

Guido Reiter, Alexander Bruckner, Georg Fritsch, Claudia Kubista,  
Martin Pollheimer and Ulrich Hüttmeir

## Distribution of Bechstein's bat, *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) in Austria

### ABSTRACT

Bechstein's bat (*M. bechsteinii*) is listed in the Annex II and IV of the EU habitat directive. In this paper, we documented and analysed all currently available records of *M. bechsteinii* in Austria. As its distribution is poorly documented in Austria, a habitat model could further improve the knowledge of the species. *M. bechsteinii* is a thermophilic species and its occurrence is often coupled with the presence of oak trees (*Quercus* spp.). In order to build an adequate habitat model, we need to discern which of these two factors, either temperature or the presence of oak, is of higher significance. We therefore compared 139 records of Bechstein's bat from across Austria (199 sites from 1980–2001) with data of oak distribution (Austrian Forest Inventory data, 1994) and mean monthly temperature (project HISTALP, aggregation period 1971–2000). We were able to prove that both Bechstein's bat and oaks prefer locations with high average summer temperatures, with a mean of 15.1°C. Summer records (May–September) of *M. bechsteinii* were mainly located around the periphery of the Alps as well as in some inner alpine valleys; their altitudinal distribution reached up to 800 m a.s.l.. The winter records (October–April), in contrast, showed a higher concentration within the Alps, with altitudinal preferences between 200–400 m a.s.l. and 600–800 m a.s.l.. Generally, we support the received knowledge about the distribution of this species in Austria but additionally we detected *M. bechsteinii* in two new regions – central Upper Austria and Vorarlberg. Furthermore, we can show that the distribution of oak in Austria is a significant factor for the distribution of the Bechstein's bat. The absence of recent records in some regions requires further

investigation. However, we failed to discriminate the influence of oak stand characteristics from that of temperature due to the great spatial distances between the records of Bechstein's bat and the closest oak inventory sites. The distances were mostly in the range of several kilometers and therefore too large to allow an ecologically-relevant correlation. Proximate causes of Bechstein's bat association with oak forests may be twofold. On the one hand the very high average biomass and biodiversity of arthropods found in these forests provide optimal food resources. On the other hand the highest breeding densities of woodpeckers (above all Great Spotted and Middle Spotted Woodpecker *Dendrocopos major*, *D. medius*) are found in oak forests, and therefore higher numbers of tree cavities. The numerous tree holes meet the demands of *M. bechsteinii* for a high number of maternity roosts.

### INTRODUCTION

Bechstein's bat (*M. bechsteinii*) is listed under Annexes II and IV of the EU Habitats Directive and is therefore a species of special conservation concern. Conservation measures such as the designation of protected areas (Natura 2000 sites) and the monitoring of populations and their habitats are required. The distribution of this species in Austria is poorly documented, dated and probably biased towards winter records (see Spitzenberger & Bauer 2001).

To bridge the gap between scarce knowledge and conservation demands, habitat models may be a reasonable solution. They enable the prediction of the likely occurrence of a species at unsampled locations from its habitat requirements (Guisan et al. 2006). Naturally, the performance of a habitat model depends on how well the habitat dimensions of the

species under study can be assessed and defined empirically. Bechstein's bat appears to be a good candidate for this type of modelling on first impression. It is generally considered to be a species of mild climates as it has been shown to prefer the warmer regions of Europe (Dietz et al. 2007). Furthermore, its occurrence seems to be coupled with the presence of old deciduous tree stands, especially those of oak (*Quercus* spp.). To build a habitat model, we need to discern which of these two (and potentially other) factors are of higher significance, as well as establishing if either of the factors is important at all. As with the Bechstein's bat, the distribution of oak is linked to mild, lowland and sub-Mediterranean climate (Mayer 1984). Thus, the frequent association of *M. bechsteinii*, oaks and warm temperatures may be another example of collinearity, that is, the high correlation of explanatory (= predictor) variables in a statistical analysis (Quinn & Keough 2002).

Collinearity is likely to be ignored by biologists who model habitat requirements and distribution of species using a multiple regression (or related) approach, since complete absence of the phenomenon is improbable in many ecological data. However, high levels of collinearity may strongly affect the confidence of regression parameters (inflation of standard errors of estimated regression slopes) and may even show fake significant regression results when there are none (see Quinn & Keough 2002, for a thorough discussion). We intended to use the data set of this study to assess the importance of warm climate versus oak presence for the distribution of *M. bechsteinii* in Austria. In this paper, we have documented and analysed all currently available records of *M. bechsteinii* in Austria. We found that both *M. bechsteinii* and *Quercus* spp. were restricted to the warm eastern lowlands of the country. Whilst we found strong indications of collinearity, we were unable to demonstrate it conclusively as the inventory data turned out to be insufficient.

#### MATERIAL AND METHODS

Austria is situated in central Europe and covers 83,879 km<sup>2</sup>. The Alps cover about 60% of the country. North of the River Danube are hill lands and

there are extended lowlands in the eastern and south-eastern parts of Austria. The climate ranges from alpine to the warm and dry continental "pannonic" climate in the eastern parts of the country. Approximately 47% of Austria is covered by forests: coniferous forests (62%), mixed forests (26%) and broadleaved forests (12%). Oak trees could be found in approximately 11% of all plots with woodland surveyed in the Austrian Forest Inventory (Schaudauer 1994).

#### Data sources

All available records of *M. bechsteinii* in Austria were summarised for this study. Data originated from various sources including own projects, data from colleagues and museum material, as well as literature data (Tab. 1). Hence, the data set used in this study is very heterogeneous.

#### Recording of echolocation calls

For this study only recordings of bat calls from automated ultrasound recording units of the same type ("batcorder", ecoObs, Nuremberg, Germany, <http://www.ecoobs.de>) were used. This batcorder device digitally records ultrasonic signals in real time (500 kHz, 16 bit, sensitivity range 16–150 kHz) and uses a built-in, realtime filter to distinguish between bat calls and ultrasound signals from other origins (e.g. bush crickets). This system was originally designed for studies on microhabitat use by bats in forests (Runkel 2008). Devices were calibrated and configured by ecoObs. No further adjustments of the settings were made (default settings: quality = 20, 400ms post trigger, -27 dB threshold level, critical frequency 16 kHz). Bat calls recorded were automatically stored and measured with the software bcAdmin 2.06 (ecoObs Nuremberg). Subsequently measurements were analysed with the software batIdent 1.02 (ecoObs Nuremberg). This software compares unknown bat calls with reference calls based on a statistical approach using Random Forest analyses and Support Vector Machines, programmed in R (R Development Core Team 2011). For the purpose of this study we only used recordings of *M. bechsteinii* with a probability of correct classification higher

than 75%. Furthermore, after the automated classification, each sequence was manually checked using bcAnalyze 1.11 (ecoObs Nuremberg) and published descriptions for bat calls of *M. bechsteinii* (Russo & Jones 2002, Obrist et al. 2004, Hammer et al. 2009).

#### Temperature and forest stand data

To assess the importance of temperature and the presence of oak trees for the summer occurrence of *Myotis bechsteinii* in Austria, we eliminated nine

potential outliers from the data set (sampling date < 1980, height above sea level > 1100 m; resulting n = 139 records). Monthly mean temperatures of the recording sites were retrieved from the HISTALP project that provides gridded climate data for the larger region of the Alps, based on quality-improved, long-term weather station records (Böhm et al. 2009, <http://www.zamg.ac.at/histalp/>). We used data from the aggregation period 1971–2000 in a 5x5 minutes grid.

*Tab. 1. Data sources used for the distribution maps and further analysis.*

*Tab.1. Datengrundlage für die Erstellung der Verbreitungskarte und vertiefende Analysen.*

Reference
Amon et al. (1993)
Artenschutzprojekt Fledermäuse Kärnten 2010–2013, unpubl. data
Artenschutzprojekt Fledermäuse Oberösterreich 2009–2011, unpubl. data
Artenschutzprojekt Fledermäuse Steiermark 2010–2011, unpubl. data
Baar & Pölz (2002)
Bauer & Walter (1977)
Blumenschein (2007)
Bruckner A., unpubl. data
Bürger K., unpubl. data
Ecotope (2010)
Freitag (1991)
Freitag & Kepka (1993)
Freitag & Freitag (1996)
Fritsch G., unpubl. data
Großmann M., pers. comm.
Hüttmeir et al. (2010)
Hüttmeir & Reiter (2010a)
Hüttmeir & Reiter (2010b)
Kaltenböck A., unpubl. data
Koordinationsstelle für Fledermausschutz und -forschung in Österreich (KFFÖ), unpubl. data
Kubista C., unpubl. data
Mayer A., in Hüttmeir & Reiter (2010)
Natural History Museum Vienna
Ökoteam, Komposch B., unpubl. data
Pollheimer M., Müller A. & Thurner B., unpubl. data
Pysarczuk & Reiter (2010)
Pysarczuk S., unpubl. data
Reiter et al. (2009)
Spitzenberger & Bauer (2001)
Spitzenberger (2007)
Wegleitner S., unpubl. data
Wieser D., Krainer K., Mixanig H. & Reiter G., unpubl. data

For each bat record, the HISTALP grid data temperature value was corrected for height above sea level according to:

$$\text{temp}_{\text{record}} = \text{temp}_{\text{grid cell}} - ((\text{height}_{\text{record}} - \text{height}_{\text{grid cell}}) * 0.0065)$$

assuming an average temperature change of 6.5°C per 1000 m altitude difference.

The average temperature of the summer months (May to September) is closely and linearly correlated to the yearly average (Pearson's  $r = 0.98$ ), so we present only the former here. Oak stand data were retrieved from the Austrian Forest Inventory (Schadauer 1994). The approximately 5,600 survey units of this program (quadratic „tracts“, each of 200 x 200 m size) were on the intersections of a 3.89 km<sup>2</sup> grid covering the Austrian territory. Stand characteristics were assessed in four 300m<sup>2</sup> circular plots on the corners of each tract (Hauk & Schadauer 2009). Our oak data set comprised all 2,423 plots nationwide where *Quercus* spp. were present with a diameter at breast height  $\geq 50$  cm (the three dominant oak species of Austria, *Quercus robur*, *Q. petraea*, and *Q. cerris*, were not differentiated in the inventory). These data were compared to a random sample of inventory plots from all over Austria ( $n = 250$  plots). Altitude data from the inventory were only available with a resolution of 100 m a.s.l.. We improved these figures using the digital elevation model of the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM; <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>). Then temperature data were calculated for each forest stand in the data set as given above. For each record of *M. bechsteinii*, the linear distances between the closest inventory plot and the centre of the nearest HISTALP grid cell were calculated in ESRI ArcGIS 9.3, using the function "Near\_analysis" with "search\_radius 25,000m".

## RESULTS

A total of 279 records of *M. bechsteinii* from 218 sites were included in the subsequent analysis. Nearly 50% of the recordings were from since 2001 and over 75% since 1976 (Fig. 1). The records include findings of roosts (35%), bats captured in mist nets (18%), and recordings of echolocation calls (28%) as well as other types (19%).

### Summer distribution

Recordings of *M. bechsteinii* during the summer season, from May to September, are mainly located around the periphery of the Alps with only a limited number of records from inner alpine valleys (Fig. 2). No difference in the spatial distribution of the different recording methods could be noticed. Local concentrations of recordings are in almost all cases the result of an increased sampling effort in these areas, for example in the course of inventory studies.

The majority of records (67%) originate from foraging areas made either by mist netting or recording of bat calls. Only a small number of records represent roosts – maternity roosts (8%) or roosts of solitary individuals (11%). Other types of recordings or unknown situations account for 14%. The altitudinal distribution of the summer records is heavily biased towards areas from 200–600 m a.s.l. (Fig. 3). Also, since the one record above 1000 m a.s.l. is a finding in a cave, we conclude that the recent summer distribution in Austria reaches up to 800 m a.s.l..

### Winter distribution

From October to April, more records are found in the Alps as compared to the summer distribution (Fig. 4), but there are still many records around the periphery of the Alps. The majority of the records originate from caves (52%), with much fewer from galleries (12%) and wine cellars and boiler rooms (10%). Other records are from bat or birds boxes (6%) or of unknown origin.

The more-alpine distribution of the winter records is reflected in their altitudinal distribution, with records up to 1,400 m a.s.l. (Fig. 5). However, the altitudinal belts between 200–400 m a.s.l. and 600–800 m a.s.l. are disproportionately more used compared to the area in Austria.

### Distribution of *M. bechsteinii* and *Quercus* spp. in Austria

When plotted on a map, the distribution of oak trees and the summer records of Bechstein's bat overlapped to a very large extent (Fig. 6). We assu-

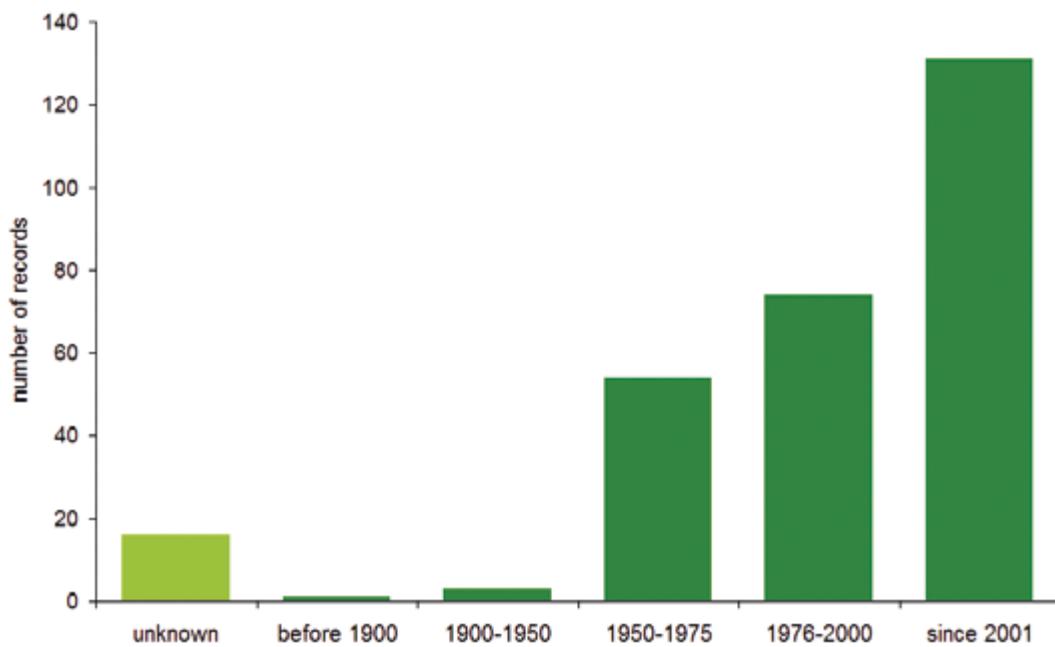


Fig. 1. Temporal distribution of records of *M. bechsteinii* in Austria ( $n = 279$ ).

Abb. 1. Zeitliche Verteilung der Nachweise von *M. bechsteinii* in Österreich ( $n = 279$ ).

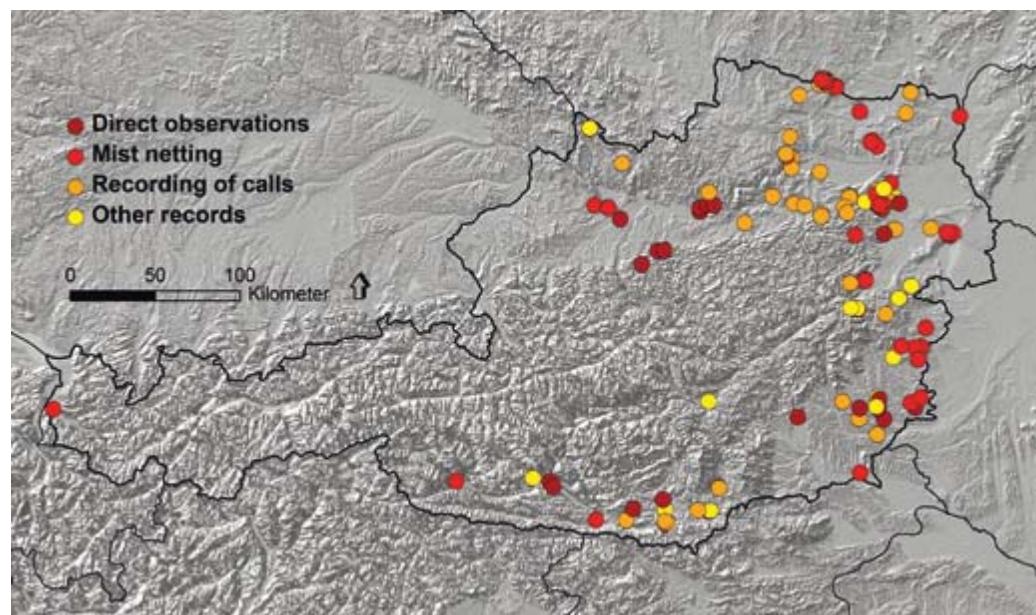


Fig. 2. Locations with records of *M. bechsteinii* in Austria from May to September ( $n = 148$ ).

Abb. 2. Sommernachweise von *M. bechsteinii* in Österreich (Mai bis September) ( $n = 148$ ).

Distribution of Bechstein's bat, *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) in Austria

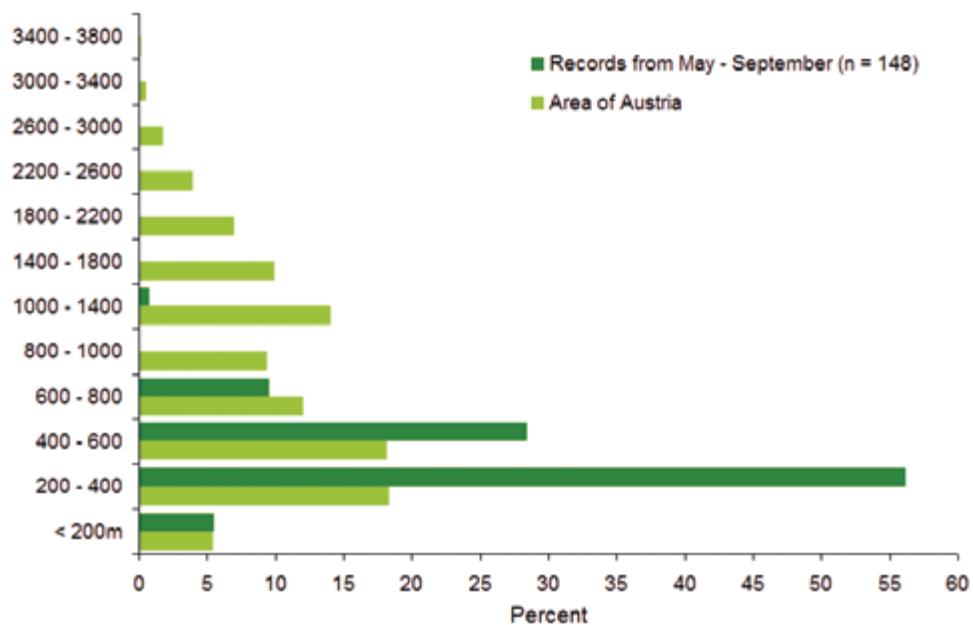


Fig. 3. Altitudinal distribution of *M. bechsteinii* from May to September, including maternity roosts, summer roosts, foraging areas and probably some transitory roosts.

Abb. 3. Höhenverteilung der Nachweise (Wochenstuben, Sommerquartiere, Jagdgebiete und Zwischenquartiere) von *M. bechsteinii* in den Monaten Mai bis September.

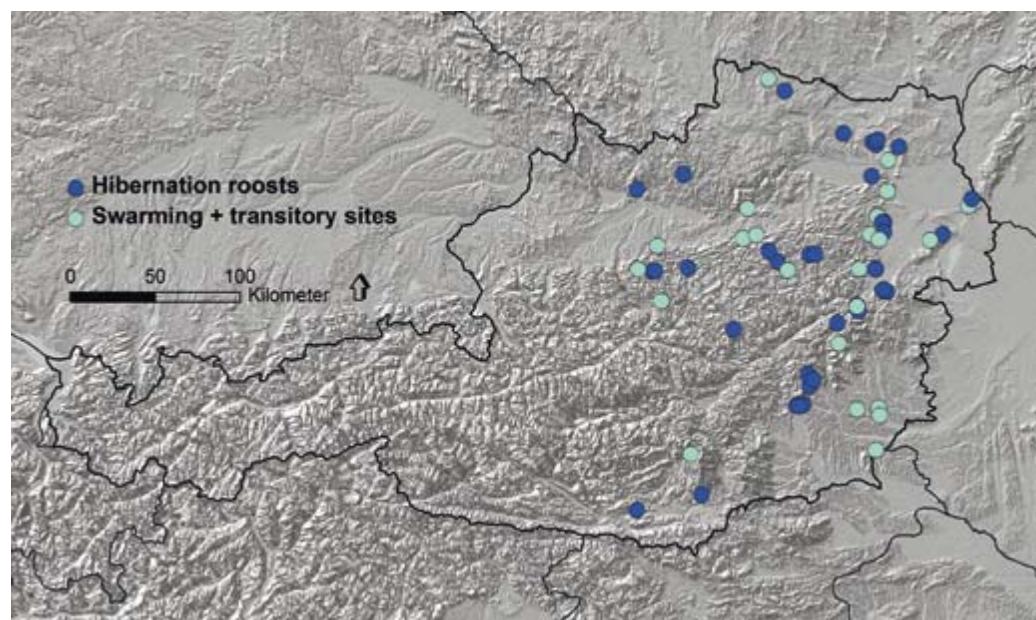


Fig. 4. Locations with records of *M. bechsteinii* in Austria from October to April (n = 70).

Abb. 4. Winternachweise von *M. bechsteinii* in Österreich (Oktober-April) (n = 70).

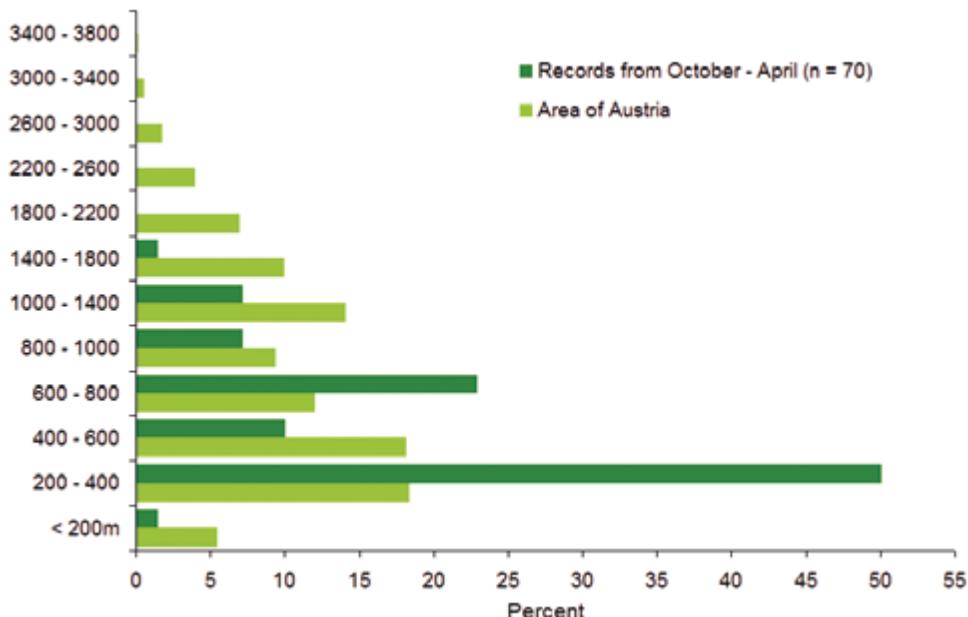


Fig. 5. Altitudinal distribution of *M. bechsteinii* from October to April, including hibernation roosts, swarming sites and transitory roosts.

Abb. 5. Höhenverteilung der Nachweise (Winterquartiere, Schwärmequartiere und Zwischenquartiere) von *M. bechsteinii* in den Monaten Oktober bis April.

me that their ranges were in fact identical, as the difference to total match might just be an effect of inadequate sampling of Bechstein's bat. Both taxa covered the lowland regions of the country, i.e. (clockwise from N to S) the Mühlviertel, Waldviertel, Weinviertel, Vienna Basin, Burgenland, and south-eastern Styria, and several warmer, inner-alpine valleys in Carinthia and Vorarlberg.

Accordingly, Bechstein's bats were only found at locations with high average summer temperatures, with a mean of 15.1°C (Fig. 7). The same was true for the stands of *Quercus* spp., that exhibited an average summer temperature markedly above that of a random collection of forest inventory plots from all over Austria (14.6 and 11.7°C, respectively; Fig. 8). Thus, there is substantial evidence for collinearity between the potential predicting factors – temperature and oak presence – in governing the distribution of Bechstein's bat. We failed, however, to discern the influence of oak stand characteristics versus temperature influence, because the distances between the records of *M. bechsteinii* and the closest oak inventory sites were mostly in the range of se-

veral kilometers and therefore too large to allow an ecologically relevant correlation (Fig. 9). Information on the recording sites themselves (apart from geographic coordinates, altitude, and temperature) was not available.

## DISCUSSION

Records of Bechstein's bat in Austria date back to the early Pleistocene (Spitzenberger & Bauer 2001) and are well documented from several caves in Bad Deutsch Altenburg (eastern Austria) by Rabeder (1973). The post-glacial recolonisation is assumed for the early Holocene. Overall, Holocene records in Austria are mainly located in the eastern Alps, concentrated in the northern and southern limestone Alps and the Styrian carstic region (Spitzenberger & Bauer 2001). The restriction of Holocene records to the eastern Alps seems to reflect the records in natural caves. Since there are rarely any natural caves outside the Alps, the recent distribution of hibernacula is very likely a consequence of the availability of man-made underground sites. The distribution map published in Spitzenberger & Bau-

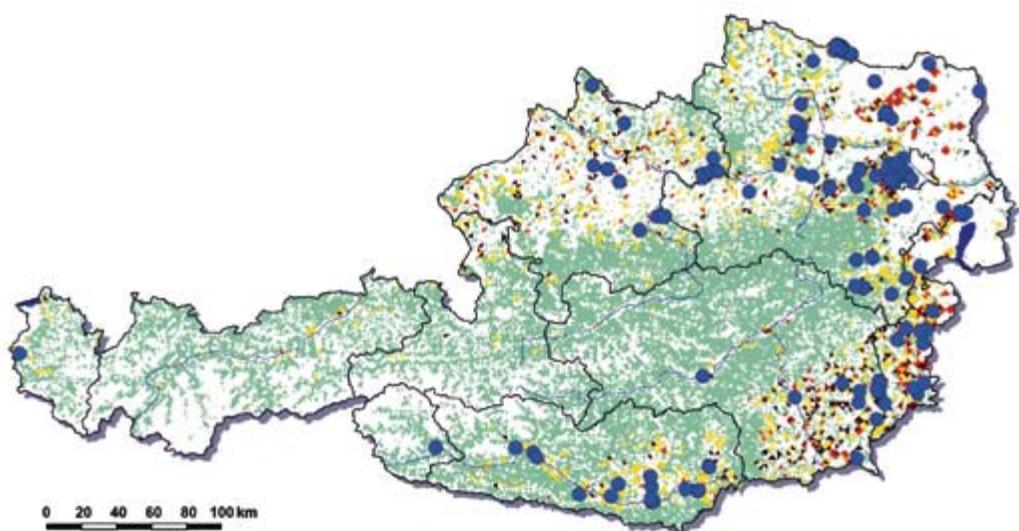


Fig. 6. Distribution of oak (*Quercus spp.*) and summer records of *M. bechsteinii* in Austria. ■ = high, ▒ = medium, ▒ = low stand dominance of oak, ■ = woodland, ● = records of *M. bechsteinii*.

Abb. 6. Eichennachweise (*Quercus spp.*) und Sommernachweise von *M. bechsteinii* in Österreich. ■ = hohe, ▒ = mittlere, ▒ = niedrige Eichendominanz am Standort, ■ = Waldgebiet, ● = *M. bechsteinii* Nachweise.

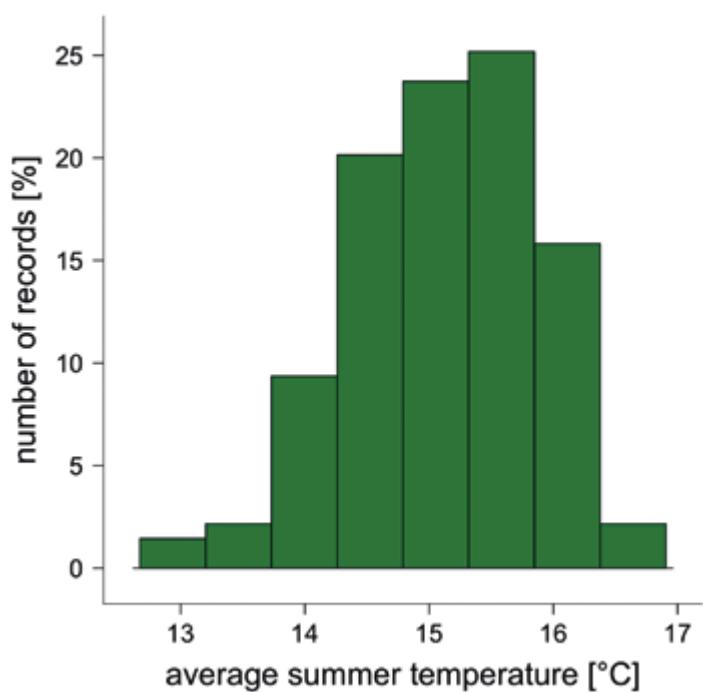


Fig. 7. Frequency distribution of average monthly temperatures of summer records (May to September) of *M. bechsteinii* in Austria.

Abb. 7. Häufigkeitsverteilung der Monatsdurchschnittstemperaturen (Mai bis September) von *M. bechsteinii*-Fundstellen in Österreich.

Fig. 8. Frequency distributions of summer temperatures (May to September) of a random collection ( $n = 250$ ) and of all plots containing oak trees ( $n = 2423$ ) of the Austrian Forest Inventory.

Abb. 8. Häufigkeitsverteilung der Sommertemperaturen einer Zufallsauswahl von Waldstandorten ( $n = 250$ ) und von Eichenstandorten ( $n = 2423$ ) der Österreichischen Waldinventur.

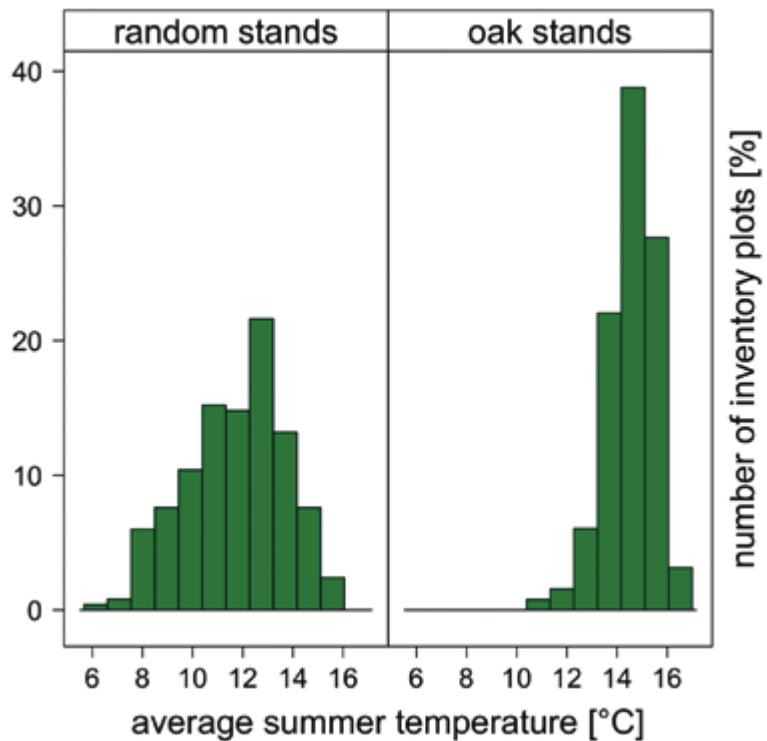
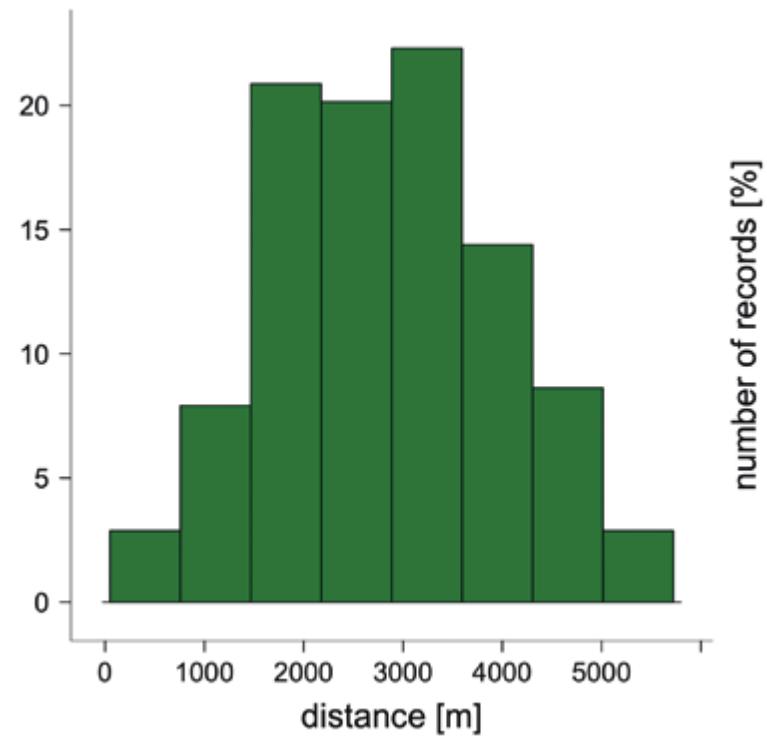


Fig. 9. Frequency distribution of the distance of *M. bechsteinii* records to the closest inventory site of the Austrian Forest Inventory.

Abb. 9. Häufigkeitsverteilung der Entfernungen zwischen *M. bechsteinii*-Fundorten und dem nächstgelegenen Punkt der Österreichischen Waldinventur.



er (2001) shows that Bechstein's bat occurs mainly in the lowlands of eastern Austria. Few records are located in inner-alpine valleys of the Southern Alps (Spitzenberger & Bauer 2001). Thus, the additional findings presented here support the received knowledge of the distribution of this species in Austria. However, because of the increased sample size and new methods, such as the recording of ultrasound calls, a more confident and detailed picture could be obtained. Furthermore, *M. bechsteinii* was meanwhile found in new regions of Austria, including central Upper Austria and in Vorarlberg (Fig. 2). Bechstein's bat is mainly a European species with only a few records outside Europe (Dietz et al. 2007).

The distribution of this species in neighbouring countries shows similar patterns to those in Austria. However, for some countries the distribution patterns may reflect the search effort rather than the actual distribution of this species. In southern Germany (Bavaria) only a few records exist from the alpine region adjacent to the border with Austria. The main distribution is in the northern part of the country and only a few records are known from the region south of the River Danube (Rudolph et al. 2004). In Switzerland, higher latitudes are also avoided, with records distributed north of the Alps and in low alpine valleys (Zuchuat & Keller 1995).

In the Czech Republic and Slovakia, Bechstein's bat has a mosaic distribution, but is more abundant in warmer, wooded and hilly landscapes (Hanák et al. 2010). The same distribution pattern seems to occur in Hungary where it is more common in the northern and southwestern parts of the country (Estók & Szatyor 2007). South of the Alps, this species seems to be rare. In Slovenia, the species is very rare and most records are from swarming sites. No maternity roosts have yet been found, but reproducing populations are assumed to occur in the southern parts of Slovenia (Koselj 2009). So far there is only one record of a nursery roost from Southern Tyrol (Niederfriniger & Drescher 2001). We found a very close correlation between the occurrence of Bechstein's bat and oak trees, very much as in other areas like Luxembourg (Dietz & Pir 2009) and Spain

(Napal et al. 2010). Furthermore, a link with oak trees was found at different geographical scales, such as the home ranges of individuals (Dietz & Pir 2009, Napal et al. 2010, Güttinger & Burkhard 2013) or the distribution pattern in larger areas as in Luxembourg (Dietz & Pir 2009). However, the possibility that oak forests and mild climate are solely ultimate causes of the occurrence of Bechstein's bat must be envisaged. Possible proximate causes of Bechstein's bat association with oak forests may be twofold. On the one hand the far above average biomass and biodiversity of arthropods found in these forest types (e.g. Pasinelli & Hegelbach 1997, Southwood et al. 2004) provide optimal food resources.

Even more important may be the fact that mature oak forests hold the highest breeding densities of woodpeckers (above all Great Spotted and Middle Spotted Woodpecker *Dendrocopos major*, *D. medius*) compared to other European forest communities (Glutz von Blotzheim & Bauer 1994). Feeding mainly on surface-dwelling arthropods the Middle Spotted Woodpecker strongly depends on mature fissured barked oaks (Pasinelli & Hegelbach 1997, Kosiński & Winiecki 2005, Kosiński 2006). These two Woodpecker species provide a huge amount of tree cavities which meets the demands of Bechstein's bat for a high number of roosts (Napal et al. 2009, Dietz 2010, Dietz & Pir 2011).

However, there are indications that at least some populations of *M. bechsteinii* do neither depend on oak trees nor on deciduous trees at all (Steinhauser 2002, Albrecht et al. 2002). The question therefore remains unsolved as to whether there is a causal link between the bat and the trees, or whether their closely-matching distribution patterns are due to the preference of both taxa for regions of mild climate. Further research into this subject is needed and any modelling approach must be based on more appropriate environmental data than were available to us. Like many other similar databases, the Austrian Forest Inventory was never intended to be used for habitat-modelling of endangered animals, and it is not possible to clarify complex correlations with data of that kind. This is especially true for species' records that come from random

findings and unsystematic sampling, as has been demonstrated with the *M. bechsteinii* data in this study. Even if the occurrence of *Quercus* spp. is not causal for the summer records of Bechstein's bat, the distribution of the tree in Austria indicates where the presence of *M. bechsteinii* is clearly to be expected, but recent records are missing. Therefore, it will be necessary to check these areas for the presence of *M. bechsteinii* in order to get a complete picture of the distribution of this species in Austria. This is very important for the conservation of this species in Austria as well as for monitoring purposes.

Plank et al. (2012) pointed out that *M. bechsteinii* often forages in the canopy stratum of the woods. Therefore, canopy sampling should be undertaken when aiming to monitor such species for conservation purposes. Populations of *M. bechsteinii* will be underestimated, and maybe missed completely, by ground sampling alone (Plank et al. 2012).

#### **Conclusions and implications for the conservation of *M. bechsteinii* in Austria**

The following issues summarise the important goals for the conservation and management of this species in Austria:

1. Completion of the knowledge about the actual distribution of this species in Austria, especially searching for *M. bechsteinii* in areas with a high probability of occurrence but where records are lacking.
2. Research about the autecology of this species in Austria is also called for, primarily on the habitat use in areas with sparse woodland or in areas with mainly coniferous woodland.
3. Production of guidelines for the conservation of this species in protected areas.
4. Production of guidelines for owners of working forests for the conservation of this species.
5. Establish a monitoring program for this species.

We strongly suggest that these points should immediately be put into action in order to promote this species in Austria and fulfil the obligations derived from the EU Habitats Directive.

#### **VERBREITUNG DER BECHSTEINFLEDERMAUS IN ÖSTERREICH**

Die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) wird in Anhang II und IV der FFH-Richtlinie der EU aufgelistet und ist daher eine Art mit hoher naturschutzfachlicher Relevanz. Über die Verbreitung dieser Art in Österreich ist wenig bekannt und die bestehenden Verbreitungskarten weisen vermutlich eine Verzerrung aufgrund der Durchmischung von Sommer- und Winteraufnahmen auf.

Um für den Aufbau eines adäquaten Schutzkonzepts die bestehenden Wissenslücken ausreichend füllen zu können bieten sich Habitatmodelle an. Mit deren Hilfe kann, sofern die Ansprüche einer Art an ihr Habitat bekannt sind, die Vorkommenswahrscheinlichkeit der jeweiligen Art in einem zuvor nicht untersuchten Gebiet geschätzt werden.

So ist etwa bekannt, dass die Bechsteinfledermaus ein Bewohner milder Klima ist. Sie bevorzugt die wärmeren Regionen Europas und ihr Auftreten scheint sich mit dem Vorhandensein von alten Laubwaldbeständen, im Besonderen dem von Eichen (*Quercus* spp.), zu decken. Da jedoch auch die Verbreitung von Eichen mit milden Klimaten gekoppelt ist, könnte die enge Assoziation der Bechsteinfledermaus mit Eichen und warmen Temperaturen eine Kollinearität darstellen. Um ein geeignetes Habitatmodell erstellen zu können muss daher im Vorfeld geklärt werden, welcher Faktor die Vorkommenswahrscheinlichkeit der Bechsteinfledermaus besser vorhersagt oder ob eventuell keiner der gewählten Faktoren von Relevanz ist.

Mit der vorliegenden Untersuchung sollte somit gezeigt werden, ob warmes Klima oder Eichenbestand eine bessere Abschätzung der Verbreitung von *M. bechsteinii* in Österreich ermöglicht. Der für die Untersuchung verwendete Datensatz für den Nachweis der Bechsteinfledermaus in Österreich setzt sich aus einer Vielzahl verschiedener Quellen zusammen. Beinhaltet sind darin Daten aus eigenen Projekten, Museumsmaterial und Literatur sowie zur Verfügung gestellte Daten von Kollegen. Die Nachweise wurden in zwei Gruppen, Sommer (Mai bis September) und Winter (Oktober bis April), aufgeteilt.

Die Temperaturdaten wurden aus dem Datensatz des Projektes HISTALP entnommen. Dieser liefert monatlich gemittelte Messungen, welche in einem Raster für die größeren Regionen der Alpen mittels Langzeit-Messstationen erhoben wurden. Die für unsere Standorte verwendeten Temperaturdaten liegen in einem 5x5 Minuten Raster vor und stammen aus der Periode 1971–2000. Um die Temperaturwerte für die jeweiligen Höhenlagen der vorliegenden *M. bechsteinii* Fundorte bestmöglich anzupassen, wurden die bestehenden HISTALP Daten von uns adaptiert. Da weiter die durchschnittlichen Temperaturen der Sommermonate Mai bis September eng mit den jährlichen Durchschnittstemperaturen korrelierten, erfolgten alle weiteren Berechnungen nur mit letzteren.

Die Verbreitungsdaten der Eichen (*Quercus spp.*) stammen aus der österreichischen Waldinventur. Die Datenqualität bezüglich der gemessenen Seehöhen wurde unter Verwendung des digitalen Höhenmodells STRM für unsere Zwecke optimiert. Ebenfalls wurde, wie auch für die Nachweise der Bechsteinfledermaus, der jeweilige Temperaturwert für die Eichenstandorte berechnet. Durch Ermittlung des nächstgelegenen Eichenstandortes (Luftlinie) und des nächstgelegenen Zentrums eines HISTALP Aufnahmefeldes, konnte nun die Umgebung der einzelnen *M. bechsteinii* Fundorte genauer charakterisiert werden.

Anhand der vorliegenden Daten konnte gezeigt werden, dass das Sommer-Verbreitungsgebiet von *M. bechsteinii* in Österreich vorwiegend am Alpenrand, mit Ausnahme von einigen inneralpinen Tälern liegt (Fig. 2) und die Art bis in eine Höhe von 800 m Seehöhe vorkommt (Fig. 3). Dabei konnte kein Unterschied in der räumlichen Verteilung zwischen den verschiedenen Nachweisquellen festgestellt werden.

Verglichen mit den Sommeraufnahmen, lagen hingegen die Winternachweise (Oktober–April) vermehrt im Gebiet der Alpen (Fig. 4). Die höchsten Nachweise erfolgten in einer Seehöhe von 1400 m, wobei jedoch Höhenlagen zwischen 200–400 m und 600–800 m über dem Meeresspiegel bevorzugt wurden (Fig. 5).

Durch das Verschneiden der Eichenstandorte mit den Sommernachweisen der Bechsteinfledermaus, konnte weiter gezeigt werden, dass diese sich stark decken (Fig. 6). Beide lagen in Regionen mit einer durchschnittlichen Sommertemperatur von 15.1°C, wodurch eine starke Kollinearität nachgewiesen werden konnte. Leider gelang es uns nicht herauszufinden, welcher der beiden Prädiktoren (Eichenbestand oder Temperatur) eine bessere Abschätzung der Verbreitung von *M. bechsteinii* in Österreich ermöglicht. Wir gehen davon aus, dass der für unsere Zwecke grobe Maßstab der Waldinventurdaten der Grund hierfür ist. Oftmals lagen mehrere Kilometer zwischen einem *M. bechsteinii*-Nachweispunkt und dem nächstgelegenen dokumentierten Eichenstandort. Aufgrund dieser großen Distanzen war eine biologisch relevante Korrelation nicht möglich (Fig. 9). Über die jeweiligen Nachweispunkte selbst lag abgesehen von den geografischen Koordinaten, der Höhenlage und der Temperatur keine detaillierte Information vor. Die unmittelbaren Ursachen für die enge Bindung der Bechsteinfledermaus an Eichenwälder können folgende sein: Zum einen gilt die Biodiversität und Biomasse von Arthropoden in Eichenwäldern als die höchste aller europäischen Waldgesellschaften; dadurch sind die Nahrungsressourcen in diesem Waldtyp überdurchschnittlich hoch. Zum anderen sind in Eichenwäldern die Siedlungsdichten von Spechten (v.a. Bunt- und Mittelspecht *Dendrocopos major*, *D. medius*) und damit auch das Angebot an Spechthöhlen als Wochenstundenquartiere höher als in allen anderen europäischen Waldgesellschaften.

Der für unsere Studie verwendete Datensatz stützt somit die bisherigen Verbreitungskarten, welche ein Vorkommen der Bechsteinfledermaus im Tiefland von Ost-Österreich und einige wenige Vorkommen in den inneralpinen Tälern der Südalpen zeigen. Durch die erhebliche hinzugekommene Datenmenge und das Einbringen neuer Untersuchungsmethoden, wie der Aufzeichnung von Fledermausrufen durch sogenannte Batcorder, kann überdies ein detaillierteres und sichereres Bild zur Verbreitung dieser Art gezeichnet werden. Zusätzlich konnte erstmals die Bechsteinfledermaus in

weiteren Regionen Österreichs (z.B. Teile Oberösterreichs und Vorarlberg) nachgewiesen werden (Fig. 2). Da *M. bechsteinii* historisch betrachtet Höhlen als Winterquartiere nutzt und diese außerhalb des Alpenraumes selten vorzufinden sind, erklären sich die rezenten Winternachweise durch menschliche Bauten welche als Ersatzquartiere angenommen wurden.

Die Bechsteinfledermaus gilt als vorwiegend europäische Art, da nur wenige Nachweise außerhalb Europas bekannt sind. Vergleicht man ihr Vorkommen in Österreich mit dem in benachbarten Ländern, so zeigen sich ähnliche Verbreitungsmuster.

In Deutschland findet man die Bechsteinfledermaus hauptsächlich im mittleren Teil des Landes. Nur wenige Nachweise stammen in Bayern aus Regionen südlich der Donau. Auch in der Schweiz werden höher liegende Regionen gemieden. Die Nachweise hier stammen vorwiegend aus dem nördlichen Gebiet der Alpen sowie niederälpinen Tälern. In Tschechien, der Slowakei und Ungarn zeigt *M. bechsteinii* eine eher fragmentarische Verbreitung, wobei jedoch wärmere, bewaldete und hügelige Regionen bevorzugt werden. Südlich der Alpen scheint diese Art weniger häufig vorzukommen. So ist sie beispielsweise in Slowenien sehr selten. Der Großteil der Nachweise stammt von wenigen Schwarmquartieren. Obwohl keine Wochenstuben bekannt sind, vermutet man jedoch das Vorkommen solcher im Süden des Landes. Der einzige Nachweis aus Südtirol stammt aus einer Wochenstube. Weiter konnte eine Korrelation zwischen dem Vorkommen von Eichen und der Bechsteinfledermaus auch in Luxemburg und Spanien nachgewiesen werden. Trotz der Kollinearität zwischen dem Sommer-Verbreitungsgebiet von *M. bechsteinii* und dem Vorkommen von Eichen, zeigt die resultierende Karte Regionen in Österreich in denen mit der Art zwar gerechnet werden muss, gesicherte Nachweise bislang jedoch fehlen. Um daher ein vollständiges Bild der Verbreitung dieser Fledermausart in Österreich zeichnen zu können, ist es äußerst wichtig die betreffenden Regionen auf Vorkommen hin zu untersuchen. Da diese Fledermausart oftmals im Kronenbereich der Bäume jagt

sollte dies bei der Nachweismethode berücksichtigt werden. Bodennahe Aufnahmen allein führen mitunter zu unterrepräsentierten oder gar fehlenden Daten.

Um in Zukunft die Bechsteinfledermaus in Österreich gezielt schützen und fördern zu können, empfehlen wir das Hauptaugenmerk auf folgende Forschungsschwerpunkte zu legen:

1. Erstellen einer weiter aktualisierten Verbreitungskarte für Österreich mit Hilfe der vorliegenden *M. bechsteinii*- und der Eichenbestand-Verbreitungskarten.
2. Gezielte Forschung im Bereich der Autökologie dieser Art, mit besonderem Fokus auf die Habitatnutzung in walddarmen und Nadelholz dominierten Waldgebieten.
3. Erstellung von Richtlinien zum Schutz von *M. bechsteinii* in Schutzgebieten.
4. Erstellung von Richtlinien zum Schutz von *M. bechsteinii* in forstwirtschaftlich genutzten Waldgebieten.
5. Erstellung eines umfassenden Monitoring Programms zur Populationsentwicklung von *M. bechsteinii*.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the following people for providing data or their help in obtaining data elsewhere (in alphabetical order, without titles): Büchesenmeister Richard, Bürger Katharina, Gam auf Anita, Großmann Monika, Kaltenböck Alois, Krainer Klaus, Komposch Brigitte, Mixanig Harald, Ranner Andreas, Pysarczuk Simone, Regner Bruno, Wegleitner Stefan, Wieser Daniela. The Natural History Museum Vienna (NHMW) provided data about Bechstein's bat and the Federal Forest Office (BFW) about the distribution of oak trees in Austria. Thomas Schauppenlehner (Dept. Landscape, Spatial and Infrastructure Sciences, Univ. Natural Resources and Life Sciences) provided the altitude data from the SRTM model. Herbert Forstmayer (Dept. Meteorology, Univ. Natural Resources and Life Sciences) provided help in obtaining and understanding the climatological data and Bridgit Symons improved the English.

## REFERENCES

- Albrecht, K., Hammer, M. & Holzhaider, J. (2002): Telemetrische Untersuchungen zum Nahrungs-habitatanspruch der Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) in Nadelwäldern bei Amberg in der Oberpfalz. Schriftenreihe für Landschafts-pflege und Naturschutz 71: 109–130.
- Amon, H., Baar, A., Engl, K. & Pölz, W. (1993). In: Leitner, J. & Vogel, W. (eds.): Fledermäuse als Bioindikatoren. Umweltbundesamt Reports, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Fa-milie, Wien: 12–71.
- Baar, A., & Pölz, W. (2002): Fledermauskundliche Kartierung des 23. Wiener Gemeindebezirkes und angeschlossene Arbeiten im gesamten Stadt-gebiet. Unpublizierter Endbericht im Auftrag der MA 22 – Umweltschutz. 8 S.
- Bauer, K. & Walter, W. (1977): Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) und Kleinabensegler (*Nyctalus leisleri*) zwei bemerkenswerte Arten der steiri-schen Säugetierfauna. Mitteilungen der Abteilung für Zoologie am Landesmuseum Joanneum Graz 6: 1–8.
- Blumenschein, J. (2007): Die Säugetierfauna des Bezirkes Steyr, Oberösterreich (20 Jahre Säu-ge-tierkartierung). Berichte für Ökologie und Na-turschutz der Stadt Linz 1: 11–64.
- Böhm, R., Auer, I., Schöner, W., Ganekind, M., Gru-ber, C., Jurkovic, A., Orlik, A. & Ungersböck, M. (2009): Eine neue Website mit instrumentellen Qualitäts-Klimadaten für den Grossraum Alpen zurück bis 1760. Wiener Mitteilungen 216: 7–20.
- Dietz, C., Helversen, O. von & Nill, D. (2007): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nord-westafrikas. Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart: 399 S.
- Dietz, M. (2010): Fledermäuse als Leit- und Zielar-ten für am Naturwald orientierte Waldbaukon-zepte. Forstarchiv 81: 69–75.
- Dietz, M. & Pir, J. (2009): Distribution and habitat selection of *Myotis bechsteinii* in Luxembourg: implications for forest management and conser-vation. Folia Zoologica 58: 327–340.
- Dietz, M. & Pir, J. (2011): Distribution, ecology and habitat selection by Bechstein's bat (*Myotis bech-steinii*) in Luxembourg. Ökologie der Säugetiere 6, Laurenti-Verlag, Bielefeld: 88 S.
- Ecotope (2010): Die Waldfledermäuse Vorarlbergs: Artenvielfalt, Lebensraumbindung, Habitatprä-ferenzen sowie Vorschläge für Schutz- und För-dermaßnahmen. Unpublizierter Endbericht im Auftrag der inatura – Erlebnis Naturschau Dorn-birn: 14 S.
- Estók, P. & Szatyor, M. (2007): Nagyfülű dene-vér *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1818). In: Bihari Z, Gábor C. & M. Miklós (eds.): Magyarország emlőseinek atlasza. Kossuth Természettár so-rozat, Budapest: 109–110.
- Freitag, B. (1991): Beitrag zur Fledermausfauna des rechten Ufers der Raabklamm. Mitteilungen der Abteilung für Zoologie am Landesmuseum Joan-neum Graz 45: 23–29.
- Freitag, B. & Kepka, O. (1993): Neue Nachweise des Kleinen Abendseglers *Nyctalus leisleri* aus der Steiermark und dem südlichen Burgenland. Mit-teilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark 123: 223–225.
- Freitag, B. & Freitag, P. (1996): Überwinternde Fledermäuse in Höhlen und Stollen der Landeshauptstadt Graz und ihrer nächsten Umgebung (Mammalia, Chiroptera). Mitteilungen des na-turwissenschaftlichen Vereins für Steiermark 125: 225–234.
- Glutz von Blotzheim, U. N. & Bauer, K. M. (1994): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 9 Col-lumbiformes – Piciformes. AULA-Verlag, Wies-baden: 1184 S.
- Guisan, A., Lehmann, A., Ferrier, S., Aspinall, R., Overton, R., Austin, M. & Hastie, T. (2006): Making better biogeographic predictions of spe-cies distribution. Journal of Applied Ecology 43: 386–392.
- Hammer, M., Zahn, A. & Marckmann, U. (2009): Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen. Koordinations-stellen für Fledermausschutz in Bayern, Paters-dorf: 16 S.
- Hanák, V., Andera, M., Uhrin, M., Danko, S. & Horácek, I. (2010): Bats of the Czech Republic and Slovakia: distributional status of individual

- species. In: Horácek, I. & Uhrin, M. (eds.): A tribute to bats. Verlag Lesnická Práce, Kostelec nad Gernymi lesy: 143–254.
- Hauk, E. & Schadauer, K. (2009): Instruktionen für die Feldarbeit der Österreichischen Waldinventur 2007–2009. Unpubl. Manuscript, Research and Training Centre for Forests, Natural Hazards and Landscape, Vienna, Austria: 201 S.
- Hüttmeir, U., Bürger, K., Wegleitner, S. & Reiter, G. (2010): Fledermäuse in Wien. Ergänzende Erhebung und Einschätzung des Erhaltungszustandes der Fledermausarten in Wien. Endbericht im Auftrag der Stadt Wien: 110 S.
- Hüttmeir, U. & Reiter, G. (2010a): Fledermäuse im Nationalpark Thayatal. Unpublizierter Endbericht im Auftrag der NP Thayatal GmbH: 102 S.
- Hüttmeir, U. & Reiter, G. (2010b): Fledermäuse in Niederösterreich – Zusammenfassung vorhandener Daten zur Verbreitung der Fledermäuse in Niederösterreich. Unpublizierter Endbericht im Auftrag des Landes Niederösterreich, mit Unterstützung von Bund, Land und Europäischer Union: 88 S.
- Koselj, K. (2009): Velikouhi netopir. *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817). In: Presetnik, P., Koelj, K. & Zagmajster, M. (eds.): Atlas netopirjev (Chiroptera) Slovenije. Atlas Faunae et florae Sloveniae 2. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Drevskem polju: 64–65.
- Kosiński, Z. (2006): Factors affecting the occurrence of middle spotted and great spotted woodpeckers in deciduous forests – a case study from Poland. *Annales Zoologici Fennici* 43: 198–210.
- Kosiński, Z. & Winiecki, A. (2005): Factors affecting the density of the middle spotted woodpecker *Dendrocopos medius*: a macrohabitat approach. *Journal of Ornithology* 146: 263–270.
- Mayer, H. (1984): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart: 514 S.
- Napal, M., Garin, I., Goiti, U., Salsamendi, E. & Aihartza, J. (2010): Habitat selection by *Myotis bechsteinii* in the southwestern Iberian Peninsula. *Annales Zoologici Fennici* 47: 239–250.
- Napal, M., Garin, I., Goiti, U., Salsamendi, E. & Aihartza, J. (2009): Selection of maternity roosts by *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) in the Southwestern Iberian Peninsula. *Acta Chiropterologica* 11: 425–433.
- Niederfriniger, O. & Drescher, C. (2001): Distribution of bats (Chiroptera) in South Tyrol. Proceedings of the VIIth EBRS 2: 95–110.
- Obrist, M. K., Boesch, R. & Flückinger, P. F. (2004): Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. *Mammalia* 68: 307–322.
- Pasinelli, G. & Hegelbach, J. (1997): Characteristics of trees preferred by foraging Middle Spotted Woodpecker *Dendrocopos medius* in Northern Switzerland. *Ardea* 85: 203–209.
- Plank, M., Fiedler, K. & Reiter, G. (2012): Use of forest strata by bats in temperate forests. *Journal of Zoology* 286: 154–162.
- Pysarczuk, S. & Reiter, G. (2010): Fledermäuse im Nationalpark Oö. Kalkalpen. Unpublizierter Endbericht: 92 S.
- Quinn, G. P. & Keough, M. J. (2002): Experimental Design and Data Analysis for Biologists, 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge: 537 S.
- R Development Core Team (2011): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org> (aufgerufen am 05.12.2011)
- Rabeder, G. (1973): Fossile Fledermaus-Faunen aus Österreich. *Myotis* 11: 3–14.
- Reiter, G., Kropfberger, J., Pysarczuk, S. & Schmotzer, I. (2009): Fledermäuse im Naturpark Obst-Hügel-Land. Unpubl. Endbericht: 52 S.
- Runkel, V. (2008): Mikrohabitatenutzung syntoper Waldfledermäuse – Ein Vergleich der genutzten Strukturen in anthropogen geformten Waldbiotopen Mitteleuropas. PhD dissertation, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg: 167 S.
- Rudolph, B.-U., Kerth, G., Schlapp, G. & Wolz, I. (2004): Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817). In: Meschede, A. & Rudolph, B.-U.

- (Hrsg.): Fledermäuse in Bayern. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart: 188–202.
- Russo, D. & Jones, G. (2002): Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology* 258: 91–103.
- Schadauer, K. (1994): Baumartenatlas für Österreich. Die Verbreitung der Baumarten nach Daten der Österreichischen Waldinventur. FBVA-Berichte 76: 157 S.
- Southwood, T. R. E., Wint, G. R. W., Kennedy, C. E. J. & Greenwood, S. R. (2004): Seasonality, abundance, species richness and specificity of the phytophagous guild of insects on oak (*Quercus*) canopies. *European Journal of Entomology* 101: 43–50.
- Spitzenberger, F. (2007): Managementpläne für Fledermausarten des Anhangs II und IV der FFH-Richtlinie. Unpubl. Studie für den ÖNB Burgenland im Rahmen des Projektes „Fledermausschutz – Erhaltung der notwendigen landestypischen Natur- und Kulturlandschaft, LW 629“ im Auftrag des Amtes der Burgenländischen Landesregierung: 139 S.
- Spitzenberger, F. & Bauer, K. (2001): Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 17). In: Spitzenberger, F. (ed.): Die Säugetierfauna Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 13: 194–199.
- Steinhauser, D. (2002): Untersuchungen zur Ökologie der Mopsfledermaus, *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774), und der Bechsteinfledermaus, *Myotis bechsteinii* (Kuhl, 1817) im Süden des Landes Brandenburg. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 71: 81–98.
- Zuchuat, O. & Keller, A. (1995): *Myotis bechsteinii* (Natterer in Kuhl, 1818). In: J. Haussler (ed.): Säugetiere der Schweiz. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin: 119–122.

#### AUTHORS' ADDRESSES

**Guido Reiter, Ulrich Hüttmeir**

Austrian Coordination Centre for Bat Conservation and Research (KFFOE)  
Fritz-Stoerk-Str. 13  
AT-4060 Leonding, Austria  
info@fledermausschutz.at

**Alexander Bruckner, Georg Fritsch,**

**Claudia Kubista**

Institute of Zoology  
University of Natural Resources and Life Sciences  
Gregor-Mendel-Str. 33  
AT-1180 Vienna, Austria  
alexander.bruckner@boku.ac.at,  
georg.fritsch@aon.at, Claudia.Kubista@boku.ac.at

**Martin Pollheimer**

coopNATURA  
Kremstalstraße 77  
AT-3500 Krems an der Donau, Austria  
martin.pollheimer@coopnatura.at