1, „Starksäurezeiger“ bis R=9, „Basen- und Kalkzeiger“).



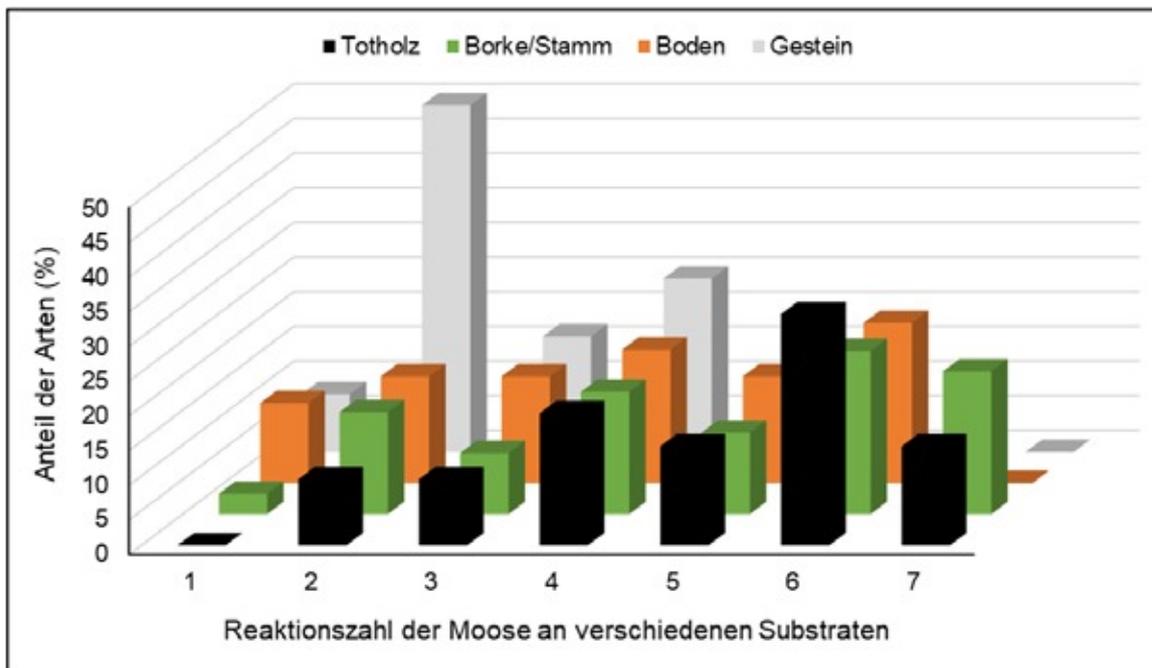
aktionszahl nach DÜLL (2001), der Nährstoffzahl epiphytischer Moose nach FRAHM et al. (2007) oder der Nährstoffzahl der in den Niederlanden vorkommenden Moose (SIEBEL 1993) wurden nur geringe Unterschiede erkennbar. Höhere Lichtzahlmediane von Moosen an Baumstämmen im NWR Ruppelstein unterscheiden sich statistisch nicht signifikant (Mann-Whitney-U-Test) von denen der beiden anderen Reservate. Hohe Anteile von Moosen mit Feuchte-Zahl jenseits 4 weisen auf ausgeglichene, dauerhaft luftfeuchte Bedingungen hin. Einzig bei der Reaktionszahl, die das Vorkommen im Gefälle der Bodenreaktion, des Kalkgehaltes und, bei Epiphyten, des pH-Wertes der Borke zusammenfasst, ergeben sich signifikante Unterschiede, die in Abbildung 5 anhand der Verteilung des jeweiligen Anteils der Moosarten an den Zeigerwerten aller Moose an Baumstämmen erkennbar werden. Der hohe Anteil azidophytischer Moose an Fichten im NWR Gottlob und, im Gegensatz dazu, der im NWR Ruppelstein höhere Anteil der an subneutrale Substrate

adaptierten Moose (vornehmlich an Bergahorn) spiegelt sich in der jeweiligen Verteilung wieder.

Die Verteilung der Reaktionszahlen der Moose der drei Naturwaldreservate in Abhängigkeit vom Substrat zeigt Abbildung 6. Die Schwerpunkte der Verteilungen verlagern sich von Gestein mit R-Zahl von 1 bis 4 über das Substrat Boden mit R 1 bis 6 hin zu Totholz und Baumstämmen mit R 1 bzw. 0 bis 6 bei höheren Anteilen von Moosen mit hohen R-Zahlen. Arten mit R-Zahlen größer als 4 fehlen an Gestein, an dem zwar häufige Arten, wie *Dicranum scoparium* und *Hypnum cupressiforme* mit R=4 dominieren, doch die ebenfalls an den Standorten vorkommenden, überwiegend selteneren Arten mit niedrigen R-Zahlen, wie z. B. *Paraleucobryum longifolium* (R=1), *Ptilidium pulcherrimum* (R=2) oder *Racomitrium lanuginosum* (R=3) den Median der R-Zahl zum kleineren Wert verschieben.

Abbildung 6

Spektrum der Reaktionszahlen der Moose an Totholz, Baumstämmen, Erdboden und Gestein. (Datengrundlage: Gesamtartenspektrum der drei Naturwaldreservate. Aufgetragen ist der prozentuale Anteil des jeweiligen Wertes der Reaktionszahlen (DÜLL 2001) der Moose, die in den drei Naturwaldreservaten auf dem jeweiligen Substrat vorkommen. Die Werte reichen von R=1, „Stark-säurezeiger“ bis R=9, „Basen- und Kalkzeiger“. Da jedoch kein Moos mit Reaktionszahl 8 oder 9 vorkommt, wurde die Abszisse zur besseren Lesbarkeit gekürzt).



4.2 Moose in Dauerbeobachtungsflächen (DBF)

Der Zweck der quantitativen Erhebung anhand von Dauerbeobachtungsflächen (DBF) sind zeitliche Vergleiche. Die Ergebnisdarstellung beschränkt sich hier auf die DBF an Stamm und Stammfuß der Waldbäume, weil z. B. das Inventar der Bodenquadrate sehr gering ist oder im Fall der Gesteinsquadrate die Dominanz weniger Arten bei Fehlen von Charakterarten die bryosoziologische Einstufung der jeweiligen Moosgemeinschaften (z. B. *Grimmia hartmanii-Hypnion*, *Dicranetalia scoparii*) erschwert. Die Totholz-DBF werden von *Hypnum cupressiforme* dominiert. Bemerkenswert ist lediglich ein Vorkommen von *Pterigynandrum filiforme* an Totholz im NWR Ruppelstein. *P. filiforme* ist Charakterart des *Pterigynandretum filiformis*, einer Gesellschaft an basenreichen Borke und freiliegenden Wurzeln von Laubbäumen in luftfeuchter Lage (SCHUBERT 2008). Es kommt hier zwar in geringer Deckung vor, aber mit typi-

schen Begleitarten, wie *Homalothecium sericeum* und *Metzgeria furcata*.

Die in den Stamm- und Stammfuß-DBF nachgewiesenen Moose sind in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführt. Während die Stammfuß-DBF zwischen 90 und 100 % der an diesem Substrat in den jeweiligen NWR nachgewiesenen Arten beinhalten, ist die Effizienz der Stamm-DBF hinsichtlich der Erfassung des jeweiligen Arteninventars mit 65 % (NWR Gottlob, Ruppelstein) bzw. 83 % (Springenkopf) deutlich geringer. Andererseits ist eine vollständige Erfassung des Artenspektrums anhand von DBF gar nicht angestrebt. Und die mit den Zählrahmen bestimmten Frequenz- und Deckungswerte sind für sich allein genommen zur ökologischen Bewertung von Wäldern auch nur von geringer Aussagekraft.

Für die drei Naturwaldreservate ergeben sich hinsichtlich der mittleren Frequenz- und De-

Tabelle 2

Häufigkeit der Moosarten in Dauerbeobachtungsflächen (DBF) an Baumstämmen.

(**Datengrundlage:** Moose in Dauerbeobachtungsflächen (nach BUNGARTZ & ZIEMMECK (1997). **MDG%:** Mittelwerte der Deckung (%) in den jeweils vier Gitterflächen (NOSW) der Bäume, auf denen die Art vorkommt. **Häufigkeit:** Anzahl der Bäume mit Vorkommen der Art. **Waldbindung** M1.1 und M1.2 im Hügel- und Bergland (PREUSSING et al. 2011). **Gesamtdeckung:** Mittlere Moosdeckung an den Bäumen. Artenzahlen: ohne Vorkommen auf Gattungsniveau. **##:** Indikatorarten für Wälder mit historischer Kontinuität (FRITZ et al. 2008)).

Naturwaldreservat		Gottlob		Ruppelstein		Springenkopf	
Anzahl Bäume mit Stamm-DBF		22		30		20	
		MDG %	Häufigkeit	MDG %	Häufigkeit	MDG %	Häufigkeit
Moosarten, Waldbindung							
## <i>Alleniella complanata</i>	M1.1			0,50	1		
## <i>Antitrichia curtipendula</i>	M2.1			0,63	1		
<i>Brachythecium rutabulum</i>	M2.1	35,00	1	1,25	1	7,50	1
<i>Cephaloziella divaricata</i>	M2.2	1,50	1	1,25	1	2,50	1
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	M2.1	0,13	2			0,03	3
<i>Dicranum montanum</i>	M2.1	0,48	9	0,55	14	0,58	8
<i>Dicranum scoparium</i>	M2.1	2,28	8	0,76	9	2,30	8
<i>Dicranum tauricum</i>	M1.1			0,08	3	0,09	2
<i>Frullania dilatata</i>	M2.1	2,25	2	0,88	2	1,25	1
<i>Frullania tamarisci</i>	M2.1					7,50	1
<i>Hypnum cupressiforme</i>	M2.1	20,31	15	22,73	29	17,97	19
<i>Isothecium alopecuroides</i>	M1.1			7,50	1	1,25	1
<i>Isothecium myosuroides</i>	M1.1			0,50	1	0,50	1
<i>Lophocolea heterophylla</i>	M1.1					0,05	1
<i>Metzgeria furcata</i>	M2.1	0,91	4	11,33	20	6,15	5
<i>Orthodontium lineare</i>	M1.1	0,03	1				
<i>Orthotrichum affine</i>	M2.1			0,03	1		
<i>Orthotrichum lyellii</i>	M2.1			0,13	1	1,25	2
<i>Orthotrichum sp.</i>		0,03	1	0,03	2		
<i>Orthotrichum stramineum</i>	M1.1	0,33	3	2,69	13	1,34	5
<i>Orthotrichum tenellum</i>	M2.2	0,03	1	0,20	6	0,05	2
<i>Paraleucobryum longifolium</i>	M1.1			0,55	8		
<i>Plagiothecium denticulatum</i>	M2.1			1,25	1	3,75	1
<i>Plagiothecium laetum</i>	M2.1	5,42	3			2,22	4
<i>Polytrichum formosum</i>	M2.1	0,89	2			0,65	2
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	M1.2	0,50	1				
<i>Ptychostomum moravicum</i>	M2.1	0,85	3	2,28	7	0,34	4
<i>Radula complanata</i>	M2.1	0,89	2	0,31	2	0,88	1
<i>Rhynchostegium confertum</i>	M2.1	2,00	1				
<i>Ulota bruchii</i>	M2.1	1,36	4	1,14	5	0,64	5
<i>Ulota crispa</i>	M2.1	0,05	2	0,25	1	1,30	1
<i>Ulota sp.</i>		0,05	1	0,03	1	0,06	2
## <i>Zygodon rupestris</i>	M1.2	0,03	2			10,03	1
<i>Zygodon viridissimus</i>	M2.1			1,25	2		
(34 Moosarten insgesamt)							
Gesamtdeckung (MW) alle Bäume		20		33		24	
Anzahl M1.1 und M1.2-Arten		4 (von 10)		6 (von 8)		6 (von 8)	
Anzahl Moose in Stamm-DBF gesamt		20		23		24	
Standortinventar der Moose an Baumstämmen		31		35		29	
Verhältnis Moose in DBF zum Gesamtinventar der Moose an Stammfüßen		65 %		66 %		83 %	

Tabelle 3

Häufigkeit der Moosarten in Dauerbeobachtungsflächen (DBF) an Stammfüßen.
(Datengrundlage: Moose in Dauerbeobachtungsflächen (nach BUNGARTZ & ZIEMMECK (1997).
MDG%: Mittelwerte der Deckung (%) in den jeweils vier Stammfußsektoren (NOSW) der Bäume, in denen die Art tatsächlich vorkommt. **Häufigkeit:** Anzahl der Bäume mit Vorkommen der Art am Stammfuß. Waldbindung M1.1 und M1.2 im Hügel- und Bergland (PREUSSING et al. 2011). **Gesamtdeckung:** Mittlere Moosdeckung an den Bäumen. **##:** Indikatorarten für Wälder mit historischer Kontinuität (FRITZ et al. 2008)).

Naturwaldreservat		Gottlob		Ruppelstein		Springenkopf	
		22		30		20	
Anzahl Bäume mit Stammfuß-DBF							
Moosarten, Waldbindung		MDG%	Häufigkeit	MDG%	Häufigkeit	MDG%	Häufigkeit
## <i>Alleniella complanata</i>	M1.1			1,25	1		
<i>Amblystegium serpens</i>	M2.1					6,25	1
## <i>Antitrichia curtipendula</i>	M2.1			0,25	1		
<i>Brachythecium rutabulum</i>	M2.1	1,10	3	4,88	12	0,03	1
<i>Calypogeia muelleriana</i>	M1.1	0,05	1				
<i>Cephaloziella divaricata</i>	M2.2			0,51	2		
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	M2.1	0,03	1	0,03	1	0,05	1
<i>Dicranum montanum</i>	M2.1	6,95	15	0,58	10	1,91	9
<i>Dicranum scoparium</i>	M2.1	4,45	21	2,93	23	4,75	17
<i>Dicranum tauricum</i>	M1.1	0,31	5	0,14	3	0,05	2
<i>Eurhynchium striatum</i>	M1.1	0,03	1				
<i>Frullania dilatata</i>	M2.1			0,50	1	0,25	1
<i>Frullania tamarisci</i>	M2.1					12,50	1
<i>Herzogiella seligeri</i>	M1.1	0,07	3			0,05	1
## <i>Homalothecium sericeum</i>	M2.1	0,03	1	1,50	2		
<i>Hypnum cupressiforme</i>	M2.1	42,72	22	44,35	30	57,29	20
<i>Isothecium alopecuroides</i>	M1.1	37,50	1	5,42	3	1,38	1
<i>Isothecium myosuroides</i>	M1.1			1,63	2	5,00	1
<i>Lepidozia reptans</i>	M1.1	0,26	3	0,05	1		
<i>Lophocolea heterophylla</i>	M1.1	0,29	4	0,70	5	0,34	10
<i>Metzgeria furcata</i>	M2.1	0,10	3	9,33	15	1,13	6
<i>Mnium hornum</i>	M1.1	0,03	1			3,00	1
<i>Orthodontium lineare</i>	M1.1	0,44	4				
<i>Orthotrichum stramineum</i>	M1.1			1,09	6	0,09	2
<i>Orthotrichum tenellum</i>	M2.2	0,03	1	0,05	1		
<i>Paraleucobryum longifolium</i>	M1.1			1,16	5	0,03	1
<i>Plagiothecium denticulatum</i>	M2.1			13,75	2	1,63	1
<i>Plagiothecium laetum</i>	M2.1	0,95	15	2,78	18	1,98	11
<i>Polytrichum formosum</i>	M2.1	0,49	9	0,14	2	1,26	6
## <i>Porella platyphylla</i>	M1.1			10,63	5		
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>	M1.2	0,98	3				
<i>Ptychostomum moravicum</i>	M2.1	0,26	2	5,67	9	5,88	2
<i>Radula complanata</i>	M2.1	0,03	1	0,08	4	0,05	1
<i>Rhizomnium punctatum</i>	M1.1	0,75	1				
<i>Rhynchostegium confertum</i>	M2.1	0,29	2	1,25	1	0,13	1
<i>Tetraphis pellucida</i>	M2.1	0,19	2				
<i>Ulota bruchii</i>	M2.1	0,13	1	0,15	2		
<i>Ulota crispa</i>	M2.1			0,05	1	0,03	1
## <i>Zygodon rupestris</i>	M1.2					14,50	1
<i>Zygodon</i> sp.				1,00	1		
<i>Zygodon viridissimus</i>	M2.1			0,25	1		
(41 Moosarten insgesamt)							
Gesamtdeckung Moose (alle Bäume)			55		61		67
Anzahl M1.1 und M1.2-Arten			10		9		9
Anzahl Moose in Stamm-DBF gesamt	(1)		26		29		25
Standortinventar Moose am Stammfuß	(2)		29		29		25
Verhältnis (1) / (2)			90 %		100 %		100 %

Tabelle 4

Deckungsgrad und Frequenz von Moosen in den vier Zählgitterflächen am Stamm der Dauerbeobachtungsbäume.

(**Datengrundlage:** Moos-Dauerbeobachtungsflächen nach Bungartz & Ziemmeck (1997). **Baumart:** *Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica* oder *Picea abies*. **Stammumfangklassen:** bis 160 cm bzw. über 160 cm Umfang wurde ein Zählgitter mit 40 cm Höhe und 20 cm bzw. 40 cm Breite (800 cm² bzw. 1600 cm²) verwendet. Arten am Stamm bzw. im Gitter: Anzahl der Moosarten am Stamm oberhalb der Stammfuß-Dauerbeobachtungsfläche am gleichen Baum bzw. alle Moosarten ausschließlich innerhalb der vier Zählgitterflächen (Nord, Ost, Süd, West). Abweichungen (*) lediglich bei *Picea abies*. Frq.-Summe: hier die Frequenzsumme der Moosarten in den vier Gitterflächen am Stamm, ausgegeben als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) pro Baum in der jeweiligen Kategorie. Eine Art kann an einem Baum maximal die Frq.-Summe 40 erreichen. DG-Summe (%): Deckungsgrad der Moose in den vier Gitterflächen ausgegeben als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) pro Baum in der jeweiligen Kategorie. Der Deckungsgrad einer Art oder aller Arten zusammen kann maximal 100 % erreichen. Mittelwerte von mindestens zwei und Standardabweichungen von mindestens drei Werten).

Naturwald-reservat	Baumart	Stamm-umfang-klasse	Bäume Anzahl	Arten am Stamm		Arten im Gitter		Frq.-Summe		DG-Summe (%)	
				MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
Ruppelstein	Acer pseud.	bis 160 cm	8	5,1	1,5	5,1	1,5	67,8	11,6	57,1	16,4
Gottlob		über 160 cm	1	8		8		70		58,2	
Ruppelstein			2	7,5		7,5		62,0		33,7	
Gottlob	Fagus sylvat.	bis 160 cm	7	5,0	2,7	5,0	2,7	28,7	17,6	20,1	20,9
Ruppelstein			5	6,0	2,5	6,0	2,5	35,2	20,4	21,0	17,8
Springenkopf			3	5,7	1,2	5,7	1,2	28,3	6,1	25,4	7,4
Gottlob	Fagus sylvat.	über 160 cm	4	5,8	1,5	5,8	1,5	51,8	23,8	49,2	30,7
Ruppelstein			5	6,0	2,8	6,0	2,8	58,0	21,3	61,5	14,1
Springenkopf			7	7,0	2,8	7,0	2,8	65,9	26,4	50,6	16,7
Gottlob	Picea abies	bis 160 cm	3	1,0*	0,0	0,7	0,6	0,7	0,6	0,2	0,3
Ruppelstein			4	2,5	1,7	2,5	1,7	9,8	7,4	3,0	2,1
Springenkopf			4	1,3*	0,5	1,0	0,8	1,5	1,3	0,1	0,1
Gottlob	Picea abies	über 160 cm	7	1,3*	0,5	1,0	0,8	2,1	2,1	1,1	2,3
Ruppelstein			6	2,7	1,0	2,7	1,0	14,2	10,8	5,3	6,8
Springenkopf			6	2,8	1,8	2,8	1,8	16,0	11,4	4,3	3,4

ckungswerte der Moose an Bergahorn, Buche oder Fichte gleicher Stammdurchmesserklasse keine durchgehenden Unterschiede. Zwischen den Naturwaldreservaten bestehen auch keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der mittleren Moosartenzahlen pro Baum in Stamm-DBF bei gleicher Trägerbaumart. Am geringsten ist die mittlere Moosartenzahl in DBF an Fichtenstämmen mit nur einer bis drei Moosarten

im Gegensatz zu Bergahornen und Buchen mit fünf und acht Arten (Tabelle 4).

In Stammfuß-DBF fällt der Unterschied hinsichtlich der mittleren Moosartenzahl zwischen Fichten und den beiden Laubbaumarten geringer aus (Tabelle 5). Für alle drei Baumarten gilt, dass jeweils ältere Bäume in den Stamm-DBF geringfügig mehr verschiedene Moosarten aufweisen.

Tabelle 5

Deckungsgrad von Moosen am Stammfuß Dauerbeobachtungsbäume.
(Datengrundlage: Moos-Dauerbeobachtungsflächen nach BUNGARTZ & ZIEMMECK (1997). **Stammumfangklassen:** auch bei den Stammfuß-Dauerbeobachtungsflächen wurden Funde an unterschiedlich alten Bäume getrennt ausgewertet und dazu die beiden Stammumfangklassen (bis 160 cm bzw. über 160 cm Umfang) wie am Mittelstamm der gleichen Bäume verwendet. **Moosartenzahl:** Anzahl der Moosarten in den vier Stammfußsektoren (Nord, Ost, Süd, West) der Dauerbeobachtungsbäume, ausgegeben als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) pro Baum in der jeweiligen Kategorie. **DG-Summe (%):** Deckungsgrad der Moose in den Sektoren ausgegeben als Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) pro Baum in der jeweiligen Kategorie. Der Deckungsgrad einer Art oder aller Arten zusammen kann maximal 100 % erreichen. Mittelwerte von mindestens zwei und Standardabweichungen von mindestens drei Werten).

Naturwaldreservat	Baumart	Stammumfangklasse	Bäume	Moosartenzahl		DG-Summe (%)	
			Anzahl	MW	SD	MW	SD
Ruppelstein	<i>Acer pseudoplatanus</i>	bis 160 cm	8	5,6	1,8	58,7	11,6
Gottlob		über 160 cm	1	10,0		44,1	
Ruppelstein			2	7,0		54,5	
Gottlob	<i>Fagus sylvatica</i>	bis 160 cm	7	4,4	1,4	56,3	25,6
Ruppelstein			5	6,2	1,6	62,9	23,5
Springenkopf			3	3,7	1,5	84,1	7,2
Gottlob	<i>Fagus sylvatica</i>	über 160 cm	4	5,3	1,9	71,1	17,5
Ruppelstein			5	7,8	2,3	85,7	12,0
Springenkopf			7	6,0	4,4	71,0	13,9
Gottlob	<i>Picea abies</i>	bis 160 cm	3	5,3	3,5	32,2	8,4
Ruppelstein			4	3,5	0,6	50,8	5,0
Springenkopf			4	4,8	1,7	49,3	7,8
Gottlob	<i>Picea abies</i>	über 160 cm	7	6,9	1,6	55,6	12,2
Ruppelstein			6	4,7	1,6	50,9	12,6
Springenkopf			6	4,7	1,9	65,6	24,2

Während Buchen und Bergahorne in den DBF am Stamm zwischen 11 und 21 Moosarten beherbergen, kommen in den DBF an Fichten 1 bis 8 Moosarten vor. Am Stammfuß sind die Unterschiede geringer. Dort weisen Fichten zwischen 8 und 13 größtenteils an saure Habitats angepasste Moosarten auf, z. B. *Calypogeia muelleriana*, *Dicranum tauricum*, *Lepidozia reptans*, *Ptilidium pulcherrimum*, während an Buchen und Bergahornen bis zu 18 Moosarten vorkommen, bei denen sich zu einigen acidophytischen Arten eine Mehrzahl von

an subneutrale Habitats adaptierten Moosen gesellt, wie z. B. *Alleniella complanata*, *Isothecium alopecuroides*, *Ptychostomum moravicum* (syn. *Bryum subelegans*) oder Orthotrichum-Arten. Die bevorzugte Orientierung der Arten an Stamm und Stammfuß ist sehr unterschiedlich. Nur wenige, häufig vorkommende Arten sind in allen Expositionen vertreten. Am Stamm sind dies *Dicranum montanum*, *Hypnum cupressiforme*, *Metzgeria furcata*, *Orthotrichum stramineum* und *Ulotia bruchii*, am Stammfuß zusätzlich *Brachy-*

thecium rutabulum, *Plagiothecium laetum* und *Porella platyphylla* und *Ptychostomum moravicum*. Alle anderen Moose kommen entweder dennoch in mittlerer Deckung vor, aber dann bevorzugt in einer bis drei Expositionen, oder sie sind generell nur mit wenigen Exemplaren vertreten.

Die Aufnahmen an den Baumstämmen der Dauerbeobachtungsbäume wurden anhand von Charakter- und Trennarten bryosoziologischen Einheiten zugeordnet. Tabelle 6 zeigt die Zuordnung in Anlehnung an MARSTALLER (1993) für die Moosgemeinschaften in Stamm-DBF an 31 Buchen in den drei Naturwaldreservaten. Die Moosgemeinschaften an acht Buchen mit im Mittel 124 cm Stammumfang werden aufgrund des häufigen Auftretens von *Frullania dilatata* und *Radula complanata* in Kombination mit *Orthotrichum lyellii*, *O. stramineum*, *Ulota bruchii* oder *U. crispa* in die Klasse der *Frullanio-Leucodontetia* bzw. der Ordnung *Orthotrichetalia* und darin dem *Ulotion crispae* eingeordnet. An sechs älteren Buchen mit im Mittel 188 cm Stammumfang sind *Ptychostomum moravicum* und *Brachythecium rutabulum* typische Arten des *Bryo-Brachythecions*, also von Gesellschaften auf basenreichem, leicht morschem Holz bzw. Borke. Diese Bäume sind doppelt so dicht mit Moosen bedeckt, wie alle anderen. Die restlichen 17 Buchen mit ebenfalls dickeren Stämmen (MW 163 cm) beherbergen Gemeinschaften, die anhand von *Dicranum montanum*, *D. scoparium* und *Dicranoweisia cirrata* zum *Dicrano-Hypnion* gestellt werden. Die Gemeinschaften an diesen Buchen sind quantitativ in erster Näherung durch den Stammumfang der Trägerbäume und die mittlere Anzahl der Moosarten gekennzeichnet. Hinsichtlich der Dominanzstruktur unterscheiden sie sich nur geringfügig, die Buchen mit *Dicrano-Hypnion*-Gemeinschaften werden etwas stärker von nur wenigen Arten beherrscht.

WECKESSER (2009) wies im luxemburger Naturwaldreservat Beeteburger Bësch an Buchen-

stämmen neben anderen auch die drei hier abgegrenzten Moosgemeinschaften nach mit einem sehr ähnlichem Ergebnis hinsichtlich der Stammumfänge und mittleren Artenzahlen. Die mittleren Deckungswerte waren dort aber nur rund ein Drittel so hoch wie an den Buchen in den drei Hunsrück-Naturwaldreservaten.

Die Gemeinschaften auf den Bergahornen zeigen Übergänge von den vorgenannten Gesellschaften hin zu den *Neckeretalia complanatae*. Bemerkenswert ist hier das Auftreten von *Antitrichia curtispindula* an einem alten Bergahorn mit 202 cm Stammumfang im NWR Ruppelstein. *A. curtispindula* ist Charakterart des *Antitrichietum curtispindulae*, einer im Hunsrück wahrscheinlich seltenen Moosgesellschaft, von der beispielsweise SCHUBERT (2008) aus dem Harz „zweimal wieder an Bergahorn“ mit ähnlichen Begleitarten berichtet, wie hier im NWR Ruppelstein (sofern keine andere Angabe alle mit Deckungsgrad $1 = >0$ bis 5%): *A. curtispindula*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme* 3, *Isothecium alopecuroides* 2, *Metzgeria furcata* 2, *Orthotrichum stramineum*, *O. tenellum*, *Ptychostomum moravicum*, *Zygodon viridissimus*. LAUER (2005) zitiert alte Arbeiten bis 1863, nach denen *A. curtispindula* an Waldbäumen in der Pfalz häufig vorkam, heute jedoch nur Vorkommen im Pfälzerwald und dem Saar-Nahe-Bergland bekannt sind und die Art im übrigen Gebiet der Pfalz fehlt. MEINUNGER & SCHRÖDER (2007) indes berichten, dass im Vergleich zu den anderen Bundesländern *A. curtispindula* in Rheinland-Pfalz noch häufiger und in großen Beständen vorkommt.

Die artenarmen Gemeinschaften auf den Fichtenstämmen werden von *Hypnum cupressiforme* und *Dicranum montanum* dominiert und lassen sich am ehesten dem *Orthodicrano montani-Hypnetum filiformis* zuordnen.

Tabelle 6

Artengemeinschaften der Moose in den Stamm-Dauerbeobachtungsflächen an Buchen.
 (Römische Ziffern: **Stetigkeitsklassen**: I, >0-20; II, >20-40; III, >40-60; IV, >60-80; V, >80-100 %
 relativer Häufigkeit der Aufnahmen. CA, Charakterart, DA, Differentialart. „Buche FL“ (bzw. BB, DH)
 umfasst die Buchen mit Gemeinschaften der *Frullania dilatatae-Leucodontetea sciuroidis* (bzw. aus dem
 Bryo-Brachythecion oder dem *Dicrano scoparii-Hypnion filiformis*. Einstufung nach MARSTALLER (1993).
 MW, Mittelwert; SD, Standardabweichung).

Bryosoziologische Einheit	Buche FL	Buche BB	Buche DH	
Anzahl Aufnahmen	8	6	17	Bryosoziologische Einstufung
Stammumfang/cm (MW)	124	188	163	
Moosartenzahl (MW)	6,8	7,0	4,6	
Mittlerer Deckungsgrad aller Moose in den Aufnahmen (%)	30	56	30	
Evenness J' (MW, SD)	0,44+0,14	0,40+0,18	0,32+0,22	
Shannon-Index H' (MW, SD)	0,84+0,31	0,79+0,45	0,47+0,36	
Häufige Arten				
<i>Metzgeria furcata</i>	IV	IV	II	<i>Ulotion crispae</i> (DA)
<i>Hypnum cupressiforme</i>	V	V	V	<i>Bryobrachythecetalia rutabulo-salebrosi</i>
Buche FL				
<i>Frullania dilatata</i>	IV			<i>Frullania dilatatae-Leucodontetea sciuroidis</i> (DA)
<i>Radula complanata</i>	IV			<i>Frullania dilatatae-Leucodontetea sciuroidis</i> (DA)
<i>Orthotrichum lyellii</i>	I		I	<i>Orthotrichetalia</i> (CA)
<i>Orthotrichum stramineum</i>	IV	II	II	<i>Ulotion crispae</i> (CA)
<i>Ulota</i>			I	<i>Ulotetum crispae</i> (CA)
<i>Ulota bruchii</i>	IV	II	III	<i>Ulotetum crispae</i> (CA)
<i>Ulota crista</i>	II		I	<i>Ulotetum crispae</i> (CA)
Buche BB				
<i>Ptychostomum moravicum</i>	II	V		Bryo-Brachythecion (CA)
<i>Brachythecium rutabulum</i>		I	I	
Buche DH				
<i>Dicranum montanum</i>	II	II	IV	<i>Dicrano scoparii-Hypnion filiformis</i> (DA)
<i>Dicranum scoparium</i>	II	V	III	<i>Dicrano scoparii-Hypnion filiformis</i> (DA)
<i>Dicranoweisia cirrata</i>	I		I	<i>Dicrano scoparii-Hypnion filiformis</i> (DA)
Weitere Arten				
<i>Cephaloziella divaricata</i>	I	I	I	
<i>Dicranum tauricum</i>		I		
<i>Frullania tamarisci</i>		I		
<i>Isothecium alopecuroides</i>		I		
<i>Isothecium myosuroides</i>		I		
<i>Orthotrichum</i>		I	I	
<i>Orthotrichum affine</i>	I			
<i>Orthotrichum tenellum</i>	II	I	I	
<i>Paraleucobryum longifolium</i>	I	I	I	
<i>Plagiothecium denticulatum</i>			I	
<i>Plagiothecium laetum</i>	I	I	II	
<i>Polytrichum formosum</i>		I	I	
<i>Ptilidium pulcherrimum</i>			I	
<i>Rhynchostegium confertum</i>		I		
<i>Zygodon rupestris</i>	I	I	I	

5. Diskussion

Nach der Ersterhebung der Moose in den drei Naturwaldreservaten erfolgt zunächst ein Vergleich der Wälder anhand ihrer Gesamtartenspektren. Der Nutzen der jetzt eingerichteten Dauerbeobachtungsflächen liegt vor allem in der Möglichkeit, zeitliche Veränderungen der Flora und der Vegetation in definierten Flächen zu verfolgen und mit abiotischen und biotischen Faktoren, darunter auch die Substratalterung, zu korrelieren.

Obwohl die Flächen der Naturwaldreservate Gottlob und Springenkopf größer sind und der „Urwaldeindruck“ im letzteren stärker erscheint, mag es überraschen, dass im deutlich kleineren NWR Ruppelstein fast ebenso viele Moosarten nachgewiesen wurden wie im NWR Gottlob. Das NWR Ruppelstein ist zudem gekennzeichnet durch die höchste Anzahl epiphytischer Moosvorkommen, die meisten Arten davon mit hoher Empfindlichkeit gegenüber anthropogenem Einfluss (Hemerobie), das Vorkommen von mehr gegenüber Immissionen sehr empfindlichen Moosen und einer doppelt so hohen Anzahl von Moosarten, die als Indikatoren für historische Kontinuität (FRITZ et al. 2008) eingestuft wurden. Schon aufgrund dieser Beobachtungen darf man dem NWR Ruppelstein eine besser ausgeprägte „Naturnähe“ attestieren.

Die von PREUSSING et al. (2011) veröffentlichte Waldartenliste teilt die Moose in mehr oder weniger eng an Wald gebundene und sowohl Wald als auch Offenland besiedelnde Arten ein, unabhängig vom Natürlichkeitsgrad der Wälder oder der historischen Kontinuität der Waldstandorte. Der rund ein Viertel geringere Anteil eng an den Wald gebundener Moosarten (Kategorien M1.1 und M1.2) im relativ lichten NWR Springenkopf gegenüber den beiden anderen NWR bestätigt den von SCHMIDT et al. (2011) berichteten positiven Effekt des Deckungsgrads der Baumschicht auf den relativen Beitrag der Waldarten zum Moosartenspektrum. Die von SCHMIDT et al. (2011) angeführten Beispiele von Wäldern in den Regionen Schwäbische Alb, Hainich-Dün und Schorfheide-Chorin weisen im Mittel 25 %

Moosarten mit Waldbindung auf (Kategorien M1.1 und M1.2, alle Substrate), somit deutlich weniger als in den drei Hunsrück-Naturwaldreservaten. Andererseits dürfte der Anteil eng an den Wald gebundener Moosarten nicht nur durch den Deckungsgrad der Baumschicht, sondern auch durch die Vielfalt vorhandener Substrate und Strukturen insgesamt beeinflusst werden. Daher erscheinen Zeitreihen-Vergleiche weniger kritisch als Vergleiche verschiedener Standorte, wenn man die Waldartenliste zur ökologischen Interpretation von Wäldern heranzieht. So weist beispielsweise das NWR Ruppelstein innerhalb des geschlossenen Waldes mehr und ausgedehntere Fels- und Blocksteinvorkommen auf als das NWR Springenkopf. Schränkt man den Vergleich auf ein bestimmtes Habitat ein, hier z. B. Moose an den Stammfüßen von Waldbäumen, dann sind die drei NWR hinsichtlich des Anteils eng an den Wald gebundener Arten sehr ähnlich (Tabelle 3).

Ebenso kann in Zeitreihen-Vergleichen das Vorkommen als gefährdet eingestufte Moosarten zur ökologischen Bewertung von Wäldern genutzt werden. Der Entwurf der Roten Liste der Moose Deutschlands von CASPARI et al. (in Vorbereitung) nutzt objektive Kriterien zur Einstufung der Artengefährdung und berücksichtigt auch die Folgen des Klimawandels und der veränderten Immissionslage. Aktuell sind nur drei Moose in den Naturwaldreservaten als gefährdet (Kategorie 3) eingestuft, von denen wiederum nur eine, nämlich *Antitrichia curtipendula*, eine der sechs Indikatorarten für historische Kontinuität ist.

Unterschiede zwischen den drei Naturwaldreservaten hinsichtlich der ökologischen Zeigerwerte von Moosen lassen sich auf die unterschiedlichen Verteilungen relevanter Substrate zurückführen, wie beispielsweise den höheren Anteil an Bergahorn im NWR Ruppelstein. Die Feuchtezeigerwerte der epiphytischen Moose indizieren an allen Standorten dauerhaft luftfeuchte und somit für Moose generell günstige Bedingungen. Die als eher gering eingestufte Anzahl der Moose an Totholzobjekten beruht möglicherweise auf fehlendem unmittelbarem Kontakt der umge-

stürzten Bäume zu Oberflächenwasser oder, dass solche Arten aufgrund der generellen Seltenheit von Wäldern mit hohem Totholzanteil bisher noch nicht in die Naturwaldreservate eingewandert sind.

Moose (ebenso Flechten, Pilze und holzbewohnende Käfer; PAILLET et al. 2010) profitieren von Nicht-Bewirtschaftung, historischer Kontinuität und einem hohen Anteil besonders alter Bäume sowie von Totholz. Die drei Naturwaldreservate wurden erst in den 1980er Jahren, ungefähr gleichzeitig, aus der Bewirtschaftung genommen. Die höhere Anzahl von Indikatorarten für historische Kontinuität im NWR Ruppelstein dürfte daher vermutlich vor allem mit dem höheren Alter der ältesten Buchen und dem hohen Anteil ebenfalls alter Bergahornbäume zusammenhängen. Die aktuelle Immissionsbelastung durch eutrophierende Stickstoffbedingungen (UMWELTBUNDESAMT 2011) und historische Belastungen durch Sauren Regen betreffen alle drei Naturwaldreservate in der Kammlage des Hochwalds wahrscheinlich gleichermaßen.

Die beiden Untersuchungen von WECKESSER (2009, 2010) über Moose in Naturwaldreservaten südlich der Stadt Luxemburg (Beeteburger Bësch)

und oberhalb der Mosel bei Schengen (Grouf) wurden hier zum Vergleich der Artendiversität auf den Stämmen der Waldbäume herangezogen. Dabei zeigt sich die Anzahl der Moose pro Baum (Buche) als vergleichbar hoch, während die Deckung der Moose in den Hunsrück-Naturwaldreservaten um 50 % höher ist. Auch die Moosgesellschaften auf den Buchenstämmen sind sehr ähnlich, wobei die beteiligten Moosarten in den luxemburger Stamm-Dauerbeobachtungsflächen gleichmäßiger verteilt, die Gesellschaften dort also weniger durch einzelne Arten beherrscht werden. Wie immer sind solche Vergleiche schwierig. So wurden die luxemburger Flächen erst kürzlich aus der Bewirtschaftung genommen. Und da die Bodenverhältnisse voneinander abweichen – tonige Ablagerungen und unterschiedlicher Kalkgehalt in den luxemburger Wäldern, saure Bedingungen im Hunsrück –, die Buchen im Hunsrück also mineralärmere Borke aufweisen dürften, hätte man hier durchaus eine geringere mittlere Moosartenzahl pro Baum erwarten dürfen. In einer anderen Untersuchung eines luxemburger Naturwaldreservates auf saurem Untergrund wurden keine vergleichbaren Werte angegeben (HANS 2009), die Mehrzahl der dort vorkommenden epiphytischen Moose sind jedoch Azidophyten.

6. Ausblick

Die hier vorgelegten Ergebnisse beschreiben den Ist-Zustand der Moosflora im Jahr 2015 und somit schon mindestens 33 Jahre nach Ende der Bewirtschaftung der drei Naturwaldreservate. Das hohe Alter der Buchen, für unterschiedlich alte Buchenbestände typische Moosgemeinschaften und ein bereits hoher Anteil an Totholz unterschiedlichen Zersetzungsgrades sowie das Vorkommen von beschatteten und lichtoffenen Blocksteinhalden als Substrat für epilithische Moose bedeuten günstige Bedingungen zur weiteren Entwicklung der Moosflora. Die jetzt schon infolge von Windwürfen durch natürliche Lichtungen charakterisierten Areale werden sich in den Naturwaldreservaten Gottlob und Springenkopf mit fortschreitender Alterung der Bestände im

Lauf der Jahre weiter ausdehnen, diese Lichtungen wiederum in die Sukzession gehen. Vorübergehend wird daher die Wahrscheinlichkeit der Ansiedlung gefährdeter, an schwach belichtete und sogleich dauerluftfeuchte Standorte adaptierter Moose (z.B. *Dicranum viride*) abnehmen zugunsten von Arten, die an lichtoffenere Bedingungen angepasst sind und bevorzugt sehr alte Bäume und Totholz besiedeln. Vergleichbare Waldflächen sind derzeit in Deutschland und den Nachbarländern noch selten, die Entwicklung somit wünschenswert. Das Vorkommen von *Antitrichia curtipendula* und fünf weiterer Indikatorarten historisch alter Wälder sowie, als Zufallsfund, der Stecknadelflechte *Sclerophora peronella* (Ach.) Tibell an einem alten Bergahorn (VAN DORT, STAPPER

& JOHN; neu für Rheinland-Pfalz; extrem selten in Deutschland; WIRTH et al. 2013) weisen bereits jetzt auf eine Sonderstellung des Naturwaldreservats Ruppelstein hin.

Spannend ist die Frage, wie sich anthropogene Einflüsse zukünftig auswirken werden. In baden-württembergischen Wäldern ist eine Wirkung saurer Immissionen anhand epiphytischer Flechten heute praktisch nicht mehr erkennbar, und auch die geringfügig unterschiedliche Hintergrundbelastung durch eutrophierende Luftschadstoffe ist, im Gegensatz zu lokalen Einträgen, anhand der Flechtenbiota nicht differenzierbar (STAPPER & APTROOT 2015). Ähnliches dürfte für Rheinland-Pfalz gelten. Depositionen mit Ammonium tragen indirekt ebenso wie Stickstoffoxide zur Bodenversauerung bei und werden daher, auch wenn die Gesamtdeposition mit 14 kg N pro Hektar und Jahr (UMWELTBUNDESAMT 2011) im bundesweiten Vergleich gering ist, langfristig dennoch die Flora und Vegetation der Naturwaldreservate beeinflussen. Derzeit fehlen auf erhöhte Nährstoffeinträge hinweisende Moo-

se an den Baumstämmen. Solche Arten kommen nur am Boden im Bereich der Wege vor.

Deutlich stärker wird sich wahrscheinlich der Klimawandel auswirken! In den baden-württembergischen Wäldern sind bereits heute signifikante Veränderungen der Flechtenbiota infolge des Klimawandels erkennbar (STAPPER & APTROOT 2015). Sollte der bisherige, schnelle Anstieg der jährlichen Temperaturmittelwerte – plus 1 Kelvin innerhalb von 60 bis 100 Jahren (DEUTSCHER WETTERDIENST 2017) – derart weiter verlaufen, dann dürfte dies insbesondere an kühle Standorte adaptierte Organismen betreffen, zu denen viele Moose gehören (HE et al. 2016), und damit potentiell jene Gesellschaften, die im Hunsrück-Hochwald namentlich aufgrund der Höhenlage vorkommen oder vorkommen könnten. Zukünftige Erhebungen, ein Abstand von fünf bis zehn Jahren erscheint sinnvoll, werden somit neben dem Einwandern zusätzlicher, jetzt noch fehlender Arten auch das Verschwinden anderer Arten dokumentieren.

Literatur

- ALBRECHT, L. (1990): Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung und Naturwaldreservaten. Schriftenreihe Naturwaldreservate in Bayern 1, München, 219 S.
- ATHERTON, I.; BOSANQUET, S.; LAWLEY, M. (Eds) (2010): Mosses and Liverworts of Britain and Ireland: A Field Guide. - British Bryological Society. - Latimer Trend & Co., Plymouth. 849 S.
- BALCAR, P. (2018): Waldstrukturen und Artuntersuchungen in Buchen-Naturwaldreservaten des Nationalparks Hunsrück-Hochwald. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Ökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, Nr. 82/2018. Biodiversität in Buchenwald-Naturwaldreservaten - 30 Jahre nutzungsfreie Waldentwicklung (Vögel, Pflanzen, Fledermäuse, Käfer, Totholz, Moose, Flechten, Pilze, Baumstrukturen). Autorenkollektiv: 7-23
- BUNGARTZ, F.; ZIEMMECK, F. (1997): Methodenentwicklung zur Erfassung und Dauerbeobachtung der Moos- und Flechtenvegetation in Naturwaldzellen Nordrhein-Westfalens. - Auftragsgutachten für die Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten, Recklinghausen: 90 S.
- CASPARI, S.; DÜRHAMMER, O.; SAUER, M. & SCHMIDT, C. (IN VORBEREITUNG): Rote Liste und Gesamtartenliste der Moose (Marchantiophyta, Anthocero-phyta, Bryophyta) Deutschlands. – In: Metzger, D.; Hofbauer, N.; Ludwig, G. & Matzke-Hajek, G. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 7: Pflanzen. – Münster (Landwirtschaftsverlag). – Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (7)
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2017): Climate Data Center CDC. - <ftp://ftp-cdc.dwd.de/pub/CDC/>, dort folgende Verzeichnisse wählen: regional_averages_DE -> annual -> air_temperature_mean -> regional_averages_tm_year.txt. Zeitreihen für Gebietsmittel für Bundesländer und Kombinationen von Bundesländern, 1981 bis 2016 [letzter Zugriff 30. Mai 2017].
- DIERSSEN, K. (2001): Distribution, ecological amplitude and phytosociological characterization of European bryophytes. - Bryophytorum Bibliotheca, Band 56. Verlag J. Cramer, Berlin, Stuttgart. 289 S.

- DÜLL, R. (2001): Zeigerwerte von Laub- und Lebermoosen. - In: Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D. 2001: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobotanica 18, 3. Auflage, S. 175-220
- FRAHM, J.-P.; STAPPER, N.J.; FRANZEN-REUTER, I. (2007): Epiphytische Moose als Umweltgütezeiger. Ein illustrierter Bestimmungsschlüssel. - VDI-Schriftenreihe 40. - Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Schriftenreihe Band 40. Düsseldorf, 152 S., davon 80 ganzseitige Farbtafeln
- FRITZ Ö.; GUSTAFSSON, L.; LARSSON, K. (2008): Does forest continuity matter in conservation? - A study of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests of southern Sweden. - Biological Conservation 141: 655-668
- HANS, F. (2009): Die Moose (Bryophyta) des Naturwaldreservates Laangmuer. - In: Murat D. [Hrsg.] 2009: Naturwaldreservate in Luxemburg, Band 5. Zoologische und botanische Untersuchungen „Laangmuer“ 2007 – 2008. Naturverwaltung Luxemburg: 227 S.
- HE, X.; HE, K.S.; HYVÖNEN, J. (2016): Will bryophytes survive in an warming world? - Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 19: 49-60
- HODGETTS, N.G. (2015): Checklist and country status of European bryophytes - towards a new Red List for Europe. Irish Wildlife Manuals, No. 84. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Ireland
- LAUER, H. (2005): Die Moose der Pfalz. Pollichia-Buch Nr. 46: 1219 S., Bad Dürkheim
- MARSTALLER, R. (1993): Synsystematische Übersicht über die Moosgesellschaften Zentraleuropas. Herzogia 9: 513-541
- MEINUNGER, L.; SCHRÖDER, W. (2007): Verbreitungsatlas der Moose Deutschlands. - 3 Bd., 636 + 699 + 709 S., Regensburgische Botanische Gesellschaft, Regensburg
- PAILLET, Y., BERGÈS, L.; HJÄLTÉN, J.; ÓDOR, P.; AVON, C.; BERNHARDT-RÖMERMANN, M.; BIJLSMA, R.-J.; DE BRUYN, L.; FUHR, M.; GRANDIN, U.; KANKA, R.; LUNDIN, L.; LUQUE, S.; MAGURA, T.; MATESANZ, S.; MÉSZÁROS, I.; SEBASTIÀ, M.-T.; SCHMIDT, W.; STANDO-VÁR, T.; TÓTHMÉRÉSZ, B.; UOTILA, A.; VALLADARES, F.; VELLAK, K.; VIRTANEN, R.: (2010): Biodiversity differences between managed and unmanaged forests: meta-analysis of species richness in Europe. - Conservation Biology 24: 101-112
- PREUSSING, M.; DREHWALD, U.; KOPERSKI, M.; THIEL, M.; WAESCH, G.; BAUMANN, M.; BERG, C.; DIERSCHKE, H.; DOLNIK, C.; DÜRHAMMER, O.; EWALD, J.; FISCHER, A.; GRÜNBERG, H.; HEINKEN, T.; JANSEN, F.; KISON, H.-U.; KLAWITTER, J.; KRIEBITZSCH, W.-U.; LOOS, G.-H.; MANTHEY, M.; MÜLLER, J.; PAUL, A.; REIMANN, M.; PREUSSING, M.; PREUSSING, W.; STETZKA, K. M.; TEUBER, D.; TEUBER, U.; WAGNER, A.; WAGNER, I.; WECKESSER, M.; WINTER, S.; WOLF, T.; WULF, M. (2011): Waldartenliste der Moose Deutschlands. - BfN-Skripten 299, 75-88
- SCHMIDT, M.; CULMSEE, H.; BOCH, S.; HEINKEN, T.; MÜLLER, J.; SCHMIEDEL, I. (2011): Anwendungsmöglichkeiten von Waldartenlisten für Gefäßpflanzen, Moose und Flechten. - BfN-Skripten 299, 25-45
- SCHUBERT, R. (2008): Die Moosgesellschaften des Nationalparks Harz. - Mitteilungen zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt Sonderheft 5. Ampyx, Halle. 84 S.
- SIEBEL, H.N. (1993): Indicatiegetallen van blad- en levermossen. Rapport IBN-DLO, Wageningen. Im Internet verfügbar über die Adresse: <http://www.blwg.nl/mossen/standaardlijst/mosindicatie.xls> [letzter Zugriff: 25. Januar 2016]
- SÖDERSTRÖM, L.; HAGBORG, A.; VON KONRAT, M.; BARTHOLOMEW-BEGAN, S.; BELL, D.; BRISCOE, L.; BROWN, E.; CARGILL, D. C.; COSTA, D. P.; CRANDALL-STOTLER, B. J.; COOPER, E. D.; DAUPHIN, G.; ENGEL, J. J.; FELDBERG, K.; GLENNY, D.; GRADSTEIN, S. R.; HE, X.; HEINRICH, J.; HENTSCHEL, J.; ILKIU-BORGES, A. L.; KATAGIRI, T.; KONSTANTINOVA, N. A.; LARRAÍN, J.; LONG, D. G.; NEBEL, M.; PÓCS, T.; PUCHE, F.; REINER-DREHWALD, E.; RENNER, M. A.; SASS-GYARMATI, A.; SCHÄFER-VERWIMP, A.; MORAGUES, J. S.; STOTLER, R. E.; SUKKHARAK, P.; THIERS, B. M.; URIBE, J.; VÁÑA, J.; VILLARREAL, J. C.; WIGGINTON, M.; ZHANG, L.; ZHU, R. (2016): World Checklist of Hornworts and Liverworts. - Phytokeys, 59, 1-828. <http://dx.doi.org/10.3897/phytokeys.59.6261>
- STAPPER, N.J.; APTROOT, A. (2015): Flechtenmonitoring auf 21 Wald-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg 2015. - Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW). Karlsruhe. 65 S.
- STETZKA, K.M.; STAPPER, N.J. (2001): Moose und Flechten im Level-II-Programm: Erste Untersuchungsergebnisse aus Hessen, Sachsen und Nordrhein-Westfalen. S. 88-157. - In: Dauerbeobachtung der Waldvegetation im Level II-Programm: Methoden und Auswertung. Hrsg.: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL), Referat 533

-
- UMWELTBUNDESAMT (2011): Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff. Bezugsjahr 2009. – Online abrufbar unter <http://gis.uba.de/website/depo1/index.html> [letzter Zugriff 10. Februar 2016]
- WECKESSER, M. (2009): Die Moose (Bryophyta) des Naturwaldreservates Beeteburger Bësch. - In: Murat D. [Hrsg.] 2012: Naturwaldreservate in Luxemburg, Band 9. Zoologische und botanische Untersuchungen „ Beeteburger Bësch“ 2005 – 2011. Naturverwaltung Luxemburg: 324 S.
- WECKESSER, M. (2010): Die Moose (Bryophyta) des Naturwaldreservates Grouf. - In: Murat D. [Hrsg.] 2013: Naturwaldreservate in Luxemburg, Band 10. Zoologische und botanische Untersuchungen „Grouf“ 2007 – 2011. Naturverwaltung Luxemburg: 282 S.
- WIRTH, V.; HAUCK, M.; SCHULTZ, M. (2013): Die Flechten Deutschlands. – Ulmer, Stuttgart: 1244 S.