

Fledermäuse in hessischen Naturwaldreservaten

Markus Dietz, Elena Krannich & Mona Weitzel

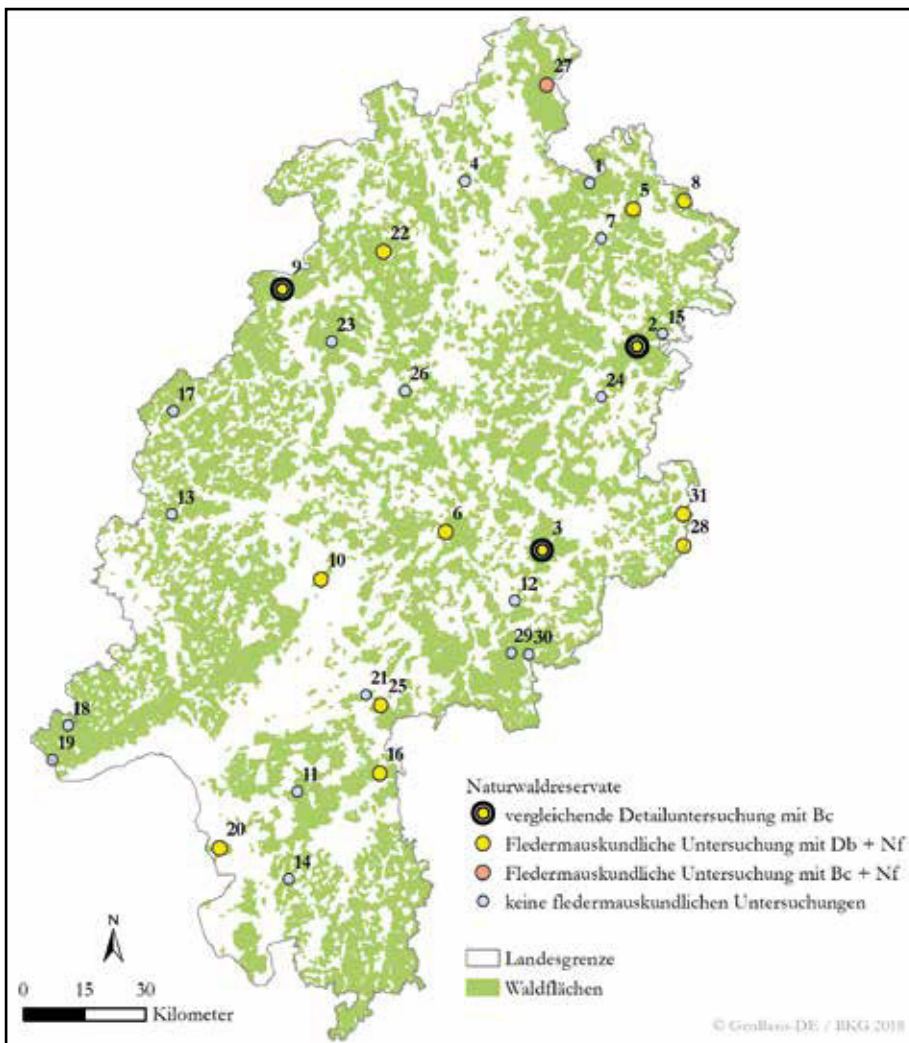


Abb. 1: Lage der hessischen Naturwaldreservate und fledermauskundlich untersuchte Naturwaldreservate (Stand: 2018)

Abkürzungen: Db – Detektorbegehung, Bc – Batcorder, Nf – Netzfang

Einleitung

Seit 1988 wurden in Hessen insgesamt 31 Naturwaldreservate (NWR) mit einer Gesamtfläche von 1.228 ha ausgewiesen (SCHMIDT & MEYER 2010). Die natürliche Entwicklung dieser Waldgebiete wird seitdem intensiv wissenschaftlich erforscht. Es erfolgen boden- und vegetationskundliche, waldökologische sowie faunistische Untersuchungen sowohl in den unbewirtschafteten Totalreservaten als auch in den benachbart liegenden bewirtschafteten Vergleichsflächen (ALTHOFF et al. 1991). Die mittlere Größe der Totalreservate in Hessen liegt bei knapp 40 ha, die der Vergleichsflächen bei 34 ha.

Da Wälder für nahezu alle mitteleuropäischen Fledermausarten ein essentieller Lebensraum und manche Arten wie die Bechsteinfledermaus zudem Indikatoren von Naturwaldstrukturen sind (DIETZ et al. 2013), wurden seit 2002 fledermauskundliche Erfassungen zur Artendiversität in 14 ausgewählten Naturwaldreservaten

teten Vergleichsflächen (ALTHOFF et al. 1991). Die mittlere Größe der Totalreservate in Hessen liegt bei knapp 40 ha, die der Vergleichsflächen bei 34 ha. Da Wälder für nahezu alle mitteleuropäischen Fledermausarten ein essentieller Lebensraum und manche Arten wie die Bechsteinfledermaus zudem Indikatoren von Naturwaldstrukturen sind (DIETZ et al. 2013), wurden seit 2002 fledermauskundliche Erfassungen zur Artendiversität in 14 ausgewählten Naturwaldreservaten

durchgeführt. Die untersuchten Waldgebiete verteilen sich über ganz Hessen und verschiedene Wuchsgebiete (Tiefeland, Mittelgebirge). Der Erfassungsaufwand war verglichen mit den heutigen Anforderungen an Arterfassungen zwar gering, sollte jedoch aufgrund der Vergleichbarkeit mit den ersten Untersuchungen 2002 über die Folgejahre beibehalten werden. 2015 erfolgte zusätzlich eine vertiefende Studie in drei Naturwaldreservaten mit vergleichbarer abiotischer und biotischer Ausstattung, um die Fledermausdiversität und -aktivität im Totalreservat und der jeweils benachbarten bewirtschafteten Vergleichsfläche zu bestimmen.

Untersuchungsgebiete

Die 14 fledermauskundlich untersuchten Naturwaldreservate liegen verteilt vom Reinhardswald im Norden (NWR 27 Weserhänge) bis zur Rhein-Main-Ebene im Süden Hessens (NWR 20 Karlswörth, Abb. 1, Tab. 1). Die Gesamtfläche umfasst 878 ha, wovon 542 ha als Totalreservat (TR) ohne forstliche Eingriffe ausgewiesen sind. In den jeweiligen Vergleichsflächen (VF) erfolgen kontinuierlich die üblichen forstlichen Pflege- und Erntemaßnahmen bis hin zur Entnahme des Altbestandes. Die untersuchten Naturwaldreservate liegen in einer Höhenlage von 85 bis 895 m über NN und haben eine durchschnittliche Jahrestemperatur von 5 bis 10 °C und eine mittlere Jahresniederschlagsmenge von 550 bis 1.300 mm. Als Waldgesellschaften sind überwiegend Hainsimsen-, Waldmeister- und Waldgersten-Buchenwälder (*Luzulo-, Galio- und Hordelymo-Fagetum*) vertreten (Abb. 2). In den Naturwaldreservaten Kinzigau und Karlswörth, die in der Rhein-Main-Ebene liegen, ist die vorherrschende Waldgesellschaft ein Stiel-eichen-Hainbuchenwald (*Stellario-Carpinetum*, Abb. 3).

Tab. 1: Übersicht der geografischen, waldökologischen und klimatischen Merkmale der 14 fledermauskundlich untersuchten Naturwaldreservate in Hessen

Untersuchungs-jahr	Naturwald-reservat (Nr.)	Flächengröße [ha]			Forstliches Wuchsgebiet	Höhe ü. NN [m]	Jahresnieder-schlag [mm]	Jahresmittel-temperatur [°C]	vorherrschende Waldgesellschaft
		gesamt	Total-reservat	Ver-gleichs-fläche					
2002	Waldgebiet östlich Oppershofen (10)	42,7	21,3	20,4	Wetterau und Gießener Becken	220 – 245	550 – 600 9,0 – 9,5	Waldmeister-Buchenwald	
2002	Niddahänge östlich Rudingshain (6)	73,7	42,0	31,7	Vogelsberg und östlich angrenzende Sandsteingebiete	515 – 665	1.100 – 1.300 5,5 – 6,0	Waldgersten- und Waldmeister-Buchenwald	
2003	Meißner (5)	86,1	42,8	43,3	Mitteldeutsches Trias-Berg- und Hügelland	615 – 745	900 – 1.000 6,0 – 6,5	Waldmeister-Buchenwald	
2003, 2015	Locheiche (22)	34,8	34,8	–	Nördliches hessisches Schiefergebirge	485 – 560	650 – 750 7,5 – 8,5	Hainsimsen-Buchenwald	
2004	Langenstüttig (31)	30,3	30,3	–	Rhön	530 – 670	1.100 – 1.200 5,0 – 5,5	Waldgersten-Buchenwald	
2004	Stirnberg (28)	71,1	71,1	–	Rhön	670 – 895	1.000 – 1.100 6,0 – 6,5	Waldgersten-Buchenwald	
2005, 2015	Schönbuche (3)	54,8	27,9	26,9	Vogelsberg und östlich angrenzende Sandsteingebiete	370 – 455	750 7,0	Hainsimsen-Buchenwald	
2006	Hohestein (8)	51,1	26,7	24,4	Mitteldeutsches Trias-Berg- und Hügelland	510 – 565	700 7,8	Waldgersten-Buchenwald	
2007	Kinzigaue (25)	18,1	18,1	–	Ober rheinisches Tiefland und Rhein-Main-Ebene	105	650 – 700 9,5 – 10,0	Stieleichen-Hainbuchenwald	
2008	Zellhäuser Düne (16)	39,9	21,7	18,2	Rhein-Main-Ebene	125 – 130	690 9,7	Sand-Kiefernwald	
2010	Karlswörth (20)	49,0	49,0	–	Rhein-Main-Ebene	85 – 90	600 9,5	Eichen-Ulmen-Auenwald	
2010, 2015	Goldbachs- und Ziebachs-rück (2)	68,0	31,2	36,8	Mitteldeutsches Trias-Berg- und Hügelland	285 – 365	748 8	Hainsimsen-Buchenwald	
2011, 2012, 2015	Hasenblick (9)	85,2	44,9	40,3	Nördliches hessisches Schiefergebirge	360 – 455	800 – 850 7,5	Hainsimsen-Buchenwald	
2013	Weserhänge (27)	174,1	80,0	94,1	Reinhardswald	160 – 470	826 8	Hainsimsen-Buchenwald	
Summe	14	878,9	541,8	336,1					

Für den vertiefenden Vergleich der Fledermausdiversität und -aktivität zwischen Totalreservat und Vergleichsfläche wur-

den 2015 die drei Gebiete Goldbachs- und Ziebachs-rück (2), Schönbuche (3) und Hasenblick (9, Abb. 4, 5) ausgewählt.

Alle drei Naturwaldreservate umfassen ca. 140- bis 150-jährige Hainsimsen-Buchenwälder in Mittelgebirgslagen Nordhes-



Abb. 2: Im Vogelsberg liegender montaner Waldgersten- und Waldmeister-Buchenwald im NWR Niddahänge östlich Rudingshain (Foto: M. Dietz)

sens, die entweder auf Buntsandstein oder auf Kieselschiefer und Grauwacke stocken und sich in der oberen Buchen-Mischwald-Zone mit Höhenlagen zwischen 300 und 485 m über NN befinden. Die klimatischen Bedingungen sind mit Jahresmitteltemperaturen zwischen 7 und 8 °C und durchschnittlichen Jahresniederschlägen zwischen 750 und 850 mm vergleichbar.

Methodik

Basiserfassung

In allen untersuchten Naturwaldreservaten erfolgte eine Basiserfassung aus bioakustischer Erhebung und Netzfängen. Auf zuvor festgelegten Transekten erfolgten jeweils vier Begehungen mit Hilfe von Fledermausdetektoren (Typ Pettersson D 240X und D 1000X) in der Zeit von Mai bis September. Es wurde sowohl das Totalreservat als auch die Vergleichsfläche abgelaufen. Die Rufe vorbeifliegender Fledermäuse wurden protokolliert, lokalisiert sowie zur Nachbestimmung aufgenommen und gespeichert (s. u.).



Abb. 3: Im Rhein-Main-Tiefland liegender Stieleichen-Hainbuchenwald im NWR Kinzigau (Foto: M. Dietz)

Da nicht alle Fledermausarten akustisch zu bestimmen sind und um einen Hinweis auf mögliche Reproduktionsgebiete zu bekommen, erfolgten neben den Detektorbegehungen jeweils zwei Netzfänge in den Totalreservaten. Der

Fang der Tiere erfolgte mit mehreren feinen Netzen (Garnstärke 70 Denier, Maschenweite 15 mm, Gesamtlänge 90 m pro Standort). Jeder Netzstandort wurde dauerhaft von zwei erfahrenen und methodisch geschulten Fledermaus-



Abb. 4: Strukturreicher Altholzbestand im Totalreservat des NWR Hasenblick (Foto: M. Dietz)



Abb. 5: Starke Buchenverjüngung im lichten Buchenbestand in der Vergleichsfläche des NWR Hasenblick (Foto: M. Dietz)

kundlern betreut, um die Tiere sofort zu befreien. Für die gefangenen Fledermäuse wurden die Parameter Geschlecht, Alter und Reproduktionszustand erfasst und die Tiere anschließend wieder freigelassen.

Dieses systematische Vorgehen erfolgte in 13 der 14 untersuchten Naturwaldreservate. Neue Entwicklungen in der akustischen Erfassungsmethodik der Fledermäuse ermöglichen mittlerweile eine dauerhafte Aufnahme der Rufaktivität

über mehrere Nächte durch automatische akustische Erfassungsgeräte. Im Rahmen einer 2013 durchgeführten Abschlussarbeit erfolgte im Naturwaldreservat Hasenblick erstmals eine stationäre akustische Aufnahme mit sogenannten Batcordern (Firma Ecoobs) (WEITZEL 2013). Daraufhin wurden im zuletzt untersuchten Naturwaldreservat Weserhänge statt der Detektorbegehungen zeitgleich sechs Batcorder an sechs verschiedenen Standorten im Totalreservat und der Vergleichsfläche für jeweils drei bis sieben Nächte in drei Blöcken von Juni bis August eingesetzt. Diese Ergebnisse werden nachfolgend ebenfalls dargestellt, jedoch nicht in die statistischen Vergleiche aller untersuchten Naturwaldreservate einbezogen, da die erhobenen Datensätze aufgrund der unterschiedlichen Erfassungsmethodik nicht vergleichbar sind.

Vertiefender Vergleich Totalreservat und Vergleichsfläche

Für den 2015 erfolgten vertiefenden Vergleich von drei ausgewählten Gebieten wurden zeitgleich acht Batcorder (je vier

Tab. 2: Übersicht der nachgewiesenen Fledermausarten in den untersuchten hessischen Naturwaldreservaten nach der vereinfachten Basiserfassung. Grau hinterlegt sind Arten mit Reproduktionshinweisen. Die unterste Zeile gibt die Diversität pro Gebiet an, die rechte Spalte die Zahl der Gebiete mit dem jeweiligen Artnachweis. Eine akustische Differenzierung der Bartfledermausarten (*Myotis brandtii* und *M. mystacinus*) ist nicht möglich.

Naturwaldreservat	Hasenblick	Loeiche	Goldbachs- und Ziebachsrück	Meißner	Hohestein	Stirnberg	Langenstüttig	Schönbuche	Niddahänge östlich Rudingshain	Waldgebiet östlich Oppershofen	Karlswörth	Kinzigaue	Zellhäuser Düne	Weserhänge	Summe Artnachweise
Wuchsgebiet	Nördliches hessisches Schiefergebirge		Mitteldeutsches Trias-Berg- und Hügelland			Rhön		Vogelsberg und östlich angrenzende Sandsteingebiete		Wetterau und Gießener Becken	Rhein-Main-Ebene			Reinhardswald	
Art															
Mopsfledermaus <i>Barbastella barbastellus</i>							•								1
Nordfledermaus <i>Eptesicus nilsonii</i>				•	•	•									3
Breitflügel-Fledermaus <i>Eptesicus serotinus</i>											•	•	•		3
Bechsteinfledermaus <i>Myotis bechsteinii</i>		•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	12
Brandtfledermaus <i>Myotis brandtii</i>				•										•	2
Bartfledermaus <i>Myotis mystacinus</i>		•	•	•	•					•	•	•	•		2
Nymphenfledermaus <i>Myotis alcathoe</i>														•	1
Wasserfledermaus <i>Myotis daubentonii</i>					•				•			•		•	4
Großes Mausohr <i>Myotis myotis</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	13
Fransenfledermaus <i>Myotis nattereri</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	13
Kleinabendsegler <i>Nyctalus leisleri</i>	•	•	•					•	•	•	•	•			8
Abendsegler <i>Nyctalus noctula</i>			•					•	•	•	•	•		•	7
Rauhautfledermaus <i>Pipistrellus nathusii</i>												•	•	•	3
Zwergfledermaus <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	14
Mückenfledermaus <i>Pipistrellus pygmaeus</i>											•	•		•	3
Braunes Langohr <i>Plecotus auritus</i>	•	•	•	•				•		•			•		7
Graues Langohr <i>Plecotus austriacus</i>										•		•		•	1
Summe Arten (reproduzierend)	5 (1)	7 (3)	8 (2)	8	7	5	5 (2)	7 (3)	6	9 (3)	7	12 (4)	8 (3)	11	

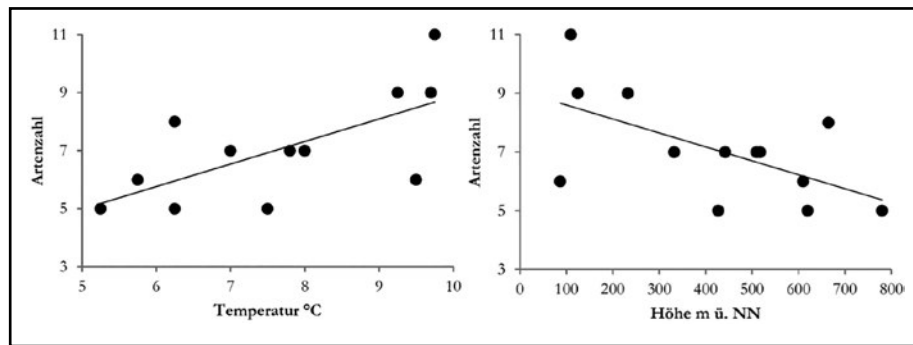


Abb. 6: Anzahl nachgewiesener Fledermausarten in Abhängigkeit von der Jahresdurchschnittstemperatur im Naturwaldreservat (links) sowie dessen Höhenlage über NN (rechts)

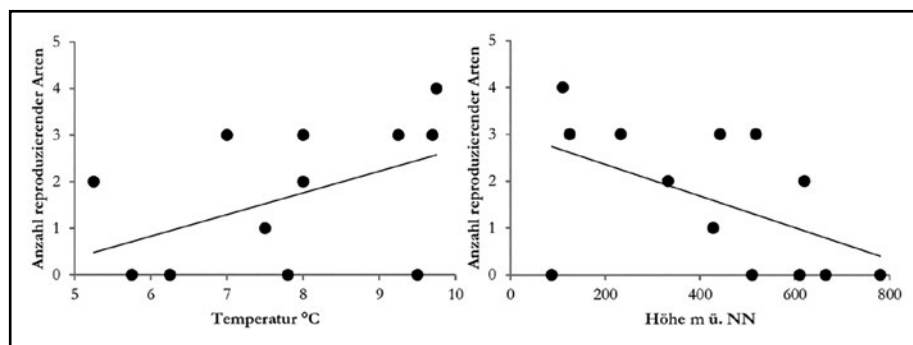


Abb. 7: Anzahl reproduzierender Fledermausarten in Abhängigkeit von der Jahresdurchschnittstemperatur im Naturwaldreservat (links) sowie dessen Höhenlage über NN (rechts)

in Totalreservat und Vergleichsfläche) für drei Nächte in zwei Blöcken (Kernwochenstufenphase Ende Mai/Anfang Juni, Phase der Auflösung der Wochenstufen Ende Juli/Anfang August) aufgestellt. Pro Totalreservat und Vergleichsfläche entstanden somit 24 Gerätenächte und für die Gesamtauswertung insgesamt 144 Gerätenächte. Die an der Spitze von 2 m hohen Stangen fixierten Batcorder waren von 21:00 bis 07:00 Uhr aktiv (Schwellenwert -36 dB, Posttrigger 400 ms, Auflösung 500 kHz und 16 bit). Die Auswahl der Standorte orientierte sich an den Aufnahmepunkten für die waldökologischen Untersuchungen, um die dort bereits erhobenen Waldstrukturdaten für die spätere Analyse verwenden zu können.

Die Auswertung der Fledermausrufe erfolgte mittels einer speziellen Software (bcAdmin 3.0, batIdent 1.0, bcAnalyze 2.0, Firma Ecoobs, ergänzt durch Batsound 3.1, Firma Pettersson). Trotz der möglichen automatischen Bestimmung erfolgte eine umfangreiche manuelle Kontrolle rele-

vanter Aufnahmen (*Myotis*-Arten, *Nyctalus*) sowie aller als Mopsfledermaus, Rauhaut- und Mückenfledermaus vorbestimmten Aufnahmen. Sogenannte „no calls“ wurden überprüft. Die Fledermausrufe wurden für die statistische Auswertung zu drei funktionellen Lauttypen zusammengefasst, dem *Myotis*- (Arten der Gattung *Myotis*, *Plecotus auritus* und *P. austriacus*, *Barbastella barbastellus*), dem *Pipistrellus*- (Arten der Gattung *Pipistrellus*) sowie dem Nyctaloiden-Lauttyp (*Nyctalus leisleri*, *N. noctula*, *Eptesicus serotinus*, *E. nilssonii*, *Vespertilio murinus*).

Auswertung

Ein Vergleich der Artenzahlen mit Höhenlage und Jahresdurchschnittstemperatur erfolgte über eine Korrelationsanalyse nach Pearson. Es werden jeweils der Korrelationskoeffizient r und der p -Wert angegeben. Die Darstellung des Zusammenhangs erfolgt durch eine lineare Regression mit Darstellung der Konfidenzintervalle. Für die Vergleiche der Artenzahl und Rufaktivität zwischen Totalreservat und

Vergleichsfläche in den drei vertiefend untersuchten Gebieten wurde der Wilcoxon-Rang-Test für nicht-normalverteilte, verbundene Stichproben benutzt. Alle statistischen Berechnungen und grafischen Darstellungen wurden mit dem Programm R (Version 3.4.3, © 2009 The R Foundation for Statistical Computing, R CORE TEAM 2017) durchgeführt.

Ergebnisse

Artendiversität

Insgesamt konnten auf Grundlage der Basiserfassung in allen untersuchten Naturwaldreservaten 17 der 19 rezenten Fledermausarten in Hessen nachgewiesen werden (Tab. 2). Die Große Hufeisennase (*Rhinolophus ferrum-equinum*) als zwanzigste hessische Art ist seit den 1960er-Jahren ausgestorben. Für die nur noch mit wenigen Individuen im Ringgau in Nordosthessen vorkommende Kleine Hufeisennase *R. hipposideros* ergaben sich keine Nachweise in den Untersuchungsgebieten, ebensowenig für die Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*).

Die Artendiversität schwankt in den Naturwaldreservaten zwischen fünf und 12 (NWR Kinzigaue) Fledermausarten. Mindestens 8 der 14 Gebiete sind Teile eines Reproduktionsraumes von mindestens 1 bis 4 Fledermausarten. Auch hier liegen die höchsten Werte in dem Stieleichen-Hainbuchenwald der Kinzigaue.

Mit Nachweisen in allen untersuchten Gebieten zeigte die Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) die höchste Stetigkeit und Flächenrepräsentanz. Fast ebenso stetig waren das Große Mausohr (*Myotis myotis*), die Fransenfledermaus (*M. nattereri*) und die Bechsteinfledermaus (*M. bechsteinii*) nachzuweisen. Mittlere Stetigkeiten ($n=7$ bzw. 8 Gebiete) waren für die beiden Abendseglerarten (*Nyctalus noctula*) und (*N. leisleri*) sowie das Braune Langohr (*Plecotus auritus*, $n=7$) festzustellen. Selten, in je nur einem Naturwaldreservat, konnten die Arten Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*, NWR Langenstüttig), Nymphenfledermaus (*M. alcaethoe*, NWR Weserhänge) und Graues Langohr (NWR Waldgebiet östlich Oppershofen) gefunden werden.

Tab. 3: Vergleichende Übersicht der nachgewiesenen Fledermausarten jeweils in Totalreservat (TR) und Vergleichsfläche (VF) der untersuchten Naturwaldreservate Goldbachs- und Ziebachsrück, Schönbuche und Hasenblick. Hier erfolgte eine vertiefende Erfassung mit stationärer akustischer Aufnahme. Eine akustische Differenzierung der Bartfledermausarten (*Myotis brandtii* und *M. mystacinus*) sowie der Langohren (*Plecotus auritus* und *P. austriacus*) ist nicht möglich.

Naturwaldreservat Teilfläche Art	Goldbachs- und Ziebachsrück		Schönbuche		Hasenblick	
	TR	VF	TR	VF	TR	VF
Mopsfledermaus <i>Barbastella barbastellus</i>			•		•	•
Breitflügel-Fledermaus <i>Eptesicus serotinus</i>			•	•		•
Bechsteinfledermaus <i>Myotis bechsteinii</i>	•		•			•
Bartfledermaus <i>Myotis brandtii</i> / <i>Myotis mystacinus</i>	•		•	•	•	•
Wasserfledermaus <i>Myotis daubentonii</i>	•		•		•	•
Großes Mausohr <i>Myotis myotis</i>	•		•	•	•	•
Fransenfledermaus <i>Myotis nattereri</i>	•	•	•	•	•	•
Kleinabendsegler <i>Nyctalus leisleri</i>	•	•	•	•	•	
Abendsegler <i>Nyctalus noctula</i>	•		•	•	•	•
Rauhautfledermaus <i>Pipistrellus nathusii</i>	•		•			•
Zwergfledermaus <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	•	•	•	•		•
Mückenfledermaus <i>Pipistrellus pygmaeus</i>			•		•	•
Langohr <i>Plecotus auritus</i> / <i>Plecotus austriacus</i>	•		•			
Artenzahl pro Teilfläche	10	3	13	7	8	11
Artenzahl gesamt	10		13		12	

Die häufigsten Reproduktionsnachweise (n = 6 NWR) ergaben sich für das Große Mausohr.

Betrachtet man die Anzahl nachgewiesener Arten pro Naturwaldreservat in Abhängigkeit von der Temperatur, ist eine positive Korrelation der Artenzahl mit der Jahresdurchschnittstemperatur des Gebietes zu erkennen (Pearson-Produkt-Moment-Korrelation, $r = 0,79$, p -Wert $< 0,01$). Im durchschnittlich kühlen NWR Langenstüttig (Jahresdurchschnittstemperatur $5,3^\circ\text{C}$) wurden 5 Arten nachgewiesen, in dem im warm geprägten Rhein-Main-Tiefland liegenden NWR Kinzigaue (Jahresdurch-

schnittstemperatur $9,8^\circ\text{C}$) wurden hingegen zwölf Arten erfasst. Ebenso zeigt die Artendiversität pro Naturwaldreservat in Abhängigkeit von der Höhe über NN eine signifikante negative Korrelation (Pearson-Produkt-Moment-Korrelation, $r = -0,77$, p -Wert = $0,01$). Mit Zunahme der Höhe nimmt die Artenzahl ab (Abb. 6).

Die Anzahl reproduzierender Fledermausarten pro Naturwaldreservat steigt ebenso mit zunehmender Jahresdurchschnittstemperatur (Pearson-Produkt-Moment-Korrelation, $r = 0,67$, p -Wert $< 0,05$) und sinkt mit zunehmender Höhe über NN (Pearson-Produkt-Moment-Korrelation, $r = -0,77$, p -Wert $< 0,01$) (Abb. 7). Für

die Waldgebiete in den Tieflagen ergaben sich damit signifikant mehr Fledermausarten und ebenso mehr Reproduktionsnachweise als für die Gebiete in höheren Lagen und kühl-feuchteren Klimabedingungen respektive kürzeren Vegetationsperioden.

Vergleich Totalreservat und bewirtschaftete Vergleichsfläche

Insgesamt wurden in 144 Batcorder-Gerätenächten 41.322 Sequenzen mit Fledermausrufen aufgezeichnet. Zwischen 10 und 13 Arten konnten pro Naturwaldreservat festgestellt werden (Tab. 3). Die Anzahl der Sequenzen pro Natur-

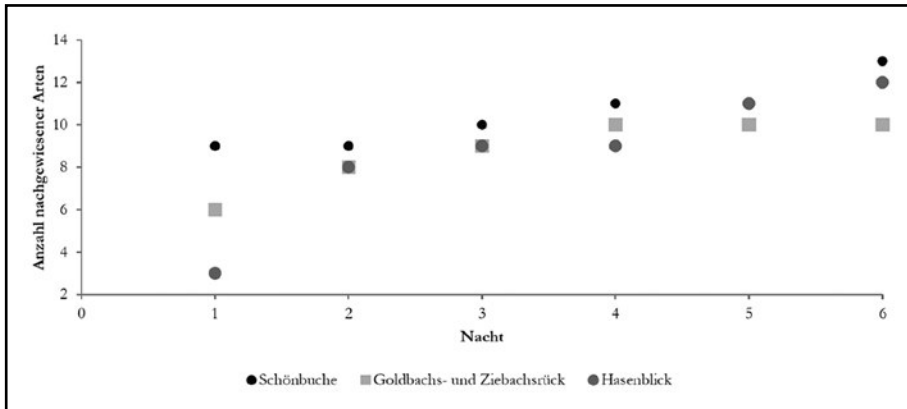


Abb. 8: Kumulative Artenzahl in 3 Naturwaldreservaten, erhoben mittels ganznächtlicher automatischer akustischer Erfassung (Batcorder)

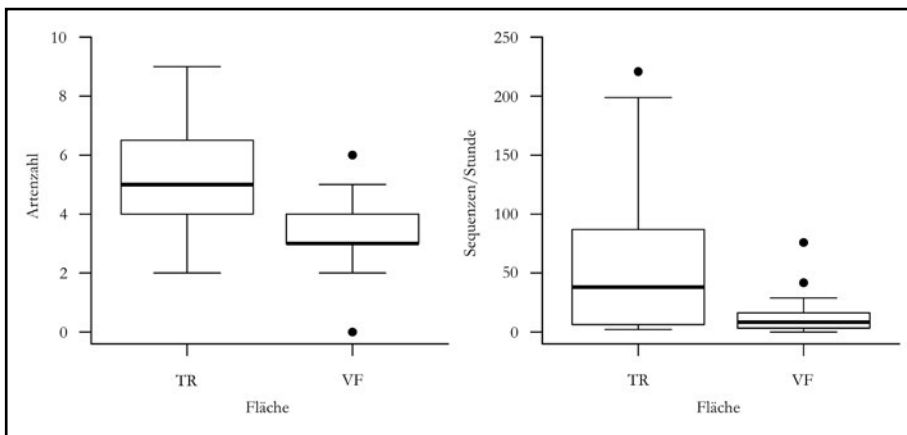


Abb. 9: Boxplot-Vergleich der Artendiversität (Artenzahl, links) und Rufaktivität (Sequenzen pro Stunde, rechts) pro Batcorder-Standort für Totalreservat und Vergleichsfläche. Dargestellt sind Median, 25- bis 75 %-Quartile, 5- bis 95 %-Quartile sowie Extremwerte.

waldreservat schwankte zwischen 3.030 im NWR Hasenblick (1.325 Sequenzen TR, 1.708 Sequenzen VF) und 19.100 bzw. 19.192 im NWR Goldbachs- und Ziebachsrück (15.032 Sequenzen TR, 4.068 Sequenzen VF) bzw. Schönbuche (16.945 Sequenzen TR, 2.247 Sequenzen VF). Das NWR Hasenblick unterscheidet sich demnach sowohl hinsichtlich der Gesamtanzahl der Sequenzen als auch in der Verteilung der Sequenzen zwischen Totalreservat und Vergleichsfläche erheblich von den anderen beiden Naturwaldreservaten.

Im Vergleich zu den in der Basisuntersuchung durchgeführten Detektorbegehungen wurden in den Naturwaldreservaten durch den Einsatz der stationären akustischen Daueraufzeichnung 2 bis 3 Arten mehr (z. B. Mopsfledermaus, Mückenfledermaus) und im NWR Ha-

senblick sogar mehr als das Doppelte an Arten nachgewiesen. Die kumulative Darstellung der Artenzahl zeigt, dass nach sechs aufeinanderfolgenden Erfassungsnächten an einem Standort eine allmähliche Artensättigung eintritt, allerdings ohne Berücksichtigung saisonaler Aspekte (Abb. 8). Der Frühjahrs- und Spätsommerzeitraum kann weitere Arten ergeben. In den NWR Goldbachs- und Ziebachsrück sowie Schönbuche wurden 10 bzw. 13 Arten im Totalreservat nachgewiesen; in der jeweiligen Vergleichsfläche war mit 3 und 7 Arten die Diversität geringer (Tab. 3). Im NWR Hasenblick wurden insgesamt 12 Arten erfasst, 8 im Totalreservat und 11 in der Vergleichsfläche.

Vergleicht man die Anzahl der Arten pro Batcorder-Standort der 3 Gebiete in Totalreservat und Vergleichsfläche, dann

sind im Totalreservat pro Standort signifikant mehr Arten nachgewiesen worden als in der Vergleichsfläche (Wilcoxon-Rang-Test, p-Wert <0,001). Ebenso war die Aktivität (Sequenzen pro Stunde) pro Batcorder-Standort der drei Gebiete im Totalreservat signifikant höher als in der Vergleichsfläche (Wilcoxon-Rang-Test, p-Wert <0,01, Abb. 9).

Diskussion

Wälder sind weltweit Zentren höchster Fledermausdiversität (SIMMONS & CONWAY 2003). In Mitteleuropa dienen sie nahezu allen Arten als Nahrungsraum und mehr als die Hälfte der in Deutschland vorkommenden Arten sucht obligatorisch Baumhöhlen auf. Diese dienen den Fledermäusen in den verschiedenen Lebenszyklusabschnitten (Trächtigkeit und Jungenaufzucht, Paarung, Migration, Winterschlaf) artspezifisch als Versteck und Rückzugsraum gegenüber der Witterung und Fressfeinden (Russo et al. 2016). Fledermäuse nutzen Wälder artspezifisch und weisen eine unterschiedliche enge Bindung an Wälder auf (DIETZ 2007). Insbesondere die typischen Waldarten eignen sich besonders gut als Leit- und Zielarten für den Waldnaturschutz (LACKI et al. 2007, DIETZ 2012, DIETZ et al. 2013).

In den 14 untersuchten hessischen Naturwaldreservaten konnten auf einer Gesamtfläche von 879 ha (0,02 % der Landesfläche Hessens) 17 Fledermausarten gefunden werden, was >90 % aller in Hessen vorkommenden Arten entspricht. Eine ebenso große Artenzahl wurde für den Nationalpark Kellerwald-Edersee ermittelt (DIETZ & SIMON 2008 und unpublizierte Daten). Beispiele aus anderen Waldgebieten in Deutschland sind in MESCHÉDE & HELLER (2000) aufgeführt. Dabei stufen die Autoren eine Artengemeinschaft von mehr als 12 Arten für ein Waldgebiet als bundesweit herausragend ein.

Die fledermauskundlichen Untersuchungen in den Naturwaldreservaten Hessens besitzen zwar eine vergleichsweise geringe Untersuchungsintensität, umfassen jedoch recht viele Einzelgebiete in einer günstigen Verteilung über die gesamte

Landesfläche. Sie liefern daher wertvolle Ergebnisse zu Artendiversität, Strukturbindung und verbreitungsbestimmenden Faktoren. Werden die anfänglich durchgeführten Detektorbegehungen heute durch eine automatisch akustische Erfassung (z. B. mit Batcordern, Fa. Ecoobs oder Batloggern, Fa. Elekon) an mehreren Standorten ersetzt, vervollständigt sich das Artenspektrum, da insbesondere seltenere Arten dann auch erfasst werden (siehe auch HURST et al. 2016). Die Mopsfledermaus in den NWR Schönbusche und Hasenblick sowie die Nymphenfledermaus im NWR Weserhänge konnten erst durch den Einsatz stationärer und damit zeitlich intensiverer Erfassungen nachgewiesen werden. Weiterhin ermöglichen die akustischen Dauerüberwachungen konkretere Aussagen zur Aktivitätsdichte im Untersuchungsgebiet. Zusätzlich sind Netzfänge unerlässlich, um den Reproduktionsstatus und das Alter der Fledermäuse zu erfassen. Sie ermöglichen zudem eindeutige Artbestimmungen für all diejenigen Arten, die akustisch nicht (Langohren, Bartfledermäuse) oder oft nicht sicher zu differenzieren sind (*Myotis*-Arten, Rufgruppe der Nyctaloiden).

Die Verbreitung von Fledermäusen in Wäldern ist multifaktoriell bestimmt, wobei neben den strukturellen Parametern in Wäldern auch wesentliche biogeografische Faktoren zum Tragen kommen (für die Bechsteinfledermaus z. B. DIETZ & PIR 2009, allgemein: MESCHÉDE & RUDOLPH 2004). Die systematische Untersuchung von 14 Naturwaldreservaten in Hessen verdeutlichte den Zusammenhang zwischen Fledermaus-Artenvielfalt und Reproduktion und klimatischen sowie geografischen Bedingungen. So steigt sowohl die Artenvielfalt als auch die Anzahl reproduzierender Arten mit Zunahme der Jahresdurchschnittstemperatur und mit Abnahme der Höhenlage. Klima und Höhenlage sind dabei korrespondierende Faktoren. Bei gleicher Waldstruktur beeinflussen mildere klimatische Bedingungen das verfügbare Nahrungsangebot, die Phänologie der Beutetiere sowie deren nächtliche Aktivität günstig. Der Reproduktionserfolg von Fledermäusen wiederum hängt maßgeblich vom Nahrungsangebot und vom vorherr-

schen Klima ab, wobei Fledermäuse über die aktive Thermoregulation den Reproduktionserfolg noch beeinflussen können (z. B. DIETZ & KALKO 2006).

Neben den genannten biogeografischen Faktoren ist die Waldstruktur das vorherrschende Kriterium für die Eignung eines Waldes als Fledermauslebensraum. Je günstiger ein Wald strukturiert ist, umso mehr ökologische Nischen kann er anbieten, die wiederum von unterschiedlichen Fledermausarten genutzt werden können. Anhand der echoakustischen Fähigkeiten und der Flugfähigkeit können alle in den untersuchten Naturwaldreservaten nachgewiesenen Fledermausarten in 3 ökologische Gilden eingeteilt werden (SCHNITZLER & KALKO 1998, DENZINGER & SCHNITZLER 2013):

- Arten des freien Luftraums (*open-space forager/aerial hawk*): Abendsegler und Kleinabendsegler vollziehen ihren Jagdflug vor allem in sehr freien Räumen in größerer Höhe über Schneisen, unter und über dem Kronendach. Beide Arten sind baumbewohnend. Die gebäudebewohnende Breitflügelfledermaus bejagt vor allem Randstrukturen und breite Schneisen.
- Arten, die an Gehölzkanten jagen (*edge-structure forager*): Zwerg-, Rauhaut- und Mückenfledermaus, Bartfledermaus, Wasserfledermaus, Mopsfledermaus. Mückenfledermaus, Rauhautfledermaus und Mopsfledermaus sind in Hessen überwiegend baumbewohnend, während die Zwergfledermaus ihre Kolonien in Gebäuden gründet, im Spätsommer jedoch beide Geschlechter auch Baumhöhlen aufsuchen. Die Zwergfledermaus ist in ihrer Habitatwahl opportunistisch, während Mücken- und Rauhautfledermaus bevorzugt in Mischwäldern der Tieflagen vorkommen, weniger häufig in Buchenwäldern.
- Arten, die Beutetiere von Oberflächen absammeln (*foliage gleaner*): Bechstein- und Fransenfledermaus, Großes Mausohr (Bodenjagd), Langohrfledermäuse. Alle genannten Arten sammeln Beutetiere von Oberflächen ab und jagen bevorzugt am Waldboden (alle), im Blätterdach (Bechsteinfledermaus, Braunes Langohr) und gelegentlich von der Rinde des stehenden Stammes (Bechstein-

fledermaus, Braunes Langohr). Ebenso können Beutetiere im freien Luftraum gefangen werden, allerdings artspezifisch in unterschiedlicher Intensität.

Die für das Vorkommen bestimmter Fledermausarten wichtigen Waldstrukturen und damit die funktionale Eignung werden beeinflusst durch die forstlichen Maßnahmen, die wiederum nur in der Vergleichsfläche durchgeführt werden. Die vertiefende Untersuchung zur Artenvielfalt und Aktivitätsdichte in 3 Naturwaldreservaten zeigte statistisch signifikant Unterschiede zwischen den Totalreservaten und den Vergleichsflächen. In 2 der 3 hierfür untersuchten Naturwaldreservate lag die Zahl der im Totalreservat aufgezeichneten Sequenzen um mehr als das Vierfache höher als in der Vergleichsfläche. Offenbar verlieren die bewirtschafteten Vergleichsflächen im Vergleich zu den Totalreservaten ihre Lebensraumeignung mit zunehmender Nutzung des Altbestandes. Durch dessen Ernte wird einerseits das Potenzial für Höhlenbäume stark reduziert (CISTRONE et al. 2015, FROIDEVAUX et al. 2016, TILLON et al. 2016). Zum anderen geht die Eignung als Nahrungshabitat durch die starke Auffichtung und die aufwachsende sehr dichte Buchenverjüngung in relevanten Flächenanteilen verloren. Die großflächig dichte und einformige Verjüngung hat in den Vergleichsflächen in unterschiedlichem Maße zu einem Verlust des wichtigen Nahrungsraumes unter den Baumkronen (Waldboden bis in etwa 10 m Höhe) geführt.

Als Konsequenz aus den hier vorgestellten Untersuchungen sowie den zunehmenden Erkenntnissen über die Lebensraumansprüche waldbewohnender Fledermausarten lässt sich ableiten, dass die Lebensgemeinschaft alter Wälder bei der Bewirtschaftung des Waldes besonders beachtet werden muss (ZEHEMMAIR et al. 2014, WINTER et al. 2015). Ziele der Struktur- und Artenvielfalt sollten möglichst konkret definiert werden und ein wesentliches Qualitätsmerkmal der Waldbauverfahren sein. Darüber hinaus bedarf es aktiver Artenschutzmaßnahmen, da der weit überwiegende Teil der Waldfläche aufgrund seiner Altersstruktur und Baumartenzusammensetzung für

die Lebensgemeinschaft alter Wälder eine geringe Eignung aufweist. So konzentrieren sich beispielsweise Wochenstubenkolonien der Bechsteinfledermaus und vieler anderer auf alte Wälder angewiesener Arten auf vergleichsweise wenige Altholzbestände, die geeignete Lebensraumstrukturen besitzen. Habitatbaumprogramme und hier vor allem der konsequente Schutz aller erkennbaren Höhlenbäume sowie die Ausweisung von Wäldern mit natürlicher Entwicklung sind sinnvolle Maßnahmen, um die Zielkonflikte zwischen der Holznutzung auf der einen Seite und dem Schutz der Lebensgemeinschaften alter, reifer Wälder auf der anderen Seite zu lösen und damit den artenschutzrechtlichen Verpflichtungen nachzukommen.

Danksagung

Wir danken Dr. Jürgen Willig (Hessen-Forst, Gießen), der vor 15 Jahren in seiner damaligen Zuständigkeit für die Naturwaldreservateforschung in Hessen die Integration der Fledermäuse in die Zoologische Begleitforschung ermöglichte. Bei Dr. Peter Meyer und Dr. Marcus Schmidt von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (Göttingen) bedanken wir uns ganz herzlich für die kontinuierliche und über viele Jahre dauernde sehr angenehme Zusammenarbeit sowie viele anregende Diskussionen zum Ökosystem Wald und ebenso zu dem vorliegenden Manuskript.

Kontakt

Dr. Markus Dietz, Elena Krannich und Mona Weitzel
Institut für Tierökologie und Naturbildung
Hauptstraße 30
35321 Gonterskirchen
Markus.Dietz@tieroekologie.com

Literatur

ALTHOFF, B.; HOCKE, R.; WILLIG, J. (1991): Naturwaldreservate in Hessen. Band 1 – Ein Überblick. Mitt. Hess. Landesforstverw. 24: 1–62.

DENZINGER, A.; SCHNITZLER, H. U. (2013): Bat guilds, a concept to classify the highly diverse foraging and echolocation behaviors of microchiropteran bats. *Front. Physiol.* 4: 164. doi: 10.3389/fphys.2013.00164.

DIETZ, M. (2007): Naturwaldreservate in Hessen. Band 10. Ergebnisse fledermauskundlicher Untersuchungen in hessischen Naturwaldreservaten. Mitt. Hess. Landesforstverw. 43: 1–70.

DIETZ, M.; BÖGELSACK, K.; KRANNICH, A.; GÜTTINGER, R. (2013): Die Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii*. Eine Leit- und Zielart für den Waldnaturschutz. In: DIETZ, M. (Hrsg.): Populationökologie und Habitatansprüche der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii*. Beiträge der Fachtagung in der Trinkkuranlage Bad Nauheim, 25.–26. Februar 2011.

FROIDEVAUX, J. S. P.; ZELLWEGER, F.; BOLLMANN, K.; JONES, G.; OBRIST, M. K. (2016): From field surveys to LiDAR: shining a light on how bats respond to forest structure. *Remote Sensing of Environment* 175: 242–250.

GRUPPE, A. (2014): Poor effectiveness of Natura 2000 beech forests in protecting forest-dwelling bats. *J. Nature Cons.* 23: 53–60. doi: 10.1016/j.jnc.2014.07.003.

RUSSO, D.; BILLINGTON, J.; BONTADINA, F.; DEKKER, J.; DIETZ, M.; GAZARYN, S.; JONES, G.; MESCHEDÉ, A.; REBELO, H.; REITER, G.; RUCZYNSKI, I.; TILLON, L.; TWISK, P. (2016): Identifying key research objectives to make European forests greener for bats. *Frontiers in Ecology and Evolution* 4: 87. doi: 10.3389/fevo.2016.00087.

TILLON, L.; BOUGET, C.; PAILLET, Y.; AULAGNIER, S. (2016): How does deadwood structure temperate forest bat assemblages? *Eur. J. For. Res.* 135: 433–449.

WEITZEL, M. (2013): Bats (Microchiroptera: Vespertilioidea) and Forest Structure – Seasonal and Spatial Patterns of Activity. Abschlussarbeit Philipps-Universität Marburg. 137 S.

WINTER, S.; BEGEHOLD, H.; HERRMANN, M.; LÜDERITZ, M.; MÖLLER, G.; RZANNY, M.; FLADE, M. (2015): Praxishandbuch – Naturschutz im Buchenwald. Naturschutzziele und Bewirtschaftungsempfehlungen für reife Buchenwälder Nordostdeutschlands. Hrsg.:

MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES BRANDENBURG.

Die vollständige Literaturliste finden Sie unter www.naturschutz-hessen.de

Naturschutz

in Hessen

JAHRBUCH

Band 17 / 2018

HERAUSGEBER

Nordhessische Gesellschaft für Naturkunde und Naturwissenschaften (NGNN) e. V.