

Seminatürliche Fledermaushöhlen FH1500[©] als kurzfristig funktionale Interimslösung zum Ausgleich von Baumhöhlenverlust

Jorge A. Encarnação & Nina I. Becker

Hintergrund

Baumhöhlen stellen ein essenzielles Lebensraumelement als Fortpflanzungs-, Ruhe-, und Überwinterungsstätte für Fledermäuse dar. Ein bevorzugter Quartiertyp ist die nach oben ausgefaltete Spechthöhle. Quartiere müssen Fledermäuse vor Räubern und Wetter schützen, über eine ausreichende Raumkapazität verfügen und ein stabiles Mikroklima aufweisen, um den variierenden Quartieransprüchen der Arten, Geschlechter, Altersklassen und Reproduktionsphasen zu entsprechen (MESCHEDE et al. 2000, LACKI et al. 2007). Gründe dafür sind insbesondere unterschiedliche Gruppengrößen und Thermoregulationsverhalten (BECKER et al. 2013, ENCARNAÇÃO et al. 2012, OTTO et al. 2013, 2015). Daher benötigen Fledermäuse im Wald einen Quartierverbund aus einer Vielzahl an Baumhöhlen mit unterschiedlichen Eigenschaften (MESCHEDE et al. 2000, STECK & BRINKMANN 2015, OTTO et al. 2016).

Bei Baumaßnahmen im Wald ist die Fällung von Höhlenbäumen regelmäßig unvermeidbar. Der damit einhergehende Quartierverlust kann zur Beeinträchtigung lokaler Fledermauspopulationen führen. Durch vorgezogene Ausgleichsmaßnahmen (CEF-Maßnahmen), wie die Sicherung und Förderung natürlicher Baumhöhlen, lässt sich die ökologische Funktion der betroffenen Lebensstätte im räumlichen Zusammenhang erhalten (RUNGE et al. 2010). Bis die ökologische Funktion dieser langfristig wirksamen Maßnahmen vollständig erfüllt wird, sind kurzfristig funktionale CEF-Maßnahmen als Interimslösung erforderlich. Dafür werden oft Holzbetonkästen eingesetzt, die jedoch häufig erst nach mehreren Jahren angenommen werden (ZAHN & HAMMER 2017).

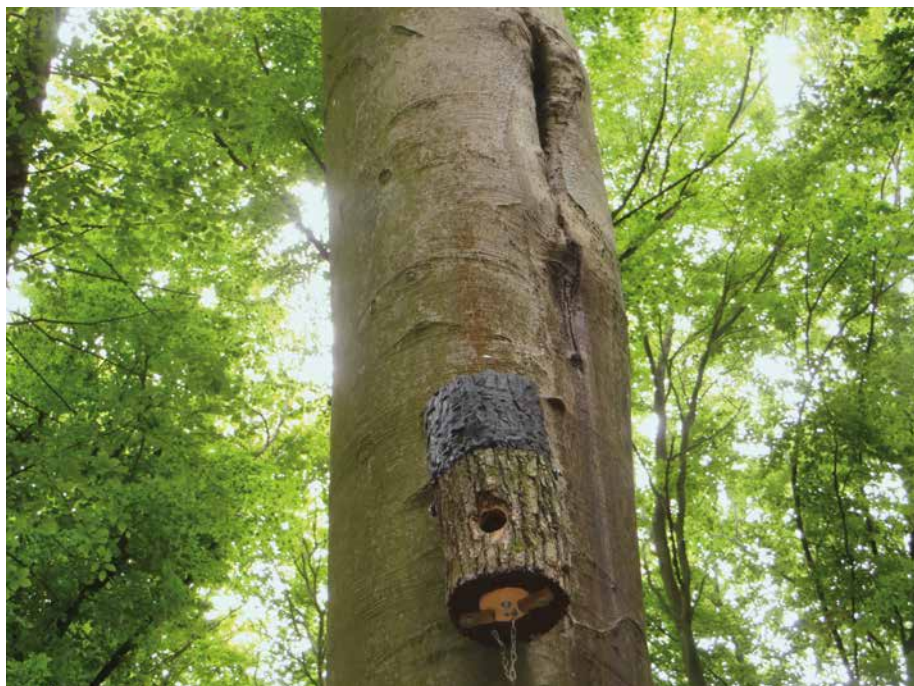


Abb. 1: Seminatürliche Fledermausböhle FH1500[©]. Empfehlenswert ist die Installation an Habitatbäumen mit natürlichen Schadstellen oder Initialhöhlen, um den späteren Übergang zur Baumhöhle zu unterstützen. (Foto: J. Encarnação)

Ursächlich könnten Unterschiede zu Baumhöhlen hinsichtlich Aussehen, Material und Mikroklima sein. In vitale Baumstämme gefräste oder gesägte Kunsthöhlen bzw. -spalten ähneln in ihren Eigenschaften eher einer natürlichen Baumhöhle (RUNGE et al. 2010, GRIFFITHS et al. 2018), können allerdings die Stabilität des Baumes beeinträchtigen und vor dem Hintergrund der Verkehrssicherungspflicht bei einem Baumversagen zur Verantwortlichkeit des Baueigentümers führen (BGH 2012).

Somit stellt sich die Frage nach einer kurzfristig funktionalen Interimslösung zum Ausgleich von Baumhöhlenverlust, die nicht die Verkehrssicherheit gefährdet. Als Lösungsansatz wurde eine seminatürliche Fledermaushöhle FH1500[©] (DPMA 2018) als Sommerersatzquartier entwickelt und durch ein 8-jähriges Mo-

onitoring hinsichtlich Mikroklima und Annahme vergleichend mit Holzbetonkästen überprüft.

Eigenschaften seminatürlicher Fledermaushöhlen FH1500[©]

Bei der FH1500[©] (Abb. 1) handelt es sich um ein hohles Stammstück aus Eichenholz mit Rinde und einem Innenvolumen von ca. 1.500 cm³. Durch die Verwendung von Naturholz mit geringer Wärmeleit-, aber hoher Feuchtespeicherfähigkeit (NIEMZ & SONDEREGGER 2017) wird das Mikroklima stabilisiert. Der aufgeraute Innenraum bietet optimale Hangplätze für Fledermäuse. Eine kreisrunde Einflugöffnung im unteren Viertel imitiert das akustische Bild einer Spechthöhle. Die Wetterbeständigkeit wird

durch eine Bitumenbeschichtung erreicht. Unterschiedliche Stammdurchmesser führen zu ungleichen mikroklimatischen Verhältnissen, wie sie auch im natürlichen Quartierverbund herrschen. Zum Schutz vor Störung und Räubern befindet sich die Kontrollöffnung auf der Unterseite; sie ermöglicht die Artbestimmung auf Sicht und Reinigung. Kot kann zur weiteren Haar- oder Nahrungsanalyse aufgefangen werden. Die Fremdnutzung durch Vögel wird durch eine Nestprävention minimiert, die durch einen stumpfen Stab den möglichen Brutraum pessimiert, aber weder Zugang noch Hangplatz von Fledermäusen stört.

Bei 86 im Herbst 2018 als CEF-Maßnahme installierten FH1500© konnte im Mai 2019 eine Fremdnutzung durch Vogelnester von durchschnittlich 5% (Waldinneres 2%, Waldrand 8%) festgestellt werden. Von 30 im Winter 2010/11 installierten FH1500© erfüllten im Mai

2019 alle noch ihre Funktion. Dennoch ist durch das Naturholz die Funktionsdauer der FH1500© begrenzt, z. B. durch natürliche Rissbildung oder Beschädigung durch Spechte bzw. Nagetiere.

Mikroklima in Spechthöhle, seminatürlicher Fledermaushöhle FH1500© und Holzbetonkasten

Zum Vergleich des Mikroklimas in einer Spechthöhle mit Sekundärhöhle (Eiche, Ø = 30 cm), drei FH1500© (Ø 16 cm, 20 cm, 24 cm) und einem Holzbetonkasten (Schwegler 1FD) wurden diese standardisiert installiert und jeweils mit einem Datenlogger für Temperatur und Feuchte (TFA Dostmann LOG32 TH) im oberen Innenraum und außen ausgestattet. Die Daten wurden zwischen dem 7.4. und dem 13.5.2018 stündlich ermittelt und zur Analyse das 24h-Minimum und 24h-Maximum verwendet.

Thermo- und Hygrostabilität bilden die Abhängigkeit des Mikroklimas von den Außenbedingungen ab (0 = abhängig / instabil, 1 = unabhängig/stabil) und errechnen sich nach folgender Formel:

$$x = 1 - \frac{a-b}{c-d}$$

x: 24h-Thermo-/Hygrostabilität

a: 24h-Maximum-Innen

b: 24h-Minimum-Innen

c: 24h-Maximum-Außen

d: 24h-Minimum-Außen

Die Thermostabilität eines Quartiers ist stark von der Wärmeleitfähigkeit des Materials und der Wandstärke abhängig. Durch die geringe Wärmeleitfähigkeit von Holz erwärmt sich der Innenraum der Spechthöhle nur langsam und erreicht sein Maximum erst in der Nacht (Abb. 2). Dadurch wird die abendliche Aufwärmphase der Fledermäuse unterstützt und unselbstständige Jungtiere kühlen lang-

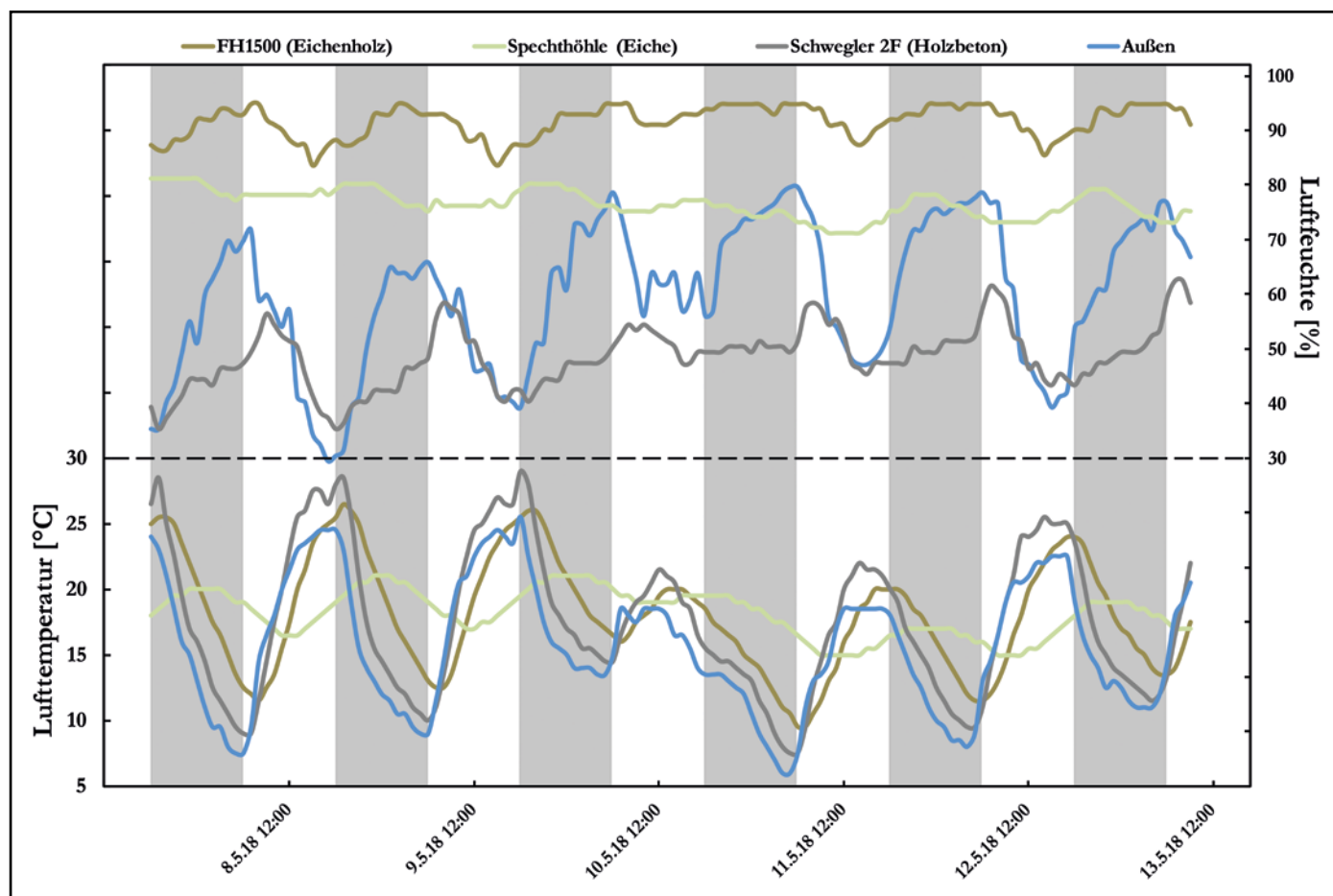


Abb. 2: Die Verlaufsanalyse von Temperatur und Luftfeuchte zeigt deutliche Unterschiede in Mikroklima und circadianer Rhythmik zwischen Spechthöhle (Ø 30 cm), FH1500© (Ø 20 cm) und Holzbetonkasten (Schwegler 2F).

samer aus. Holzbetonkästen kühlen sich durch ihre hohe Wärmeleitfähigkeit (NIEMZ & SONDEREGGER 2017) nachts vergleichsweise schnell ab und heizen tagsüber schnell auf (Abb. 2). Dies kann dazu führen, dass bei Besonnung Innentemperaturen von bis zu 52 °C (ROWLAND et al. 2017) erreicht werden und inaktive Tiere gefährden (FLAQUER et al. 2014) sowie Jungtiere nachts auskühlen. Die FH1500© heizt sich tagsüber langsamer auf als der Holzbetonkasten und speichert nachts länger die Wärme (Abb. 2). Die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit zeigt sich auch durch eine vergleichende Wärmebildaufnahme (Abb. 3).

Der thermostabilisierende Effekt ist vom Stammdurchmesser abhängig, wo-

bei die 24h-Minimaltemperaturen in der FH1500© unabhängig vom Durchmesser signifikant wärmer bleiben als die Außentemperatur, bei einem Durchmesser von 24 cm auch höher als im Holzbetonkasten. Die 24h-Maximaltemperaturen in der FH1500© sind ab einem Durchmesser von 20 cm signifikant niedriger als im Holzbetonkasten (Abb. 4). Dadurch wird das Risiko einer Überhitzung bei Tag und des Auskühlens der Jungtiere in der Nacht vermindert.

Die Hygrostabilität im Quartier wird von der materialbedingten Feuchtespeicherfähigkeit mitbestimmt. Durch die hohe Feuchtespeicherfähigkeit von Holz herrscht in der Spechthöhle eine hohe, leicht schwankende Luftfechtig-

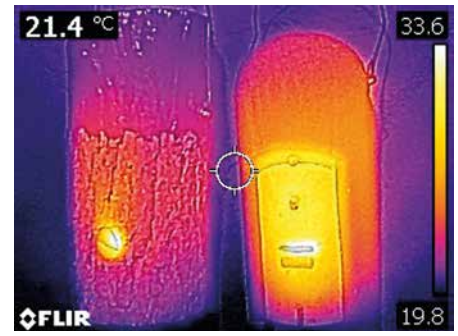


Abb. 3: Die höhere Wärmeleitfähigkeit von Holzbeton zeigt sich im vergleichenden Wärmebild einer FH1500© (links) und eines Holzbetonkastens (Schwegler 1FD) (rechts). Der Innenraum wurde standardisiert auf 35 °C erwärmt. (Foto: J. Encarnaçao)

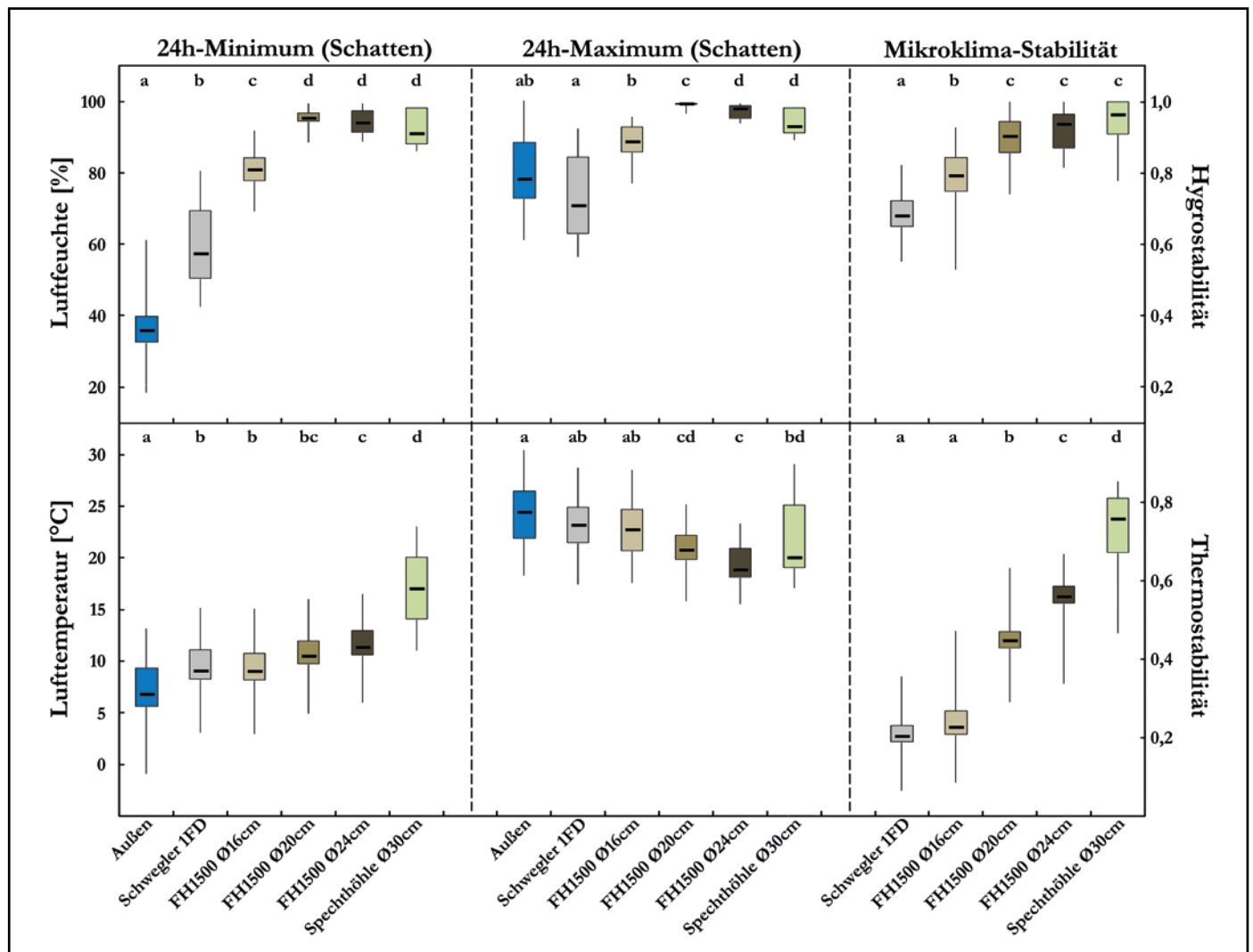


Abb. 4: 24h-Minimum und 24h-Maximum (Strich: Median, Box: 25–75 %, Streuung: Min-Max) von Lufttemperatur und Luftfeuchte außen und im Innenraum von Spechthöhle, FH1500© (Ø 16 cm, 20 cm, 24 cm) und Holzbetonkasten (Schwegler 1FD). Es zeigen sich signifikante Unterschiede (unterschiedliche Buchstaben) in Schwankungsbreite und Mikroklima-Stabilität (Dunn Kruskal-Wallis Test, $p < 0,05$).

keit (Abb. 2). Da inaktive Fledermäuse kein Wasser aufnehmen, bevorzugen sie eine hohe Luftfeuchte im Quartier (SEdgeLEY 2001). Die geringe Feuchtespeicherfähigkeit von Holzbeton führt zu einer niedrigen, stark fluktuierenden Innenraumfeuchte (Abb. 2), was in einen erhöhten Wasserverlust bei Fledermäusen resultiert (WEBB et al. 1995). Das Naturholz der FH1500© weist eine hohe Feuchtespeicherfähigkeit und damit hohe, nur leicht schwankende Luftfeuchtigkeit auf. Ab einem Stammdurchmesser von 20 cm unterscheiden sich weder 24h-Minimum noch Hygrostabilität zwischen FH1500© und Spechthöhle (Abb. 4).

Nutzung seminatürlicher Fledermaushöhlen FH1500© im Vergleich zu Holzbetonkästen

In fünf Monitoring-Gebieten im Landkreis Gießen (Hessen) wurde die Nutzung von FH1500© und Holzbetonkästen durch Fledermäuse überprüft. Bei allen Gebieten handelte es sich um bewirtschaftete Laubwälder mit Altbaumbeständen innerhalb nachgewiesener Quartierzentren von Wasserfledermäusen (*Myotis daubentonii*), Abendseglern (*Nyctalus noctula*) und /oder Kleinabendseglern (*Nyctalus leisleri*) (ROSWAG et al. 2014). In den bis dato kastenfreien Gebieten wurden im Winter 2010/11 jeweils sechs FH1500© und Holzbetonkästen (je 2x Schwegler 2FN, 2F, 1FD) installiert. Alle 60 installierten Fledermauskästen wurden von 2011 bis 2018 zweimal im Jahr jeweils im Mai und August kontrolliert. Da die Kontrollöffnung der FH1500© nicht für eine Entnahme der Fledermäuse vorgesehen ist, wurden die Artengruppen „Langohrfledermäuse“, „Zwergfledermäuse“ und „Bartfledermäuse“ bzw. Geschlechter in der Regel nicht näher differenziert.

Bereits im ersten Sommer zeigte sich eine Nutzung von 43% (13 von 30 FH1500©) durch Fledermäuse (Abb. 5). Dabei handelte es sich insbesondere um einzelne „Langohrfledermäuse“ (*Plecotus spec.*) und Abendsegler sowie Fledermauskot. Der Anteil genutzter FH1500© stieg bis 2017 auf 90% (27

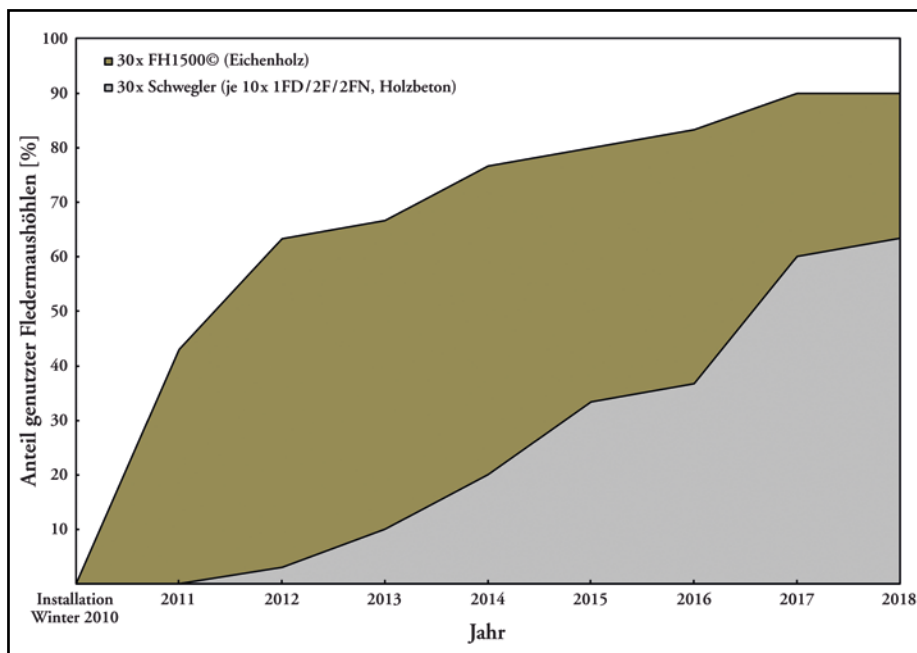


Abb. 5: Kumulativer Anteil genutzter Fledermaushöhlen in den Monitoring-Gebieten in den Jahren 2011 bis 2018. Bereits im ersten Sommer wurden 43%, ab dem siebten Sommer 90% der FH1500© genutzt. Der Nutzungsanteil von Holzbetonkästen war stets deutlich geringer.

von 30 FH1500©). Im Gegensatz dazu wurde der erste Holzbetonkasten erst im zweiten Sommer genutzt (3%). Der Anteil genutzter Holzbetonkästen stieg bis 2018 auf 63% (19 von 30 Holzbetonkästen) (Abb. 5). Die schnelle Annahme

der FH1500© bestätigte sich auch 2018 durch Bechsteinfledermäuse (*Myotis bechsteini*, Abb. 6) und „Langohrfledermäuse“ bei neu in Optimalhabitaten (BECKER & ENCARNÇÃO 2012) installierten FH1500© im Landkreis Gießen



Abb. 6: Bechsteinfledermäuse in seminatürlicher Fledermaushöhle FH1500© (Foto: J. Encarnação)

(5 von 20 FH1500© [25 %] nach 81 Tagen) und im Werra-Meißner-Kreis (13 von 30 FH1500© [43 %] nach 183 Tagen).

Mit acht Arten bzw. Artengruppen inklusive einem Fernfund einer Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*) aus Sachsen-Anhalt (304 km) entspricht das Nutzerspektrum der FH1500© den vorkommenden baumhöhlenbewohnenden Arten. Es wurden Wochenstuben der Arten Bechsteinfledermaus (*M. bechsteini*), Wasserfledermaus (*M. daubentonii*), Abendsegler (*N. noctula*), Kleinabendsegler (*N. leisleri*) und Braunes Langohr (*P. auritus*) nachgewiesen. Mit fünf Fledermausarten, davon zwei Wochenstubenkolonien (Wasserfledermaus, Abendsegler), liegt das Nutzerspektrum von Holzbetonkästen unter dem der FH1500© (Abb. 7).

Einsatz seminatürlicher Fledermaushöhlen FH1500© als kurzfristig funktionale Interimslösung zum Ausgleich von Baumhöhlenverlust

Im Rahmen der Eingriffsplanung sollte der Schutz von Baumhöhlen bzw. Quartierbäumen, unabhängig von einem vorliegenden Nutzungsnachweis, oberste Priorität haben (ZAHN & HAMMER 2017). Ersatzquartiere können das von Lokalpopulationen benötigte breite Spektrum der Eigenschaften natürlicher Baumhöhlen nicht vollständig abdecken. Erst wenn es nach Prüfung aller Alternativen nicht möglich ist, den Höhlenbaum zu erhalten, sind Ausgleichsmaßnahmen zu entwickeln und vorlaufend umzusetzen. Ein adäquater Nutzungsverzicht in baumhöhlenreichen Altbaubeständen und die Erhöhung der Baumhöhlendichte in Potentialflächen, die im funktionalen Zusammenhang

zum Aktionsraum der betroffenen Lokalpopulationen stehen, gelten als langfristig wirksamste Maßnahme, um die Lokalpopulationen zu stützen. Sollte eine ausreichende Baumhöhlendichte in Ausgleichsflächen erst entwickelt werden müssen, können kurzfristig funktionale Ausgleichsmaßnahmen als Interimslösung ergänzend eingesetzt werden (STECK & BRINKMANN 2015).

In Holzbetonkästen gleichen Typs herrschen bau- und materialbedingt immer ähnliche mikroklimatische Verhältnisse mit starken Temperaturfluktuationen und niedriger Luftfeuchte. Im Gegensatz dazu stellt sich das Mikroklima in der FH1500© stabiler dar und durch den Einsatz unterschiedlicher Stammdurchmesser lassen sich naturnah ungleiche Quartiereigenschaften erreichen. Das einer Spechthöhle ähnliche akustische Bild unterstützt eine schnelle Annahme. Die FH1500© wurden schneller und von

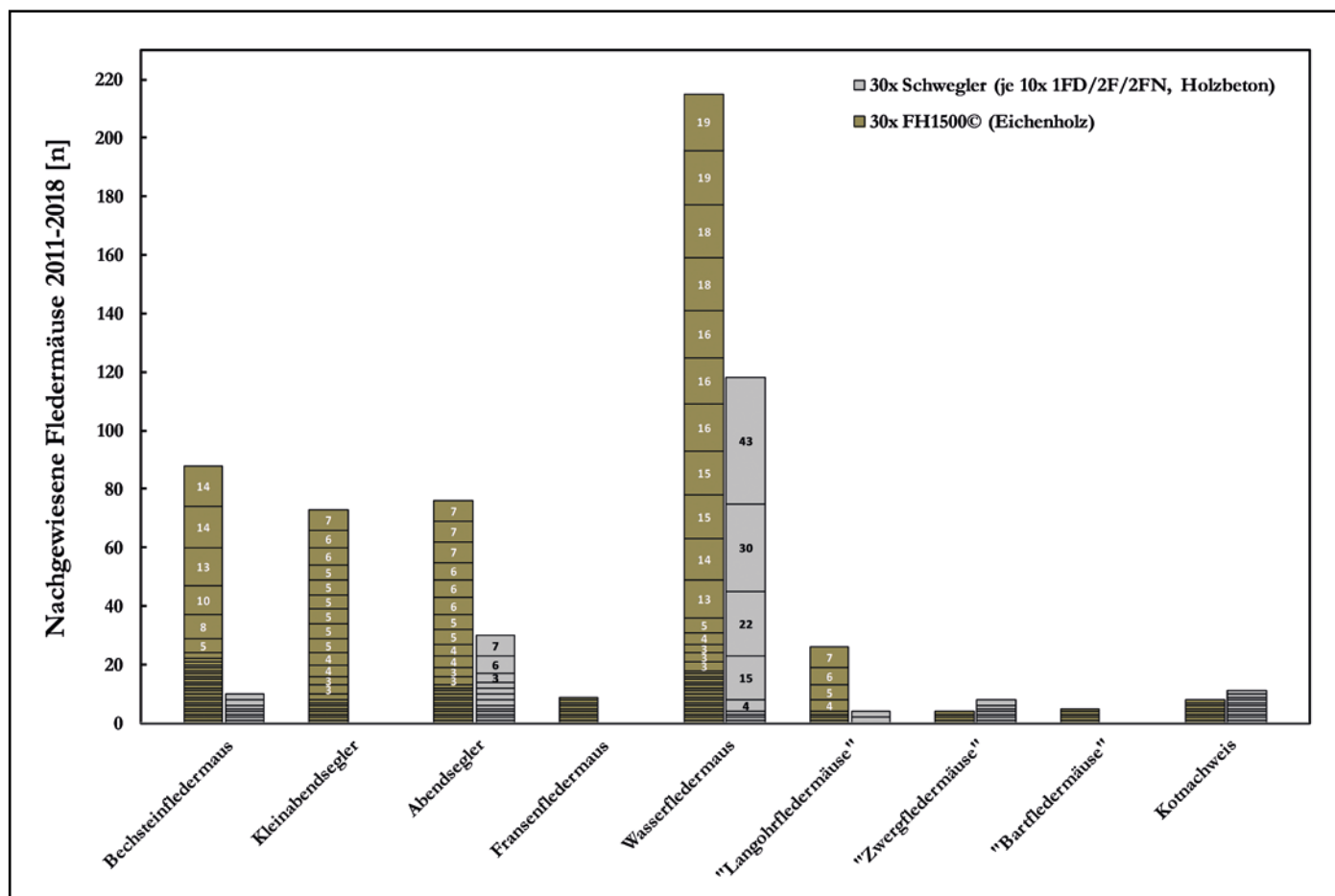


Abb. 7: Fledermausarten und Gruppengrößen in FH1500© und Holzbetonkästen (Schwegler) in den Jahren 2011 bis 2018. In FH1500© konnten acht Fledermausarten, davon fünf mit Wochenstubenkolonien, nachgewiesen werden. In Holzbetonkästen wurden fünf Arten festgestellt, davon zwei mit Wochenstubenkolonien.

einem breiteren Artenspektrum sowie mehr Wochenstubenkolonien genutzt als Holzbetonkästen.

Die FH1500[©] sollten an Altbäumen mit natürlichen Schadstellen bzw. Initialhöhlungen installiert werden (min. 4 m Höhe mit min. 2 m Freiraum), um einen möglichen Übergang zur zukünftigen Baumhöhle zu fördern (Abb. 1). Südausrichtung ist zum Schutz vor Überhitzung zu vermeiden. Mit Gruppen von 30 FH1500[©] unterschiedlichen Durchmessers werden saisonal variierende Quartiersprüche berücksichtigt. Zur Erhaltung einer durchgehenden Funktion ist einmal im Jahr eine Reinigung außerhalb der Wochenstubezeit empfehlenswert, da trotz Nestprävention eine Fremdnutzung durch Vögel nicht vollständig ausgeschlossen werden kann.

Danksagung

Wir danken der Stadt Gießen, dem Forstamt Wettenberg und der Märkerschaft Bellersheim für die Bereitstellung unserer Monitoring-Gebiete, den NABU-Ortsgruppen Gießen, Wieseck und Allendorf für die finanzielle Unterstützung sowie der AG Säugetierökologie an der Justus-Liebig-Universität Gießen und den zahlreichen Studierenden für die tatkräftige Hilfe bei den Kontrollen.

Kontakt

Prof. Dr. Jorge A. Encarnação
Institut für Tierökologie und
Spezielle Zoologie
Justus-Liebig-Universität Gießen
Heinrich-Buff-Ring 26–32
35392 Gießen
J.Encarnacao@bio.uni-giessen.de

Dr. Nina I. Becker
inatu.re – Institut für angewandte
Tierökologie und Umweltinformatik
Dr. Nina Becker und
Dr. Jorge Encarnação GbR
Im Brühl 2
35457 Lollar
info@inatu.re

Literatur

- BECKER, N. I. & ENCARNÇÃO, J. A. (2012): Cost-effectiveness of habitat-suitability maps using low-detailed data for elusive bat species. *Eur. J. Wildl. Res.* 58: 945–953, DOI: 10.1007/s10344-012-0637-z
- BECKER, N. I.; TSCHAPKA, M.; KALKO, E. K.; ENCARNÇÃO, J. A. (2013): Balancing the energy budget in free-ranging male *Myotis daubentonii* bats. *Physiol. and Biochem. Zool.* 86(3): 361–369, DOI: 10.1086/670527
- BGH (BUNDESGERICHTSHOF) (2012): BGH-Urteil vom 2. Oktober 2012, Az. VI ZR 311/11.
- DPMA (DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT) (2018): Gebrauchsmuster-Nr. 20 2018 001 202, Bezeichnung: Seminatürliche Fledermaushöhle FH1500, IPC: A01K 31/14.
- ENCARNÇÃO, J. A.; OTTO, M. S.; BECKER, N. I. (2012): Thermoregulation in male temperate bats depends on habitat characteristics. *J. Therm. Biol.* 37(8): 564–569, DOI: 10.1016/j.jtherbio.2012.07.002
- FLAQUER, C.; PUIG, X.; LÓPEZ-BAUCELLS, A.; TORRE, I.; FREIXAS, L.; MAS, M.; PORRES, X.; ARRIZABALAGA, A. (2014): Could overheating turn bat boxes into death traps? *Barbastella* 7(1): 46–53, DOI:10.14709/BarbJ.7.1.2014.08
- GRIFFITHS, S.; LENTINI, P.; SEMMENS, K.; WATSON, S.; LUMSDEN, L.; ROBERT, K. (2018): Chainsaw-carved cavities better mimic the thermal properties of natural tree hollows than nest boxes and log hollows. *Forests* 9(5): 235–262, DOI: 10.3390/f9050235
- LACKI, M. J.; HAYES, J. P.; KURTA, A. (2007): *Bats in Forests: Conservation and Management*. Baltimore. 329 S.
- MESCHEDÉ, A.; HELLER, K. G.; LEITL, R. (2000): Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern unter besonderer Berücksichtigung wandernder Arten. Teil I des Abschlussberichtes zum FuE-Vorhaben „Untersuchungen und Empfehlungen zur Erhaltung der Fledermäuse in Wäldern“. Bonn. 374 S.
- NIEMZ, P.; SONDEREGGER, W. (2017): *Holzphysik: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe*. München. 615 S.
- OTTO, M. S.; BECKER, N. I.; ENCARNÇÃO, J. A. (2013): Cool gleaners: thermoregulation in sympatric bat species. *Mamm. Biol.* 78(3): 212–215, DOI: 10.1016/j.mambio.2012.07.156
- OTTO, M. S.; BECKER, N. I.; ENCARNÇÃO, J. A. (2015): Stage of pregnancy dictates heterothermy in temperate forest-dwelling bats. *J. Therm. Biol.* 47: 75–82, DOI: 10.1016/j.jtherbio.2014.11.008
- OTTO, M. S.; BECKER, N. I.; ENCARNÇÃO, J. A. (2016): Roost characteristics as indicators for heterothermic behavior of forest-dwelling bats. *Ecol. Res.* 31(3): 385–391, DOI: 10.1007/s11284-016-1348-9
- ROSWAG, A.; BECKER, N. I.; ENCARNÇÃO, J. A. (2014): Factors influencing stable nitrogen isotope ratios in wing membranes of insectivorous bat species: a field study. *Mamm. Biol.* 79(2): 110–116, DOI: 10.1016/j.mambio.2013.10.006
- ROWLAND, J. A.; BRISCOE, N. J.; HANDASYDE, K. A. (2017): Comparing the thermal suitability of nest-boxes and tree-hollows for the conservation-management of arboreal marsupials. *Biol. Conserv.* 209: 341–348, DOI: 10.1016/j.biocon.2017.02.006
- RUNGE, H.; SIMON, M.; WIDDIG, T. (2010): Rahmenbedingungen für die Wirksamkeit von Maßnahmen des Artenschutzes bei Infrastrukturvorhaben. Endbericht zum FuE-Vorhaben im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. Hannover, Marburg. 97 S.
- SEDGELEY, J. A. (2001): Quality of cavity microclimate as a factor influencing selection of maternity roosts by a tree-dwelling bat, *Chalinolobus tuberculatus*, in New Zealand. *J. Appl. Ecol.* 38(2): 425–438, DOI: 10.1046/j.1365-2664.2001.00607.x
- STECK, C.; BRINKMANN, R. (2015): *Wimperfledermaus, Bechsteinfledermaus und Mopsfledermaus: Einblicke in die Lebensweise gefährdeter Arten in Baden-Württemberg*. Bern. 200 S.
- WEBB, P. I.; SPEAKMAN, J. R.; RACEY, P. A. (1995): Evaporative water loss in two sympatric species of vespertilionid bat, *Plecotus auritus* and *Myotis daubentonii*: relation to foraging mode and implications for roost site selection. *J. Zool.* 235(2): 269–278, DOI: 10.1111/j.1469-7998.1995.tb05143.x
- ZAHN, A.; HAMMER, M. (2017): Zur Wirksamkeit von Fledermauskästen als vorgezogene Ausgleichsmaßnahme. *ANLiegen Nat.* 39(1): 27–35.