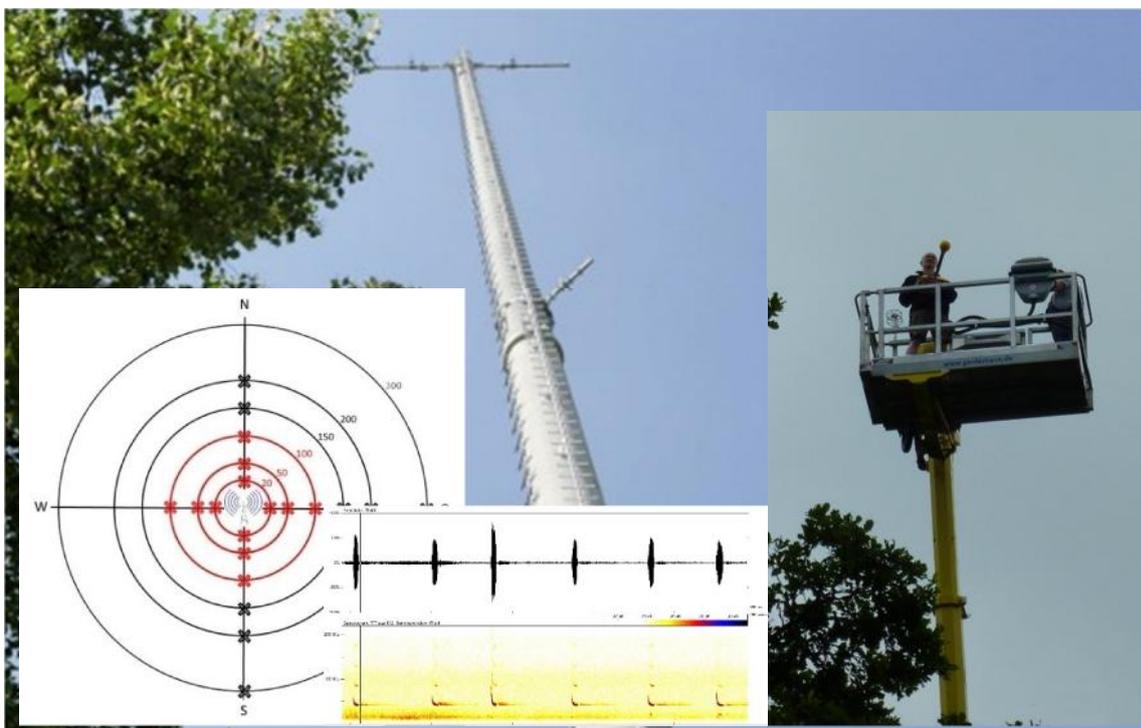


Vergleichende Untersuchung der Auswirkungen der von einem
BOS-Digitalfunkmast ausgehenden elektromagnetischen Immissionen
auf die Fledermausaktivität

Erfassung der Fledermausaktivität und Messung der elektrischen Feldstärke im Umfeld des
Digitalfunkstandortes im Donauwörther Stadtwald in den Jahren 2013 und 2014

Stand: 07. September 2015



Auftraggeber:

Staatliches Bauamt Augsburg
Holbeinstr. 10
86150 Augsburg

Bearbeitet von:

Dipl.- Biol. Anika Lustig

unter Mitarbeit von:

Gustav Dinger

Arbeitsgemeinschaft
Fledermausschutz Donau-Ries

Digitalfunk und Fledermäuse

Ohne eine Vielzahl an Helfern wäre die Durchführung dieses Projektes nicht möglich gewesen:

Danke...

... den Förstern Herrn Michael Fürst (Stadtforst) und Herrn Walter Bollmann (Bundesforst)

... dem Traktorfahrer: Herrn Hans Ableitner

... Thomas Schröttle, Daniel Treichel und Alexander Fischer (Fa. Telemeter) für die Unterstützung bei den Feldstärkemessungen

... Elmar Hieble (Fa.Hieble) für Transport, Umbau und Organisation und TÜV-Abnahme des Antennenträgers/Teleskopgittermasts

... Philipp Dinger (Wartungsarbeiten Teleskopgittermast)

... Rainhard Brenner (Schulung Bedienung Teleskopgittermast)

... Dr. Andreas Zahn (Koordinationsstelle für Fledermausschutz) für die Ausarbeitung des Untersuchungskonzeptes

... und natürlich allen Helfern, die beim Umsetzen des Teleskopgittermasts, dem Absperren der Forstwege etc. unentbehrlich waren und ohne die, dieses Projekt in diesem Umfang nicht hätte umgesetzt werden können:

Winfried Strasser, für seinen unermüdlichen Einsatz, sowie

Karl Blank, Georg Dinger, Christine Dinger-Wilde, Gustl Dinger, Martin Glötzl-Koch, John-Patrick Goetz, Jochen Kessens, Stefan Leinfelder, Ottmar Müller, Enrico Nenke, Doreen Nenke, Siegbert Spring, , Rita Neudeck-Strasser

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis4

Tabellenverzeichnis7

1 Einführung9

 1.1 Anlass der Studie9

 1.2 Aufgabenstellung.....10

 1.3 Untersuchungsgebiet11

 1.4 Technische Daten BOS-Digitalfunk13

2 Untersuchungsdesign17

3 Methoden21

 3.1 Feldstärkemessungen.....21

 3.2 Erfassung der Fledermausaktivität22

 3.3 Angewendete Statistik.....31

4 Ergebnisse.....33

 4.1 Messergebnisse der Elektrischen Feldstärke33

 4.2 Artenspektrum38

 4.3 Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Fledermausarten in 2013/2014.....40

 4.4 Vergleich der Fledermausaktivität in 2013 und 201445

 4.5 Vergleich der Fledermausaktivität zwischen Sommer 2013/2014 und Herbst 2013/201452

 4.6 Vergleich der Fledermausaktivität in Bodennähe und in der Höhe in 2013 und 201455

 4.7 Vergleich der Fledermausaktivität in direkter Abhängigkeit von der Feldstärke.....57

 4.8 Vergleich der Temperaturen in 2013/2014 als Einflussfaktor auf die Fledermausaktivität65

5 Diskussion der Ergebnisse68

6 Gutachterliches Fazit81

7 Zusammenfassung.....84

8 Literaturverzeichnis85

9 Anhang.....90

 9.1 Messergebnisse elektrische Feldstärke90

 9.2 Erfassungen der Fledermausaktivität.....94

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: LAGE DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES. KARTENMATERIAL: ©LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION BAYERN, BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE.	11
ABBILDUNG 2: LUFTBILD DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES. IN DER MITTE STEHT DER DIGITALFUNKMAST. KARTENMATERIAL: ©LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION BAYERN, BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE.	12
ABBILDUNG 3: STRAHLUNGSDIAGRAMM DER OMNIDIREKTIONALEN KATHREIN-ANTENNE 80010434 ©KATHREIN SCALA DIVISION, 2010 .	14
ABBILDUNG 4: SCHEMA UNTERSUCHUNGSDESIGN. JEDES KREUZ STELLT EINEN UNTERSUCHUNGSSTANDORT (US) DAR. JEDER US STEHT FÜR ZWEI MESSPUNKTE (MP). EIN MP IN BODENNÄHE UND EIN MP IN 30 BZW. 40 METER HÖHE. DIE ROTE ZEICHNUNG STELLT DEN URSPRÜNGLICHEN UNTERSUCHUNGSUMFANG DAR. DER ÄUßERSTE US LIEGT BEI 500 METERN ENTFERNUNG VOM DIGITALFUNKMAST AUF DEM NORD-TRANSEKT UND WURDE ALS NULLPROBE GEWÄHLT.....	18
ABBILDUNG 5: LAGE DER US. KARTENMATERIAL: ©LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION BAYERN, BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE.	20
ABBILDUNG 6: LAGE DER US IM LUFTBILD DARGESTELLT. KARTENMATERIAL: ©LANDESAMT FÜR VERMESSUNG UND GEOINFORMATION BAYERN, BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE.....	20
ABBILDUNG 7: UNTERSUCHUNGSaufbau zur Messung der Fledermausaktivität mittels eines Aufnahmegerätes (BATCORDER, ECOOB GmbHS) in 40 Metern Höhe (Foto Li.) und Anlieferung des Teleskopgittermasts (Foto Re.).	23
ABBILDUNG 8: ENTSCHEIDUNGSBAUM DES PROGRAMMS BATIDENT (ECOObS GmbH). ER ZEIGT DIE DURCH BATIDENT VERWENDETE GRUPPIERUNG VON ARTEN UND DIE MAXIMAL VIER SCHRITTE DER ANALYSE. QUELLE: HTTP://WWW.ECOOBS.DE/CNT-BATIDENT.HTML	28
ABBILDUNG 9: SPECTRUM-ANALYSE AUFGENOMMEN MITTELS DES SRM-3006 VON NARDA - SAFTEY TEST SOLUTIONS© AM 24.07.2013 IN 45 METERN HÖHE AM DIGITALFUNKMAST VOR DESSEN INBETRIEBNAHME	33
ABBILDUNG 10: BOXPLOT- DIAGRAMM DER VERTEILUNG DER WERTE DER GEMESSENEN FELDESTÄRKE (V/M) AN ALLEN 59 MP.	34
ABBILDUNG 11: ABSTANDSVERHALTEN DER GEMESSENEN ELEKTRISCHEN FELDESTÄRKE [E] FÜR JEDE DER DREI HÖHENKLASSEN (1,5M, 30M, 40 M) MIT ZUNEHMENDER ENTFERNUNG ZUR FUNKQUELLE. DIE DATEN DER EINZELNEN MESSPUNKTE EINER ENTFERNUNGSKLASSE (Z.B. 20 M, 50 M, ETC.) STELLEN DEN MEDIAN DER EINZELNEN MESSUNGEN AUF DEN TRANSEKTEN DAR (N= 2 BIS 4).	36
ABBILDUNG 12: BOXPLOT-DIAGRAMM DER GEMESSENEN ELEKTRISCHEN FELDESTÄRKE IM 500 METER UMGREIS UM DEN DIGITALFUNKMAST FÜR DIE DREI UNTERSUCHTEN HÖHENSTUFEN (BODEN ENTSpricht 1,5M). N 40M =19, N 30M =19, N BODEN = 21.....	37
ABBILDUNG 13: BOXPLOT-DIAGRAMM DER GEMESSENEN ELEKTRISCHEN FELDESTÄRKE AN UP IN 20, 50, 100, 150 UND 200 METERN ENTFERNUNG ZUM DIGITALFUNKMAST FÜR DREI DER VIER TRANSEKTE, ENTSPRECHEND DER HIMMELSRICHTUNGEN. N NORDEN = 15, N OSTEN = 15, N SÜDEN = 15.	37
ABBILDUNG 14: VERGLEICH DER AUFGEZEICHNETEN AKTIVITÄT (IN SEKUNDEN) DER EINZELNEN ARTENGRUPPEN IN 2013 UND 2014. N 2013 = 102, N 2014 = 115 BATCORDER- ERFASSUNGEN.....	42
ABBILDUNG 15: : VERGLEICH DER AUFGEZEICHNETEN AKTIVITÄT (IN SEKUNDEN) DER EINZELNEN ARTEN DER GATTUNG MYOTIS IN 2013 UND 2014. N 2013 = 102, N 2014 = 115 BATCORDER- ERFASSUNGEN.	42
ABBILDUNG 16: VERGLEICH DER AUFGEZEICHNETEN AKTIVITÄT (IN SEKUNDEN) DER EINZELNEN ARTEN DER GRUPPE NYCTALOID IN 2013 UND 2014. N 2013 = 102, N 2014 = 115 BATCORDER- ERFASSUNGEN.	43

ABBILDUNG 17: VERGLEICH DER AUFGEZEICHNETEN AKTIVITÄT (IN SEKUNDEN) DER EINZELNEN ARTEN DER GATTUNG PIPISTRELLUS IN 2013 UND 2014. N 2013 = 102, N 2014 = 115 <i>BATCORDER</i> -ERFASSUNGEN.	44
ABBILDUNG 18: VERGLEICH DER AKTIVITÄT DER EINZELNEN ARTEN UND ARTENGRUPPEN ZWISCHEN 2013 UND 2014. DIE AKTIVITÄT WIRD IN SEKUNDEN PRO NACHT (SESSION) ANGEZEIGT. N (2013) = 115, N (2014) = 102.	44
ABBILDUNG 19: DIFFERENZ DER AKTIVITÄT DER EINZELNEN ARTEN UND ARTENGRUPPEN ZWISCHEN 2014 UND 2013. EIN NEGATIVWERT BEDEUTET, DASS DIE NACHGEWIESENE AKTIVITÄT IN 2014 GERINGER ALS IN 2013 WAR.	45
ABBILDUNG 20: VERLAUF DER ERFASTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT, ANGEZEIGT IN SEKUNDEN ÜBER DEN ERFASSUNGSZEITRAUM IN 2013 (OBEN) UND 2014 (UNTEN). IM ERSTEN DRITTEL ERFOLGTE DER 1. DURCHLAUF, IM DRITTEN DRITTEL DER 2. DURCHLAUF DER STANDORTE IN 20, 50 UND 100 M ENTFERNUNG ZUM DIGITALFUNKMAST. DAZWISCHEN WURDEN DIE STANDORTE IN 150, 200, 300 UND 500 METERN ENTFERNUNG BEPROBT.	46
ABBILDUNG 21: VERLAUF DER ERFASTEN PIPISTRELLID- AKTIVITÄT ANGEZEIGT IN SEKUNDEN ÜBER DIE ERFASSUNGSZEITRÄUME IN 2013 UND IN 2014. DIE AKTIVITÄTSSPITZE MITTE SEPTEMBER 2014 WURDE BEWUSST NICHT GANZ DARGESTELLT, UM EINE VERGLEICHBARKEIT DER NIEDRIGEREN AKTIVITÄTSWERTE ZWISCHEN DEN JAHREN ZU ERMÖGLICHEN. DIE AUFGETRAGENEN WERTE STELLEN DIE DURCHSCHNITTLICHE AKTIVITÄT FÜR JEDE SESSION DAR. IN DER MEHRZAHL GALT N = 2 (BODEN UND HÖHENERFASSUNG AN EINEM US).	47
ABBILDUNG 22: VERLAUF DER ERFASTEN NYCTALOID- AKTIVITÄT ANGEZEIGT IN SEKUNDEN ÜBER DIE ERFASSUNGSZEITRÄUME IN 2013 UND 2014. DIE AUFGETRAGENEN WERTE STELLEN DIE DURCHSCHNITTLICHE AKTIVITÄT FÜR JEDE UNTERSUCHUNGSNACHT DAR.....	48
ABBILDUNG 23: VERLAUF DER ERFASTEN MYOTIS- AKTIVITÄT, ANGEZEIGT IN SEKUNDEN ÜBER DIE ERFASSUNGSZEITRÄUME IN 2013 UND 2014. DIE AKTIVITÄTSSPITZE MITTE AUGUST 2013 WURDE BEWUSST NICHT GANZ DARGESTELLT, UM EINE VERGLEICHBARKEIT DER NIEDRIGEREN AKTIVITÄTSWERTE ZWISCHEN DEN JAHREN ZU ERMÖGLICHEN. DIE AUFGETRAGENEN WERTE STELLEN DIE DURCHSCHNITTLICHE AKTIVITÄT FÜR JEDE UNTERSUCHUNGSNACHT DAR. IN DER MEHRZAHL DER FÄLLE WAR N = 2 (BODEN UND HÖHENERFASSUNG AN EINEM US).	49
ABBILDUNG 24: BOXPLOT- DIAGRAMM DER VERTEILUNG, DER IN 2013 UND 2014 GESAMTEN ERFASTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT UND FÜR DIE GRUPPEN MYOTIS, PIPISTRELLUS UND NYCTALOID IM UMKREIS VON 200 METERN UM DEN DIGITALFUNKMAST. DIE AKTIVITÄT WIRD IN SEKUNDEN PRO NACHT ANGEZEIGT. IN DIE DARSTELLUNG FLOSSEN DATEN AUS 92 SESSIONS IN 2013 UND 106 SESSIONS IN 2014, N = 36 MP IN 2013 (O 300 BODEN FEHLT) UND N = 36 MESSPUNKTE IN 2014. FÜR JEDEN MP FLOSS DER MITTELWERT DER BEIDEN AUS DEN EINZELNEN SESSIONS IN DEN DURCHLÄUFEN 1 U. 2 GEWONNENEN MITTELWERTE EIN.....	50
ABBILDUNG 25: BOXPLOT- DIAGRAMM DER VERTEILUNG, DER IM SOMMER 2013 UND 2014 ERFASTEN GESAMTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT UND DER AKTIVITÄT DER DREI GRUPPEN MYOTIS, PIPISTRELLUS UND NYCTALOID. DIE DATEN SETZEN SICH AUS DEN IM 1. UNTERSUCHUNGSDURCHLAUF BEPROBTEN STANDORTE IM 100 M UMKREIS UND DEN JEWEILS IM SOMMER BEPROBTEN ZUSATZSTANDORTE IM 200 M UMKREIS ZUSAMMEN. DIE AKTIVITÄT WIRD IN SEKUNDEN PRO NACHT (SESSION) ANGEZEIGT. IN DIE DARSTELLUNG FLOSSEN DATEN AUS 50 SESSIONS IN 2013 UND 50 SESSIONS IN 2014, N = 34 MP IN 2013 UND IN 2014. FÜR JEDEN MP FLOSS DER MITTELWERT AUS DEN EINZELNEN SESSIONS EIN.	53
ABBILDUNG 26: BOXPLOT- DIAGRAMM DER VERTEILUNG, DER IM HERBST 2013 UND 2014 ERFASTEN GESAMTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT UND DER AKTIVITÄT DER DREI GRUPPEN MYOTIS, PIPISTRELLUS UND NYCTALOID. DIE DATEN SETZEN SICH AUS DEN IM 2. UNTERSUCHUNGSDURCHLAUF BEPROBTEN STANDORTE IM 100 M UMKREIS ZUSAMMEN. DIE AKTIVITÄT WIRD IN SEKUNDEN PRO NACHT (SESSION) ANGEZEIGT. IN DIE DARSTELLUNG FLOSSEN DATEN AUS 42 SESSIONS IN 2013 UND 46 SESSIONS IN 2014, N = 23 MP IN 2013 UND IN 2014. FÜR JEDEN MP FLOSS DER MITTELWERT AUS DEN EINZELNEN SESSIONS EIN.	54

ABBILDUNG 27: PROZENTUALER ANTEIL DER AKTIVITÄT AN DEN BODEN- STANDORTEN UND IN DER HÖHE ÜBER DEM KRONENDACH IN 2013 UND 2014. N (STANDORTE) = 18 (20,50,100 U. 200M); N (SESSION) = 47 (2013 BODEN), 45 (2013 HÖHE), 47 (2014 BODEN), 48 (2014 HÖHE).	55
ABBILDUNG 28: BOXPLOT- DIAGRAMM DER VERTEILUNG, DER IN 2013 UND 2014 IN DER HÖHE ERFASSTEN GESAMTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT UND DER AKTIVITÄT DER DREI GRUPPEN MYOTIS, PIPISTRELLUS UND NYCTALOID. DIE DATEN SETZEN SICH AUS DEN MP IM 200 M UMGREIS DES DIGITALFUNKMASTS ZUSAMMEN. DIE AKTIVITÄT WIRD IN SEKUNDEN PRO NACHT (SESSION) ANGEGEBEN. N = 18 MP IN 2013 UND IN 2014. FÜR DIE MP BIS 100 M FLOSS DER MITTELWERT DER BEIDEN AUS DEN EINZELNEN SESSIONS IN DEN DURCHLÄUFEN 1 U. 2 GEWONNENEN MITTELWERTE EIN.	56
ABBILDUNG 29: BOXPLOT- DIAGRAMM DER VERTEILUNG DER IN 2013 UND 2014 ERMITTELTEN GESAMTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT AN STANDORTEN MIT NIEDRIGEN (N = 13), MITTLEREN (N = 19) UND HOHEN (N = 8) GEMESSENEN FELDSTÄRKE- WERTEN. DIE DATEN SETZEN SICH AUS ALLEN IM 500 M UMGREIS BEPROBTEN STANDORTEN UND MP ZUSAMMEN, FÜR DIE PAARWEISE ERFASSUNGEN AUS HERBST 2013 UND HERBST 2014 UND/ODER SOMMER 2013 UND 2014 IN DER GLEICHEN HÖHE, SPRICH 30 ODER 40 M VORLAGEN UND AUS ALLEN BODEN MP. DIE AKTIVITÄT WIRD IN SEKUNDEN PRO NACHT (SESSION) ANGEGEBEN.....	58
ABBILDUNG 30: BOXPLOT- DIAGRAMM DER VERTEILUNG DER IN 2014 ERFASSTEN GESAMTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT UND DER AKTIVITÄT DER DREI GRUPPEN MYOTIS, PIPISTRELLUS UND NYCTALOID AN STANDORTEN IN BIS ZU 200 M ENTFERNUNG ZUM DIGITALFUNKMAST IM VERGLEICH ZU DEN KONTROLLSTANDORTEN IN 300 UND 500 M. DIE AKTIVITÄT WIRD IN SEKUNDEN PRO NACHT (SESSION) ANGEGEBEN. IN DIE DARSTELLUNG FLOSSEN DATEN AUS 42 SESSIONS IN 2013 UND 46 SESSIONS IN 2014, N = 36 MP. FÜR JEDEN MP FLOSS DER MITTELWERT AUS DEN EINZELNEN SESSIONS EIN UND FÜR DIE STANDORTE MIT ERHEBUNGEN IN ZWEI DURCHLÄUFEN JEWEILS DER MITTELWERT AUS DEN EINZELNEN MITTELWERTEN DER DURCHLÄUFE.	61
ABBILDUNG 31: STREUDIAGRAMME DER MESSWERTE DER ELEKTRISCHEN FELDSTÄRKE (V/M) UND DER IN 2014 ERFASSTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT (S) AN DEN JEWEILS GLEICHEN MESSPUNKTEN IN BODENNÄHE, 30 UND 40 M HÖHE.....	63
ABBILDUNG 32: STREUDIAGRAMM DER MESSWERTE DER ELEKTRISCHEN FELDSTÄRKE (V/M) UND DER IN 2014 ERFASSTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT (S) AN DEN MESSPUNKTEN IN BODENNÄHE FÜR DIE GATTUNGEN MYOTIS UND PIPISTRELLUS UND IN DER HÖHE (30 UND 40 M) FÜR DIE ARTENGRUPPE NYCTALOID.	64
ABBILDUNG 33: VERGLEICH DES 20:00 UHR- TEMPERATURVERLAUFS IM ZEITRAUM DER UNTERSUCHUNGEN ZWISCHEN DEN BEIDEN JAHREN 2013 BIS 2014. DER GRAPHIK LIEGEN DATEN DES WETTERBEOBACHTERS HERR WERNER NEUDECK, DONAUWÖRTH, WWW.DON- WETTER.DE ZUGRUNDE.....	66
ABBILDUNG 34: VERGLEICH DES 05:00 UHR- TEMPERATURVERLAUFS IM ZEITRAUM DER UNTERSUCHUNGEN ZWISCHEN DEN BEIDEN JAHREN 2013 BIS 2014. DER GRAPHIK LIEGEN DATEN DES WETTERBEOBACHTERS HERR WERNER NEUDECK, DONAUWÖRTH, WWW.DON- WETTER.DE ZUGRUNDE.	67
ABBILDUNG 35: ARTGRAPHIK AUS BCADMIN (ECOBS GMBH) FÜR DIE ERFASSUNGEN IN 2013. IN DIESER BAUMDARSTELLUNG WERDEN DIE VERSCHIEDENEN STUFEN DER BESTIMMUNG BIS AUF ARTNIVEAU UNTER ANGABE DER ANZAHL AUFGEZEICHNETER RUFSEQUENZEN (RUFKONTAKTE) ANGEGEBEN.	1
ABBILDUNG 36: ARTGRAPHIK AUS BCADMIN (ECOBS GMBH) FÜR DIE ERFASSUNGEN IN 2013. IN DIESER BAUMDARSTELLUNG WERDEN DIE VERSCHIEDENEN STUFEN DER BESTIMMUNG BIS AUF ARTNIVEAU UNTER ANGABE DER ANZAHL AUFGEZEICHNETER RUFSEQUENZEN (RUFKONTAKTE) ANGEGEBEN.	2

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: TECHNISCHE DATEN BOS-DIGITALFUNKSTANDORT DONAUWÖRTH 14

TABELLE 2: BEGRIFFSERKLÄRUNG DER VERWENDETEN ARTENKÜRZEL UND DER BEZEICHNUNGEN VON ARTENGRUPPEN UNTER ANGABE DES WISSENSCHAFTLICHEN UND DEUTSCHEN ARTNAMENS. DIE FLEDERMAUSARTEN WURDEN HERVORGEHOBBEN IM GEGENSATZ ZU DEN ARTENGRUPPEN UND GATTUNGEN. IN KLAMMERN GEFÜHRTE FLEDERMAUSARTEN SIND AUFGRUND IHRER VERBREITUNG IM UG NICHT ZU ERWARTEN, WURDEN DER VOLLSTÄNDIGKEIT HALBER UND AUFGRUND IHRER AUFLISTUNG IM ENTSCHEIDUNGSBAUM VON BATIDENT MIT AUFGEFÜHRT. MIT AUSNAHME DER GATTUNG RHINOLOPHUS (HUFEISENNASEN). 27

TABELLE 3: IN DIE AUSWERTUNG EINGEGANGENE ERFASSUNGEN DER FLEDERMAUSAKTIVITÄT FÜR JEDEN DER 21 UNTERSUCHUNGSSTANDORTE BZW. 42 MESSPUNKTE. BLAU HINTERLEGT SIND DIE US IN 20, 50 UND 100 M ENTFERNUNG ZUM DIGITALFUNKMAST. ROT HINTERLEGT SIND DIE UNTERSUCHUNGSNÄCHTE, DEREN ERGEBNISSE NUR EINGESCHRÄNKT IN DIE AUSWERTUNG MIT EINFLOSSEN. 30

TABELLE 4: ALS KONTROLLEN AUSGEWÄHLTE MESSPUNKTE IN 300 UND 500 METERN ENTFERNUNG ZUM DIGITALFUNKMAST MIT ERMITTELTEN ELEKTRISCHEN FELDSTÄRKEN < 0,11 V/M. 35

TABELLE 5: IM UNTERSUCHUNGSGEBIET VORKOMMENDE FLEDERMAUSARTEN UNTER ANGABE IHRES SCHUTZSTATUS NACH DER ROTEN LISTE BAYERN (LFU 2003), DER ROTEN LISTE DEUTSCHLAND (BfN 2009) SOWIE DES ERHALTUNGSZUSTANDES (EHZ) IN DER KONTINENTALEN BIOGEOGRAPHISCHEN REGION. FARBIG HERVORGEHOBBEN WURDEN DIE ARTEN, FÜR DIE NACH DEN "KRITERIEN FÜR DIE WERTUNG VON ARTNACHWEISEN BASIEREND AUF LAUTAUFNAHMEN" (KFS 2009) KEIN SICHERER, AKUSTISCHER NACHWEIS GELANG. 39

TABELLE 6: UNTERSCHIEDE IM MEDIAN DER VERTEILUNG, DER IN 2013 UND 2014 ERMITTELTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT IM UMKREIS BIS 200 M DES DIGITALFUNKMASTS UNTER ANGABE DES P- WERTES UND DER SUMME DER POSITIVEN RANGZAHLEN (V). 51

TABELLE 7: UNTERSCHIEDE IM MEDIAN DER VERTEILUNG, DER IN 2013 UND 2014 ERMITTELTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT IN ENTFERNUNGEN VON 300 UND 500 M ZUM DIGITALFUNKMAST (KONTROLLSTANDORTE) UNTER ANGABE DES P- WERTES UND DER SUMME DER POSITIVEN RANGZAHLEN (V). 52

TABELLE 8: UNTERSCHIEDE IM MEDIAN DER VERTEILUNG, DER IM SOMMER 2013 UND 2014 ERMITTELTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT IM UMKREIS BIS 200 M DES DIGITALFUNKMASTS UNTER ANGABE DES P- WERTES UND DER SUMME DER POSITIVEN RANGZAHLEN (V). ... 53

TABELLE 9: UNTERSCHIEDE IM MEDIAN DER VERTEILUNG, DER IM HERBST 2013 UND 2014 ERMITTELTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT IM UMKREIS BIS 200 M DES DIGITALFUNKMASTS UNTER ANGABE DES P- WERTES UND DER SUMME DER POSITIVEN RANGZAHLEN (V). 54

TABELLE 10: UNTERSCHIEDE IM MEDIAN DER VERTEILUNG, DER IN 2013 UND 2014 ERMITTELTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT IN DER HÖHE IM UMKREIS BIS 200 M DES DIGITALFUNKMASTS UNTER ANGABE DES P- WERTES UND DER SUMME DER POSITIVEN RANGZAHLEN (V). ... 56

TABELLE 11: UNTERSCHIEDE IM MEDIAN DER VERTEILUNG, DER IN 2013 UND 2014 ERMITTELTEN GESAMTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT AN STANDORTEN MIT NIEDRIGEN ($E < 0,15 \text{ V/M}$), MITTLEREN ($E > 0,15 \text{ u. } < 0,6 \text{ V/M}$) UND HOHEN ($E > 0,6 \text{ V/M}$) GEMESSENEN FELDSTÄRKE- WERTEN UNTER ANGABE DES P- WERTES UND DER SUMME DER POSITIVEN RANGZAHLEN (V). 57

TABELLE 12: UNTERSCHIEDE IM MEDIAN DER VERTEILUNG, DER IN 2013 UND 2014 ERMITTELTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT DER DREI ARTENGRUPPEN AN STANDORTEN MIT NIEDRIGEN ($E < 0,15 \text{ V/M}$), MITTLEREN ($E > 0,15 \text{ u. } < 0,6 \text{ V/M}$) UND HOHEN ($E > 0,6 \text{ V/M}$) GEMESSENEN FELDSTÄRKE- WERTEN UNTER ANGABE DES P- WERTES UND DER SUMME DER POSITIVEN RANGZAHLEN (V). 59

TABELLE 13: UNTERSCHIEDE IM MEDIAN DER VERTEILUNG, DER IN 2014 ERMITTELTEN FLEDERMAUSAKTIVITÄT IM UMKREIS BIS 200 M DES DIGITALFUNKMASTS UND DER FLEDERMAUSAKTIVITÄT AN DEN KONTROLLSTANDORTEN IN 300 UND 500 M ABSTAND UNTER ANGABE DES P- WERTES UND DES U-WERTES. 60

TABELLE 14: EINTEILUNG DER MESSPUNKTE DER ELEKTRISCHEN FELDSTÄRKE IN MP MIT NIEDRIGEN, MITTLEREN UND HOHEN WERTEN GEMÄß DER STATISTISCHEN VERTEILUNG DER GEMESSENEN WERTE. 93

TABELLE 15: MESSUNGEN DER FLEDERMAUSAKTIVITÄT FÜR DIE ENTWEDER EINE VERÄNDERTE EINSTELLUNG DER CRITIQUEAL FREQUENCY AM <i>BATCORDER</i> VORLAG, ODER DEREN ERGEBNISSE SICH AUS ZWEI PARALLELEN MESSUNGEN (MIT ZWEI <i>BATCORDERN</i>) AM SELBEN MP ZUSAMMENSETZEN (UNTER ANGABE DES MITTELWERTES) SOWIE ZWEI UNTERSUCHUNGSSTANDORTE BEI DENEN SICH DAS DATUM DER HÖHEN- UND BODENERFASSUNG UNTERSCHIEDET.	94
TABELLE 16: TEMPERATURDATEN ZU DEN UNTERSUCHUNGSNÄCHTEN.	95
TABELLE 17: ANGABE DER JEWEILS UNTERSUCHTEN HÖHE (30 M, 40 M) FÜR ALLE STANDORTE UND DURCHGÄNGE. MESSUNGEN BEI DENEN DIE HÖHE IM SPÄTSOMMER BZW. HERBST- DURCHLAUF ZWISCHEN 2013 UND 2014 VARIERT WURDEN ROT HINTERLEGT.....	98

1 Einführung

1.1 Anlass der Studie

In den letzten Jahren wurde in Deutschland bei Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) von der analogen auf digitale Funktechnik umgestellt. Die Koordination des Aufbaus eines BOS-Digitalfunknetzes obliegt der Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BDBOS) mit Sitz in Berlin (BAYSTMI 2015a). Die Mehrzahl der bundesweit rund 4500 geplanten Basisstationen wurde bereits gebaut und in Betrieb genommen. Ein Fünftel dieser Standorte, knapp 900, liegt in Bayern, einer davon im Donauwörther Stadtwald (BAYSTMI 2015b). Die ersten Planungen der telent GmbH, das für die Standortgewinnung in Bayern zuständige Unternehmen, hatten zunächst einen Standort nahe einem Donauwörther Wohngebiet zum Ziel. Dieser Standort wurde jedoch wieder verworfen. Der 45 Meter hohe Digitalfunkmast wurde im Mai 2013 im Stadtwald nordöstlich von Donauwörth erbaut. Er steht jetzt in einem FFH-Gebiet, welches für das europaweite Schutzgebietsnetz "Natura 2000" ausgewählt und unter Schutz gestellt wurde.

Eine von insgesamt 13 in diesem Waldgebiet bislang nachgewiesenen Fledermausarten ist die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*), eine Art des Anhangs II der FFH-RL. Der Erhalt der alt- und totholzreichen Laub- und Mischwälder, mit einem hohem Angebot an natürlichen Baumhöhlen als Lebensraum für die Bechsteinfledermaus im FFH-Gebiet, aber auch die weitere Störungsfreiheit von Kolonien zur Fortpflanzungszeit zählen zu dessen Erhaltungszielen (RvS 21015). Europarechtlich sind alle heimischen Fledermausarten nach der Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen vom 21.05.1992, der FFH-Richtlinie (FFH-RL) geschützt.

Bei einem ersten Scoping-Termin mit Vertretern des Amtes für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF), der Unteren Naturschutzbehörde (UNB) Donau-Ries, der Forstbetriebe (Bundesforst und Stadtwald Donauwörth), der telent GmbH und der Arbeitsgemeinschaft Fledermausschutz Donau-Ries wurde unter anderem die Frage erörtert, ob Bau und Betrieb des Digitalfunkmasts negative Auswirkungen auf Fledermäuse haben können. Untersuchungen über mögliche Effekte starker elektromagnetischer Felder auf Fledermäuse sind bisher nur aus Großbritannien bekannt. NICHOLLS und RACEY (2007) untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Verhalten von Fledermäusen und elektromagnetischen Immissionen anhand der Aktivität von fünf Fledermausarten in der Umgebung von zehn Radaranlagen. Die Autoren beobachteten, dass im Nahbereich der untersuchten Anlagen (< 200 m) mit Feldstärken über 2 V/m, die Fledermausaktivität im Gegensatz zu vergleichbaren Habitaten signifikant geringer war. Es liegen demnach erste Hinweise vor, die Reaktionen von Fledermäusen auf elektromagnetische Immissionen bestätigten.

1.2 Aufgabenstellung

Aufgrund der hohen Bedeutung des Gebietes für Fledermäuse und der nur unzureichenden Kenntnisse über mögliche Beeinträchtigungen der Artengruppe durch den Digitalfunk forderte die Untere Naturschutzbehörde eine vergleichende Untersuchung der Fledermausaktivität im Umfeld des Masts, vor und nach dessen Inbetriebnahme. Das entsprechende Untersuchungskonzept wurde von der ARGE Fledermausschutz Donau-Ries (Gustav Dinger) in Zusammenarbeit mit der Koordinationsstelle für Fledermausschutz in Südbayern (Dr. Andreas Zahn) ausgearbeitet. Die Kernfrage, für die man sich durch die Studie eine Antwort erwünscht, lautet: Wirkt sich der Betrieb des BOS-Digitalfunkmasts im Donauwörther Stadtwald auf die Fledermausaktivität in dessen direktem Umfeld aus? Daraus ergeben sich zwangsläufig folgende detaillierte und auch weiterführende Fragestellungen:

- Geht die allgemeine Fledermausaktivität während dem Betrieb des Digitalfunkmasts im Jahr 2014 gegenüber der Kontrolle in 2013 vor der Inbetriebnahme zurück?
- Hat der Betrieb des Digitalfunkmasts einen Einfluss auf die Fledermausaktivität in Bodennähe?
- Hat der Betrieb des Digitalfunkmasts einen Einfluss auf die Fledermausaktivität in Antennenhöhe?
- In welchen Abständen zum Digitalfunkmast (20, 50, 100...) ist möglicherweise ein Rückgang der Fledermausaktivität im Vergleich zum Vorjahr festzustellen?
- Korreliert die Fledermausaktivität negativ mit der Höhe der gemessenen elektrischen Feldstärke?
- Bei welchen Werten der elektrischen Feldstärke wird ggf. ein Rückgang der Fledermausaktivität verzeichnet?
- Bei welchen Werten der elektrischen Feldstärke ist kein Einfluss auf die Fledermausaktivität festzustellen?
- Ab welcher Mindestentfernung zum Digitalfunkmast lässt sich kein Unterschied in der Fledermausaktivität zwischen den beiden Jahren messen?
- Lassen sich Unterschiede in der elektrischen Feldstärke bezüglich der Abstrahlrichtung erkennen und bewirken diese eine veränderte Raumnutzung der Fledermäuse im Umfeld des Digitalfunkmasts?
- Zeichnen sich Art- bzw. Artengruppen-spezifische Unterschiede in der Fledermausaktivität zwischen den Jahren 2013 und 2014 ab? Unterscheidet sich die Artzusammensetzung in den beiden Jahren? Gibt es Fledermausarten, für die eine Aktivitätsabnahme zu verzeichnen ist?

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in diesem Gutachten vorgestellt. Kommt es nachweislich zu negativen Beeinträchtigungen von Fledermäusen durch den Betrieb des BOS-Digitalfunkmasts in Form einer Meidung, sollten geeignete Maßnahmen erarbeitet und vorgeschlagen werden, mittels derer die negativen Effekte möglichst auszugleichen sind.

1.3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (UG) liegt gemäß der naturräumlichen Gliederung Bayerns (BAYLFU 2015) in der Naturraum-Haupteinheit "Fränkische Alb" und am südlichen Rand der Naturraum-Einheit "Südliche Frankenalb". Als UG wurde der Umkreis des Digitalfunkmasts mit einem Radius von 500 Metern definiert. Die Messungen der Fledermausaktivität und der EMF erfolgten dabei nicht flächig, sondern punktuell an ausgewählten Standorten innerhalb dieses Radius. Der Digitalfunkmast steht mitten im Donauwörther Stadtwald, zwischen der Stadt Donauwörth im Südwesten, Kaisheim im Norden und Hafenreut im Osten (Abb. 1). Der Standort liegt an einer Wegkreuzung. In Nord/Südrichtung verläuft ein Forstweg, nach Westen in Richtung Donauwörther Parkstadt eine, ebenfalls nur für forstwirtschaftlichen Verkehr freigegebene, geteerte Straße, die sich nach Osten durch das ehemals als Munitionslager genutzten Areal der Bundeswehr fortsetzt.

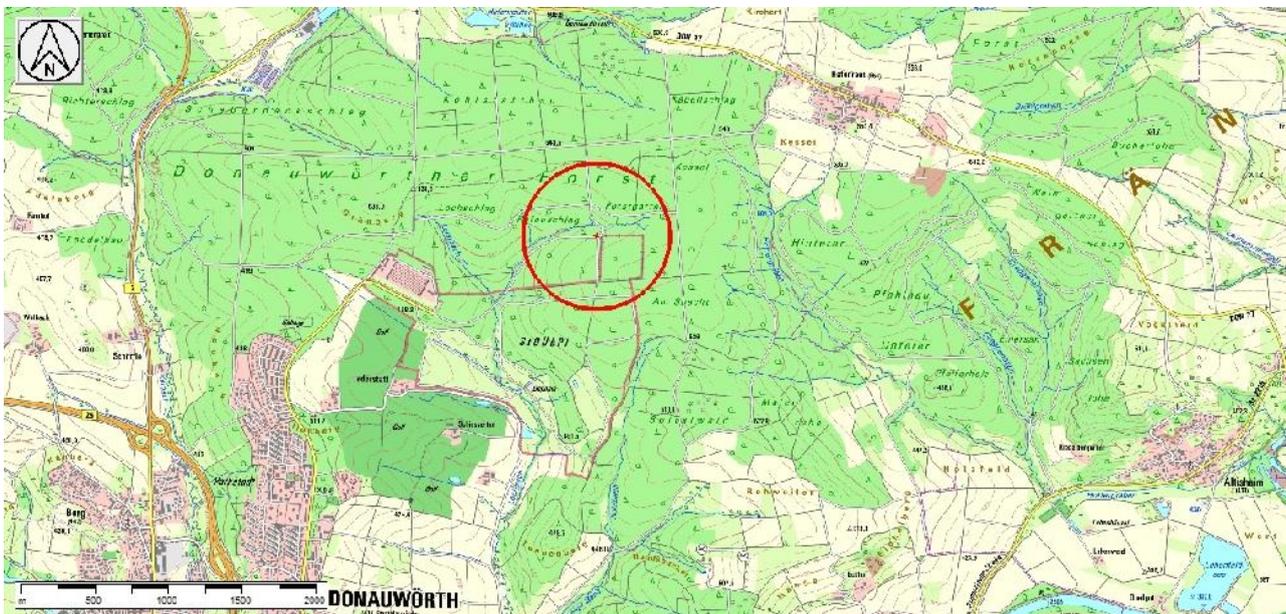


Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes. Kartenmaterial: ©Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.

Fledermäuse orientieren sich auf ihren Flügen zwischen Quartier und Jagdhabitat oder zwischen unterschiedlichen Jagdhabitaten innerhalb von Wäldern häufig entlang sogenannter Flugstraßen wie Forstwegen, Schneisen oder Straßen. Außer für Transferflüge werden diese Leitlinien aber auch von einigen Arten bevorzugt als Jagdhabitats genutzt. Die Tiere patrouillieren beim Nahrungserwerb entlang von Wegschneisen auf und ab. Gegenüber Arealen innerhalb des Bestandes kann entlang von Forstwegen aufgrund der genannten Eigenschaften häufig eine höhere Fledermausaktivität beobachtet werden. Mit Ausnahme des nordwestlichen Quadranten dominiert im UG Laubwald mit einem relativ hohen Anteil an Tot- und Altholz (Abb. 2). Die Umgebung des Digitalfunkmasts erfüllt somit die Voraussetzung eines Habitats, indem aufgrund des geeigneten Nahrungs- und Quartierangebotes mit einer hohen Fledermausaktivität zu

rechnen ist. Die Studie ist nur dann aussagekräftig, wenn der Stichprobenumfang, sprich die Anzahl an Nächten mit messbarer Fledermausaktivität, ausreichend hoch ist.



Abbildung 2: Luftbild des Untersuchungsgebietes. In der Mitte steht der Digitalfunkmast. Kartenmaterial: ©Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.

Der südöstliche Quadrant des kreisförmigen UG liegt umzäunt in dem Areal der Bundeswehr. Der ehemalige Standortübungsplatz mit den bundeseigenen Waldflächen und dem Munitionslager ist eine von 62 Flächen, die der Haushaltsausschuss des Deutschen Bundestages am 17. Juni 2015 als dritte Tranche in das Nationale Naturerbe überführt hat. Als grundsätzliche Ziele für die Flächen des Nationalen Naturerbes werden die natürliche Entwicklung aller Waldbereiche (Wildnis), die Pflege wertvoller, geschützter oder gefährdeter Offenlandökosysteme und Erhalt und Entwicklung naturnaher Gewässer und Auen sowie von Mooren aufgeführt (BMUB 2015). Weiter werden konkrete Ziele und Leitbilder für die Entwicklung der einzelnen Flächen ausgearbeitet. Die Fläche des Nationalen Naturerbes bei Donauwörth umfasst insgesamt 149 Hektar und setzt sich aus naturnahen Waldbeständen und beweidetem Extensivgrünland zusammen. Hervorgehoben werden die strukturreichen Buchen- und Eichen-Hainbuchenwälder mit zahlreichen Alteichen den Zeugen einer ehemaligen Mittelwaldbewirtschaftung (BMUB 2015).

Mit Ausnahme dieses südöstlichen Quadranten liegt das UG in der Schutzzone des Naturparks Altmühltal (LSG 00565.01, BAYLFU, 2015). Das gesamte 78,5 ha umfassende UG ist zudem Teil des insgesamt 2401 ha umfassenden FFH-Gebiets "Donauwörther Forst mit Standortübungsplatz und Harburger Karab" (Gebietsnummer: 7230-371), einem großen Waldgebiet mit naturnahen Ausprägungen von Waldmeister-Buchen- und Eichen-Hainbuchenwäldern, das u. a. einen bedeutenden Lebensraum der Bechsteinfledermaus darstellt (BAYLFU 2008). Die Erhaltungsziele dienen nach § 7 Abs. 1 Nr. 9 BNatSchG der "Erhaltung oder Wiederherstellung eines günstigen Erhaltungszustands eines natürlichen Lebensraumtyps von

Digitalfunk und Fledermäuse

gemeinschaftlichem Interesse, einer in Anhang II der Richtlinie 92/43/EWG oder in Artikel 4 Absatz 2 oder Anhang I der Richtlinie 2009/147/EG aufgeführten Art für ein Natura 2000-Gebiet" (BNatSchG). In Hinblick auf die Bechsteinfledermaus lautet die gebietsbezogene Konkretisierung hierzu: "Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Population der Bechsteinfledermaus. Erhaltung der alt- und totholzreichen Laub- und Mischwälder mit einem hohen Angebot an natürlichen Baumhöhlen als Sommerlebensraum und Jagdgebiet. Erhaltung ungestörter Winterquartiere und ihres charakteristischen Mikroklimas. Erhaltung der Störungsfreiheit bei Kolonien zur Fortpflanzungszeit von Mai bis August." (RvS 2008). Aus der ASK (Artenschutzkartierung des BAYLFU, Stand 15.07.2014) geht hervor, dass neben der Bechsteinfledermaus bislang folgende, zwölf weitere Fledermausarten im Stadtwald nachgewiesen sind: Abendsegler (*Nyctalus noctula*), Bartfledermaus (*Myotis mystacinus*), Brandtfledermaus (*Myotis brandtii*), Braunes Langohr (*Plecotus auritus*), Fransenfledermaus (*Myotis nattereri*), Graues Langohr (*Plecotus austriacus*), Großes Mausohr (*Myotis myotis*), Kleinabendsegler (*Nyctalus leisleri*), Mückenfledermaus (*Pipistrellus pygmaeus*), Rauhautfledermaus (*Pipistrellus nathusii*), Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) und Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*). Quartiere in Bäumen sind innerhalb des UG keine bekannt. Das Quartierangebot wird durch insgesamt zehn Nistkästen (8 Fledermaus- und 2 Vogelnistkästen) ergänzt. Sieben dieser Kästen wurden von der DAV Sektion Donauwörth neu aufgehängt und in 2014 erstmals kontrolliert, Fledermausnachweise wurden bislang in keinem der Nistkästen erbracht (ASK, BAYLFU 2014). Anhand von Datengrundlage, Habitat-Ausstattung und Schutzstatus ist von einem bedeutenden Nahrungs- und Quartierlebensraum für Fledermäuse im Umfeld des Digitalfunkstandortes auszugehen.

1.4 Technische Daten BOS-Digitalfunk

TETRA (Terrestrial Trunked Radio) ist ein vom Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) Mitte der 1990er Jahre entwickelter Standard für den digitalen Bündelfunk (BAYSTMI 2015a, PROJEKTORGANISATION DIGITALFUNK BOS LAND BRANDENBURG 2013). Das BOS-Digitalfunknetz besteht aus einzelnen Funkzellen, die zu einer bundesweit möglichst flächendeckenden Funkversorgung zusammengefügt werden. Die Funkversorgung jeder einzelnen Funkzelle wird dabei durch eine stationäre Sende- und Empfangsanlage, der TETRA Basisstation sichergestellt (PROJEKTORGANISATION DIGITALFUNK BOS LAND BRANDENBURG 2013). Die Sendefrequenz der TETRA-BOS-Anlagen liegt für den Uplink (vom Endgerät zur Basisstation) bei Frequenzen von 380-385MHz, für den Downlink (von der Basisstation zum Endgerät) bei 390-395 MHz. Bei der hier untersuchten Anlage wurde eine omnidirektionale Antenne mit 360° Rundstrahlrichtung installiert. Vom Hersteller (Kathrein Inc.) wird der Faktor 8 dBi für den Antennengewinn angegeben. Dieser bezeichnet die Bündelung der Hauptstrahlrichtung in Bezug auf eine gleichmäßig in alle Richtungen abstrahlende Antenne, einen Kugelstrahler. Durch den Antennengewinn wird gewährleistet, dass nicht ein großer Anteil der Sendeleistung in den Himmel oder auf den Boden abgestrahlt wird (PROJEKTORGANISATION DIGITALFUNK BOS LAND BRANDENBURG 2013). Die Halbwertsbreite wird mit 14° angegeben. Dieser Begriff steht für den Öffnungswinkel der Antenne, der durch die Punkte im

Strahlungsdiagramm gebildet wird, bei denen die Leistung um die Hälfte abgesunken ist. Die Antenne ist am Standort zudem um 5° elektrisch abgesenkt (Abb. 3). Demnach ist der höchste Wert der elektrischen Feldstärke nicht nur horizontal zur Antenne zu erwarten, sondern je nach Abstand entsprechend dem Abstrahlwinkel auch unterhalb der Antennenhöhe. Die jeweiligen Basisstationen im BOS-Digitalfunknetz sind mit zwei bis vier Frequenzträgern, je nach Siedlungsdichte ausgestattet (BAYSTMI 2014a). Bei der hier untersuchten Basisstation sind es vier Frequenzträger mit jeweils 42dBm (entspricht 16 W) Sendeleistung. Dabei handelt es sich um die häufigste Antennenkonfiguration im BOS-Digitalfunknetz. Die Leistung am Senderausgang einer TETRA-Basisstation ist jedoch nicht gleich der abgestrahlten Sendeleistung. Die effektive abgestrahlte Sendeleistung (EIRP) wird bestimmt vom Antennensystem (PROJEKTORGANISATION DIGITALFUNK BOS LAND BRANDENBURG 2013). Sie liegt bei der untersuchten Feststation im Donauwörther Stadtwald bei 46,7 dBm. Die Effektive Sendeleistung (ERP) für Feststationen ist nach der BOS-Funkrichtlinie insgesamt begrenzt auf 25 dBW, dies entspricht 55 dBm. Die technischen Daten für den Standort Donauwörth sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

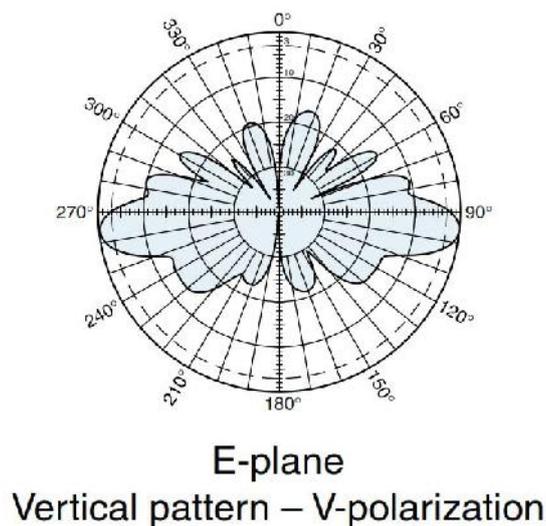


Abbildung 3: Strahlungsdiagramm der omnidirektionalen Kathrein-Antenne 80010434 ©Kathrein Scala Division, 2010

Tabelle 1: Technische Daten BOS-Digitalfunkstandort Donauwörth

Funksystem	Tetra
Frequenzband	380 – 385 MHz Uplink 390 – 395 MHz Downlink
Sendeleistung je Kanal / Band	42 dBm
Anzahl Kanäle	4
Verluste zw. Senderausgang und Antenneneingang	3 dB
Hauptstrahlrichtung	Omni 360° Rundstrahlrichtung
Antennentyp	80010434 (Kathrein)
mechanischer u. elektrischer Abstrahlwinkel	0° / 5°
Montagehöhe über Grund	ca. 45m

Nach Angabe des Bayerischen Staatsministerium des Inneren, für Bau und Verkehr (2013) erfolgt, gestaffelt auf drei Testphasen, zunächst ein erweiterter Probetrieb des BOS- Digitalfunknetzes, während dem in der Praxis getestet wird, inwieweit die verschiedenen Komponenten des Digitalfunks den Anforderungen der Nutzer standhalten (entnommen aus BAYSTMI 2013). Die untersuchte Digitalfunkanlage befand sich während der Feldstärke- Messungen im Juli in 2014 und während der Untersuchungen zur Fledermausaktivität in 2014 in der Phase des Probetriebes. Die Sendeleistung der Basisstationen wird nach Angabe des Auftraggebers und nach LANUV NRW (2009) jedoch nicht geregelt, so dass sie stets mit voller Leistung sendet. Es wurde im Rahmen der Untersuchung davon ausgegangen, dass sich die elektromagnetischen Immissionen durch den Digitalfunkmast nicht ändern. Allein während zwei Untersuchungs Nächten kam es nach Angabe der zuständigen Behörde zu Einschränkungen im Probetrieb. Diese wurden in der Auswertung gesondert berücksichtigt.

Beim Aufbau und Betrieb des BOS-Digitalfunknetzes werden nach Angabe der BDBOS die in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26.BImSchV) festgelegten Grenzwerte eingehalten (BDBOS 2014). In der Standortbescheinigung legt die Bundesnetzagentur unter Berücksichtigung des geltenden Grenzwertes den standortbezogenen Sicherheitsabstand fest. Erst ab diesem Abstand zur TETRA- Funkanlage dürfen sich Menschen dauerhaft aufhalten (BAYSTMI 2014b, BDBOS 2014). Dabei bezieht die Bundesbehörde auch andere Sendeanlagen, etwa benachbarte Rundfunksender oder Mobilfunkanlagen, in die Prüfung mit ein sowie einen standortspezifischen Umweltfaktor. Als standortbezogene Sicherheitsabstände wurden für den untersuchten Standort 5,06 Meter in Hauptstrahlrichtung und 2,02 Meter vertikal (90°) von der Bundesnetzagentur angegeben (Standortbescheinigung [REDACTED]).

Über die Reichweite des Digitalfunkmasts lagen vor Beginn der Untersuchung keine konkreten Angaben vor, ebenso fehlten Angaben über die zu erwartenden Feldstärken im Umfeld der Anlage. Für die Ausarbeitung eines geeigneten Untersuchungsdesigns waren Kenntnisse über die zu erwartenden Feldstärken im Umfeld des BOS-Digitalfunkmasts jedoch unerlässlich. Es musste eine Entfernung gewählt werden, in der nur noch geringe elektromagnetischen Immissionen nachgewiesen werden können, um diesen Standort als Nullprobe zu erhalten. Daher wurden behelfsmäßig Literaturangaben herangezogen. Die angegebene Ausgangsleistung einer Sendeeinheit allein sagt noch nichts über die mögliche Höhe der Immissionen an einem bestimmten Ort aus. Dazu müssen zusätzliche Faktoren berücksichtigt werden wie z.B. Antennentyp, Abstrahlcharakteristik, Montagehöhe der Antenne (BAYSTMI 2014b, IZMF 2009). Nach LANUV NRW (2009) hängt die Reichweite einer einzelnen Sendestation bei TETRA stark von der Umgebung (Bebauung, jahreszeitabhängiger Bewuchs, Bodeneigenschaften) und weiteren Einflussfaktoren wie z.B. dem Antennengewinn (Rundstrahlantenne ca. 2dBi – max. 10dBi, Sektorantennen darüber) ab. Sie variiert zwischen vier bis fünf Kilometern in städtischem Gebiet und ca. 14 bis maximal 25 Kilometern in ländlichem

Gebiet. Der minimale Empfangspegel im TETRA-Netz für eine einwandfreie Funkversorgung liegt laut LANUV NRW (2009) bei ca. $20 -32 \text{ dB}\mu\text{V/m}$, d.h. ca. $10\text{-}80 \text{ }\mu\text{V/m}$. Dies ist demnach die Mindestfeldstärke die bei Aufbau des Funknetzes erreicht werden soll und von der daher überall auszugehen ist (LANUV NRW 2009). Für den TETRA-Funk in Brandenburg wurden beispielhaft Leistungsdichten in der Umgebung von Sendemasten anhand eines "Zweistrahlmmodells" (nach HANSEN et al. 2007) errechnet (PROJEKTORGANISATION DIGITALFUNK BOS LAND BRANDENBURG 2013). Die Berechnungen spiegelten einen nicht linearen Zusammenhang zwischen Entfernung zum Mast und gemessener Leistungsdichte. So wurden auf Antennenhöhe in 30 Meter Entfernung $341,2 \text{ mW/m}^2$ (entspricht $11,34 \text{ V/m}$ elektrischer Feldstärke) berechnet. In 200 Metern Entfernung wurde ein höherer Wert ($3,1 \text{ mW/m}^2$, entspricht $1,08 \text{ V/m}$) als in 100 Metern Entfernung ($1,7 \text{ mW/m}^2$ entspricht $0,80 \text{ V/m}$) auf Antennenhöhe ermittelt. Bei 500 Metern Entfernung betrug die gemessene Leistungsdichte $0,87 \text{ mW/m}^2$ (entspricht $0,57 \text{ V/m}$) auf Bodenhöhe und $0,75 \text{ mW/m}^2$ (entspricht $0,53 \text{ V/m}$) auf Antennenhöhe (PROJEKTORGANISATION DIGITALFUNK BOS LAND BRANDENBURG 2013). Die für die Berechnungen eingesetzten Parameter unterscheiden sich jedoch von jenen des hier untersuchten Digitalfunkmasts und können nur als grober Anhaltspunkt dienen. So wurde von einem "Extremszenario" einer TETRA-Funk-Basisstation mit acht sendenden Trägern und einer EIRP von $57,5 \text{ dBm}$ in Hauptstrahlrichtung ausgegangen (Antennenhöhe 55 m). An einer TETRA-Basisstation in 23 m Montagehöhe auf einem Gebäudedach und 20 W Sendeleistung wurde in ca. 200 Metern Entfernung auf Bodenhöhe eine elektrische Feldstärke von $0,170$ bis $0,358 \text{ V/m}$ gemessen, in knapp 500 Metern $0,008$ bis $0,027 \text{ V/m}$. Diese Messungen aus NRW zeigten, dass die Feldstärken mit zunehmender Entfernung abnahmen, ein eindeutiger einfacher Zusammenhang aber nicht besteht und die gemessenen Feldstärken im Umfeld stark durch die Umgebung (Ausbreitungsstörungen durch Gebäude oder Baumwuchs) beeinflusst wurden (LANUV NRW 2009).

2 Untersuchungsdesign

Das folgende Untersuchungsdesign wurde von den Bearbeitern in Absprache mit der Koordinationsstelle für Fledermausschutz in Bayern (Dr. Andreas Zahn) ausgearbeitet. Eine Orientierung bei der Konzeption des Untersuchungsdesigns an vergleichbaren Vorher/Nachher-Studien zur Fledermausaktivität an Digitalfunk-Standorten war nicht möglich, da zum Berichtszeitraum keine vergleichbaren Untersuchungen vorlagen. Mit Ausnahme der Studien von Nicholls & Racey (2007 u. 2009) lagen keine Daten zu dem Thema Fledermäuse und Digitalfunk vor. Ebenso fehlten Angaben über die zu erwartenden Feldstärken im Umfeld des Digitalfunkmasts.

Die Fledermausaktivität wurde an ausgewählten Standorten von Juli bis Oktober 2013 vor dem Betrieb des Digitalfunkmasts ermittelt. Während dem (Probe-)Betrieb der Anlage sollten die Erhebungen von Juli bis Oktober 2014 in gleicher Art und Weise an den gleichen Standorten wiederholt werden. Die elektrische Feldstärke wurde vor Inbetriebnahme der Sendeanlage einmalig direkt am Mast in 40 Metern Höhe gemessen. In 2014, während dem (Probe-)Betrieb, erfolgte die Messung der elektrischen Feldstärke einmalig an allen Untersuchungsstandorten zur Fledermausaktivität.

Ein Untersuchungsstandort (US) setzt sich aus zwei Messpunkten (MP) zusammen. Die Daten zur Fledermausaktivität wurden sowohl in Bodennähe (ca. 3 m) als auch in der Höhe (30 o. 40 m) erhoben. Folgende Kenntnisse über auftretende Immissionen im Umfeld von Sendeanlagen verdeutlichen die Notwendigkeit der zusätzlich zu den bodennahen Messungen durchgeführten, aufwendigen Erfassungen über dem Kronendach des Waldes. Erstens weisen die Bereiche in Bodennähe niedrigere Immissionswerte auf als höher gelegene MP. Dies führt dazu, dass an Orten, die sich in gleicher Entfernung zur Sendeanlage, aber in unterschiedlichen Höhen befinden, verschieden starke Immissionen auftreten können (IZMF 2009). Zweitens kann sich dieser Effekt durch die dämpfende Wirkung der Vegetation zwischen Antenne und den MP am Boden noch verstärken.

Das Untersuchungsdesign sah vor, die Fledermausaktivität in Höhe der Sendeantenne zu erfassen. Aufgrund der elektrischen Absenkung um 5° ist der höchste Wert der Feldstärke auch in Mastnähe nicht nur direkt horizontal zur Antenne zu erwarten sondern auch etwas darunter. Daher wurden 40 Meter für den MP in der Höhe gewählt. Im Laufe der Untersuchung in 2013 stellte sich heraus, dass diese 40 Meter nicht immer erreicht werden konnten, ohne einen Schaden an dem Aufnahmegerät für die Fledermausaktivität und der Untersuchungsvorrichtung zu riskieren. Am Boden kaum spürbarer Wind genügte, um das Aufnahmegerät in der Höhe und die Teleskopstange stark zum Schwingen zu bringen. Aus diesem Grund mussten die Messungen an einigen Standorten in 30 Metern Höhe durchgeführt werden. Allerdings immer noch über

Digitalfunk und Fledermäuse

Himmelsrichtungen vier Transekte entlang der vom Standort ausgehenden Wege festgelegt. Auf jedem Transekt erfolgten Messungen an drei US in 20, 50 und 100 Metern Entfernung zum Funk-Standort. Insgesamt ergaben sich zwölf US innerhalb eines 100 Meter Umkreises (Abb. 4).

Nach eigens durchgeführten Berechnungen, auf Grundlage der Angaben zu dem installierten Antennentyp, trifft die Halbwertsbreite der abgestrahlten Sendeleistung erst in ca. 200 Metern Entfernung zum Mast in Bodennähe auf. Außerhalb der Halbwertsbreite ist das abgestrahlte elektromagnetische Feld deutlich geringer (IZMF 2009). Aus diesem Grund erschien der Umkreis von 100 Metern zu gering und es wurden weitere US in 150, 200 und 300 Metern Entfernung gewählt. Allerdings wurden in diesen Entfernungsklassen nicht alle Transekte untersucht (vgl. Abb. 4). Als Kontrolle bzw. "Nullprobe" sollte ein US in 500 Metern auf dem Nord-Transekt dienen. Aufgrund der weitaus größeren Datenmenge ermöglicht der Vorher-/Nachher Vergleich zwischen den beiden Jahren 2013 und 2014 die aussagekräftigeren Ergebnisse. Auf die Fledermausaktivität haben jedoch weitere Faktoren wie z.B. die Witterungsverhältnisse einen Einfluss und sie kann zwischen zwei Jahren variieren. Eine gute Vergleichbarkeit der einzelnen Untersuchungsstandorte aufgrund des Habitats war gegeben. Aus diesem Grund bietet die zusätzliche Beprobung des 500 Meter Standorts und gegebenenfalls, je nach den Ergebnissen der EMF-Messungen, auch der beiden 300 Meter Standorte als Kontrollstandorte, eine zusätzliche Vergleichsmöglichkeit. Durch die von der Arge Fledermausschutz Donau- Ries finanzierte und mit durchgeführte Ergänzung des ursprünglichen Untersuchungsumfangs konnten insgesamt 21 US und damit 42 MP im Umkreis von 500 Metern um den Digitalfunkmast untersucht werden.

An jedem der zwölf inneren MP wurde während zwei Nächten in 2013 und zwei Nächten in 2014 die Fledermausaktivität aufgenommen. Je US wurde während einer Nacht im Spätsommer (Ende Juli bis Mitte August) und einer Nacht im Herbst (Ende August bis Anfang Oktober) untersucht. Der deutlich höhere Aufwand der alternierenden US im Gegensatz zu zwei Folgenächten je Standort erschien notwendig, um einen Vergleich der Ergebnisse zwischen den Standorten in 2014 zu ermöglichen. Die Fledermausaktivität insgesamt sowie das auftretende Artenspektrum können an einem Standort jahreszeitlich stark variieren (ZAHN et al. 1999). Zumal zuvor bekannt war, dass mit fernwandernden Arten, z.B. dem Abendsegler und der Rauhaufledermaus im UG zu rechnen ist. Aus diesem Grund sind zwischen einem ausschließlich Ende Juli und einem ausschließlich Ende September beprobten Standort Unterschiede in der Fledermausaktivität zu erwarten. Durch je eine Untersuchungsnacht im Spätsommer und Herbst wird dies vermieden. Für den um Standorte in 150, 200, und 300 Meter erweiterten Untersuchungsumfang war dieser hohe Aufwand nicht möglich. Diese Standorte wurden zwischen dem Sommer- und Herbstdurchlauf im August untersucht. Eine Ausnahme stellt der Kontrollstandort bei 500 Metern dar. Dieser wurde sowohl im August als auch Ende September/Anfang Oktober untersucht.

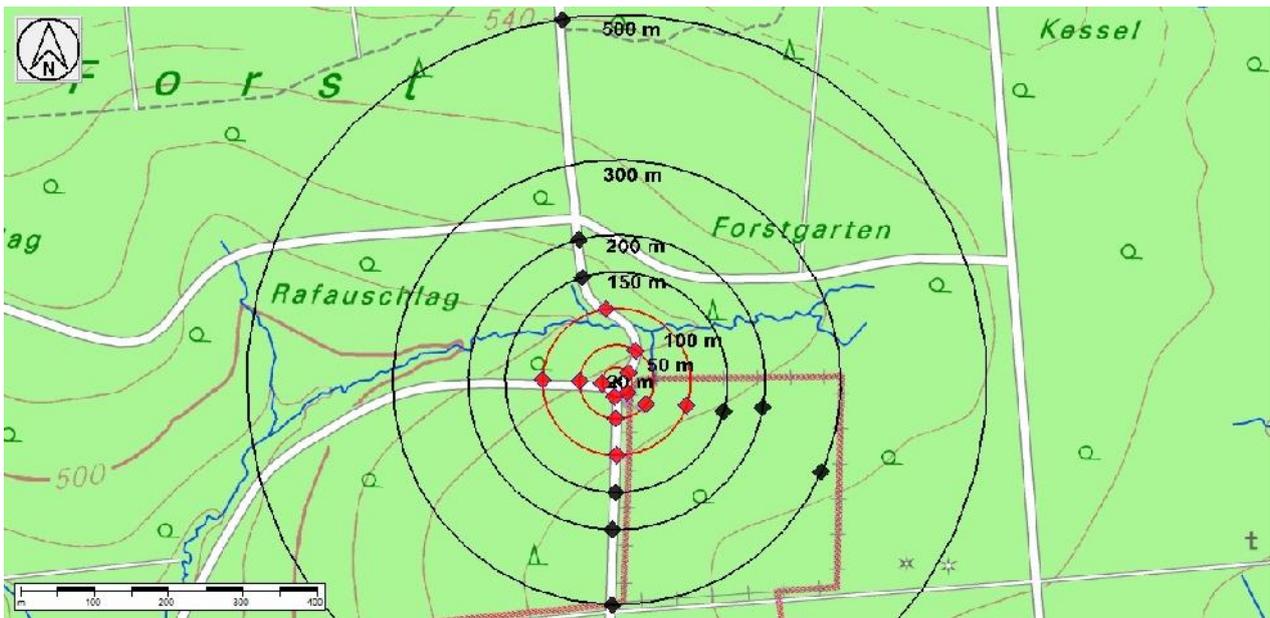


Abbildung 5: Lage der US. Kartenmaterial: ©Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.



Abbildung 6: Lage der US im Luftbild dargestellt. Kartenmaterial: ©Landesamt für Vermessung und Geoinformation Bayern, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.

Pro Untersuchungsdurchgang ergaben sich zwischen Juli und Oktober 42 Nächte mit Messungen der Fledermausaktivität. Während einer Nacht wurden jeweils beide MP (Boden und 30 o. 40 m) eines US beprobt. Insgesamt waren pro Durchgang (Jahr) 84 Messungen der Fledermausaktivität vorgesehen. In der Praxis kam es hier zu Abweichungen, wobei die Anzahl wertbarer Untersuchungsabende mit Ausnahme von vier Standorten zwischen zwei und sieben Nächten lag und damit teils deutlich über den Anforderungen des Untersuchungsdesigns.

3 Methoden

3.1 Feldstärkemessungen

Das Untersuchungsdesign sah Messungen der elektromagnetischen Immissionen vor. Nach WUSCHEK (2007) stehen im Fernfeld einer Antenne Leistungsflussdichte, elektrische und magnetische Feldstärke in einem festen Verhältnis zueinander. Für die Beurteilung der Feldintensität genügt bei Fernfeldbedingungen die Angabe einer dieser Größen, da sich diese äquivalent zueinander verhalten (WUSCHEK 2007). Von Fernfeldbedingungen kann nach BORNKESSEL et al. (2013) nach einigen Metern ausgegangen werden. Als Größe für die Beurteilung der Immissionen wurde die elektrische Feldstärke (E) in V/m gewählt.

Am 24. Juli 2013 erfolgte durch den Auftraggeber eine Nullmessung vor Inbetriebnahme der Sendeanlage. Die Messung wurde direkt am Digitalfunkmast in 40 m Höhe vorgenommen. Die Messungen während dem (Probe-)Betrieb erfolgten am 25. und 26. Juni 2014 in ca. 1,5 Meter Höhe sowie mittels einer LKW-Hebebühne (GL 450 DHK-W der Fa. Gardemann) in 30 und 40 Metern Höhe. So wurden an allen Untersuchungsstandorten in drei Höhen die Feldstärken ermittelt. Insgesamt erfolgten Messungen an 63 Stellen.

Das Messgerät, der akkubetriebene, portable Selective Radiation Meter SRM-3006 der Fa. NARDA mit isotroper (richtungsunabhängiger) Antenne für den Frequenzbereich von 300 MHz bis 2,5 GHz wurde von der Firma Telemeter Electronic GmbH zur Verfügung gestellt. Die Feldstärkemessungen erfolgten unter Anleitung eines Mitarbeiters der Firma Telemeter Electronic GmbH über die Schwenkmethode, bei welcher der SRM an den jeweiligen Messpunkten im Stehen mit der Antenne in Richtung der Sendeanlage ausgerichtet wurde. Die Ausrichtung wurde dabei immer leicht variiert, bis die maximale Immission im abgetasteten Raumvolumen erreicht wurde. Die Messungen wurden im Auswertmodus "Max" mit Peakdetektor genommen und spiegeln somit die maximale Feldstärke am Bezugsort wieder. Die Messunsicherheit betrug nach Herstellerangaben +2,4/-3,1 dB.

Die Sendeleistung der Basisstation wird bei TETRA nicht geregelt, so dass diese stets mit voller Leistung sendet (Angabe Staatliches Bauamt, Augsburg, BORNKESSEL et al. 2013, LANUV NRW 2009). Dennoch kann es durch zeitlich wechselnde Einflüsse wie z.B. das Wetter oder das Verkehrsaufkommen zu Pegelschwankungen kommen (LANUV NRW 2009). Alle Feldstärkemessungen wurden an trockenen Tagen ohne Niederschlag durchgeführt, so dass wetterbedingte Einschränkungen der Messungen weitgehend ausgeschlossen werden können. Zum Zeitpunkt der in 2014 erfolgten Messungen war die Sendeanlage in (Probe-)Betrieb. Eine Ausnahme stellten die beiden Untersuchungsächte 31.07. auf 01.08.2014 und 09. auf 10.09.2014 dar. In diesen Nächten wurden Einschränkungen durch das Bayerische Landeskriminalamt gemeldet. Die gewonnenen Daten dieser Nächte sind gesondert auszuwerten. Nach Ablauf des Probetriebes kann wechselndes Verkehrsaufkommen Pegelschwankungen bedingen (BORNKESSEL et al. 2013). Dies konnte in der vorliegenden Untersuchung nicht mit berücksichtigt werden.

Digitalfunk und Fledermäuse

Für vier der 63 Messpunkte liegen keine verwertbaren Messdaten der Feldstärke vor. An dem Messpunkt "West/20 in 30 m Höhe" fehlen die Messergebnisse, diese wurden vermutlich nicht korrekt abgespeichert. Für drei weitere MP liegen Messdaten vor, allerdings nicht der in der Auswertung verwendete Wert "Peak Max" (West/50 40m; West 100/30m, West 100/40m). Entlang den weiteren drei Transekten fehlen keine Messungen.

3.2 Erfassung der Fledermausaktivität

3.2.1 Untersuchungsaufbau

Entsprechend des Untersuchungsdesigns waren Aufzeichnungen der Fledermausaktivität bis in 40 Metern Höhe notwendig. Die Fledermausaktivität wurde akustisch mit einem rufgesteuerten, automatischen Fledermausrekorder (*batcorder* von ecoObs GmbH, Details siehe Kap. 3.2.2) erfasst. Dieser zeichnet Rufsequenzen von echoortenden Fledermäusen auf. Als Untersuchungsaufbau wurde eine Kombination aus einem Teleskopgittermast (ehemaliger Antennenträger der Bundeswehr, vgl. Abb. 7 re.) und einer Teleskop-Carbonstange (vgl. Abb. 7 li.) gewählt. Mit Hilfe dieser Konstruktion konnte der knapp 1 Kilogramm schwere *batcorder* sicher in 30 und 40 Metern Höhe eingesetzt werden. Zu Beginn der Beprobung an einem neuen US wurde der Gittermast umgesetzt, ausgerichtet, abgesichert und mit Hilfe eines Dieselgenerators von der Horizontalen in die Vertikale aufgestellt. Anschließend kletterte eine Person auf den Gittermast, befestigte den *batcorder* an der oben am Gittermast installierten Teleskopstange und fuhr diese per Hand auf ca. 15 Meter aus. Zuletzt wurde der Gittermast auf 25 Meter Höhe ausgefahren. Bei leichtem Wind wurde die darauf aufgesetzte Teleskop-Carbonstange nur auf eine Gesamthöhe von 30 m ausgefahren, da ansonsten die Teleskop-Carbonstange zu starken Belastungen (Schwankungen) ausgesetzt war und ein erhöhtes Bruchrisiko bestanden hätte.

Je Untersuchungsnacht wurden im Normalfall zwei *batcorder* eingesetzt. Für die bodennahen Aufnahmen der Fledermausaktivität wurde in ca. 3 Metern Höhe (maximal in 5 m) ein zweites Gerät unten am Gittermast mit einer weiteren Stange befestigt. Um Überlagerungen von Rufen und Echos am Mikrofon zu vermeiden, wurde darauf geachtet, dass der *batcorder* mindestens 2,5 Meter vom Gittermast entfernt und mindestens 2,5 Meter über dem Boden hing. Im Laufe der Untersuchungen kam es zu einer Sabotage des unteren *batcorders*. An Standorten außerhalb des umzäunten Geländes im Osten wurden daraufhin zur Vermeidung weiterer Beschädigungen auch Bäume direkt am Forstweg zur Aufhängung des Gerätes genutzt. Dadurch konnte der *batcorder* ausschließlich mittels einer Leiter erreicht werden. Auf die Herstellerempfehlungen beim Aufbau im Feld in Bezug auf die einzuhaltenden Abstände zur Vegetation wurde dennoch geachtet (ECO OBS GMBH 2010).



Abbildung 7: Untersuchungsaufbau zur Messung der Fledermausaktivität mittels eines Aufnahmegerätes (*batcorder*, ecoOb GmbHs) in 40 Metern Höhe (Foto li.) und Anlieferung des Teleskopgittermasts (Foto re.).

3.2.2 Datenerhebung

Der *batcorder* ist ein Gerät zur automatischen, akustischen Erfassung von Fledermausrufen an einem Standort und gewährleistet eine Vergleichbarkeit von Aktivitätsaufzeichnungen verschiedener Standorte und Durchläufe. Jeder *batcorder* ist auf das zugehörige Mikrofon kalibriert und durch regelmäßiges Justieren wird ein Empfindlichkeitsverlust über die Zeit vermieden (ECO OBS GMBH 2015). Die eingesetzten Mikrofone wurden jeweils im Ein-Jahresabstand (vom Hersteller empfohlene Zeitspanne) zur Kontrolle und ggf. Kalibrierung und Justierung an den Hersteller geschickt, um eine Vergleichbarkeit der erhobenen Daten zu gewährleisten. Der *batcorder* unterscheidet Fledermausrufe von anderen Schallquellen und zeichnet kaum Störgeräusche (z.B. Laubheuschrecken, Windrauschen) auf. Die Rufsequenzen werden in Echtzeit automatisch aufgezeichnet und auf einer SDHC- Karte gespeichert.

In der Mehrzahl der Nächte kamen zwei *batcorder 2.0* zum Einsatz. In wenigen Nächten wurden ein *batcorder 3.0* und *1.0* zugezogen. Nach Herstellerangaben sind die erhobenen Daten unabhängig der eingesetzten Version mit den Vorgängermodellen jeweils vergleichbar (ECO OBS GMBH 2010 u. 2013).

Der Schwellenwert für die Aufnahme eines Rufes („Threshold“) wurde gegenüber den Werkseinstellungen (-27 dB), die laut Hersteller zu einer durchschnittlichen Reichweite der Geräte von ca. zehn Metern führen,

Digitalfunk und Fledermäuse

leicht erhöht (-30 dB), um eine größere Reichweite zu erzielen. Die Erfassungsreichweite des *batcorders* variiert in Abhängigkeit des artspezifischen Rufverhaltens. So ist davon auszugehen, dass leise rufende Fledermausarten aufgrund ihrer geringen Ruflautstärke und Rufe mit einer starken Bündelung des ausgestoßenen Schalls unter Umständen auch in einem zehn Meter Radius nicht aufgezeichnet werden. Zu diesen Arten zählen hauptsächlich die Bechsteinfledermaus und das Braune Langohr. Hingegen kann ein Abendsegler, der über dem Kronendach fliegt in bestimmten Situationen auch mittels eines in Bodennähe aufgestellten *batcorders* erfasst werden. Es ist demnach durchaus möglich, dass auf Bodenniveau auch Rufsequenzen von in der Höhe (z.B. 30 o. 40 m) fliegenden, relativ laut rufenden Fledermausarten (z.B. Gruppe Nyctaloid aber auch Gattung Pipistrellus) aufgezeichnet werden. Dieser "Fehler" lässt sich jedoch nicht vermeiden. Für die Mehrzahl der Fledermausarten und Rufsituationen ist dies weniger wahrscheinlich, da durch das Kronendach vermutlich ein Großteil der Echoortungsrufe über dem Wald jagender Arten abgeschirmt wird. Die weiteren manuell einstellbaren Parameter wurden wie folgt gewählt: Posttrigger: 600ms (Standard 400ms), Quality: 20 (= Standard), Critiquial Frequency 16 (=Standard).

Aufnahmenächte mit unterschiedlichen Einstellungen dieser Parameter sind hinsichtlich der ermittelten Fledermausaktivität nicht mehr vergleichbar, da sich je nach der gewählten Einstellung Anzahl und Länge der aufgenommenen Rufsequenzen unterscheiden (ECOBS GMBH 2010). Einzelne *batcorder*- Erfassungen mit Abweichungen von den standardmäßig für die Untersuchung festgelegten Parameterwerten von Threshold, Posttrigger oder Quality wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen. Einzige Ausnahme stellt eine Untersuchungsnacht im Sommer 2013 dar, die aufgrund fehlender Ersatznächte teilweise in die Auswertungen mit aufgenommen wurde. Dies wurde bei den entsprechenden Ergebnissen mit angegeben. Die Critiquial Frequency war bei einem zeitweise in 2013 eingesetzten *batcorder* auf 18kHz hochgestellt. Das bedeutet Signale unter 18 kHz lösen keine Aufzeichnung aus. Die Daten werden dennoch als vergleichbar angesehen, da auch die Rufe des tief rufenden Abendseglers über 18 kHz hinausgehen, ebenso wie aufgezeichnete Sozialrufe (überwiegend der Gattung Pipistrellus). Die Einsatznächte und Messpunkte mit einer Critical Frequency von 18 kHz werden im Anhang aufgeführt (Tab. 15).

Die Software zur Analyse und Darstellung der *batcorder*- Daten gibt Abkürzungen für die Darstellung der Fledermausarten, Gattungen und akustisch ähnlichen Gruppen vor (ECOBS GMBH, 2010). Die im weiteren Text verwendeten, relevanten Abkürzungen und die wissenschaftlichen Artbezeichnungen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

3.2.3 Auswertung und Interpretation der Daten

Nach Aufzeichnung der Fledermausrufe erfolgte die Verwaltung der Rufsequenzen, die automatische Auswertung und Artbestimmung mittels der dazu gehörigen Software in Form der Programme bcAdmin (ecoObs GmbH) und batIdent (ecoObs GmbH) sowie die Überprüfung und manuelle Analyse mit bcAnalyze2 (ecoObs GmbH). Alle Rufaufnahmen wurden mit dem Programm bcAnalyze2 (ecoObs GmbH) in der

Sonagramm- Vorschau geöffnet und Aufnahme Dateien ohne Fledermausrufe wurden gelöscht. In einigen Untersuchungs Nächten wurden viele Dateien mit Störgeräuschen aufgezeichnet. Diese wurden vermutlich durch den Untersuchungsaufbau, z.B. an den Gittermast oder die Teleskopstange schlagende Äste, verursacht. Einige Rufsequenzen wurden im Detail in bc Analyze2 überprüft und ggf. nachbestimmt. Eine manuelle Kontrolle und Nachbestimmung aller mit dem *batcorder*- System aufgenommenen Sequenzen wird auf Grund des Aufwands und der meist enormen Datenmengen nach MARCKMANN & RUNKLE (2010) fast nie möglich sein und ist im Normalfall auch nicht notwendig. Dennoch können und sollten die Analysen des *batcorder*- Systems einer Prüfung unterzogen werden (MARCKMANN & RUNKLE 2010). Die genauere Überprüfung einzelner Sequenzen sollte in Betracht gezogen werden, wenn es sich bei Artbestimmungen um naturschutzfachlich relevante oder lokal nicht zu erwartende Arten handelt. Sie ist auch dann sinnvoll, wenn von einer Art nur wenige Sequenzen vorliegen, oder die zeitliche Abfolge der Sequenzen Hinweise auf Fehlbestimmungen liefert (MARCKMANN & RUNKLE 2010). Aufgrund der großen Datenmenge erfolgte eine Orientierung an diesen Empfehlungen bei der Auswahl einzelner, im Detail überprüfter und gegebenenfalls nachbestimmter Rufsequenzen und Artzuordnungen. Durch batIdent zu einer im Donauwörther Stadtwald bislang noch nicht nachgewiesenen Art zugeordnete Rufsequenzen wurden einer genauen Überprüfung unterzogen, an deren Ende auch eine korrigierte Zuordnung zu einer anderen Art oder Artengruppe stehen konnte. Dies galt in gleichem Maße auch für selten aufgezeichnete Arten und solche, die im UG nicht zu erwarten sind und bei deren Bestimmung durch batIdent häufig, z.B. aufgrund fehlerhafter Rufvermessungen, von einer Fehlbestimmung ausgegangen werden muss (z.B. Misch: Langflügel-Fledermaus oder Mdas: Teichfledermaus). Das bedeutet, Rufsequenzen der folgenden Arten wurden auch im Detail überprüft: Mopsfledermaus, Nymphenfledermaus, Teichfledermaus, Wimperfledermaus, Bechsteinfledermaus, Großes Mausohr, Fransenfledermaus, Nordfledermaus, Breitflügel-Fledermaus, Zweifarbfledermaus, Europäische Bulldoggfledermaus, Langflügel-Fledermaus, Alpenfledermaus und Gattung Plecotus. Von den Arten, deren Vorkommen im UG sehr unwahrscheinlich ist, wurden alle Rufsequenzen manuell nachbestimmt. Von den selten von batIdent identifizierten Arten wie z.B. Großes Mausohr und Fransenfledermaus wurden ebenfalls alle Rufsequenzen durchgesehen. Von Arten, die erstmals im Donauwörther Stadtwald nachgewiesen wurden, mindestens so viele Rufsequenzen, bis der Nachweis im UG als sicher angesehen werden konnte (vgl. auch KFS 2009). Für die Artbestimmung wurden als Vergleich eindeutig zugeordnete Referenzrufe und Fachliteratur herangezogen (u. a. KFS 2009, SKIBA 2009, PFALZER 2002, RUSSO & JONES 2002, BARATAUD 2000, ZINGG 1990). Rufaufnahmen, für die aufgrund von schlechter, zu leiser Aufnahmequalität oder der bekannten grundsätzlichen Schwierigkeiten keine sichere Artbestimmung erfolgen konnte, wurden nach Möglichkeit Artenpaaren, Gattungen oder Artengruppen, die sich durch ähnliche Rufmerkmale auszeichnen (z. B. *Myotis* klein-mittel, *Nyctaloid*), zugeordnet (vgl. Tab. 2).

Die Gruppe **Nyctaloid** umfasst die Gattungen *Nyctalus*, *Eptesicus* und *Vespertilio*. Innerhalb der Gattung *Nyctalus* ist der Abendsegler im Allgemeinen sehr gut auf Artniveau anzusprechen. Alle anderen Arten der

Digitalfunk und Fledermäuse

Gruppe weisen insbesondere in stärker strukturierten Habitaten, z.B. im Bereich der Messpunkte in drei Metern Höhe und während der Jagd sehr große Ähnlichkeiten der Rufe auf. Als Untergruppe Nyctaloid-mittel werden noch die Breitflügel- und die Zweifarbfledermaus, die Kleinabendsegler zusammengefasst.

Die Arten der Gattung **Myotis** weisen sehr starke Überlappungen in ihren Rufmerkmalen auf, so dass häufig eine Artansprache nicht möglich ist. Lediglich das Große Mausohr nutzt ein stärker abweichendes Frequenzspektrum. Die Fransen- und die Nymphenfledermaus können teilweise noch gut anhand ihrer Anfangs- und Endfrequenzen bestimmt werden. Alle anderen der im UG möglichen bzw. vorrangig zu erwartenden Myotis-Arten bilden die Gruppe Myotis klein-mittel (Bart-, Brandt-, Bechstein- und Wasserfledermaus).

Innerhalb der Gruppe **Pipistrelloid** lässt sich die Zwergfledermaus häufig auf Artniveau sicher ansprechen. Bei hohen Rufen kann es aber zu Überlappungen mit Rufen der Mückenfledermaus kommen. Es werden daher die Subgruppen Pipistrellus-hoch (Mückenfledermaus und Zwergfledermaus) ebenso wie Pipistrellus-tief (Rauhautfledermaus, Weißbrandfledermaus, Alpenfledermaus) und Pipistrellus-mittel (Weißbrand-, Rauhautfledermaus) zusammengefasst. Die Bezeichnung der Untergruppen erfolgt nicht wie bei Myotis klein-mittel aufgrund Größe der einzelnen Arten, sondern anhand der Höhe ihrer zur Echoortung genutzten Hauptfrequenzen.

Aufgrund fast identischer Rufeigenschaften lassen sich folgende Fledermausartenpaare rein akustisch kaum voneinander unterscheiden: Brandtfledermaus und Kleine Bartfledermaus sowie Braunes und Graues Langohr. Rauhaut- und Weißbrandfledermaus lassen sich nur über Sozialrufe eindeutig differenzieren. Bei einer Vielzahl aufgezeichneter Rufsequenzen kann sich bei diesem Paar anhand der automatisch mittels batIdent bestimmten Rufsequenzen eine Tendenz ablesen, welche der beiden Arten im UG vorkommt bzw. häufiger ist.

Rufe, für die mittels der automatischen Determination keine Art festgelegt werden konnte, werden unter Spec. geführt.

Digitalfunk und Fledermäuse

Tabelle 2: Begriffserklärung der verwendeten Artenkürzel und der Bezeichnungen von Artengruppen unter Angabe des wissenschaftlichen und deutschen Artnamens. Die Fledermausarten wurden hervorgehoben im Gegensatz zu den Artengruppen und Gattungen. In Klammern geführte Fledermausarten sind aufgrund ihrer Verbreitung im UG nicht zu erwarten, wurden der Vollständigkeit halber und aufgrund ihrer Auflistung im Entscheidungsbaum von batldent mit aufgeführt. Mit Ausnahme der Gattung *Rhinolophus* (Hufeisennasen).

Abkürzung Artnome o. <i>batcorder</i> -Kürzel	deutscher Artnome	wissenschaftlicher Artnome	zugehörige Arten bei Artengruppen oder Gattungen
Mbart	Bart-/ Brandtfledermaus	<i>Myotis mystacinus / brandtii</i>	Artenpaar rein akustisch nicht differenzierbar
Mbec	Bechsteinfledermaus	<i>Myotis bechsteinii</i>	
Mdau	Wasserfledermaus	<i>Myotis daubentonii</i>	
Mkm	"Myotis klein-mittel"	-	Mbart, Mdau, Mbec
Malc	Nymphenfledermaus	<i>Myotis alcathoe</i>	
(Mema)	(Wimperfledermaus)	(<i>Myotis emarginatus</i>)	
Mmyo	Großes Mausohr	<i>Myotis myotis</i>	
Mnat	Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>	
(Mdas)	(Teichfledermaus)	(<i>Myotis dasycneme</i>)	
Myotis	Gattung Myotis		Mkm, Mnat, Mmyo, (Mema) (Malc) (Mdas)
Ppip	Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	
Ppyg	Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	
Phoch	"Pipistrellus hoch"		Ppip, Ppyg
Pnat	Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	
Pkuh	Weißrandfledermaus	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	
Pmid	Pipistrelloid mittel		Pnat, Pkuh
(Hsav)	(Alpenfledermaus)	<i>Hypsugo savii</i>	
Pipistrelloid	Gattung Pipistrellus		Ppip, Ppyg, Pnat, Pkuh
(Misch)	(Langflügel fledermaus)	(<i>Miniopterus schreibersii</i>)	
Eser	Breitflügel fledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i>	
Nlei	Kleinabendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	
Vmur	Zweifarb fledermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	
Nycmi	Nyctaloid mittel	-	Eser, Nlei, Vmur
Nnoc	Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	
Nyctief	"Nyctaloid tief"		Nnoc, (Tten)
Enil	Nordfledermaus	<i>Eptesicus nilssonii</i>	
Nyctaloid	Nyctaloide Arten		Gattungen Nyctalus, Vespertilio, Eptesicus, (Tadaria)
(Tten)	(Europäische Bulldoggfledermaus)	(<i>Tadarida teniotis</i>)	
Plecotus	Braunes-/ Graues Langohr	<i>Plecotus auritus / austriacus</i>	Artenpaar rein akustisch nicht differenzierbar
Bbar	Mopsfledermaus	<i>Barbastella barbastellus</i>	
Spec.	Fledermaus unbestimmt	<i>Chiroptera spec.</i>	alle heimischen Fledermausarten möglich

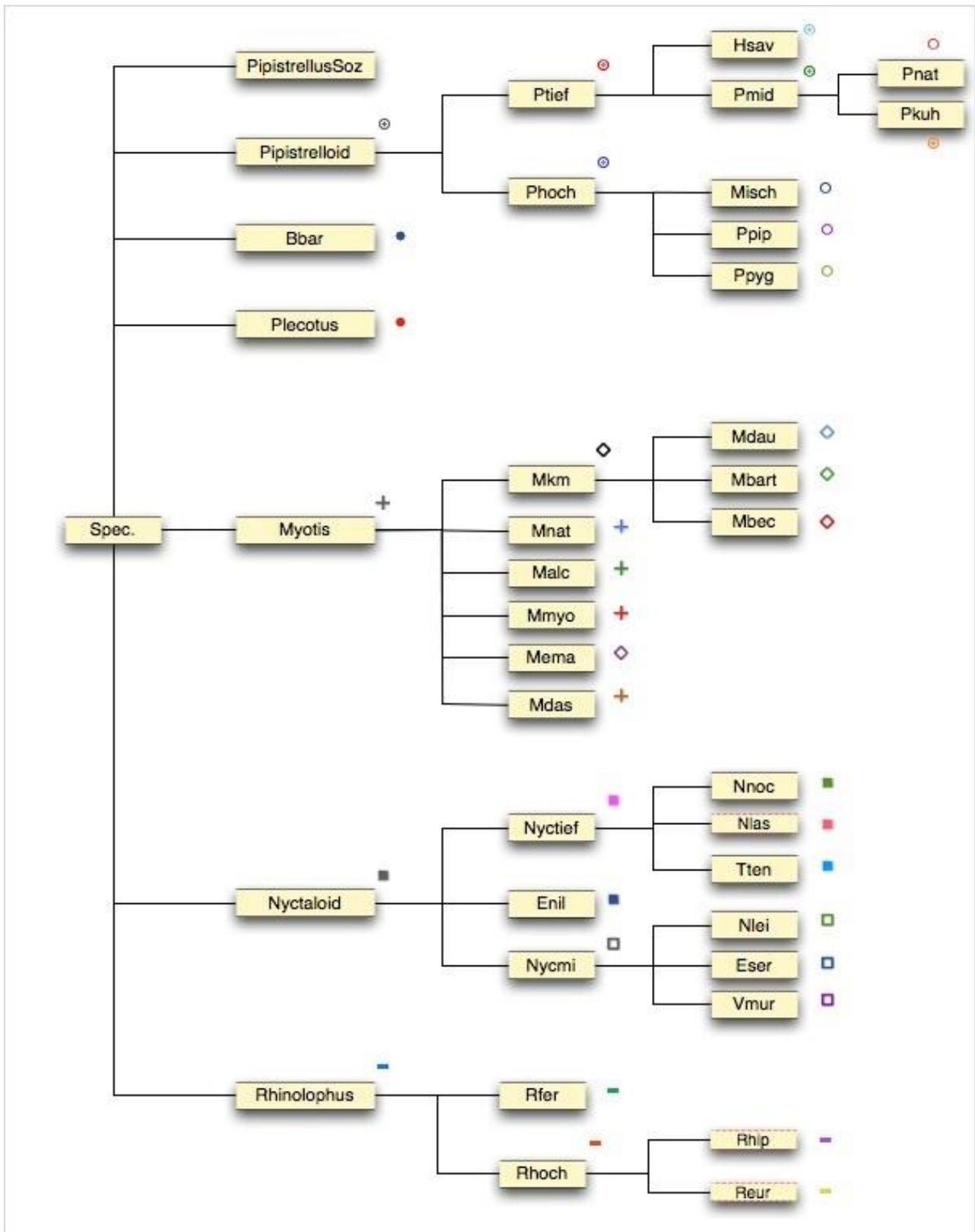


Abbildung 8: Entscheidungsbaum des Programms batIdent (ecoObs GmbH). Er zeigt die durch batIdent verwendete Gruppierung von Arten und die maximal vier Schritte der Analyse. Quelle: <http://www.ecoobs.de/cnt-batIdent.html>

Digitalfunk und Fledermäuse

Hinsichtlich der Angaben zur Aktivitätsdichte ist anzumerken, dass über die bei Fledermäusen angewendeten bioakustischen Methoden keine Individuenzahlen oder Populationsgrößen ermittelt werden können. Die Nachweis- oder Beobachtungshäufigkeit hängt stark von der Verweildauer im Aufnahmeradius der Untersuchungsgeräte ab und nicht allein von der absoluten Häufigkeit bzw. der Populationsgröße einer Art im Untersuchungsgebiet. Durch die verschiedenen Lautstärken der Echoortungsrufe der Fledermausarten besitzen zudem leise rufende eine viel geringere Aufnahmewahrscheinlichkeit wie laut rufende Arten. Die Anzahl der aufgezeichneten Rufdateien spiegelt nicht unbedingt die Anzahl der Fledermausindividuen wieder, sondern vielmehr die Fledermausaktivität. Ein einzelnes Tier kann über einen längeren Zeitraum in nächster Nähe zu einem *batcorder* jagen und daher eine hohe Anzahl aufgezeichneter Rufsequenzen bewirken. Durch die Lage der MP in Bodennähe entlang der Forstwege, die eine potentielle Flugstraße darstellen, könnten jedoch viele Rufsequenzen aufgezeichnet werden, die von unterschiedlichen, kurz vorbeifliegenden Tieren stammen. Eine hohe Anzahl aufgezeichneter Rufsequenzen kann sowohl durch eine Vielzahl vorbeifliegender Individuen generiert werden, als auch durch ein einziges oder wenige Individuen, deren Jagdhabitat in der Nähe des Standortes liegt.

Dennoch lässt sich mittels der ausgewerteten Rufaufzeichnungen und der Angabe zu Aufnahmezeit und -dauer, die Fledermausaktivität allgemein an einem Standort berechnen, wie auch die Aktivität der einzelnen Arten. Die Fledermausaktivität wird als Dauer der Rufaufzeichnung in Sekunden (s) und in Ausnahmefällen als Anzahl der Rufaufnahmen pro Zeiteinheit (Rk) angegeben. Der Zeitraum ist jeweils eine Nacht (auch als Session benannt) und nicht die Zeitspanne zwischen Start und Ende der automatischen Ruferfassung. Die Zeitspanne wurde während den Untersuchungen so gewählt, dass die gesamte nächtliche Aktivitätsphase der Fledermäuse abgedeckt war und änderte sich dementsprechend auch im Verlauf der Monate. Die Angabe der Fledermausaktivität pro Nacht ist demnach repräsentativer.

Die standardisierte Vorgehensweise bei der Erhebung der Daten sowie die objektive Vermessung und Bestimmung durch die oben aufgeführte Software ermöglicht den Vergleich der einzelnen akustischen Erfassungen. So können die Aktivitäten an verschiedenen Messpunkten und Untersuchungsstandorten standardisiert wiederholt und untereinander oder über einen Zeitverlauf verglichen werden.

3.2.4 Untersuchungszeiten

Alle in die Auswertung eingeflossenen Untersuchungs Nächte sind in Tabelle 3 mit den jeweils beprobten Messpunkten dargestellt. Es flossen 104 Messungen der Fledermausaktivität (Sessions) in 2013 und 117 Messungen in 2014 in die Analyse ein, insgesamt 221 Erfassungen. Sie erfolgten in 49 Nächten in 2013 und 58 Nächten in 2014. Insgesamt wurden 293 Messungen durchgeführt. 72 davon entsprachen nicht den für die Auswertung festgelegten Kriterien. Die Gründe hierfür sind unterschiedlicher Natur: unvollständige Aufzeichnung aufgrund der Akkulaufzeit, fehlerhafte Einstellungen, technischer Defekt, Niederschlag in der Untersuchungsnacht, starker Wind, Temperaturen um 20:00 Uhr < 11 °C und/oder Temperaturen um 05:00

Uhr < 8 °C. Diese Daten wurden den Wetterdaten von Herrn Werner Neudeck, Donauwörth entnommen. Die 05:00 Uhr und 20:00 Uhr Temperaturen und Erfassungszeiten aller Untersuchungsächte finden sich im Anhang (Tab. 16). Der 05:00 Uhr Temperaturwert bezieht sich stets auf die Erfassungsnacht. Korrekt wäre für diesen Wert die Angabe des auf die Untersuchung folgenden Tages. Diese Darstellung wird jedoch schnell unübersichtlich. So wird anstelle der korrekten Bezeichnung "Untersuchungsnacht vom 01.08. auf den 02.08." auch jeweils nur das erste Datum genannt.

Tabelle 3: In die Auswertung eingegangene Erfassungen der Fledermausaktivität für jeden der 21 Untersuchungsstandorte bzw. 42 Messpunkte. Blau hinterlegt sind die US in 20, 50 und 100 m Entfernung zum Digitalfunkmast. Rot hinterlegt sind die Untersuchungsächte, deren Ergebnisse nur eingeschränkt in die Auswertung mit einfließen.

MP (Transekt - Höhe- Abstand)	2013						2014						
	Spätsommer		Herbst				Spätsommer			Herbst			
	1	2	1	2	4	1	2	3	1	2	3	4	
N Boden 20	31.07.13		30.08.13			24.07.14	25.07.14		22.08.14	23.08.14			
N Höhe 20	31.07.13		30.08.13			24.07.14	25.07.14		22.08.14	23.08.14			
N Boden 50	29.07.13	02.08.13	02.09.13	03.09.13		23.07.14			25.08.14	26.08.14			
N Höhe 50	29.07.13	30.07.13	02.09.13	03.09.13		23.07.14			25.08.14	26.08.14			
N Boden 100	27.07.13		04.09.13	05.09.13		26.07.14			27.08.14	28.08.14			
N Höhe 100	27.07.13		04.09.13	05.09.13		22.07.14			27.08.14	28.08.14			
N Boden 150	28.08.13	29.08.13				20.08.14	21.08.14						
N Höhe 150	28.08.13	29.08.13				20.08.14	21.08.14						
N Boden 200	26.08.13	27.08.13				18.08.14	19.08.14						
N Höhe 200	26.08.13	27.08.13				18.08.14	19.08.14						
N Boden 500	23.08.13		09.10.13			17.08.14			28.09.14	29.09.14	30.09.14	01.10.14	
N Höhe 500	23.08.13		09.10.13			17.08.14			28.09.14	29.09.14	30.09.14	01.10.14	
O Boden 20	03.08.13		08.10.13			29.07.14	30.07.14		17.09.14				
O Höhe 20	03.08.13		08.10.13			29.07.14	30.07.14		17.09.14				
O Boden 50	04.08.13		29.09.13			31.07.14			18.09.14	19.09.14	20.09.14		
O Höhe 50	04.08.13		29.09.13			31.07.14			18.09.14	19.09.14	20.09.14		
O Boden 100	06.08.13	07.08.13	30.09.13			19.07.14	20.07.14		25.09.14	26.09.14			
O Höhe 100	06.08.13	07.08.13	30.09.13			19.07.14	20.07.14		25.09.14	26.09.14			
O Boden 150	19.08.13					12.08.14							
O Höhe 150	19.08.13					12.08.14							
O Boden 200	20.08.13	21.08.13				13.08.14	14.08.14						
O Höhe 200	20.08.13	21.08.13				13.08.14	14.08.14						
O Boden 300	/					15.08.14	16.08.14						
O Höhe 300	22.08.13					15.08.14	16.08.14						
S Boden 20	02.08.13		06.09.13			28.07.14			29.08.14	30.08.14			
S Höhe 20	02.08.13		06.09.13			28.07.14			29.08.14	30.08.14			
S Boden 50	11.08.13		07.09.13	09.09.13		05.08.14			01.09.14	02.09.14			
S Höhe 50	11.08.13		07.09.13	09.09.13		05.08.14			01.09.14	02.09.14			
S Boden 100	12.08.13	13.08.13	10.09.13	13.09.13		06.08.14			03.09.14	04.09.14			
S Höhe 100	12.08.13	13.08.13	10.09.13	13.09.13		06.08.14			03.09.14	04.09.14			
S Boden 150	14.08.13					07.08.14							
S Höhe 150	14.08.13					07.08.14							
S Boden 200	15.08.13	16.08.13				08.08.14							
S Höhe 200	15.08.13	16.08.13				08.08.14							
S Boden 300	17.08.13	18.08.13				09.08.14	10.08.14	11.08.14					
S Höhe 300	17.08.13	18.08.13				09.08.14	10.08.14	11.08.14					
W Boden 20	01.08.13		25.09.13	26.09.13		03.08.14	04.08.14		14.09.14	15.09.14			
W Höhe 20	01.08.13		25.09.13	26.09.13		03.08.14	04.08.14		14.09.14	15.09.14			
W Boden 50	09.08.13		23.09.13	24.09.13		01.08.14			/				
W Höhe 50	09.08.13		23.09.13	24.09.13		01.08.14			08.09.14				
W Boden 100	10.08.13		19.09.13	20.09.13	22.09.13	02.08.14			10.09.14	11.09.14			
W Höhe 100	10.08.13		19.09.13	20.09.13	22.09.13	02.08.14			10.09.14	11.09.14			

Digitalfunk und Fledermäuse

Messungen, für die Besonderheiten vorliegen, z.B. mit mehreren, parallel laufenden *batcordern*, Messungen mit abweichendem Datum der Erfassung in der Höhe und am Boden oder Messungen mit einer Critiqua Frequency von 18 kHz werden ebenfalls im Anhang gesondert aufgeführt (Tab. 15). Die Angaben zu der untersuchten Höhenstufe je Standort (30 und/oder 40 Metern) finden sich in Tabelle 17 im Anhang.

Für folgende zwei Messpunkte fehlen Messungen, bzw. erfüllen die Kriterien für die Aufnahme in die Auswertung nicht: W 50 Boden (Herbst 2014), O 300 Boden (Sommer 2013, Akku; Aufzeichnung unvollständig).

Zwei weitere Standorte können nur eingeschränkt in die Auswertung eingehen. Der US N 100 Boden wurde im Sommer 2013 mit abgeänderten *batcorder*- Einstellungen beprobt. Für den US O 50 liegt im Sommer 2014 nur eine Messung am 31.07.2014 vor. In dieser Nacht kam es nach Angabe der zuständigen Behörde jedoch zu Einschränkungen im Probetrieb des Digitalfunkmasts, so dass dieses Messergebnis gesondert überprüft wurde. Liegt die ermittelte Aktivität dieser Messungen im Durchschnitt oder darunter (bei O 50), so wird dieser Wert in die Auswertungen mit einbezogen. Sofern diese Messpunkte in die Auswertung mit einfließen, wird dies gesondert angegeben.

Die Datengrundlage kann trotz einzelner fehlender Messungen als ausreichend groß angesehen werden. Das ursprünglich beauftragte Untersuchungsdesign sah 48 Untersuchungsächte vor, während denen insgesamt 96 Messungen zur Fledermausaktivität erfolgten. Das erweiterte Untersuchungsdesign sah 70 Nächten und 140 Messungen vor. Tatsächlich konnten 107 Untersuchungsächte gewertet werden mit 221 Messungen der Fledermausaktivität (*batcorder*- Sessions).

Der Sommerdurchlauf erstreckt sich von 29.07.2013 – 13.08.2013 und 24.07.2014 – 06.08.2014. Der Herbstdurchlauf von 30.08.2013 – 08.10.2013 und 22.08.2014 – 26.09.2014. In diesem Zeitraum wurden die Abstände 20, 50 und 100 Meter des ursprünglichen Untersuchungsdesigns jeweils zwischen einmal und viermal beprobt. Für die Standorte des erweiterten Untersuchungsdesigns fanden die Untersuchungen zwischen 14.08.2013 und 29.08.2013 sowie 10.08.2014 und 21.08.2014 statt. Der Kontrollstandort N 500 wurde in 2013 zu zwei Zeitpunkten untersucht (23.08. und 09.10.), in 2014 konnten ausschließlich die Messungen Ende August/Anfang Oktober (28/29/30.09. u. 01.10.) gewertet werden.

3.3 Angewendete Statistik

Die Überprüfung auf Normalverteilung der gewonnenen Datensätze erfolgte durch den Shapiro-Wilk-Test, ergänzt durch eine graphische Betrachtung der Verteilung (Streudiagramm, Boxplot). Für die Darstellung von Lageunterschieden, die Analyse von Messwiederholungen und die Benennung der statistischen Kennwerte wurde die Form des Boxplot- Diagramms, meist ein gruppierter Boxplot gewählt.

Der t- Test setzt als parametrisches, varianzanalytisches Verfahren die Normalität der zu untersuchenden Variablen voraus, ist jedoch "robust" gegenüber Abweichungen von der Normalität (WISEMAN 2015). War

Digitalfunk und Fledermäuse

eine annähernde Normalverteilung der Daten gegeben (z.B. Temperaturdaten) wurde der t- Test bevorzugt. Mit dem Levene-Test wurde auf Varianzhomogenität geprüft. Bei negativem Ergebnis im Levene-Test auf Varianzhomogenität erfolgte die Aufnahme des Welch- t- Tests zum Mittelwertvergleich. Gegenüber dem normalen t- Test ist dieser toleranter gegenüber Varianzheterogenität.

Auf Vergleiche der ermittelten Fledermausaktivität zwischen 2013 und 2014 wurde aufgrund nicht-normalverteilter Daten der Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test für gepaarte Stichproben angewendet. Bei nicht verbundenen Stichproben (z.B. Vergleich der MP im 200 m Umkreis mit Kontrollstandorten in 300 und 500m in 2014) wurde auf den Mann-Whitney-U-Test zurückgegriffen. Bei Messwiederholungen floss stets der Mittelwerte aller Erfassungen (Sessions) je Standort in die Analyse ein. Auf einen Zusammenhang zweier Variablen (z.B. Feldstärke und Fledermausaktivität, Feldstärke und Abstand zum Digitalfunkmast) wurde mit dem Rang- Korrelationskoeffizient nach Spearman getestet. Im Fall von normalverteilten Daten nach Pearson. Das Konfidenzniveau wurde bei allen durchgeführten Test mit 95 % festgesetzt und p-Werte kleiner 0,05 werden demnach als signifikant angesehen. Die Durchführung der statistischen Tests und Darstellung der deskriptiven Statistik erfolgte mit RStudio Version 0.99.467.

4 Ergebnisse

4.1 Messergebnisse der Elektrischen Feldstärke

Die Messung der elektrischen Feldstärke (E) vor Inbetriebnahme des Digitalfunkmasts ergab für den Frequenzbereich um 392 MHz (Sendefrequenz der Funkanlage) Werte unter 0,004 V/m. Im gesamten, gemessenen Frequenzbereich zwischen 300 MHz und 2,5 GHz zeigten sich sonstige Immissionsanteile außerhalb des TERA-Frequenzbereichs mit Peaks bis 0,09 V/m, deren Zugehörigkeit nicht bestimmt wurde (Abb.9).

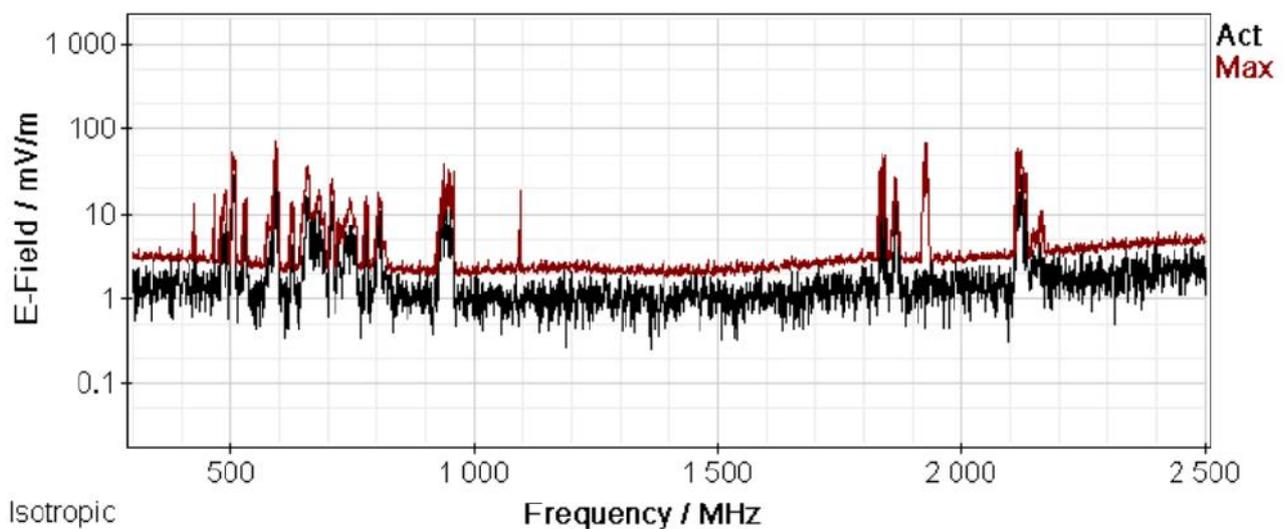


Abbildung 9: Spectrum-Analyse aufgenommen mittels des SRM-3006 von narda - Saftey Test Solutions© am 24.07.2013 in 45 Metern Höhe am Digitalfunkmast vor dessen Inbetriebnahme.

In 2014 ergaben die Messungen der elektrischen Feldstärke (E) Werte von 0,0398 V/m bis 2,2780 V/m bei Frequenzen um 392 MHz. Der Mittelwert aller Messpunkte liegt bei 0,435 V/m, der Median bei 0,279 V/m. Die höchsten Werte > 1,00 V/m wurden ausschließlich in 40 Metern Höhe und bei Entfernungen von 20 sowie 50 Metern zum Digitalfunkmast gemessen. Die Einteilung der Feldstärke- Klassen erfolgte anhand der statistischen Verteilung der gemessenen Feldstärken (Abb. 10).

Als Messpunkte mit mittleren Feldstärken werden alle MP definiert, deren Werte innerhalb des Interquartilsabstandes liegen, demnach 50 % aller Werte. Analog stellen die unteren 25 % der Werte MP mit geringer Feldstärke dar und die oberen 25 % der Werte MP mit (im Verhältnis zum gesamten UG) hohen ermittelten Feldstärken. Daraus ließe sich folgende Einteilung ableiten: E niedrig: 0,03975 - 0,14590 V/m, E mittel: 0,14590 - 0,57520 V/m und E hoch: > 0,57520 V/m. Diese wurde zugunsten einer verbesserten Anschaulichkeit modifiziert auf Grenzwerte von 0,15 V/m und 0,6 V/m. Dadurch mussten nur zwei Messpunkte von den exakten Interquartilsabständen abweichend eingeordnet werden. Analog gilt im Folgenden:

Digitalfunk und Fledermäuse

MP mit im Verhältnis niedriger Feldstärke: $< 0,15$ V/m

MP mit im Verhältnis mittel-hoher Feldstärke: $0,15 - 0,6$ V/m

MP mit im Verhältnis hoher Feldstärke: $> 0,6$ V/m

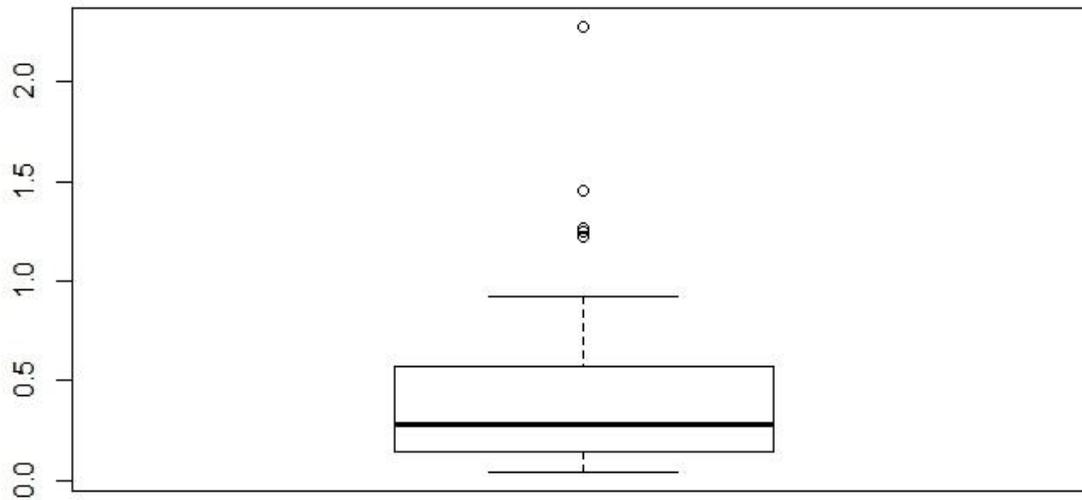


Abbildung 10: Boxplot- Diagramm der Verteilung der Werte der gemessenen Feldstärke (V/m) an allen 59 MP.

Der gewählte Kontroll-Untersuchungspunkt 500/Nord lieferte Messwerte von 0,085 V/m in 40 und 30 Metern sowie 0,055 V/m auf Bodenniveau. Die Werte in 300 Meter Abstand auf den Süd- und Ost-Transekten zeigten eine höhere Variabilität. Die Werte des US 300/Süd lagen über den 300/Ost Werten. So liegt im Osten bei 1,5 m (im Folgenden als Bodenniveau bezeichnet) der kleinste Wert überhaupt mit 0,0398 V/m vor. In 30 m waren es 0,0872 und in 40 m 0,1326 V/m. Im Süden wurden 0,1092 V/m am Boden, 0,2038 V/m in 30 m und 0,0872 V/m in 40 m gemessen. Fledermausaktivitätserfassungen fanden hier nur in 30 Metern Höhe statt. Der Wert der Feldstärke in 30 Metern muss nach der oben aufgeführten Definition schon als mittel- hoher Wert eingestuft werden und eignete sich demnach nicht mehr als Kontrolle. Dieser Standort wurde aus dem Datensatz für Vergleiche der Fledermausaktivität entfernt, jedoch nicht für die Korrelation von

Fledermausaktivität und gemessener Feldstärke. Als Kontrolle wurden demnach sechs MP mit Feldstärken unter 0,11 V/m in den Entfernungen 300 und 500 Metern gewählt (Tab. 4).

Tabelle 4: Als Kontrollen ausgewählte Messpunkte in 300 und 500 Metern Entfernung zum Digitalfunkmast mit ermittelten elektrischen Feldstärken < 0,11 V/m.

Bezeichnung	Höhe	Feldstärke [E]
500/Nord	Boden	0,0548 V/m
500/Nord	30 m	0,0846 V/m
500/Nord	40 m	0,0852 V/m
300/Ost	Boden	0,0398 V/m
300/Ost	30 m	0,0872 V/m
300/Süd	Boden	0,1092 V/m

In der Höhe stellen diese MP die mit der niedrigsten gemessenen Feldstärke dar, auf Bodenniveau liegen weitere Standorte mit niedrigen Werte von E in 150, 100 und 20 Meter Entfernung vor, die nicht als Kontrollstandorte gewertet wurden.

Die gemessene elektrische Feldstärke korrelierte in den drei Höhenstufen nicht linear mit dem Abstand zum Digitalfunkmast (Abb. 10). Eine negative Korrelation ist jedoch zu erkennen. In 40 und 30 Metern Höhe ist die Korrelation hochsignifikant (Spearman`s Rangkorrelation, einseitig getestet, 30m: $\rho = -0,686$, $p = 5,885e-04$; 40m: $\rho = -0,970$, $p = 1,378e-11$). Auf Bodenniveau ist die Korrelation von elektrischer Feldstärke und Abstand zur Funkquelle nicht signifikant (Spearman`s Rangkorrelation, einseitig, $\rho = -0,258$, $p = 0,129$).

Dem Streudiagramm (Abb. 10) kann entnommen werden, dass die Höhe von E im Umfeld des Masts durch weitere Faktoren beeinflusst wird. Die Daten der einzelnen Messpunkte einer Entfernungsklasse (z.B. 20 m, 50 m, etc.) stellen den Median der einzelnen Messungen auf den Transekten dar ($n = 2$ bis 4), mit Ausnahme des US bei 500 m. Hier ist n gleich eins, da in dieser Entfernung nur ein Untersuchungsstandort existiert. An diesem Kontroll-US stimmt der Wert in 30 Metern mit dem in 40 Metern Höhe fast überein, so dass letzterer in der Graphik überlagert wird. Die Trendlinie verdeutlicht, dass die Daten stark streuen und kein linearer Zusammenhang zwischen E und der Entfernung zum Mast besteht. Anhand des Bestimmtheitsmaßes (R^2) wird ersichtlich, dass durch die Variable "Entfernung zum Digitalfunkmast" nur 44 % (bzw. 63 % oder 78 %, je nach Höhenstufe) der Streuung der Variablen E erklärt werden können.

Die Feldstärke (Median) war in 1,5 und 30 Metern Höhe bei 50 Metern Abstand höher als bei 20 Metern Abstand zum Mast. In 30 Metern Höhe erreichte sie bei 100 Metern Abstand erst ihr Maximum, bevor sie mit zunehmender Entfernung stetig abnahm. Auf dem Boden nahm sie in 100 und 150 Metern ab, erreichte dann in 200 Metern Entfernung jedoch ihr Maximum. In 40 Metern Höhe wird auf den Transekten Nord und Ost der höchste Wert im direkten Umfeld bei 20 Metern erreicht und fällt dann mit zunehmender Distanz ab. Dieses Abstandsverhalten spiegelt auch die Abstrahlcharakteristik der Antenne inklusiv der elektrischen

Absenkung wieder. So liegt der MP in 30 Metern Höhe und 20 Metern Entfernung noch nicht in der Halbwertsbreite der Strahlung. Diese erreicht nach eigenen Berechnungen erst bei ca. 70 Metern Entfernung die Höhe von 30 Metern. In 40 Metern allerdings schon bei ca. 20 Metern, wie auch anhand der Messungen ersichtlich wird. Auf den Boden trifft die Halbwertsbreite der Strahlung in gut 200 Metern Entfernung zum Funkstandort. Diese Berechnung stimmt gut mit dem gemessenen Maximum in dieser Entfernung überein.

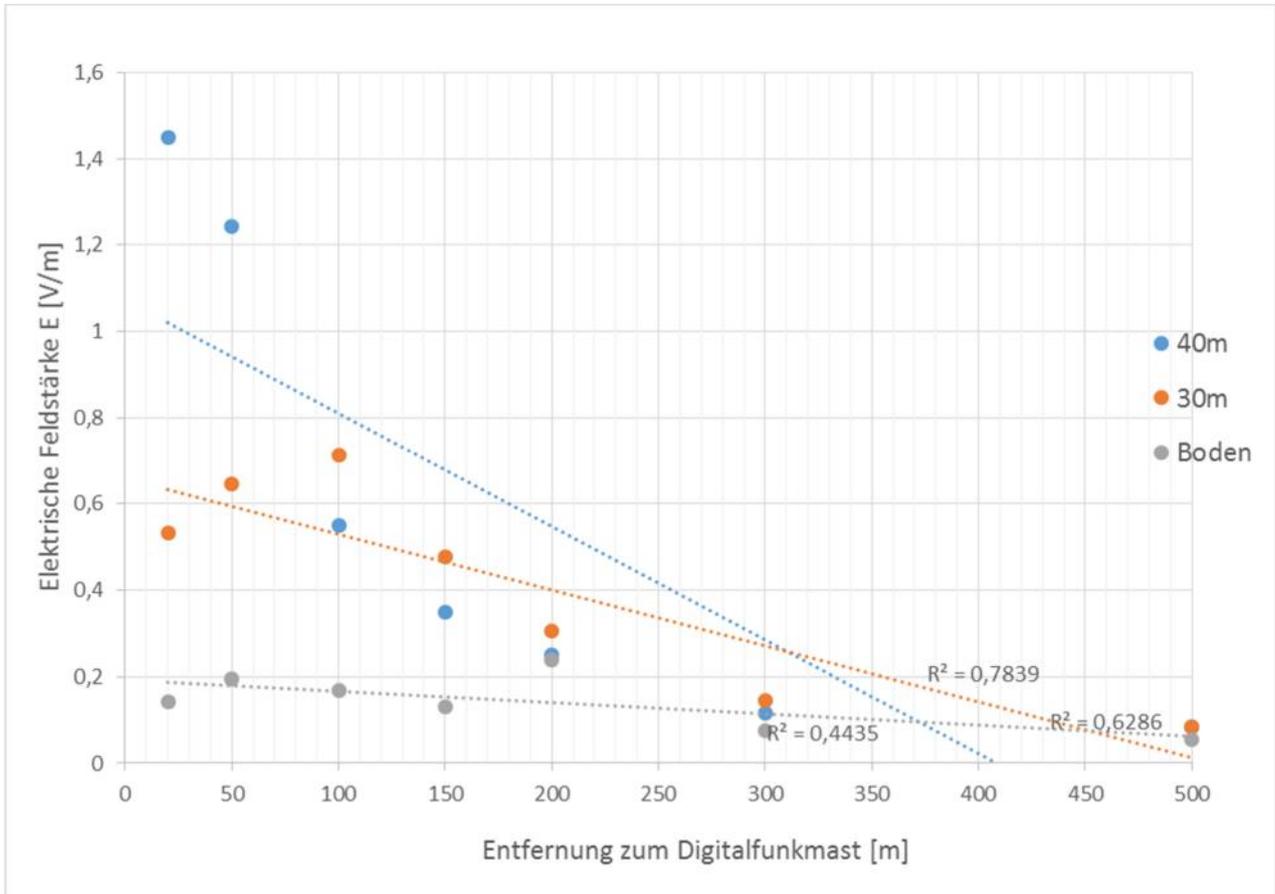


Abbildung 11: Abstandsverhalten der gemessenen elektrischen Feldstärke [E] für jede der drei Höhenklassen (1,5m, 30m, 40 m) mit zunehmender Entfernung zur Funkquelle. Die Daten der einzelnen Messpunkte einer Entfernungsklasse (z.B. 20 m, 50 m, etc.) stellen den Median der einzelnen Messungen auf den Transekten dar (n= 2 bis 4).

Das Boxplot-Diagramm (Abb. 12) veranschaulicht die Unterschiede in Höhe und Streuung der Feldstärkeemissionen zwischen Boden, 30 und 40 Metern Höhe. Die auf Bodenniveau gemessenen Werte sind in ihrer Stärke und Streuung deutlich geringer als in der Höhe und normalverteilt (Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung, $W = 0,960$, $p = 0,521$). Der Median der Messungen unterscheidet sich zwischen 30 und 40 Metern Höhe kaum. Bei den 40 Meter- MP streuen die Daten oberhalb des Median jedoch deutlich stärker als in 30 Metern. Die Werte der Feldstärken zwischen dem unteren Quartil und dem Median liegen nah beieinander. Die Messergebnisse in 40 Metern unterliegen keiner Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung, $W = 0,8645$, $p = 0,01446$). In 30 Metern Höhe ist eine Normalverteilung der Daten gegeben (Shapiro-Wilk Test, $W = 0,9696$, $p = 0,7687$). In den Vergleich der Transekte hinsichtlich der Feldstärken wurde

das West-Transekt nicht mit aufgenommen, da die Untersuchungen dort nur bis in 100 Meter Abstand durchgeführt wurden. Die im Westen ermittelten Feldstärken lagen, mit Ausnahme des MP 50m/Nord Boden, im Vergleich mit den anderen Transekten nicht im oberen gemessenen Spektrum. Mit Ausnahme jeweils eines Ausreißers auf dem Nord- und Süd-Transekt unterscheiden sich die drei Transekte bzw. Himmelsrichtungen Norden, Süden und Osten gering in der Bandbreite und im Median der gemessenen Feldstärken. Allein im Süden wurden keine Werte unter 0,272 V/m ermittelt. Die Feldstärken auf dem Nord-Transekt liegen im Median etwas über den anderen Richtungen, aber noch unter 0,5 V/m. Ein Vergleich der Fledermausaktivität in 2014 hinsichtlich der vier Transekte wäre aufgrund dieser geringen Unterschiede nicht aussagekräftig.

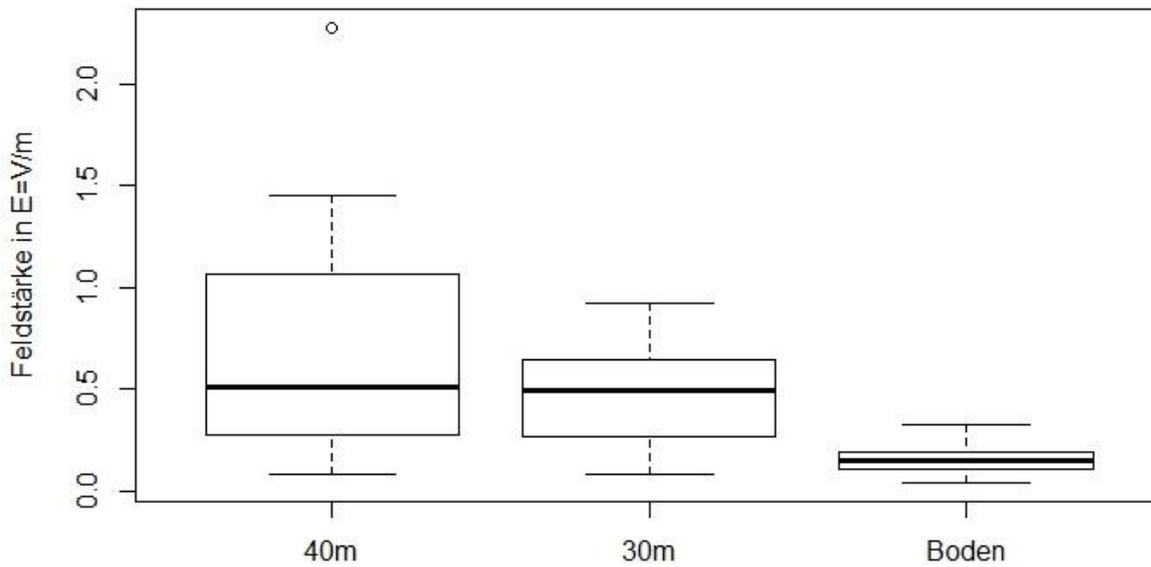


Abbildung 12: Boxplot-Diagramm der gemessenen elektrischen Feldstärke im 500 Meter Umkreis um den Digitalfunkmast für die drei untersuchten Höhenstufen (Boden entspricht 1,5m). n 40m=19, n 30m =19, n Boden = 21.

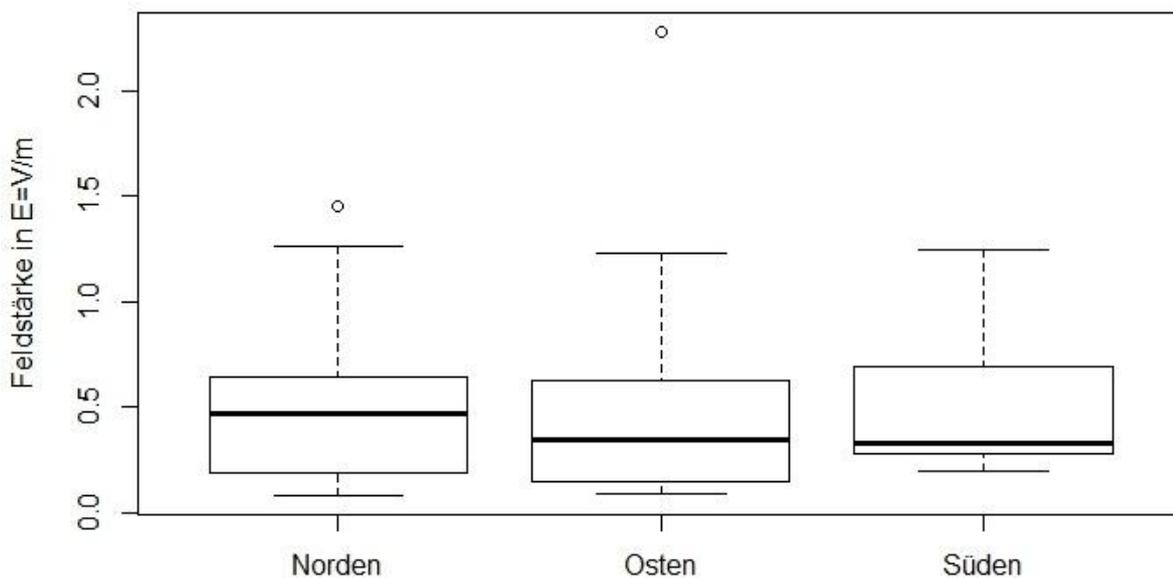


Abbildung 13: Boxplot-Diagramm der gemessenen elektrischen Feldstärke an UP in 20, 50, 100, 150 und 200 Metern Entfernung zum Digitalfunkmast für drei der vier Transekte, entsprechend der Himmelsrichtungen. n Norden = 15, n Osten = 15, n Süden = 15.

Digitalfunk und Fledermäuse

Anhand der Ergebnisse der Feldstärkemessungen wurde bei der folgenden Auswertung das Augenmerk auf einen Vergleich zwischen Boden und Höhe sowie zwischen einzelnen in Feldstärke- Klassen eingeteilten Messpunkten, unabhängig von der Himmelsrichtung gelegt. Die Ergebnisse zeigen ebenfalls, dass ein ausschließlich auf der Entfernung zum Digitalfunkmast basierender Vergleich der US in 2014 sowie zwischen 2013 und 2014 aufgrund des nicht linearen Abfalls der Feldstärke und der Unregelmäßigkeiten in den Messergebnissen nicht aussagekräftig wäre.

Die einzelnen Werte der elektrischen Feldstärke sind in der Graphik des Untersuchungsdesigns im Anhang, Kapitel 9.1, angegeben. Die Einteilung nach Höhe der gemessenen Feldstärke wird in Tabelle 14 im Anhang wiedergegeben. Da die Feldstärken als Spitzenwerte gemessen wurden, sind lastabhängig etwas geringere Effektivwerte möglich (LANUV NRW 2009).

4.2 Artenspektrum

Insgesamt konnten im Untersuchungsgebiet elf Fledermausarten nachgewiesen werden (Tab. 5). Bei dem aufgeführten Artenpaaren Bart-/Brandtfledermaus ist nach dem derzeitigen Kenntnisstand (SKIBA 2009, KFS 2009) akustisch keine sichere Differenzierung möglich. Von weiteren vier Fledermausarten liegen Rufaufzeichnungen vor. Anzahl, Qualität und/oder Wahrscheinlichkeit der Artbestimmung in batIdent genügen in diesen Fällen jedoch nicht, um nach den "Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen" (KFS 2009) von einem gesicherten akustischen Nachweis dieser Arten auszugehen. Das dort aufgeführte Kriterium, nach dem Verwechslungsarten im Gebiet selten sein müssen, konnte bei weiteren im Folgenden als nachgewiesen aufgeführten Arten aufgrund des breiten Artenspektrums nicht erfüllt werden. Dieses Kriterium wird dort auch bei manuell nachbestimmten Rufen für die Mehrzahl der Arten der Nyctaloid- Gruppe und drei Arten der Gattung Myotis vorausgesetzt. Aufgrund der Vielzahl arttypischer Rufsequenzen werden diese im Folgenden dennoch als sicher im UG nachgewiesen angesehen. Unter Berücksichtigung der nicht als gesichert nachgewiesenen Arten sowie des Artenpaares Bart-/Brandtfledermaus kann das Artenspektrum demnach auch sechzehn Arten umfassen.

Nicht aufgeführt wurde die Weißrandfledermaus. Mittels batIdent wurden einige Rufsequenzen dieser Art zugeordnet. Im Vergleich zur Rauhautfledermaus jedoch deutlich weniger mit einem Verhältnis von sechs Rufsequenzen Rauhaut- zu Weißrandfledermaus. Die Rauhautfledermaus konnte anhand von Sozialrufen eindeutig identifiziert werden. Bei der Durchsicht aller Rufsequenzen der Weißrandfledermaus sowie von Pipistrelloid- Kontakten mit Sozialrufen in Nächten, während denen die Art von batIdent angegeben wurde, fanden sich keine Sozialrufe der Weißrandfledermaus, die einen Nachweis ermöglicht hätten. Das Vorkommen der Art sollte dennoch nicht ausgeschlossen werden. Im Jahr 2013 konnte sie westlich von Donauwörth erstmals im Landkreis Donau-Ries nachgewiesen werden (unveröffentl. Gutachten der Bearbeiterin).

Tabelle 5: Im Untersuchungsgebiet vorkommende Fledermausarten unter Angabe ihres Schutzstatus nach der Roten Liste Bayern (LfU 2003), der Roten Liste Deutschland (BfN 2009) sowie des Erhaltungszustandes (EHZ) in der kontinentalen biogeographischen Region. Farblich hervorgehoben wurden die Arten, für die nach den "Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen" (KFS 2009) kein sicherer, akustischer Nachweis gelang.

deutscher Artname	wissenschaftlicher Artname	RL D	RL BY	EHZ KBR
Bart-/ Brandtfledermaus	<i>Myotis mystacinus / brandtii</i>	V/V	*/2	U1/U1
Bechsteinfledermaus	<i>Myotis bechsteinii</i>	2	3	U1
Wasserfledermaus	<i>Myotis daubentonii</i>	*	*	FV
Nymphenfledermaus	<i>Myotis alcaethoe</i>	1	-	unb.
Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>	*	3	FV
Großes Mausohr	<i>Myotis myotis</i>	V	V	FV
Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	*	*	FV
Mückenfledermaus	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	D	D	unb.
Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	*	3	FV
Breitflügel-fledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i>	G	3	FV
Kleinabendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	D	2	U1
Zweifarb-fledermaus	<i>Vespertilio murinus</i>	D	2	unb.
Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	V	3	U1
Nordfledermaus	<i>Eptesicus nilssonii</i>	G	3	U1
Mopsfledermaus	<i>Barbastella barbastellus</i>	2	2	U1

Legende Tabelle: RL D Rote Liste Deutschland (BfN 2009) und RL BY Rote Liste Bayern (LfU 2003)

0 ausgestorben oder verschollen, 1 vom Aussterben bedroht, 2 stark gefährdet, 3 gefährdet
 G Gefährdung anzunehmen, aber Status unbekannt, R extrem seltene Art mit geographischer Restriktion, V Arten der Vorwarnliste, D Daten defizitär
 * ungefährdet

EHZ Erhaltungszustand (BfN 2007) KBR = kontinentale biogeographische Region
 FV günstig U1 ungünstig - unzureichend U2 ungünstig - schlecht
 unb. unbekannt

Von den 25 in Bayern bekannten Fledermausarten konnten im Untersuchungsgebiet nur acht nicht erfasst werden: Braunes und Graues Langohr (*Plecotus auritus/austriacus*), Große und Kleine Hufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum/hipposideros*), Wimperfledermaus (*Myotis emarginatus*), Alpenfledermaus (*Hypsugo savi*), Riesenabendsegler (*Nyctalus lasiopterus*) und die Bulldoggfledermaus (*Tadarida teniotis*). Bei den beiden letzten Arten handelt es sich um Irrgäste in Bayern. Mit weiteren Nachweisen der Alpenfledermaus im Süden Bayerns muss in den nächsten Jahren zwar gerechnet werden, dennoch zählt diese Art momentan noch zu den Ausnahmerecheinungen. Die Vorkommen der Wimperfledermaus sind weitgehend auf den Südosten Bayerns beschränkt. Die wenigen Quartiere der beiden Hufeisennasenarten, für die noch aktuelle Nachweise vorliegen, finden sich ebenfalls erst in größerer Entfernung zum

Digitalfunk und Fledermäuse

Untersuchungsgebiet (MESCHÉDE & RUDOLPH 2004 u. 2010). Die Annahme, dass die in Tabelle 5 aufgeführten Arten mit Ausnahme des Artenpaares Braunes-/Graues Langohr und ggf. der Weißbrandfledermaus das vollständige, im Untersuchungsgebiet vorkommende Artenspektrum repräsentieren, erscheint daher realistisch. Mit Ausnahme dieser drei Arten wurden auch alle im Landkreis Donau-Ries bisher bekannten Fledermausarten erfasst (ASK Stand 15.07.2014). Die beiden Langohr-Arten, speziell das Braune Langohr, sind bei akustischen Erfassungsmethoden aufgrund der vergleichsweise geringen Reichweite ihrer Echoortungsrufe meist unterrepräsentiert. Die wenigen von batIdent bestimmten Rufsequenzen des Artenpaares wiesen sich bei der manuellen Überprüfung als Fehlbestimmungen aus. Ein Vergleich des Artenspektrums mit dem bisher im Donauwörther Stadtwald bekannten Artenspektrum ergab, dass dieses bis auf die Langohren im Rahmen der Untersuchungen erfasst wurde, sowie als weitere Arten die Mops-, Nord- und Zweifarbfledermaus und unter Vorbehalt auch die Breitflügelfledermaus erstmals nachgewiesen wurden. Das ermittelte Artenspektrum ist verglichen mit anderen Kartierungen als sehr breit anzusehen und umfasst auch seltene Fledermausarten (z.B. Kleinabendsegler, Mopsfledermaus).

Die beiden Untersuchungsächte 27.07.2013 (US 100 Nord) und 31.07.2014 (US 50 Ost) flossen nicht in die Ergebnisse der nun folgenden Kapitel mit ein. Ein Vergleich mit weiteren Untersuchungsächten an dem US 100 Nord, ergab dass die Aktivität in dieser Nacht über dem Durchschnitt lag. Als Grund können abgeänderte *batcorder*-Einstellungen nicht ausgeschlossen werden (vgl. Kap. 2.3.4). Am 31.07.2014, der Nacht mit Einschränkungen im Probetrieb des Digitalfunkmasts, wurden in der Höhe 64 Aktivitätssekunden aufgezeichnet und am Boden 273. Letzter Wert liegt deutlich unter dem Durchschnittswert und dem Median der weiteren Erfassungen an diesem MP. Für die Höhe beträgt dieser jedoch nur 14 s (MW und Median fast identisch) und die, während der evtl. verminderten Sendeleistung gemessene Fledermausaktivität lag deutlich darüber. Die Feldstärke-Messung ergab dort 0,798 V/m in 30 Metern Höhe und 0,148 in 1,5 Metern. Allein anhand dieser einen Nacht mit Störungen während dem Probetrieb und einer gegebenenfalls eingeschränkten Sendeleistung können jedoch keine Aussagen über einen möglichen Einfluss auf die Fledermausaktivität getroffen werden.

4.3 Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Fledermausarten in 2013/2014

Die im UG nachgewiesenen Fledermausarten wurden entsprechend gemeinsamer und überlappender Rufparameter, wie in Kapitel 3.2.3 aufgeführt, in die zwei Gruppen Pipistrelloid, Nyctaloid und die Gattung Myotis eingeteilt. Mit den ebenfalls zu dieser Lautgruppe zählenden Arten Alpen- und Langflügelfledermaus ist im UG nicht zu rechnen, so dass die Gruppe Pipistrelloid der Gattung Pipistrellus gleichzusetzen ist. Die verbleibenden Rufsequenzen werden unter "Andere" geführt. In dieser Gruppe sind alle "Fledermaus-unbestimmt" Rufaufnahmen enthalten, sowie mit einem verschwindend geringen Anteil die Rufsequenzen der sehr selten nachgewiesenen Mopsfledermaus (12 Rk). Aufgrund der hohen Anzahl mittels der

automatischen Rufanalyse nur bis Artgruppen oder Gattungsniveau bestimmten Rufsequenzen entfallen auf die einzelnen Arten anteilig verhältnismäßig wenige Rufsequenzen. Für die Auswertungen ist es daher von großer Bedeutung, dass auch die nicht bis auf Artniveau bestimmbareren Rufaufnahmen einfließen. Da die Fledermausarten innerhalb dieser drei Gruppen auch Übereinstimmungen in ihrem Jagd- und Flugverhalten zeigen (DIETZ et al. 2007, MESCHÉDE & RUDOLPH 2004, KRAPP 2001), wird neben der gesamten Fledermausaktivität, in der auch die unbestimmten Rufsequenzen enthalten sind, die Aktivität für jede der drei Gruppen zwischen den beiden Untersuchungsjahren verglichen. Eine Artgraphik, der die Anzahl aller Rufkontakte der einzelnen Fledermausarten sowie die einzelnen durch das Programm batIdent durchgeführten Schritte der Rufanalyse zu entnehmen sind, wird aufgrund der Größe jeweils für 2013 und 2014 im Anhang dargestellt (Abb. 35 u. 36).

Als Datengrundlage sind in die folgenden Darstellungen zur Häufigkeitsverteilung und zur Höhe der gemessenen Aktivität für die einzelnen Arten 102 *batcorder*-Erfassungen (Sessions) in 2013 mit insgesamt 15.711 (262 min) aufgezeichneten Aktivitätssekunden und 115 *batcorder*-Erfassungen mit 9.892 s (165 min) in 2014 eingeflossen. In 2013 wurden in diesen Sessions insgesamt 9.461 und in 2014 7.195 Rufkontakte erfasst. Die durchschnittliche Fledermausaktivität betrug 154 Aktivitätssekunden/Session oder 93 Rk/Session in 2013 und 86 Aktivitätssekunden/Session oder 63 Rk/Session in 2014.

Im Folgenden ist zwischen den relativen und den absoluten Häufigkeiten der Arten zu unterscheiden. Als Maß der absoluten Häufigkeit wurde die Aktivitätszeit in Sekunden pro *batcorder*-Erfassung gewählt. Anhand der folgenden Tortendiagramme wird die relative Häufigkeit der einzelnen Arten bzw. Artengruppen in Bezug auf die erfasste Gesamtaktivität veranschaulicht. Sie geben jedoch keine Auskunft über die absoluten Häufigkeiten und eine Zu- oder Abnahme der Aktivität zwischen den beiden Erfassungsjahren. Diese Angaben finden sich im Text und in den Balkendiagrammen (Abb. 18 u. 19).

Die anteilige Darstellung der Aktivität für alle drei Gruppen in 2013 und 2014 zeigt eine stark abweichende Häufigkeitsverteilung zwischen den beiden Jahren (Abb. 14). Während sich der Anteil an Nyctaloid-Aktivitätssekunden an der gesamten ermittelten Fledermausaktivitätszeit nur gering zwischen den Jahren verändert hat, war für die Gattung *Pipistrellus* ein Anstieg um 25 % zu verzeichnen. Der Aktivitätsanteil der Gattung *Myotis* nahm in fast gleicher Größenordnung ab. Die Auswertung der zu Grunde liegenden Daten ergab, dass diese Umverteilung der relativen Häufigkeit zugunsten der Gattung *Pipistrellus* überwiegend dem starken Aktivitätsrückgang der Gattung *Myotis* um gut 85 % von insgesamt 86 registrierten Aktivitätsminuten auf zwölf Minuten geschuldet war, während die Aktivität der Gattung *Pipistrellus* um ca. 7 % zunahm (von 100 auf 107 Minuten). Die Aktivität der Nyctaloide nahm ebenfalls ab (um ca. 25 %, von 62 auf 46 min), wie auch die Aktivitätssekunden ohne Gruppenzuordnung ("Andere" um ca. 75 %).

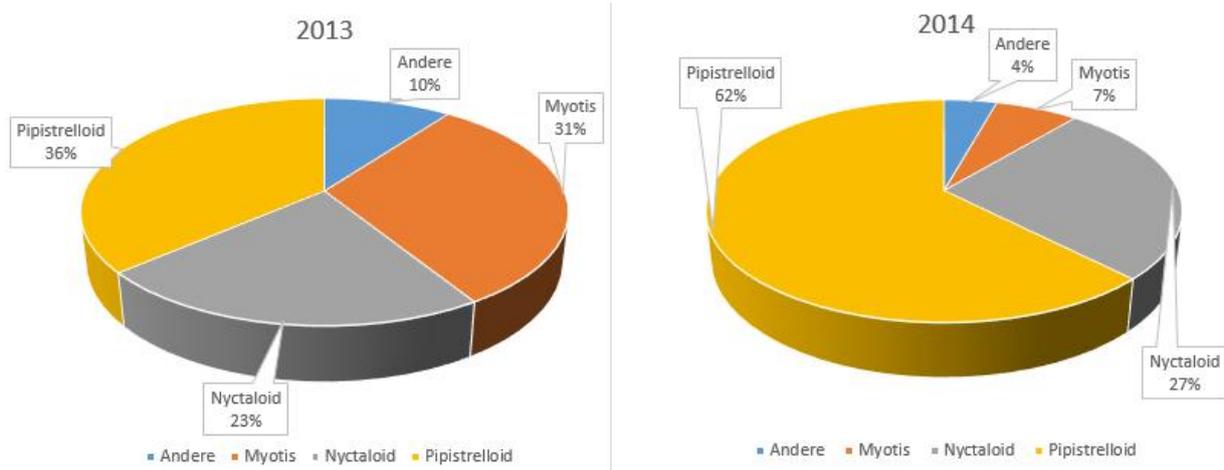


Abbildung 14: Vergleich der aufgezeichneten Aktivität (in Sekunden) der einzelnen Artengruppen in 2013 und 2014. n 2013 = 102, n 2014 = 115 *batcorder*-Erfassungen.

Anhand der folgenden Tortendiagramme wird deutlich, dass die Artzusammensetzung in den drei Gruppen zwischen den Jahren jedoch annähernd gleich geblieben ist (Abb. 15-17). Die Aktivitätsabnahme in 2014 kann keinen einzelnen Arten in der Gattung *Myotis* oder der *Nyctaloide* zugeordnet werden. Arten, die in 2013 sehr selten erfasst bzw. bis auf Artniveau angesprochen werden konnten, wie die Bechstein- oder Fransenfledermaus, zählen auch in 2014 zu den selten erfassten Arten, zeigen jedoch keinen (*Fransenfledermaus*) oder nur sehr geringen (*Bechsteinfledermaus* um 3%) Aktivitätsrückgang. Wohingegen die Aktivität der häufiger bis auf Artniveau diskriminierten Arten wie des Artenpaares *Bart-/Brandtfledermaus* (von gesamt 574 s auf 125 s) oder der *Wasserfledermaus* (von 337 s auf 106 s) deutlich abnahm, sie aber immer noch die beiden am häufigsten nachgewiesenen Arten der Gattung waren. Am deutlichsten ist die Abnahme bei *Myotis* klein- mittel und *Myotis*- unbestimmt auf nur noch 13 bzw. neun Prozent des Vorjahreswertes (vgl. Abb. 18 u. 19).

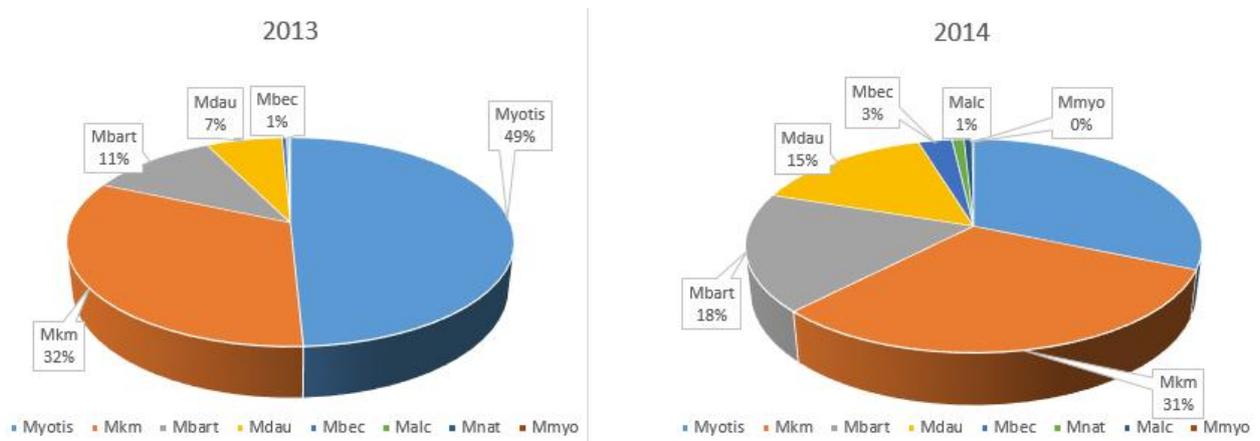


Abbildung 15: Vergleich der aufgezeichneten Aktivität (in Sekunden) der einzelnen Arten der Gattung *Myotis* in 2013 und 2014. n 2013 = 102, n 2014 = 115 *batcorder*-Erfassungen.

Bei den Nyctaloid- Arten verschiebt sich die Verteilung der einzelnen Arten und Gruppen zwischen den Jahren ebenfalls nur geringfügig. Der Anteil nicht auf Artniveau bestimmter Aktivitätszeit beträgt in 2013 43 % in 2014 41 %. Die am häufigsten angesprochenen Arten waren Abendsegler und Nordfledermaus gefolgt von Kleinabendsegler und Zweifarbfledermaus. Der Anteil der Breitflügelfledermaus zugeordneter Aktivität ist nur verschwindend gering. Die Aktivität des Abendseglers ging leicht zurück von 722 auf 661 Aktivitätssekunden. Kleinabendsegler und Zweifarbfledermaus wurden deutlich seltener erfasst (Abnahme um ca. 30 %), die nicht auf Artniveau bestimmten Rufsequenzen der Gruppe Nyctaloid- mittel, die vermutlich überwiegend einer dieser beiden Arten zuzurechnen sind, wurden in 2014 im Durchschnitt hingegen um 5 % häufiger erfasst ebenso stieg die Aktivität der Nordfledermaus um 20 % (von 422 auf 353 s) an (Abb. 18 u. 19).

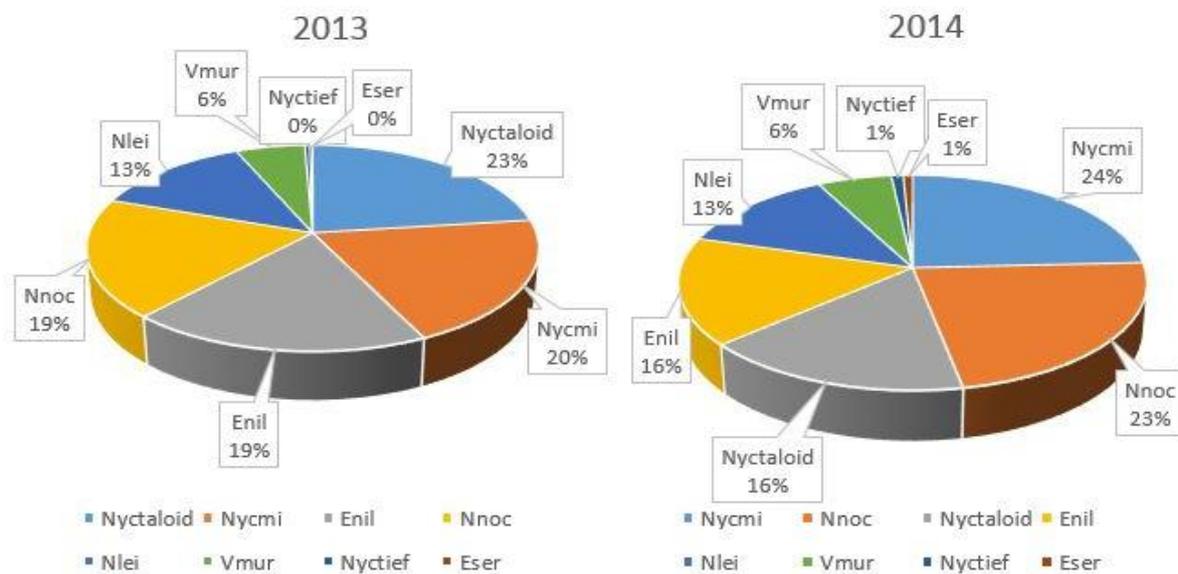


Abbildung 16: Vergleich der aufgezeichneten Aktivität (in Sekunden) der einzelnen Arten der Gruppe Nyctaloid in 2013 und 2014. n 2013 = 102, n 2014 = 115 batcorder- Erfassungen.

Die Häufigkeitsverteilung innerhalb der Gattung Pipistrellus unterscheidet sich ebenfalls kaum zwischen den beiden Untersuchungsjahren. Die Zwergfledermaus war schon in 2013 die mit Abstand am häufigsten nachgewiesene Fledermausart (Abb. 18). In 2014 entfällt mehr als die Hälfte aller Pipistrelloid- Aktivitätszeit auf die Art und aufgrund des großen Anteils an Pipistrelloid- unbestimmt vermutlich noch mehr. Die Mückenfledermaus konnte als zweithäufigste Art im UG nachgewiesen werden mit kaum einem Unterschied zwischen den beiden Jahren. Auf die Raufhautfledermaus dürfte ein größerer Anteil als durch Abbildung 17 dargestellt entfallen. Die Aktivitätszeiten der Gruppen Pmid und Ptief sind vermutlich allein dieser Art zuzurechnen und nicht der Weißrandfledermaus. Dennoch ist sie auch dann noch deutlich seltener vertreten als Zwerg- und Mückenfledermaus.

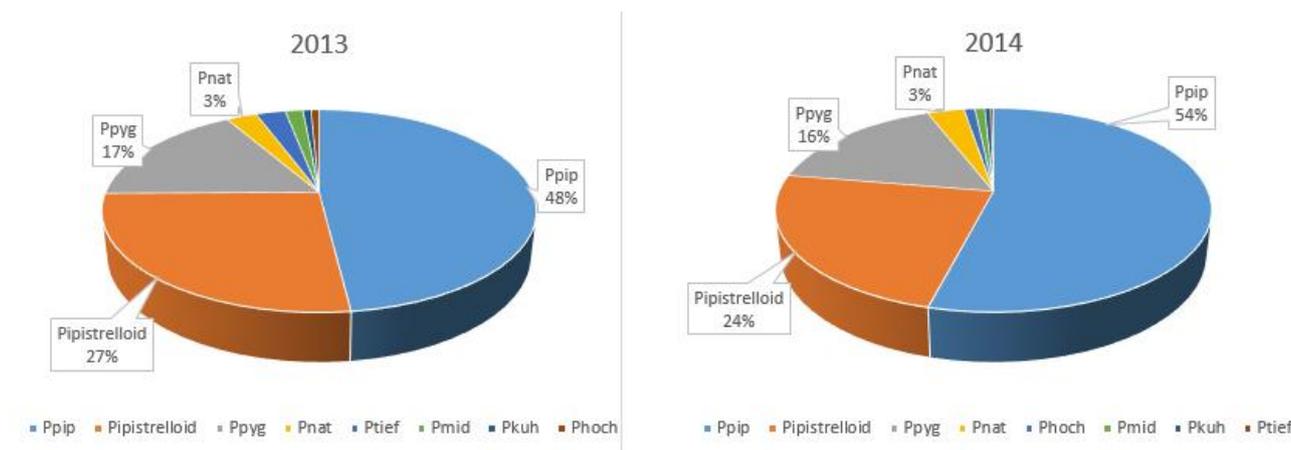


Abbildung 17: Vergleich der aufgezeichneten Aktivität (in Sekunden) der einzelnen Arten der Gattung Pipistrellus in 2013 und 2014. n 2013 = 102, n 2014 = 115 *batcorder*-Erfassungen.

Für eine Vergleichbarkeit der absoluten Aktivität der einzelnen Arten zwischen den beiden Erfassungsjahren wurde jeweils die Summe der Aktivitätszeit für jede Art durch die Anzahl der Erfassungsächte (Sessions) geteilt (Abb. 18).

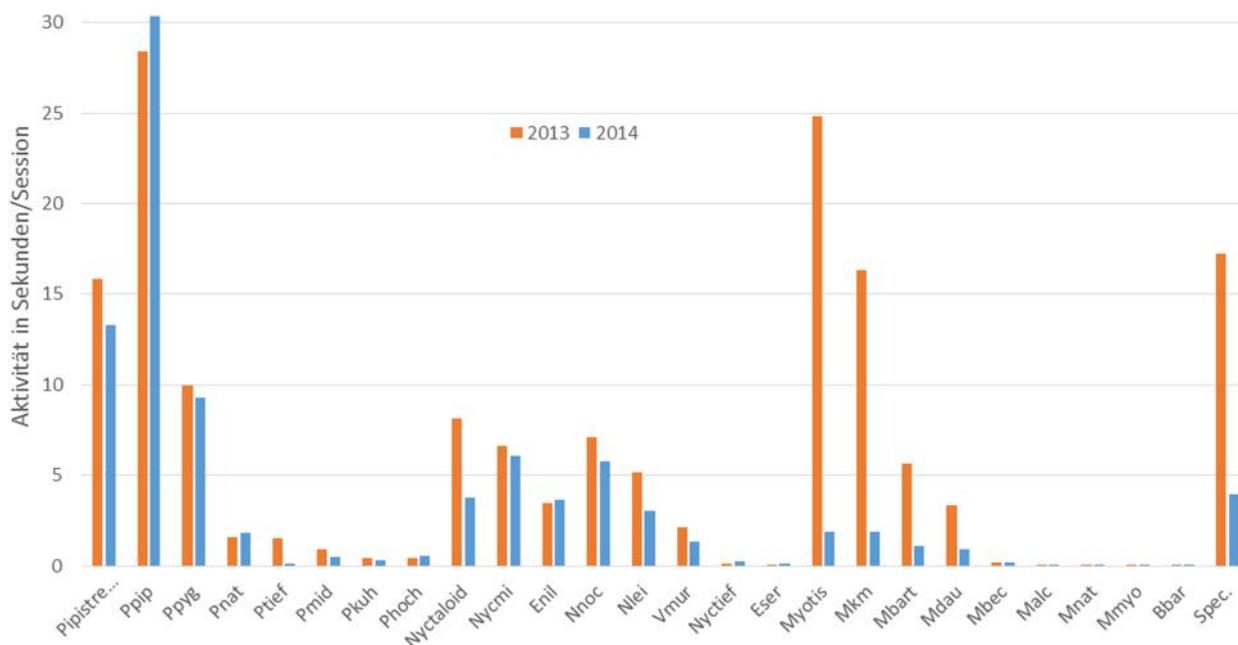


Abbildung 18: Vergleich der Aktivität der einzelnen Arten und Artengruppen zwischen 2013 und 2014. Die Aktivität wird in Sekunden pro Nacht (Session) angegeben. n (2013) = 115, n (2014) = 102.

Eine logarithmische Darstellung (Abb. 19) der Differenz der Zu- oder Abnahme der Aktivitätszeit wurde gewählt, um auch für Arten mit einer vergleichsweise geringen Nachweishäufigkeit einen Vergleich zwischen den beiden Jahren und entsprechend eine Aktivitätsabnahme oder -zunahme darstellen zu können.

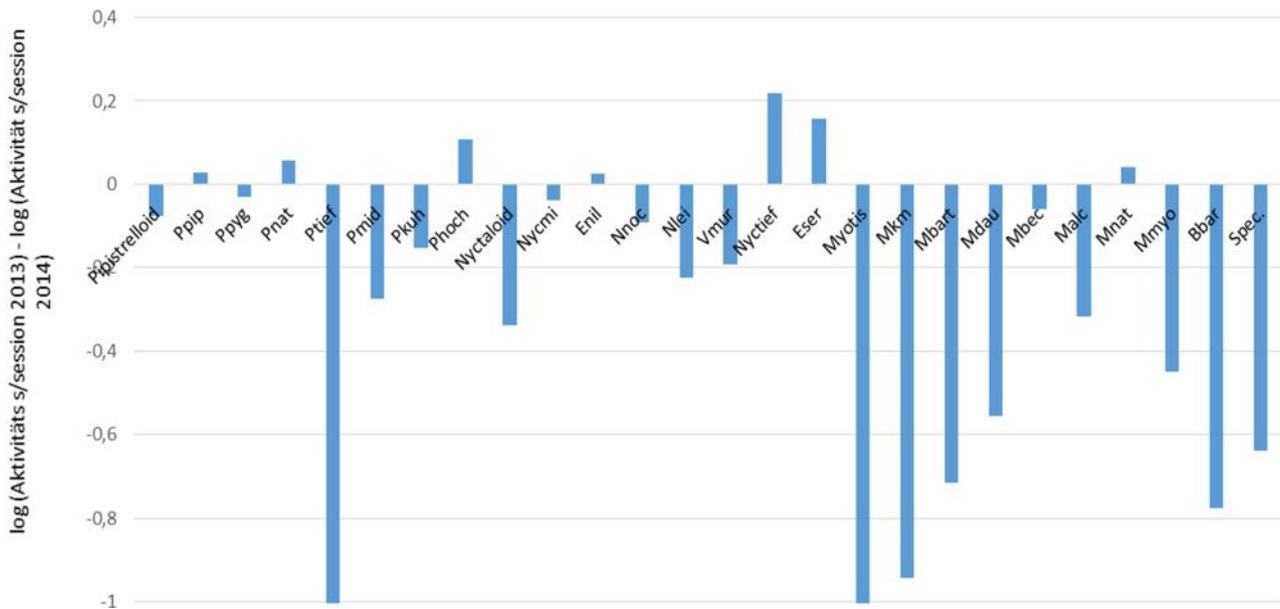


Abbildung 19: Differenz der Aktivität der einzelnen Arten und Artengruppen zwischen 2014 und 2013. Ein Negativwert bedeutet, dass die nachgewiesene Aktivität in 2014 geringer als in 2013 war.

4.4 Vergleich der Fledermausaktivität in 2013 und 2014

Im Folgenden werden die Abnahme der gesamten Fledermausaktivität in 2014 sowie die Änderungen der Aktivität für die drei Gruppen genauer untersucht. Dafür ist es sinnvoll im Vorfeld die Verteilung der Aktivität, sprich die Streuung und Bandbreite der Messungen genauer zu betrachten.

Der Verlauf der ermittelten Fledermausaktivität über den Untersuchungszeitraum zeigt für beide Jahre starke Schwankungen (Abb. 20), sowohl für die in Abbildung 20 dargestellte Gesamtaktivität als auch für die Aktivität der einzelnen Gruppen (Abb. 21-23). Damit eine Verzerrung der Daten aufgrund der oft variierenden Anzahl an Untersuchungs Nächten im ersten und zweiten Durchlauf (Spätsommer und Herbst) zwischen den beiden Jahren vermieden wird, floss für jeden Messpunkt der Mittelwert des jeweiligen Untersuchungsdurchlaufs in die Auswertungen ein. Eine Ausnahme stellen die Standorte des erweiterten Untersuchungsdesigns in 150, 200, 300 und 500 Metern dar. Diese wurden jeweils in der Zeitspanne zwischen den beiden Durchläufen, im August, während ein bis drei Folgenächten beprobt (500 N zusätzlich im Herbst). Auch hier wurde der Mittelwert der einzelnen Erfassungen gebildet. Zu Beginn dieses Zeitraumes, in dem auch die drei Kontrollstandorte beprobt wurden, konnte eine vergleichsweise hohe Fledermausaktivität in beiden Jahren verzeichnet werden, bevor diese dann ab Mitte August ein Minimum erreichte und erst Anfang September wieder zunahm. Anhand der Balkendiagramme (Abb. 20) wird schon ersichtlich, dass in 2013 eine höhere Fledermausaktivität erfasst wurde. Der zeitliche Verlauf zeigt aber durchaus Übereinstimmungen. Auf eine Periode mit relativ kontinuierlich höheren Aktivitäten über die Erfassungsnächte im Juli bis Anfang August und einem erneuten Anstieg Anfang (2014) bzw. Mitte (2013) August folgt eine Phase mit vergleichsweise sehr geringer Aktivität ab Ende August bevor Anfang September in beiden Jahren erneut eine

Digitalfunk und Fledermäuse

leichte Aktivitätszunahme erfasst wurde. Mitte September wird ein deutliches Minimum erreicht und Ende September/Anfang Oktober in wenigen Nächten wieder ein leichter Anstieg. Deutlich setzt sich dazwischen der Aktivitätspeak in drei Nächten in 2014 ab. Auf diesen soll noch genauer eingegangen werden.

Der sonst aber relativ übereinstimmende Aktivitätsverlauf zwischen den Jahren bot gute Voraussetzungen für den folgenden Vergleich der Höhe der gemessenen Fledermausaktivität, den Vorher-/Nachher- Vergleich, vor und während dem Betrieb des Digitalfunkmasts. Nach Möglichkeit wurde versucht, die Standorte in beiden Jahren in der gleichen Reihenfolge zu beproben, um die Vergleichbarkeit der verbundenen Standort- und Messpunktpaare zu erhöhen. Dies konnte jedoch nicht immer eingehalten werden.

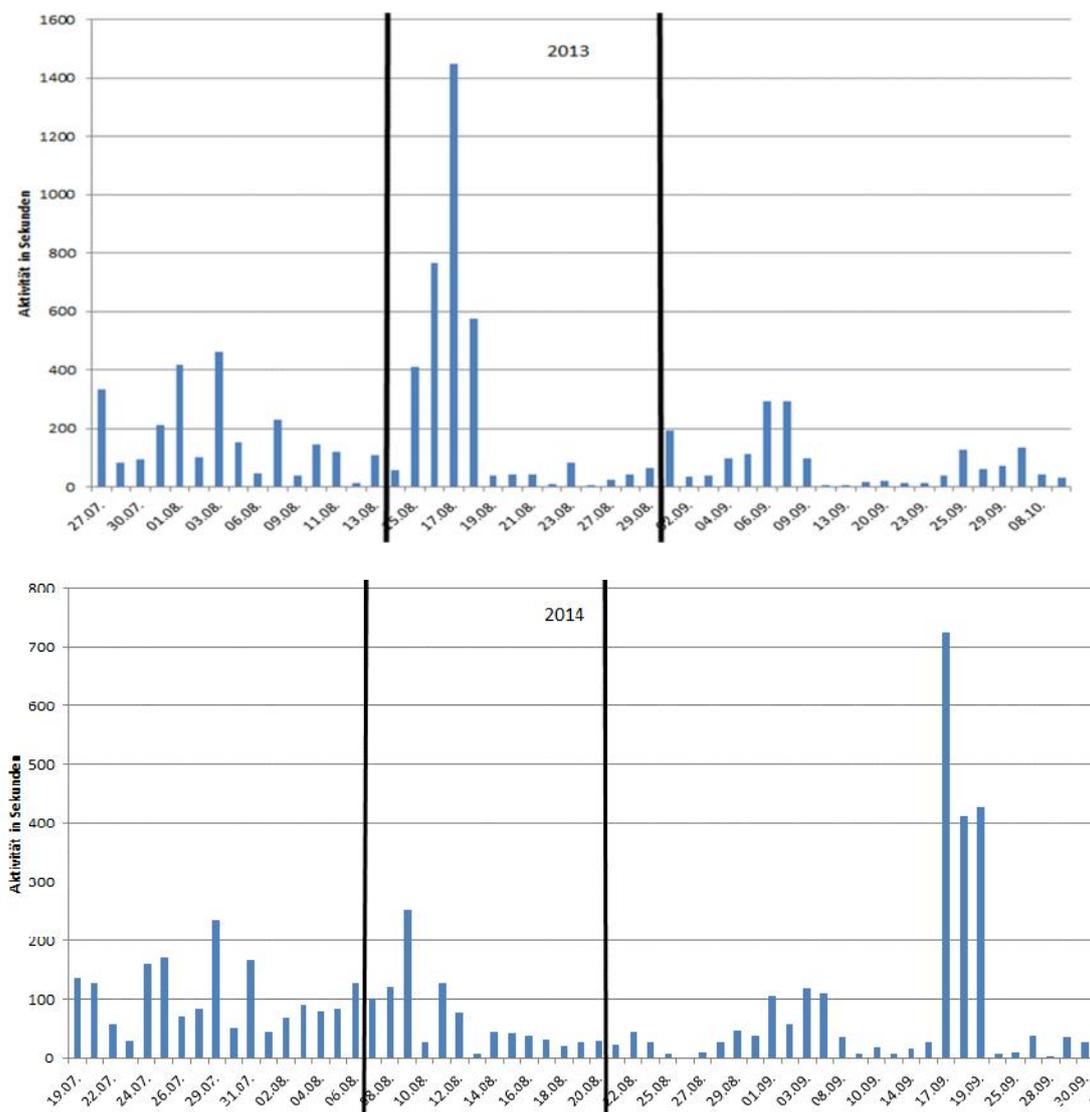


Abbildung 20: Verlauf der erfassten Fledermausaktivität, angegeben in Sekunden über den Erfassungszeitraum in 2013 (oben) und 2014 (unten). Im ersten Drittel erfolgte der 1. Durchlauf, im dritten Drittel der 2. Durchlauf der Standorte in 20, 50 und 100 m Entfernung zum Digitalfunkmast. Dazwischen wurden die Standorte in 150, 200, 300 und 500 Metern Entfernung beprobt.

Die erfasste Aktivität im zweiten Durchlauf von Ende August bis Ende September bzw. Anfang Oktober liegt in beiden Jahren deutlich unter der Aktivität im Sommer zwischen Mitte bzw. Ende Juli und Ende August (Abb.

21, Median Sommer 2013/2014: 89/71s, Median Herbst 36/22 s). Diese Aktivitätsabnahme im Verlauf des Untersuchungszeitraumes wurde bei allen drei Artengruppen beobachtet. Für die Gattung *Pipistrellus* ergaben sich im September und bis in den Oktober hinein in einzelnen Nächten noch Aktivitätspeaks mit mehr als 100 Aktivitätssekunden pro Session. Einen extremen Ausreißer stellen die drei Nächte vom 17. bis 19. September 2014 dar. Dieser wurde in Abbildung 21 bewusst nicht ganz dargestellt, um eine Vergleichbarkeit der niedrigeren Aktivitätswerte zwischen den Jahren zu ermöglichen. Am 17.09. wurde der Standort Ost in 20 Metern Entfernung zum Digitalfunkmast beprobt, in den beiden Folgenächten der Standort in 50 Metern Entfernung. Die Aktivitätsspitze in allen drei Nächten ist auf die Zwergfledermaus zurückzuführen, die zwischen 21:00 Uhr und 03:00 Uhr fast durchgehend an den Bodenstandorten aufgezeichnet wurde, mit einer Vielzahl von Sozialrufen. Anhand der Rufsequenzen zeichnete sich die Aktivität mehrerer Individuen ab. Die höchste Aktivität wurde am 17.09. mit 1393 Aktivitätssekunden/Session und 174s/Std. aufgezeichnet. Erneut sehr deutlich ist der Unterschied zur Höhenerfassung. In 40 Metern Höhe wurde in der gleichen Nacht am gleichen US nur ein *Pipistrelloid*- Rufkontakt erfasst (1,31 s).

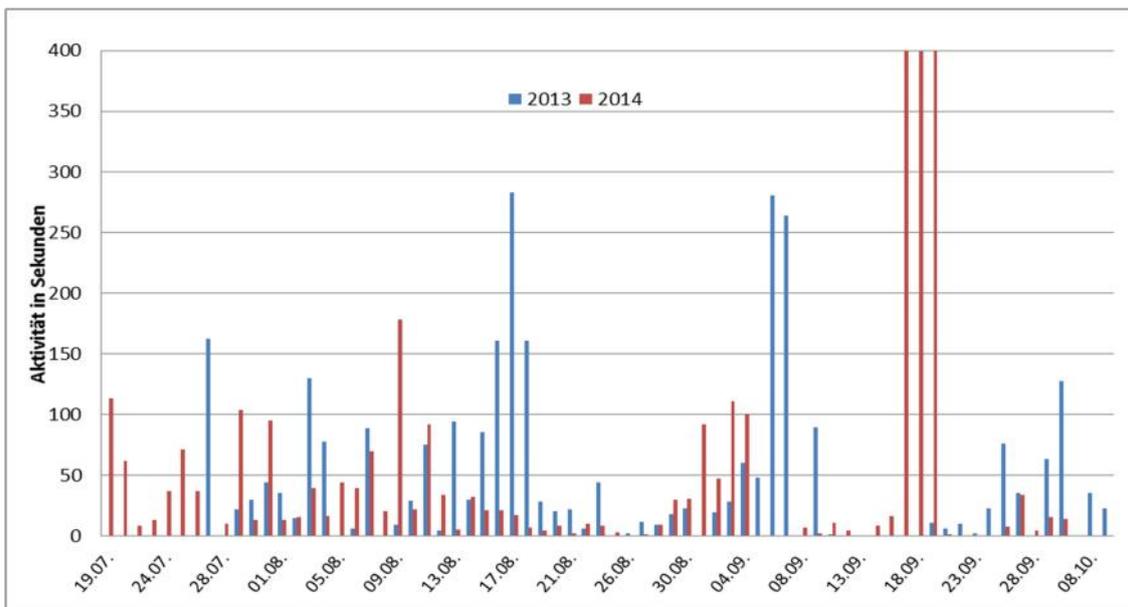


Abbildung 21: Verlauf der erfassten *Pipistrelloid*- Aktivität angegeben in Sekunden über die Erfassungszeiträume in 2013 und in 2014. Die Aktivitätsspitze Mitte September 2014 wurde bewusst nicht ganz dargestellt, um eine Vergleichbarkeit der niedrigeren Aktivitätswerte zwischen den Jahren zu ermöglichen. Die aufgetragenen Werte stellen die durchschnittliche Aktivität für jede Session dar. In der Mehrzahl galt $n = 2$ (Boden und Höhenerfassung an einem US).

Eine ähnliche Höhenverteilung ergab sich in den beiden Folgenächten für den Standort in 50 Metern Entfernung und 40 Metern Höhe. Im ersten Durchlauf wurde in den beiden gewerteten Nächten am 29. und 30. Juli an diesem Standort keine annähernd so hohe Aktivität der Gattung *Pipistrellus* aufgezeichnet. Dennoch lag sie auch im Sommer mit 204 Aktivitätssekunden und 20,4 s/Stunde deutlich über dem Median aller Erfassungen. Die für Mitte September relativ milden Temperaturen mit Werten zwischen 17 und 18°C um 20:00 Uhr und noch 13 bis 15 °C in den frühen Morgenstunden könnten dieses Aktivitätsmaximum an

den beiden Boden- Messpunkten bedingt haben. Die Gattung *Pipistrellus*, speziell die beiden Arten Zwerg- und Mückenfledermaus konnten regelmäßig über den ganzen Untersuchungszeitraum im UG nachgewiesen werden. Deutliche Überschneidungen des Aktivitätsverlaufs dieser Gattung lassen sich zwischen den beiden Untersuchungsjahren keine festmachen. Zwischen Mitte und Ende August ist in beiden Jahren eine Phase mit geringer Aktivität zu erkennen. Der Vergleich mit den Temperaturen in den Abend- und frühen Morgenstunden zeigte in beiden Jahren vergleichsweise kühle Nächte in dieser Phase.

Für die Gruppe der Nyctaloide wurde 2013 ebenfalls eine höhere Aktivität als 2014 gemessen. Der Unterschied ist jedoch gering. Anfang August 2013 wurde das Aktivitätsmaximum für diese Gattung an dem Standort Ost in 20 Metern Entfernung zum Mast mit bis zu 300 Aktivitätssekunden pro Session aufgezeichnet. In diesen Nächten wurden um 20:00 Uhr noch Temperaturen bis 30 °C erreicht. Eine weitere Aktivitätsspitze wurde Ende August gemessen. Diese stellt einen Ausreißer dar, denn nach Anfang August fiel die Aktivität der Nyctaloide deutlich ab. Ein Aktivitätsschwerpunkt während der Zugzeit im Spätsommer ergab sich nicht. Einzige Ausnahme stellt die Nacht vom 30.08.13 dar. In der Höhe wurden hier überdurchschnittlich viele Rufsequenzen des Abendseglers, einem Langstreckenzieher unter den Fledermausarten, erfasst. Eine generelle Zunahme im August oder September, die einen Hinweis auf aus den nordöstlich gelegenen Sommerlebensräumen zuziehende Abendsegler darstellen könnte, zeigte sich nicht. Im Gegenteil, die Aktivität im 2ten Untersuchungsdurchlauf lag bei der Gruppe der Nyctaloide im Median (9,26 s in 2013 und 5,25 s in 2014) deutlich unter den im Sommer erfassten Werten (Median 19,43 s u. 25,15 s). Zwischen den beiden Jahren sind deutliche Übereinstimmungen des Aktivitätsverlaufs im Untersuchungszeitraum zu erkennen (Abb. 22).

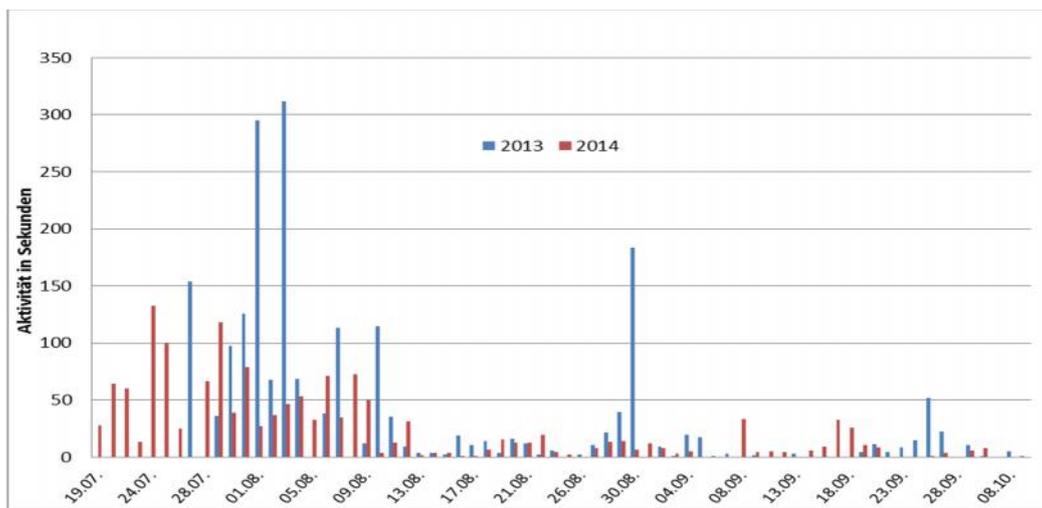


Abbildung 22: Verlauf der erfassten Nyctaloid- Aktivität angegeben in Sekunden über die Erfassungszeiträume in 2013 und 2014. Die aufgetragenen Werte stellen die durchschnittliche Aktivität für jede Untersuchungsnacht dar.

Ein Rückgang der Aktivität im Laufe der Untersuchungen zeigte sich auch für die Gattung *Myotis*, allerdings weniger deutlich ausgeprägt wie bei den Nyctaloiden und erst später im Jahr, ab Anfang September (Abb.

23). Die Aktivitätswerte der Myotis- Arten liegen deutlich unter den Werten der anderen beiden Gruppen (Abb. 23 Skalierung der Ordinate beachten). Eine extreme Aktivitätsspitze bildet sich Mitte August 2013 ab. Am 16.08. wurde der Standort 200 Süd untersucht und ergab 1139 Aktivitätssekunden. Wie in den beiden folgenden Nächten auch ist diese hohe Aktivität überwiegend auf die Gattung Myotis an dem bodennahen Messpunkt zurückzuführen. Für die Gattung Pipistrellus wurde ebenfalls eine überdurchschnittlich hohe Aktivität aufgezeichnet. Auf die Myotis- Arten entfallen in den drei Nächten 16. - 18.08. jedoch über 3850 Aktivitätssekunden und damit 75 % der gesamten, in 2013 erfassten Aktivität der Gattung. Unter Ausschluss dieser drei Nächte, die sich durch sehr warme Temperaturen (um 25°C um 20:00 Uhr vgl. Abb. 32, Kap. 4.8) auszeichneten, vor allem im Vergleich zu den vorangegangenen und folgenden Nächten, schwächt sich der Unterschied der Aktivität der Gattung Myotis zwischen den beiden Jahren deutlich ab. Anstatt um 85 % geht die Gesamtaktivität der Gattung (unter Einbezug der Kontrollstandorte) um 50 % zurück. Die Aktivitätsspitze wird durch eine Art der Untergruppe Myotis- klein-mittel, vermutlich die Bart- oder Brandtfledermaus bedingt. Die höchste Aktivität wurde zwischen 23:00 und 03:00 Uhr aufgezeichnet. Anhaltspunkte für mehrere, gleichzeitig rufende und fliegende Individuen fanden sich keine.

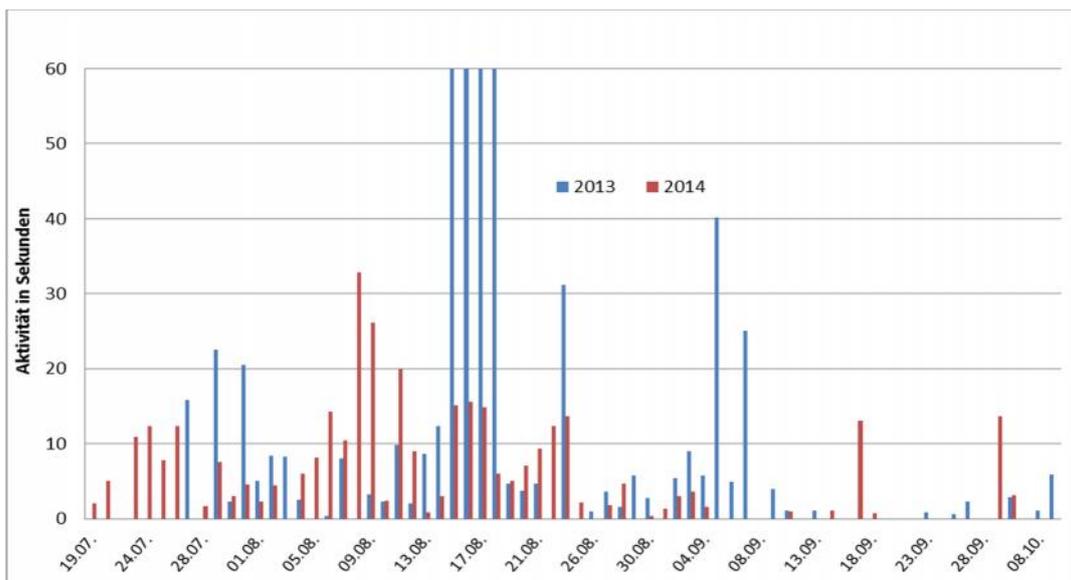


Abbildung 23: Verlauf der erfassten Myotis- Aktivität, angegeben in Sekunden über die Erfassungszeiträume in 2013 und 2014. Die Aktivitätsspitze Mitte August 2013 wurde bewusst nicht ganz dargestellt, um eine Vergleichbarkeit der niedrigeren Aktivitätswerte zwischen den Jahren zu ermöglichen. Die aufgetragenen Werte stellen die durchschnittliche Aktivität für jede Untersuchungsnacht dar. In der Mehrzahl der Fälle war n = 2 (Boden und Höherfassung an einem US).

Über die Darstellung der Fledermausaktivität anhand eines Boxplot- Diagramms sind solche Aktivitätsspitzen als Ausreißer erkennbar (Abb. 24). Der höchste Wert mit 2853 Aktivitätssekunden am 17.08. ist in den folgenden Boxplot nicht mit eingeflossen, da es sich um den Standort im Süden auf Bodenniveau in 300 Metern Entfernung zum Digitalfunkmast handelt, einen der Kontrollstandorte. Dies gilt auch für den 18.08.2013. In den Vergleich der Höhe, der in 2013 und 2014 gemessenen Fledermausaktivität fließen ausschließlich die Messungen an den "Teststandorten" ein. Die Messergebnisse der im Vorfeld, anhand ihrer

Entfernung zum Mast und der Höhe der dort gemessenen Feldstärken festgelegten Kontrollstandorte wurden zwischen 2013 und 2014 ebenfalls gegeneinander getestet. Aufgrund der geringen Werte der dort gemessenen elektrischen Feldstärke werden keine Unterschiede in der Höhe der Fledermausaktivität zwischen 2013 und 2014 erwartet.

Die Unterteilung in "Teststandorte" im 200 m Umkreis und Kontrollstandorte in 300 und 500 m Entfernung hat zur Folge, dass der Standort 300 Süd mit relativ hohen Aktivitätswerten der Gattung *Pipistrellus* (oben erläuteter Ausreißer in 2014) in den Teststandorten nicht mehr enthalten ist. Daraus folgt beim Vorher/Nachher- Vergleich der Teststandorte nun auch für die Gattung *Pipistrellus* eine Aktivitätsabnahme. In die vorangegangenen Auswertungen, die Diagramme des Aktivitätsverlaufs über den Untersuchungszeitraum und die Tortendiagramme zur relativen (nicht zur absoluten) Häufigkeit der einzelnen Fledermausdaten wurden die Ergebnisse der Nullprobenstandorte noch mit einbezogen.

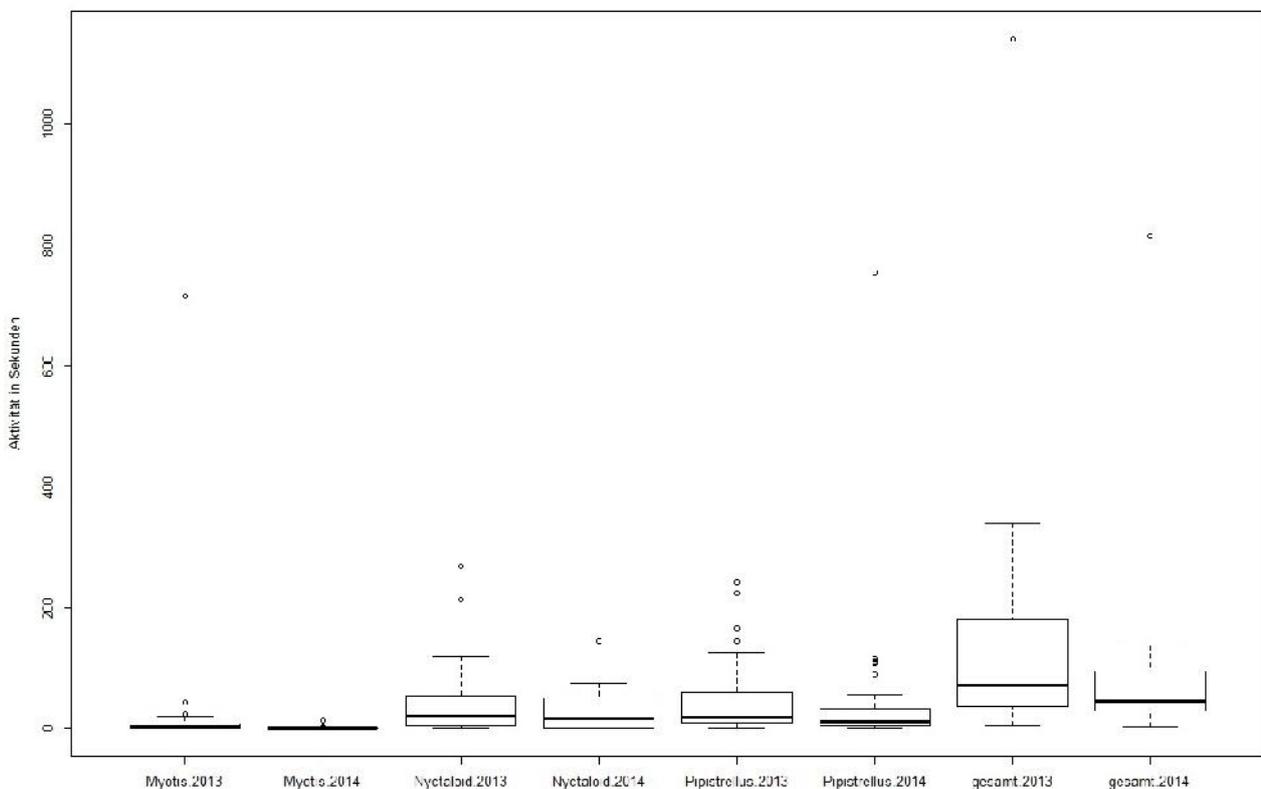


Abbildung 24: Boxplot- Diagramm der Verteilung, der in 2013 und 2014 gesamten erfassten Fledermausaktivität und für die Gruppen *Myotis*, *Pipistrellus* und *Nyctaloid* im Umkreis von 200 Metern um den Digitalfunkmast. Die Aktivität wird in Sekunden pro Nacht angegeben. In die Darstellung flossen Daten aus 92 Sessions in 2013 und 106 Sessions in 2014, n = 36 MP in 2013 (O 300 Boden fehlt) und n = 36 Messpunkte in 2014. Für jeden MP floss der Mittelwert der beiden aus den einzelnen Sessions in den Durchläufen 1 u. 2 gewonnenen Mittelwerte ein.

Beide Aktivitätsspitzen (August 2013, September 2014) finden sich im Boxplot "gesamt" und anteilig bei den Artengruppen. Alle weiteren abgebildeten Ausreißer liegen mit Werten bis maximal 300 Aktivitätssekunden deutlich unter den oben beschriebenen Peaks. Anhand des Boxplots wird die breite Streuung der ermittelten

Fledermausaktivitätswerte sichtbar. Die exakte Lage und der Vergleich der Median-Werte zwischen 2013 und 2014 sind in Tabellenform mit aufgeführt, ebenso die statistischen Kennwerte der jeweils durchgeführten Testverfahren (Tab. 6).

Die Unterschiede in der Höhe der erfassten Fledermausaktivität an den Standorten im Umkreis von 20, 50, 100, 150 und 200 Metern wurden zwischen 2013 und 2014 mit dem Wilcoxon-Vorzeichenrang-Test überprüft. Für jeden Messpunkt wurde ein verbundenes Stichprobenpaar bestehend aus den Aktivitätswerten 2013 und 2014 gebildet. Zu einem Signifikanzniveau von 5 % sind die Unterschiede zwischen der allgemeinen Fledermausaktivität ("gesamt") in 2013 und 2014 knapp nicht signifikant. Ebenso ergibt sich keine Signifikanz für die Unterschiede der Aktivität der Gattung Pipistrellus und der Nyctaloide zwischen 2013 und 2014. Der beobachtete Aktivitätsunterschied bei der Gattung Myotis ist hingegen hochsignifikant (Tab. 6). Die Aktivität der Gattung Myotis war in 2014 während dem Betrieb des Digitalfunkmasts signifikant geringer als vor der Inbetriebnahme im Jahr 2013. Sowohl für die allgemeine Fledermausaktivität als auch für die Gruppen Pipistrellus und Nyctaloide konnte eine Abnahme der Aktivität in 2014 festgestellt werden wobei sich hier keine Signifikanz für den Aktivitätsunterschied vor und nach der Inbetriebnahme des Digitalfunkmasts ergab.

Tabelle 6: Unterschiede im Median der Verteilung, der in 2013 und 2014 ermittelten Fledermausaktivität im Umkreis bis 200 m des Digitalfunkmasts unter Angabe des p- Wertes und der Summe der positiven Rangzahlen (V).

n = 36	Myotis 13	Myotis 14	Nyctaloid 13	Nyctaloid 14	Pipistrellus 13	Pipistrellus 14	gesamt 13	gesamt 14
Median	2.455 s	0.085 s	19.43 s	17.40 s	19.020 s	12.155 s	71.375 s	45.00 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 390 p = 2.168e-05		V = 392 p = 0.108		V = 432 p = 0.1227		V = 451.5 p = 0.06375	

Die Datengrundlage für die Kontrollstandorte war mit vier Messpunkten (N 500 Boden und Höhe, O 300 Höhe und Süd 300 Boden) vergleichsweise gering. Für den Ost 300 Boden Standort fehlen Daten aus dem Jahr 2013. Er musste, wie auch der Standort Süd 300 Höhe (vgl. Kap. 4.1) ausgeschlossen werden. Für alle Artengruppen konnte ein Rückgang der Aktivität in 2014 festgestellt werden (vgl. Median Abb. 7). Die Unterschiede in der Aktivität zwischen den beiden Jahren waren nicht signifikant, vermutlich mit bedingt durch die geringe Stichprobengröße. Dieses Ergebnis überrascht aufgrund der in 2013 gemessenen Aktivitätsspitze an dem bodennahen Standort 300 Süd nicht. Ein Vergleich ausschließlich der Werte des 500 Nord Standortes zeigt jedoch ebenfalls eine Abnahme der Fledermausaktivität von 2013 auf 2014 von 92,5 am Boden bzw. 15,5 Aktivitätssekunden/Session in der Höhe auf 40,6 bzw. 7,4 s/Session.

Digitalfunk und Fledermäuse

Tabelle 7: Unterschiede im Median der Verteilung, der in 2013 und 2014 ermittelten Fledermausaktivität in Entfernungen von 300 und 500 m zum Digitalfunkmast (Kontrollstandorte) unter Angabe des p- Wertes und der Summe der positiven Rangzahlen (V).

n = 4	Myotis 13	Myotis 14	Nyctaloid 13	Nyctaloid 14	Pipistrellus 13	Pipistrellus 14	gesamt 13	gesamt 14
Median	17,77s	0,93s	4,51 s	2,40 s	31,50 s	12,88 s	54 s	24 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 6 p = 0,18		V = 6 p = 0,18		V = 10 p = 0,125		V = 10 P = 0,125	

Der Vergleich der in 2013 und 2014 im 200 Meter Umfeld des Digitalfunkmasts ermittelten Fledermausaktivität an jeweils 36 Messpunkten ergab für den Erfassungszeitraum Ende Juli bis Anfang Oktober 2014 deutlich geringere Aktivitätswerte als in dem entsprechenden Zeitraum im Vorjahr, vor Inbetriebnahme des Digitalfunkmasts. Für die Gattung Myotis ist der Unterschied in der Verteilung der Aktivitätswerte signifikant. Die in gleicher Art und Weise, jedoch mit einem deutlich geringeren Stichprobenumfang (n = 4) durchgeführte Kontrolle an zwei Standorten in 300 und einem Standort in 500 Metern zum Mast ergab ebenfalls eine deutliche, wenn auch nicht signifikante Aktivitätsabnahme. Aufgrund der im Juni 2014 gemessenen, vergleichsweise sehr geringen Feldstärkewerte an diesen Kontrollstandorten wurde dort kein Einfluss des Digitalfunkmasts auf die Fledermausaktivität erwartet. Die dort ebenfalls beobachtete Aktivitätsabnahme in 2014 könnte ein Hinweis darauf sein, dass die Fledermausaktivität aus einem anderen, unbekanntem Grund oder aufgrund natürlicher Schwankungen in 2013 höher war als in 2014. Oder der als Kontrolle gewählte Abstand zum Digitalfunkmast war mit 300 und 500 Metern zu knapp gewählt und die dort gemessenen Feldstärken ebenfalls noch zu hoch.

4.5 Vergleich der Fledermausaktivität zwischen Sommer 2013/2014 und Herbst 2013/2014

Der im vorangegangenen Kapitel dargestellte zeitliche Verlauf der gemessenen Aktivität der Gattung Myotis und der Aktivität der Nyctaloide, zeigte in beiden Jahren eine deutliche Abnahme im zweiten Durchlauf im Spätsommer/Herbst. Aus diesem Grund wurden für die Auswertungen für jeden Standort die Mittelwerte des 1ten Untersuchungsdurchlaufs im Sommer und des 2ten Durchlaufs im Herbst errechnet. Aus diesen wurde erneut ein Mittelwert gebildet, um jedem Untersuchungsstandort bzw. jedem einzelnen Messpunkt (36 MP im 200 m Umkreis) einen Aktivitätswert zuordnen zu können. Der Vergleich der Fledermausaktivität beruhte auf dem paarweisen Vergleich der beiden Messungen der einzelnen Messpunkte. Um sicherzugehen, mögliche Effekte zwischen den beiden Jahren durch das Heranziehen des Mittelwertes der beiden, häufig stark voneinander abweichenden Aktivitätszeiten der Durchläufe (für die US im 20, 50, 100 m Abstand) nicht zu übersehen, wird nun die ermittelte Fledermausaktivität des 1ten Durchlaufs, inklusive der, nur in einem Durchlauf beprobten Zusatzstandorte, mit der im 2ten Durchlauf gemessenen Fledermausaktivität verglichen. Sprich es wird die Verteilung der Aktivität zwischen Sommer 2013 gegen Sommer 2014 und Spätsommer/Herbst 2013 gegen Spätsommer/Herbst 2014 verglichen. Im Sommer werden die Daten von 34

Messpunkten miteinander verglichen, im Herbst waren es 23 Messpunkte. Die allgemeine ermittelte Fledermausaktivität und die Aktivität der Gattungen Myotis und Pipistrellus lag im Sommer 2014 deutlich unter der Aktivität im Sommer 2013. Die Verteilung der allgemeinen Fledermausaktivität unterscheidet sich im 200 Meter Umkreis des Digitalfunkmasts signifikant zwischen dem Sommer 2013 und 2014. Der für die Gattung Myotis gemessene Aktivitätsunterschied war erneut hochsignifikant. Für die Gattung Pipistrellus war der Aktivitätsunterschied nicht signifikant. Die Aktivität der Nyctaloiden war im Sommer 2014 höher als im Vorjahr. Dieser Unterschied war knapp nicht signifikant (Tab. 8).

Tabelle 8: Unterschiede im Median der Verteilung, der im Sommer 2013 und 2014 ermittelten Fledermausaktivität im Umkreis bis 200 m des Digitalfunkmasts unter Angabe des p- Wertes und der Summe der positiven Rangzahlen (V).

n = 34	Myotis 13	Myotis 14	Nyctaloid 13	Nyctaloid 14	Pipistrellus 13	Pipistrellus 14	gesamt 13	gesamt 14
Median	3.47 s	0.045 s	19.43 s	25.15 s	21.46 s	12.905 s	88.75 s	70.5 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 276 p = 2.889e-05		V = 319 p = 0.07691		V = 325 p = 0.2618		V = 387 p = 0.02198	

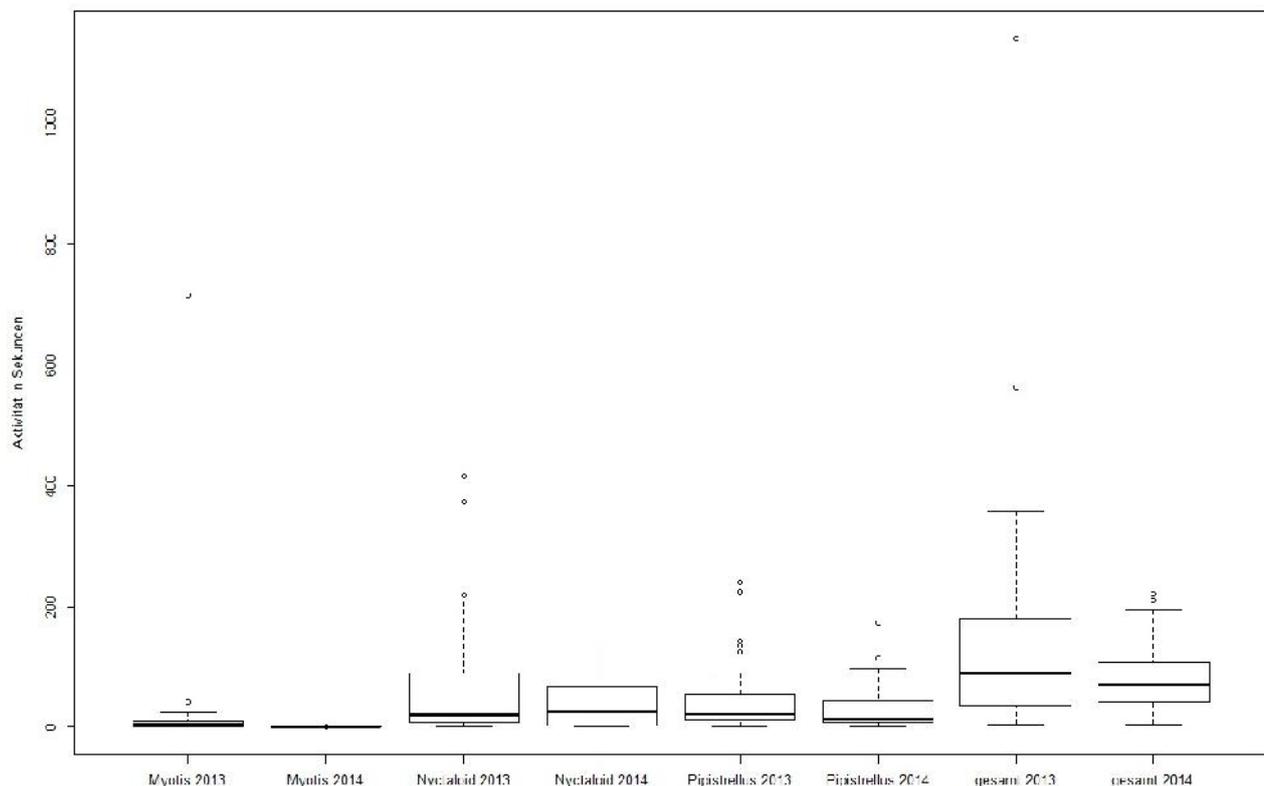


Abbildung 25: Boxplot- Diagramm der Verteilung, der im Sommer 2013 und 2014 erfassten gesamten Fledermausaktivität und der Aktivität der drei Gruppen Myotis, Pipistrellus und Nyctaloid. Die Daten setzen sich aus den im 1. Untersuchungsdurchlauf beprobten Standorte im 100 m Umkreis und den jeweils im Sommer beprobten Zusatzstandorte im 200 m Umkreis zusammen. Die Aktivität wird in Sekunden pro Nacht (Session) angegeben. In die Darstellung flossen Daten aus 50 Sessions in 2013 und 50 Sessions in 2014, n = 34 MP in 2013 und in 2014. Für jeden MP floss der Mittelwert aus den einzelnen Sessions ein.

Digitalfunk und Fledermäuse

Im Herbst konnten die an 23 Messpunkten gemessenen Aktivitätswerte miteinander verglichen werden. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Untersuchungsjahre wurde für keine der drei Artengruppen festgestellt. Die allgemeine im Herbst 2013 gemessene Fledermausaktivität lag dennoch deutlich über den im Herbst 2014 ermittelten Werten. Dies galt analog für die Gattungen *Myotis* und *Pipistrellus* und die Gruppe der *Nyctaloide* (Tab. 9).

Tabelle 9: Unterschiede im Median der Verteilung, der im Herbst 2013 und 2014 ermittelten Fledermausaktivität im Umkreis bis 200 m des Digitalfunkmasts unter Angabe des p- Wertes und der Summe der positiven Rangzahlen (V).

n = 23	Myotis 13	Myotis 14	Nyctaloid 13	Nyctaloid 14	Pipistrellus 13	Pipistrellus 14	gesamt 13	gesamt 14
Median	0.660 s	0.330 s	9.260 s	5.250 s	16.230 s	7.680 s	36.00 s	22.00 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 91 p = 0.2446		V = 113 p = 0.4813		V = 190 p = 0.1186		V = 181,5 p = 0.1909	

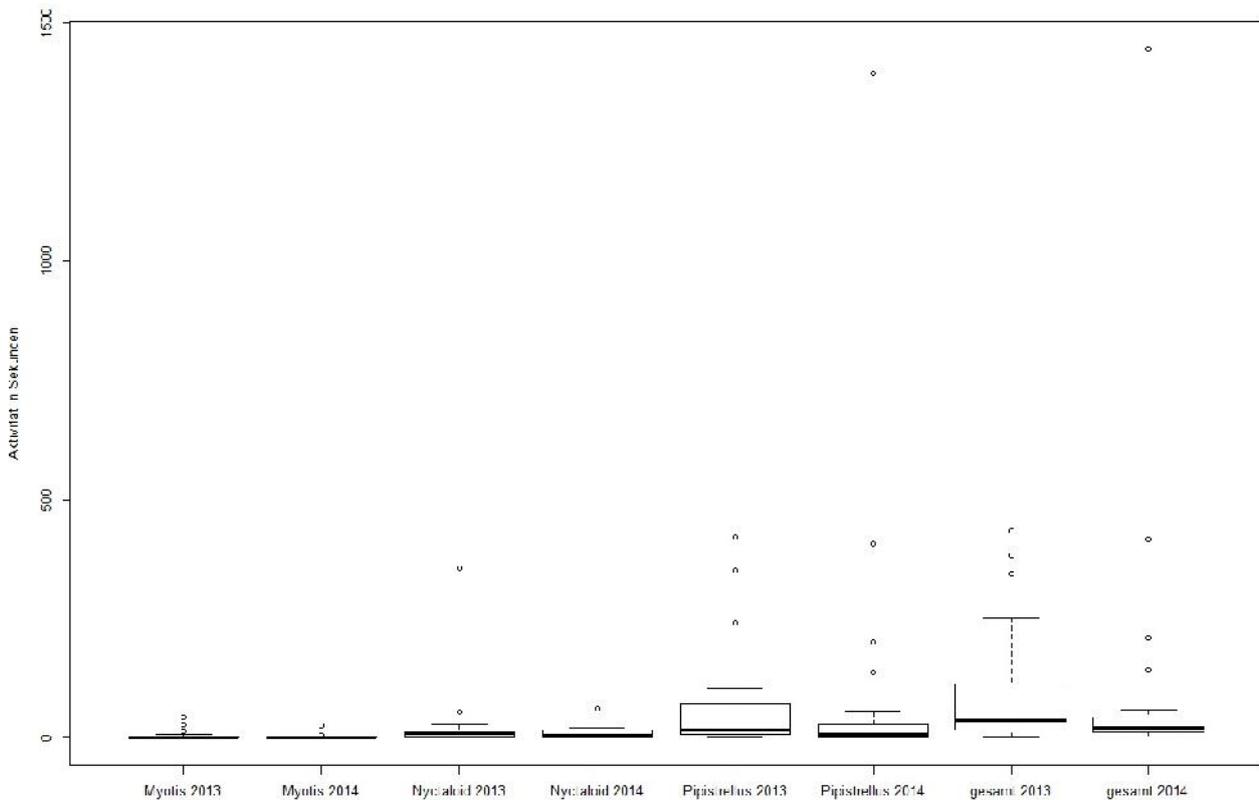


Abbildung 26: Boxplot- Diagramm der Verteilung, der im Herbst 2013 und 2014 erfassten gesamten Fledermausaktivität und der Aktivität der drei Gruppen *Myotis*, *Pipistrellus* und *Nyctaloid*. Die Daten setzen sich aus den im 2. Untersuchungsdurchlauf beprobten Standorte im 100 m Umkreis zusammen. Die Aktivität wird in Sekunden pro Nacht (Session) angegeben. In die Darstellung flossen Daten aus 42 Sessions in 2013 und 46 Sessions in 2014, n = 23 MP in 2013 und in 2014. Für jeden MP floss der Mittelwert aus den einzelnen Sessions ein.

Durch die im Sommer in beiden Jahren generell höhere Fledermausaktivität werden die Lageunterschiede zwischen 2013 und 2014 im Boxplot jeweils deutlicher als im Herbst. Die Median- Werte in Tabelle 9 zeigen jedoch auch für den Herbst einen deutlichen Unterschied zwischen den Jahren. Die Fledermausaktivität nahm auch im Herbst ab im Vergleich zum Vorjahr.

4.6 Vergleich der Fledermausaktivität in Bodennähe und in der Höhe in 2013 und 2014

Hinsichtlich der Höhennutzung ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Besonders auffällig ist die Gattung *Myotis* (Abb. 27). Nachweise in 30 und 40 Metern Höhe gelangen kaum von *Myotis*-Arten. Die *Pipistrellus*-Aktivität verteilte sich ebenfalls deutlich zu Gunsten der Bodenstandorte. Die *Nyctaloid*-Arten wurden überwiegend in der Höhe nachgewiesen, hier ist der Unterschied zwischen Boden- und Höhen- Messpunkten jedoch weniger extrem ausgeprägt wie bei den anderen beiden Gruppen. In die folgenden Abbildungen zur Höhennutzung flossen nur die Daten im näheren Umfeld des Digitalfunkmasts einschließlich der 200 Meter Entfernungsklasse ein, die Kontrollstandorte sind nicht enthalten. Der Vergleich des Boden/Höhe- Aktivitätsverhältnis zwischen 2013 und 2014, zeigte dass sich in Bezug auf die Höhe keine veränderte Raumnutzung abzeichnete. *Myotis* und *Pipistrellus*- Arten wurden in 2014 zu einem annähernd gleich hohen Anteil über die *batcorder* am Boden (ca. 3 m Höhe) erfasst wie in 2013. Die *Nyctaloide* nutzten auch während dem Betrieb des Masts die Höhe deutlich intensiver als die bodennahen Bereiche. Hier steigt der Anteil der Nachweishäufigkeit in der Höhe geringfügig gegenüber 2013 an (Abb. 28). An den Untersuchungsstandorten im Umkreis von 150 Metern lagen alle gemessenen Feldstärken in Bodennähe deutlich unter den in Höhen von 30 und 40 Metern gemessenen Werten. Dies führte nicht zu einer veränderten Raumnutzung der Fledermäuse in 2014.

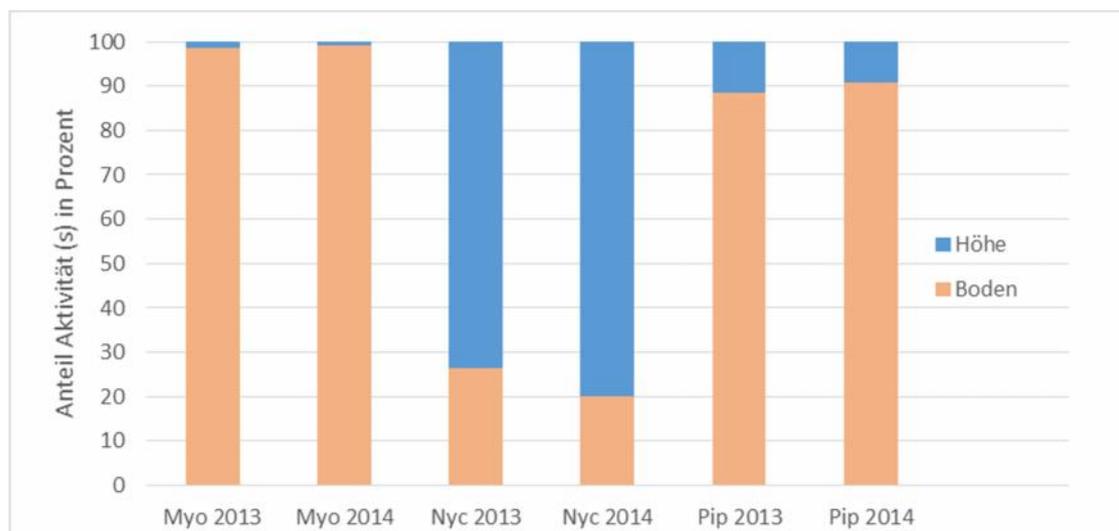


Abbildung 27: Prozentualer Anteil der Aktivität an den Boden- Standorten und in der Höhe über dem Kronendach in 2013 und 2014. n (Standorte) = 18 (20,50,100 u. 200m); n (Session) = 47 (2013 Boden), 45 (2013 Höhe), 47 (2014 Boden), 48 (2014 Höhe).

Die in 2014 im Umfeld des Digitalfunkmasts aktiven *Nyctaloide* zeigten kein Meideverhalten der Höhe zugunsten von Jagdhabitaten innerhalb des Waldes bzw. über den Forstwegen in geringeren Höhen. Die Nachweishäufigkeit dieser Gruppe nahm an den 18 MP in der Höhe in 2014 anteilig noch etwas zu gegenüber 2013. Im Median lag sie in 2013 bei 27 Aktivitätssekunden/Session in 2014 bei knapp 35 s/Session. Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant (Tab. 10). Die Fledermausaktivität gesamt nahm an den Höhen- MP

von 2013 auf 2014 ab, wie auch die Aktivität der anderen beiden Gruppen. Der Aktivitätsrückgang bei der Gattung Myotis ist erneut signifikant (Tab. 10).

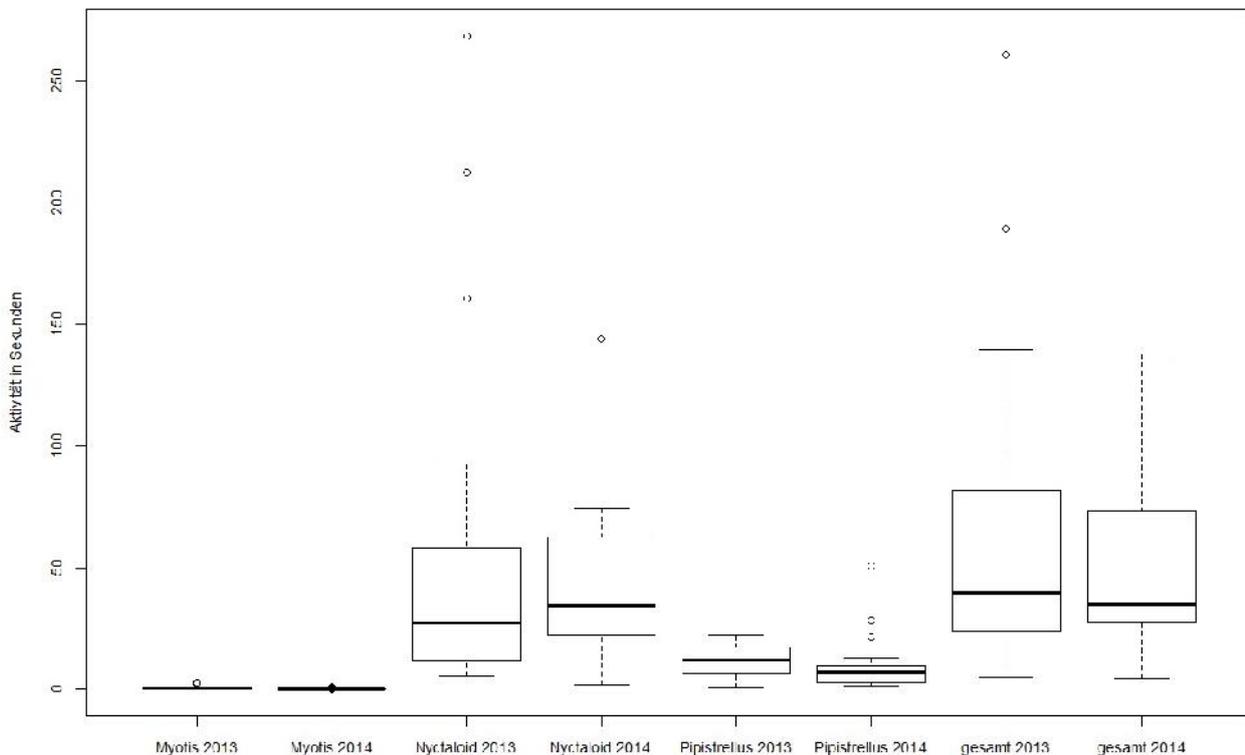


Abbildung 28: Boxplot- Diagramm der Verteilung, der in 2013 und 2014 in der Höhe erfassten gesamten Fledermausaktivität und der Aktivität der drei Gruppen Myotis, Pipistrellus und Nyctaloid. Die Daten setzen sich aus den MP im 200 m Umkreis des Digitalfunkmasts zusammen. Die Aktivität wird in Sekunden pro Nacht (Session) angegeben. n = 18 MP in 2013 und in 2014. Für die MP bis 100 m floss der Mittelwert der beiden aus den einzelnen Sessions in den Durchläufen 1 u. 2 gewonnenen Mittelwerte ein.

Tabelle 10: Unterschiede im Median der Verteilung, der in 2013 und 2014 ermittelten Fledermausaktivität in der Höhe im Umkreis bis 200 m des Digitalfunkmasts unter Angabe des p- Wertes und der Summe der positiven Rangzahlen (V).

n = 18	Myotis 13	Myotis 14	Nyctaloid 13	Nyctaloid 14	Pipistrellus 13	Pipistrellus 14	gesamt 13	gesamt 14
Median	0,45 s	0,00 s	27,34 s	34,52 s	11,93 s	6,95 s	39,58 s	35,00 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 55 p = 0.005922		V = 101 p = 0.5226		V = 114 p = 0.2288		V = 111 p = 0.2837	

Ein zweiter Vergleich von 18 bodennahen Standorten hinsichtlich der in 2013 und 2014 ermittelten Aktivität ergab einen deutlichen Rückgang der Fledermausaktivität gesamt zwischen 2013 und 2014 (Median: 116,25 s - 65,75 s), der jedoch nicht signifikant war (V = 105, p = 0,4171). Als signifikant wird allerdings die geringe Abnahme der Nyctaloid Aktivitätssekunden an den bodennahen Messpunkten angegeben (Median: 3,8 s/ 3,23 s, V = 114, p = 0,01864).

Es ist festzuhalten, dass sich der Aktivitätsrückgang in 2014 sowohl an den Messpunkten in der Höhe als auch am Boden widerspiegelte. Die signifikante Abnahme der Aktivität der Nyctaloide in Bodennähe in 2014 und

zugleich eine (nicht signifikante) Aktivitätszunahme in der Höhe in 2014 widerspricht den zu erwartenden Beobachtungen, sollte die Fledermausaktivität von der Höhe der Feldstärke abhängen.

4.7 Vergleich der Fledermausaktivität in direkter Abhängigkeit von der Feldstärke

Für den direkten Vergleich der Höhe der Fledermausaktivität an den einzelnen Messpunkten, angegeben in Aktivitätssekunden pro *batcorder*- Erfassung mit der Höhe der dort gemessenen elektrischen Feldstärke, wurden zum einen die Ergebnisse der Fledermauserfassungen für jeden einzelnen Messpunkt mit dem zugeordneten Feldstärke- Werten zwischen 2013 und 2014 verglichen. Zum anderen wurden die in 2014 gewonnenen Datensätze der Messpunkte innerhalb des 200 Meter Umkreis des Digitalfunkmasts mit den Ergebnissen für die Kontroll- MP in 300 und 500 Metern Entfernung zum Mast verglichen. Zusätzlich wurden für alle Messpunkte im 500 Meter Umkreis, an denen Werte der Feldstärke- und Fledermausaktivitätsmessungen vorlagen, die Werte der Höhe der jeweiligen Feldstärke und Aktivitätserfassung gegeneinander aufgetragen und auf einen Zusammenhang zwischen Feldstärke und Fledermausaktivität hin untersucht.

Die Einteilung der Feldstärkewerte anhand der Interquartilsabstände der Verteilung der gemessenen Feldstärken ergab 13 MP mit niedrigen, 19 MP mit mittel-hohen und acht MP mit hohen Feldstärke- Werten (vgl. Kap. 4.1). Der Vergleich der Ergebnisse der Fledermausaktivität zwischen den beiden Jahren zeigt, dass an den Messpunkten mit den im UG geringsten ermittelten Werten der elektrischen Feldstärke, in 2013 eine deutlich höhere Fledermausaktivität erfasst wurde als in 2014 (Abb. 29). Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant (Tab. 11). An Messpunkten mit einer mittel- hohen elektrischen Feldstärke ergaben die Messungen zur Fledermausaktivität in 2013 jedoch eine geringere Aktivität als in 2014 (Abb. 29). Dieser Unterschied ist ebenfalls nicht signifikant (Tab. 11). Für die Messpunkte mit hohen Feldstärke- Werten ergaben die Messungen zur Fledermausaktivität in 2013 ebenfalls eine geringere Aktivität als in 2014 (Abb. 29), auch hier ohne einen signifikanten Unterschied (Tab. 11).

Tabelle 11: Unterschiede im Median der Verteilung, der in 2013 und 2014 ermittelten gesamten Fledermausaktivität an Standorten mit niedrigen ($E < 0,15$ V/m), mittleren ($E > 0,15$ u. $< 0,6$ V/m) und hohen ($E > 0,6$ V/m) gemessenen Feldstärke- Werten unter Angabe des p- Wertes und der Summe der positiven Rangzahlen (V).

	2013 Kat. 1 $E < 0,15$ V/m	2014 Kat. 1 $E < 0,15$ V/m	2013 Kat. 2 $E > 0,15$ und $< 0,6$ V/m	2014 Kat. 2 $E > 0,15$ und $< 0,6$ V/m	2013 Kat. 3 $E > 0,6$ V/m	2014 Kat. 3 $E > 0,6$ V/m
n	13	13	19	19	8	8
Median	92.50 s	46.00 s	56.75 s	79.00 s	43.125 s	51.75 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 61 p = 0.3054		V = 107 p = 0.6507		V = 21 p = 0.7422	

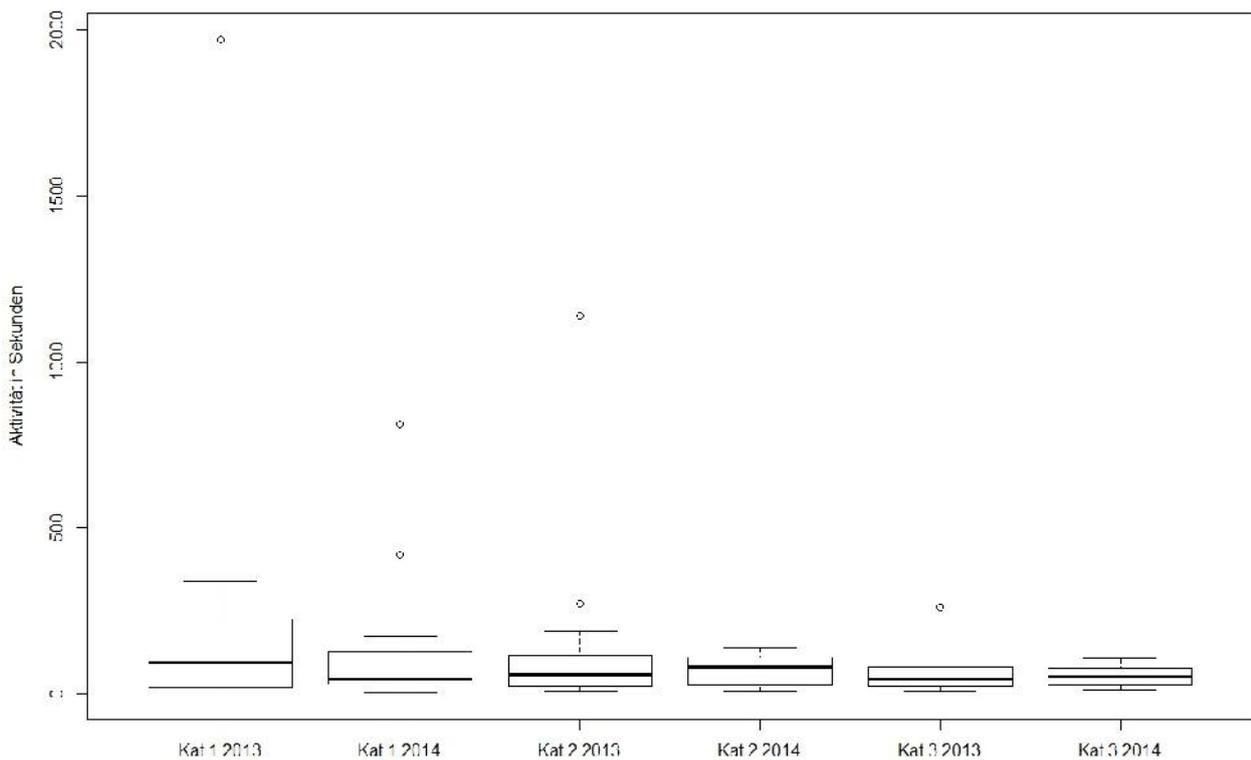


Abbildung 29: Boxplot- Diagramm der Verteilung der in 2013 und 2014 ermittelten gesamten Fledermausaktivität an Standorten mit niedrigen (n = 13), mittleren (n = 19) und hohen (n = 8) gemessenen Feldstärke- Werten. Die Daten setzen sich aus allen im 500 m Umkreis beprobten Standorten und MP zusammen, für die paarweise Erfassungen aus Herbst 2013 und Herbst 2014 und/oder Sommer 2013 und 2014 in der gleichen Höhe, sprich 30 oder 40 m vorlagen und aus allen Boden MP. Die Aktivität wird in Sekunden pro Nacht (Session) angegeben.

Das Boxplot- Diagramm veranschaulicht den deutlichen Unterschied zwischen der in 2013 und 2014 ermittelten Fledermausaktivität an den MP der 1. Kategorie. Auch wenn sich hierfür keine Signifikanz ergab, so hat die Fledermausaktivität an diesen Messpunkten in 2014 deutlich abgenommen. Anhand der Lage der Box, sprich des zweiten und dritten Quartils, lässt sich für die 2. Kategorie kein deutlicher Unterschied erkennen. Der Median von 57 Aktivitätssekunden/Session in 2013 unterscheidet sich jedoch relativ deutlich von den 79 Aktivitätssekunden/Session in 2014. Die Zunahme der Fledermausaktivität an diesen MP in 2014 ist relativ deutlich, für die MP der 3. Kategorie anhand des Diagramms mit der, bedingt durch die Ausreißer stark gestreckten Ordinatenachse, aber kaum auszumachen. Die Zunahme der Fledermausaktivität an den MP der 3. Kategorie in 2014 ist mit 43 Aktivitätssekunden/Session in 2013 und 52 Aktivitätssekunden/Session in 2014 jedoch ebenfalls noch relativ deutlich.

In die 1. Kategorie fallen überwiegend die Messpunkte in Bodennähe (10 von 13), an denen verglichen mit den *batcorder* - Erfassungen in der Höhe fast immer eine höhere Fledermausaktivität nachgewiesen wurde. Aufgrund des deutlichen Aktivitätsrückgangs, der für die Gattung *Myotis* besonders stark ausgeprägt war, ist es nachvollziehbar, dass sich dieser auch an den MP der Kategorie 1 widerspiegelt, zumal die Gattung *Myotis* fast ausschließlich an den bodennahen Standorten nachgewiesen wurde. Aber auch in die 2. Kategorie fallen

noch 9 Boden- MP. Ein Aktivitätsrückgang wurde hier nicht beobachtet. Die Standorte mit mittleren Feldstärken wurden in 2014, im Vergleich zu der dort in 2013 erfassten Aktivität nicht gemieden. In der 3. Kategorie sind ausschließlich MP in der Höhe enthalten, eine Meidung dieser Bereiche konnte in 2014 nicht beobachtet werden. An den Messpunkten in 30 und 40 Metern Höhe dominierte die Artengruppe der Nyctaloide. Wie in Kapitel 4.6 dargestellt nahm die Aktivität der Nyctaloide in der Höhe in 2014 zu. Dieser Aktivitätsanstieg bei den Nyctaloide macht sich in dem Vergleich der MP der 3. Kategorie zwischen 2013 und 2014 bemerkbar. Das bedeutet aber dass, der generelle Aktivitätsanstieg der Gruppe von 2013 auf 2014, auch in den Bereichen mit erhöhten Feldstärken zu verzeichnen war. Dies zeigt sich auch beim Artgruppenspezifischen Vergleich der einzelnen Feldstärke- Kategorien zwischen 2013 und 2014. Auf Bodenniveau, den MP der Feldstärke- Kategorie 1 nahm die Aktivität der Nyctaloide signifikant ab. An den MP der Feldstärke- Kategorie 2 und 3 wurde für die Nyctaloide ein nicht signifikanter aber deutlicher Anstieg verzeichnet (Tab. 12), sowohl bei MP mit mittel- hohen als auch bei hohen Feldstärke- Werten. Die Aktivität der Gattung Myotis nahm in der 1. und 2. Kategorie signifikant ab, die Aktivität der Gattung Pipistrellus nahm in allen drei Kategorien (nicht signifikant) ab, am deutlichsten jedoch in der 1. Kategorie mit niedrigen Feldstärke- Werten (Tab. 12).

Tabelle 12: Unterschiede im Median der Verteilung, der in 2013 und 2014 ermittelten Fledermausaktivität der drei Artengruppen an Standorten mit niedrigen ($E < 0,15$ V/m), mittleren ($E > 0,15$ u. $< 0,6$ V/m) und hohen ($E > 0,6$ V/m) gemessenen Feldstärke- Werten unter Angabe des p- Wertes und der Summe der positiven Rangzahlen (V).

Nyctaloid	2013 Kat. 1 $E < 0,15$ V/m	2014 Kat. 1 $E < 0,15$ V/m	2013 Kat. 2 $E > 0,15$ und $< 0,6$ V/m	2014 Kat. 2 $E > 1,5$ und $< 0,6$ V/m	2013 Kat. 3 $E > 0,6$ V/m	2014 Kat. 3 $E > 0,6$ V/m
n	13	13	19	19	8	8
Median	9,28 s	3,58 s	9,72 s	15,37 s	36,50 s	53,12 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 84 p = 0,004639		V = 64 p = 0,8564		V = 15 p = 0,9375	
Myotis	2013 Kat. 1 $E < 0,15$ V/m	2014 Kat. 1 $E < 0,15$ V/m	2013 Kat. 2 $E > 0,15$ und $< 0,6$ V/m	2014 Kat. 2 $E > 1,5$ und $< 0,6$ V/m	2013 Kat. 3 $E > 0,6$ V/m	2014 Kat. 3 $E > 0,6$ V/m
n	13	13	19	19	8	8
Median	7,132 s	0,34 s	2,35 s	0,13 s	0 s	0 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 74 p = 0,0068		V = 136 p = 0,000482		V = 3 p = 0,37	
Pipistrellus	2013 Kat. 1 $E < 0,15$ V/m	2014 Kat. 1 $E < 0,15$ V/m	2013 Kat. 2 $E > 0,15$ und $< 0,6$ V/m	2014 Kat. 2 $E > 1,5$ und $< 0,6$ V/m	2013 Kat. 3 $E > 0,6$ V/m	2014 Kat. 3 $E > 0,6$ V/m
n	13	13	19	19	8	8
Median	55,95 s	26,41 s	21,66 s	13,72 s	8,75 s	5,20 s
Teststatistik Wilcoxon-Test	V = 68 p = 0,127		V = 93 p = 0,766		V = 18 p = 0,578	

Digitalfunk und Fledermäuse

Sollten Fledermäuse Bereiche mit erhöhten Werten der elektrischen Feldstärke im direkten Umfeld des Digitalfunkmasts meiden, wäre ein Unterschied zwischen den US und den Kontroll- US zu erwarten. Abbildung 30 zeigt die Verteilung der Fledermausaktivitäts- Werte aller MP innerhalb von 200 Metern um den Digitalfunkmast, im Vergleich zu der Verteilung der Fledermausaktivitäts- Werte aller Kontroll- MP in 300 und 500 Metern Entfernung für das Untersuchungsjahr 2014.

Für die allgemeine Fledermausaktivität liegt der Median der Aktivitätswerte aller Messpunkte im 200 m Umkreis bei 45 s/Session, und aller Kontroll- MP deutlich darunter bei 29 s/Session. Die allgemeine Fledermausaktivität war während dem Betrieb des Digitalfunkmasts demnach an den MP im direkten Umfeld bis 200 m höher als an den Kontroll- MP in 300 und 500 m Entfernung. Der Unterschied ist nach dem Mann-Whitney-U- Test nicht signifikant (Tab. 13). Auf diesen Test wurde zurückgegriffen, da sich die Anzahl der zu vergleichenden Stichproben diesmal unterschied mit $n = 36$ MP im 200 m Umkreis und $n = 5$ Kontroll- MP und keine verbundenen Stichprobenpaare vorlagen. Die Nyctaloide zeigten ebenfalls eine (noch deutlichere) erhöhte Aktivität im Umkreis von 200 m um den Digitalfunkmast, verglichen mit den Kontroll- MP. Aber auch dieser Unterschied ist nicht signifikant (Tab 13). Für die Gattung *Pipistrellus* wurde an den Kontroll- MP eine geringfügig höhere Aktivität erfasst als im 200 m Umkreis. Bei der in 2014 insgesamt nur mit geringer Aktivität erfassten Gattung *Myotis* war dieser Unterschied zugunsten der Kontroll- MP deutlicher. Bei beiden Gattungen ist dieser Unterschied nicht signifikant (Tab. 13).

Tabelle 13: Unterschiede im Median der Verteilung, der in 2014 ermittelten Fledermausaktivität im Umkreis bis 200 m des Digitalfunkmasts und der Fledermausaktivität an den Kontrollstandorten in 300 und 500 m Abstand unter Angabe des p- Wertes und des U-Wertes.

MP in 200m: n = 36 Kontrolle: n = 5	gesamt MP in 200m Umkreis	gesamt Kontroll- MP ab 300m	Myotis MP in 200m Umkreis	Myotis Kontroll- MP ab 300m	Nyctaloid MP in 200m Umkreis	Nyctaloid Kontroll- MP ab 300m	Pipistrellus MP in 200m Umkreis	Pipistrellus Kontroll- MP ab 300m
Median	45 s	29 s	0,085 s	0,223 s	17,40 s	4,72 s	12,15 s	15,05 s
Teststatistik Mann- Whitney-U- Test	W =105.5 p = 0.5501		W = 74 p = 0.5217		W = 121,5 p = 0.2165		W = 81 p = 0.7426	

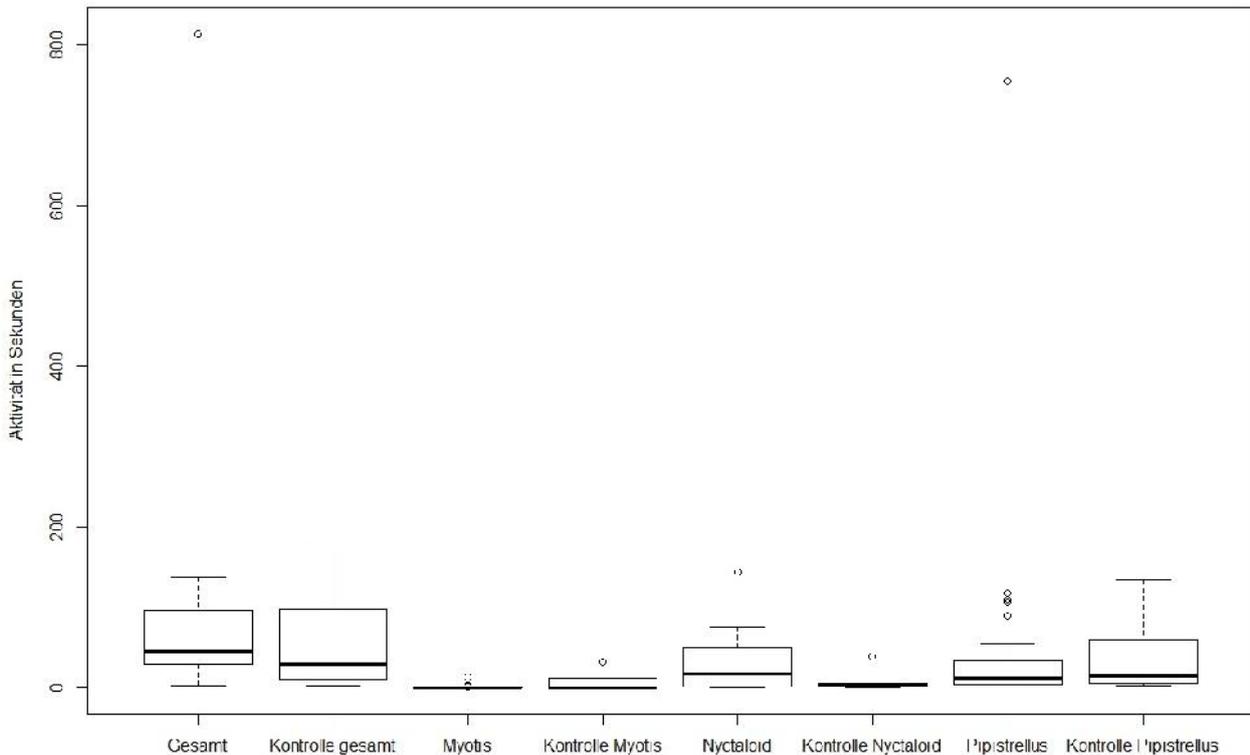


Abbildung 30: Boxplot- Diagramm der Verteilung der in 2014 erfassten gesamten Fledermausaktivität und der Aktivität der drei Gruppen Myotis, Pipistrellus und Nyctaloid an Standorten in bis zu 200 m Entfernung zum Digitalfunkmast im Vergleich zu den Kontrollstandorten in 300 und 500 m. Die Aktivität wird in Sekunden pro Nacht (Session) angegeben. In die Darstellung flossen Daten aus 42 Sessions in 2013 und 46 Sessions in 2014, n = 36 MP. Für jeden MP floss der Mittelwert aus den einzelnen Sessions ein und für die Standorte mit Erhebungen in zwei Durchläufen jeweils der Mittelwert aus den einzelnen Mittelwerten der Durchläufe.

Festzuhalten ist, dass während dem Probetrieb des Digitalfunkmasts im Jahr 2014 sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Höhe der erfassten Fledermausaktivität zwischen MP bis zu 200 m Entfernung vom Mast und den Kontroll- MP in 300 und 500 m Entfernung erkennen ließen. Für die Gattung Myotis und in stark abgeschwächter Form auch für die Gattung Pipistrellus ergaben sich jedoch Hinweise darauf, dass die Aktivität im Bereich der Kontroll- Messpunkte in größerer Entfernung höher war als im Nahbereich des Digitalfunkmasts. Die allgemeine Fledermausaktivität und die Aktivität der Nyctaloide waren im nahen Umfeld des Masts jedoch höher als an den Kontrollstandorten. Die Frage nach dem Mindestabstand zum Digitalfunkmast ab dem sich keine Auswirkungen mehr auf die Fledermausaktivität erkennen lassen, kann nicht abschließend geklärt werden. Wie in Kapitel 4.1 (Abb. 11) gezeigt, ist das Abstandsverhalten der gemessenen elektrischen Feldstärke nicht linear. Die Mittelwerte der Feldstärken in 40 und 30 Metern Höhe erreichen ihr Maximum bei 20 bzw. 100 m Abstand zum Mast. In Bodennähe erst in einer Entfernung von 200 Metern, so dass diese Entfernungsklasse noch nicht als Kontrolle zu werten war.

Abschließend wird der Fragestellung nachgegangen, ob die Fledermausaktivität negativ mit der Höhe der Feldstärke korreliert. Dafür wurden die Werte für die Höhe der jeweiligen Feldstärke und Aktivitätserfassung gegeneinander aufgetragen und auf einen Zusammenhang zwischen der Höhe der Feldstärke und der Höhe

der gemessenen Fledermausaktivität hin untersucht. Als Aktivitätswerte wurde der Mittelwert aus allen *batcorder*-Erfassungen an einem Messpunkt gebildet. Dieser setzt sich erneut aus dem MP der Sommer und der Herbst-Erhebungen zusammen. Die folgenden Streudiagramme sollen einen Zusammenhang veranschaulichen, falls dieser zwischen, jeweils pro MP, ermittelter Fledermausaktivität und gemessener Feldstärke existiert (Abb. 31). Anhand der Diagramme wird deutlich, dass weder für die Boden noch die Höhen-Messpunkte ein einfach zu deutender, negativer Zusammenhang zwischen den beiden Werten besteht. Die Wertepaare streuen in allen drei Höhen (Boden, 30 u. 40 m) relativ stark. Werte der Fledermausaktivität zwischen 0 und ca. 100 Aktivitätssekunden/Session wurden in Bodennähe für MP mit Feldstärke-Werten von 0,038 bis ca. 0,25 V/m ermittelt. Höhere Aktivitätswerte, zwischen ca. 100 und 200 s/Session bei MP mit Feldstärken von ca. 0,10 bis knapp 0,35 V/m. Die beiden Ausreißer hinsichtlich der Fledermausaktivität mit gut 400 und 800 s/Session wurden an MP mit Feldstärken von ca. 0,10 und 0,15 V/m erfasst. Für die bodennahen Messpunkte, an denen nur niedrige und mittel-hohe Werte der elektrischen Feldstärke gemessen wurden, ergibt sich aus der graphischen Analyse kein negativer Zusammenhang zwischen Feldstärke und Fledermausaktivität, vielmehr deutet sich ein minimal positiver Zusammenhang an. Mittels des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman wurde überprüft ob ein (monotoner) Zusammenhang zwischen Feldstärke und Fledermausaktivität besteht. Für die bodennahen Standorte ergibt sich ein positiver Korrelationskoeffizient nahe Null ($\rho = 0.0376$), dessen Wert vermutlich stark durch die beiden Ausreißer-Wertepaare beeinflusst wurde. Mit einem p-Wert von 0.8722 wird die Hypothese eines Zusammenhangs zwischen Fledermausaktivität und Feldstärke für die bodennahen Untersuchungsstandorte zurückgewiesen. Mit einem p-Wert von 0.1261 ($\rho = 0.4142857$) ergibt sich auch für die Messpunkte in 30 Metern Höhe kein signifikanter Zusammenhang zwischen Feldstärke und Fledermausaktivität. Die graphische Darstellung lässt, speziell für die Aktivitätswerte unter 70 s/Session eher einen leicht positiven Zusammenhang vermuten, der auch durch den positiven Wert des Korrelationskoeffizienten angedeutet wird. In 40 Metern Höhe konnten verhältnismäßig wenige MP untersucht werden, deren zugehörige Wertepaare noch dazu stark streuen. Auch hier lässt sich kein Zusammenhang zwischen der Höhe der gemessenen Feldstärke und der Fledermausaktivität erkennen, was aus dem Wert des Korrelationskoeffizienten nahe null ($\rho = 0.2$) hervorgeht ($p = 0.7833$).

Aufgrund der deutlichen Unterschiede in der Nutzungsintensität der Höhen durch die drei Artengruppen, wurde anschließend speziell für die Gattungen *Myotis* und *Pipistrellus* auf einen Zusammenhang zwischen Aktivität und Feldstärke an den bodennahen Messpunkten hin untersucht. Für die Gruppe der *Nyctaloide* ausschließlich an MP in der Höhe (vgl. Abb. 32).

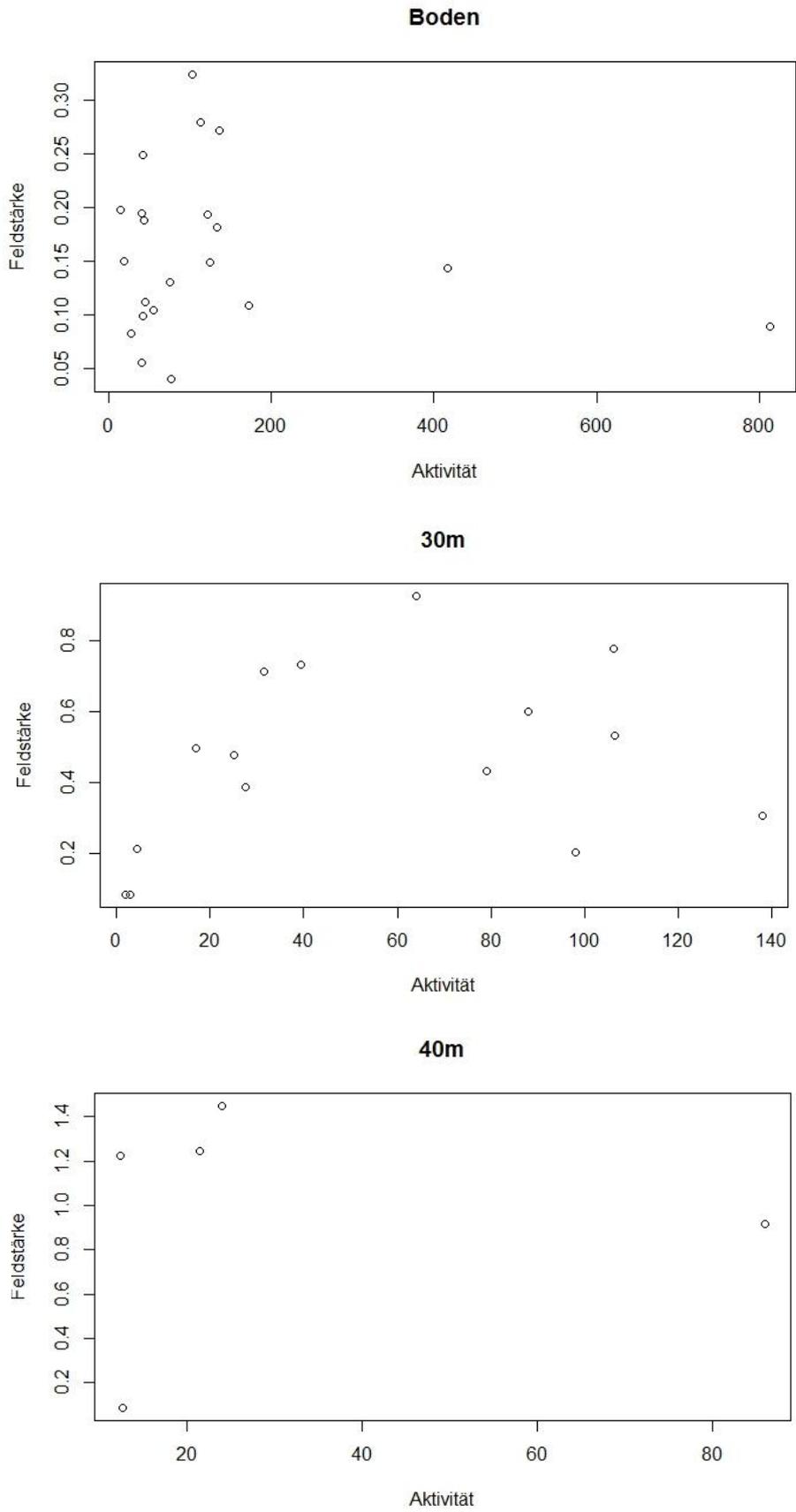


Abbildung 31: Streudiagramme der Messwerte der elektrischen Feldstärke (V/m) und der in 2014 erfassten Fledermausaktivität (s) an den jeweils gleichen Messpunkten in Bodennähe, 30 und 40 m Höhe.

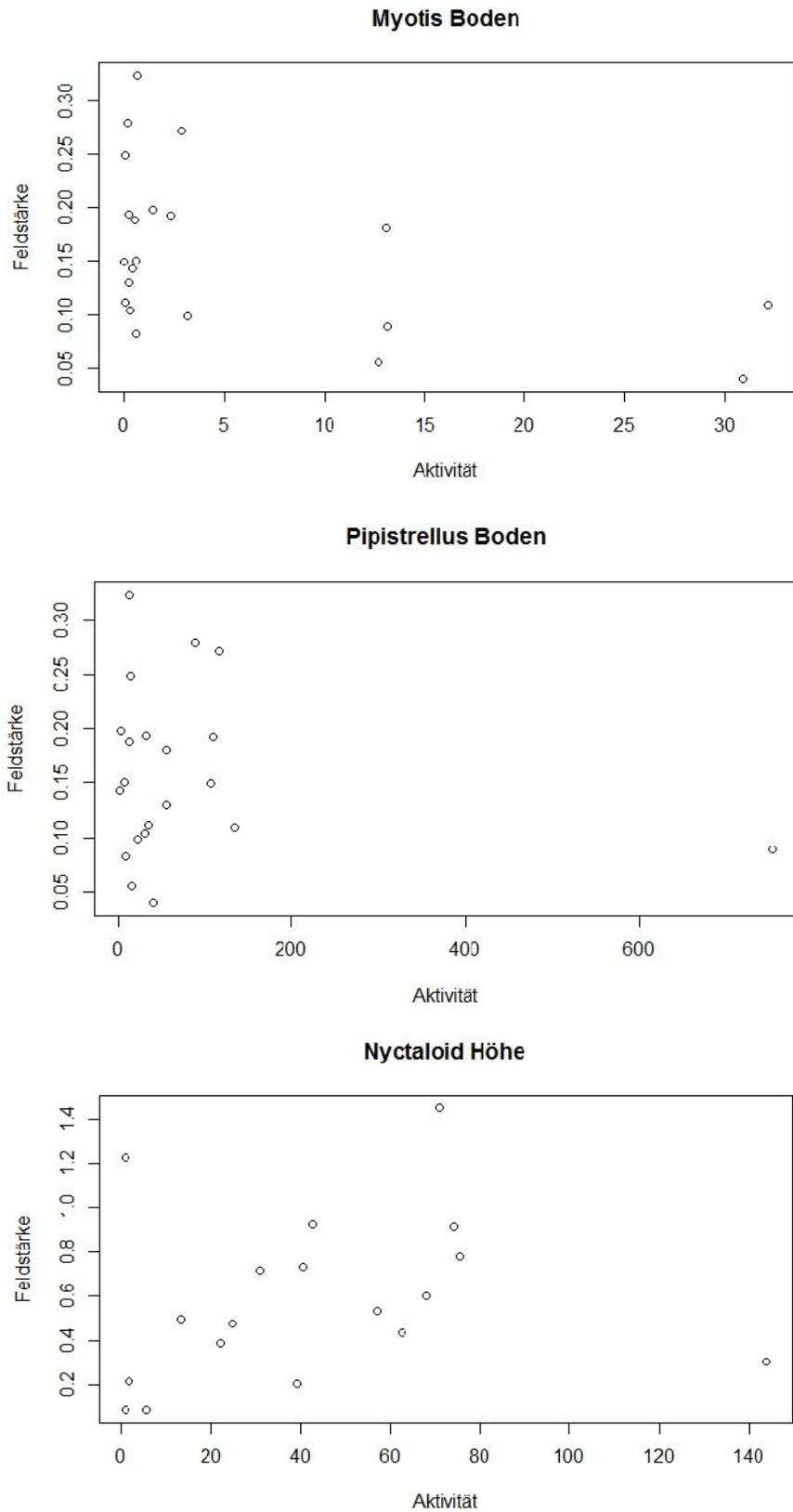


Abbildung 32: Streudiagramm der Messwerte der elektrischen Feldstärke (V/m) und der in 2014 erfassten Fledermausaktivität (s) an den Messpunkten in Bodennähe für die Gattungen Myotis und Pipistrellus und in der Höhe (30 und 40 m) für die Artengruppe Nyctaloid.

Digitalfunk und Fledermäuse

Das Streudiagramm für die Gattung *Myotis* ist klar zweigeteilt. Es finden sich viele MP mit einer sehr geringen Aktivität der Gattung. Diese streuen über das gesamte Spektrum der in Bodennähe gemessenen Feldstärken und lassen nahe der Ordinate eher eine sehr schwach positive Korrelation erahnen als einen negative Zusammenhang zwischen Feldstärke und Fledermausaktivität. Die fünf MP mit Aktivitäten über zehn s/Session konnten jedoch nur für MP mit Feldstärke- Werten der unteren Hälfte des Spektrums in Bodennähe registriert werden. Es wird deutlich, dass diese den negativen Korrelationskoeffizienten stark beeinflussen und die negative Korrelation von Fledermausaktivität und Feldstärke mit bedingen. Für die Gattung *Pipistrellus* lässt sich ähnlich wie bei *Myotis* bei den niedrigeren Aktivitätswerten keine negative Korrelation erkennen. Hier liegt nur ein Ausreißer vor, ebenfalls an einem MP mit geringer Feldstärke. Dennoch ergibt sich keine negative Korrelation zwischen Feldstärke und Aktivität der Gattung. Bei den *Nyctaloide* zeigt die graphische Analyse einen positive Zusammenhang der beiden Variablen (Testergebnisse siehe unten).

Abschließend lässt sich festhalten, dass anhand der vorliegenden Ergebnisse keine negative Korrelation der Höhe der Feldstärke mit der Höhe der allgemeinen Fledermausaktivität zu erkennen war. Und keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der Fledermausaktivität zwischen den Kontrollstandorten in 300 und 500 Metern Entfernung zum Digitalfunkmast, verglichen mit dem direkten Umfeld des Masts, definiert als der 200 m Umkreis, festgestellt wurden. Für die Gattungen *Myotis* und *Pipistrellus* ergaben sich jedoch Hinweise auf eine höhere Nutzungsintensität von Bereichen in Entfernungen von 300 und 500 Metern zum Digitalfunkmast als in dessen Nahbereich (bis 200 m). Für die Gattung *Myotis* konnte auch eine schwach negative Korrelation der Aktivität in 2014 mit der Höhe der gemessenen Feldstärke an den Boden-Messpunkten beobachtet werden (Abb. 32). Diese ist nicht signifikant (Spearman, $\rho = -0,37$, $p = 0,094$). Für die Gattung *Pipistrellus* ergab sich keine Korrelation der erfassten Aktivität mit der Feldstärke an den jeweiligen Messpunkten (Spearman, $\rho = 0,06$, $p = 0,78$). Und für die Gruppe der *Nyctaloide* zeichnete sich eine nicht signifikante, schwach positive Korrelation der Höhe der Aktivität mit der Höhe der gemessenen Feldstärke- Werte an den MP über dem Walddach in der Höhe ab (Spearman, $\rho = 0,37$, $p = 0,3746$).

4.8 Vergleich der Temperaturen in 2013/2014 als Einflussfaktor auf die Fledermausaktivität

Die Fledermausaktivität wird stark von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst und kann zwischen zwei Jahren und auch jahreszeitenabhängig deutlichen Schwankungen unterliegen (ZAHN et al. 1998), ohne dass spezielle Beeinträchtigungen z.B. in einem Jagdhabitat zu beobachten wären. Sie hängt maßgeblich von der Jahreszeit bzw. dem Jahreszyklus der Fledermäuse, der sich zwischen zwei Jahren auch um einige Tage oder sogar Wochen verschieben kann, von der Beutedichte und von den Witterungsbedingungen ab (HAYES 1997). Starken Einfluss auf die Fledermausaktivität speziell in der Höhe, wie hier über dem Kronendach, haben die Windverhältnisse (BACH & BACH 2009) und die Luftfeuchtigkeit (FRICK 2013, HAYES 2007). Im Rahmen der

Untersuchung wurde die Windstärke nicht gemessen. Aufgrund des stark windanfälligen Untersuchungsaufbaus mittels Teleskopgittermast und Carbon- Teleskopstange für die Höhermessungen konnten in Nächten mit mäßigem Wind keine Aktivitätserfassungen erfolgen, so dass dieser Einflussfaktor weitgehend unter Kontrolle gehalten werden konnte. Bei angekündigtem Niederschlag (<http://www.agrarheute.com>) wurden keine Untersuchungen durchgeführt. Anhand der Wetterdaten von Herrn Werner Neudeck aus Donauwörth wurde für Untersuchungs Nächte mit im Verhältnis wenigen Rufsequenzen und/oder für Nächten mit unsicheren Wetterverhältnissen nachgesehen, ob ein Niederschlag zu verzeichnen war und falls ja um welche Uhrzeit. Nächte mit länger als einstündigem, anhaltendem Niederschlag oder starkem Niederschlag wurden von der Auswertung ausgeschlossen, so dass anhand der Witterungsbedingungen eine Vergleichbarkeit zwischen den beiden Untersuchungs Jahren gegeben sein dürfte. Im Folgenden werden die Temperaturverläufe des Erfassungszeitraumes beider Jahre verglichen. Wie schon bei der Auswahl der zu wertenden Untersuchungs Nächte anhand der, jeweils um 05:00 Uhr und 20:00 Uhr gemessenen Temperaturen, also zu Beginn und gegen Ende der nächtlichen Aktivitätszeit. Um 20,00 Uhr lagen die Temperaturen in 2013 im Mittel bei 17,8 °C, in 2014 bei 18,3 °C. Bei den 05:00 Uhr Messungen ergab sich ein etwas größerer Unterschied zwischen den Jahren mit durchschnittlich 12,3 °C in 2013 und 13,4 °C in 2014. Für den Mittelwertvergleich der Temperaturdaten aus 2013 und 2014 wurde der Welch- t-Test gewählt (robust gegenüber der vorliegenden Varianzheterogenität) wonach sich kein signifikanter Unterschied zwischen den gemessenen Temperaturen in 2013 und 2014 feststellen ließ (20:00 Uhr: $t = -0.6145$, $p = 0.5399$, 05:00 Uhr: $t = -1.9069$, $p = 0.05849$). Die Temperaturverläufe sind in Abbildung 32 und 33 graphisch dargestellt.

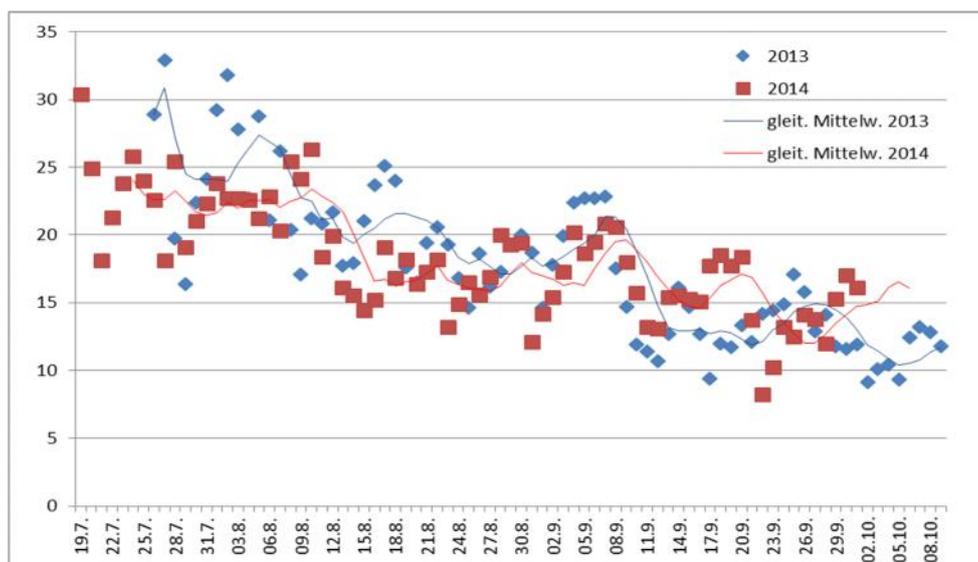


Abbildung 33: Vergleich des 20:00 Uhr- Temperaturverlaufs im Zeitraum der Untersuchungen zwischen den beiden Jahren 2013 bis 2014. Der Graphik liegen Daten des Wetterbeobachters Herr Werner Neudeck, Donauwörth, www.donwetter.de zugrunde.

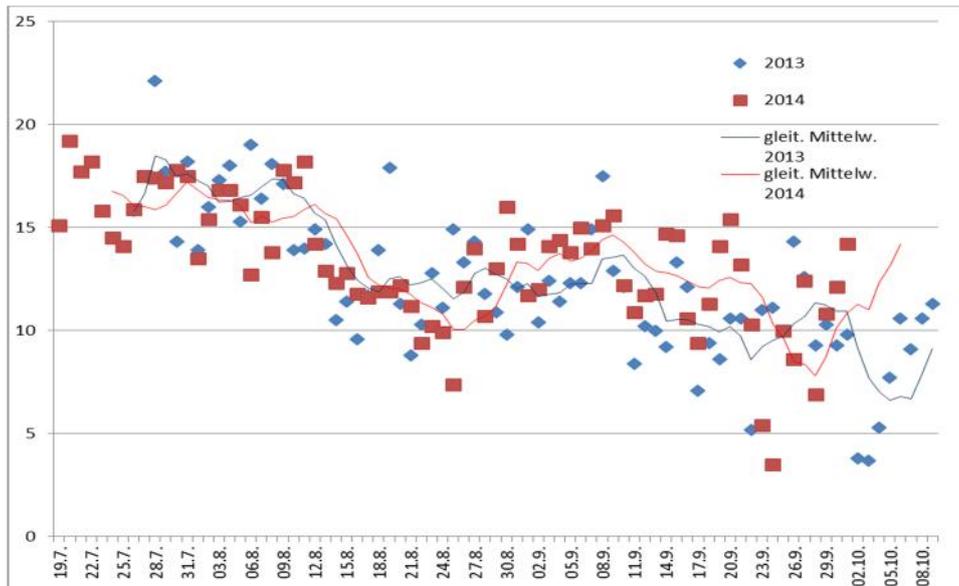


Abbildung 34: Vergleich des 05:00 Uhr- Temperaturverlaufs im Zeitraum der Untersuchungen zwischen den beiden Jahren 2013 bis 2014. Der Graphik liegen Daten des Wetterbeobachters Herr Werner Neudeck, Donauwörth, www.donauwetter.de zugrunde.

Werden allein die Temperaturen der in die Auswertung aufgenommenen Untersuchungsächte verglichen, ergibt sich für 2013 ein Mittelwert von 19,3°C für 20:00 Uhr und 13,0°C für 05:00 Uhr (Median: 19,3 °C, 12,3°C) und für 2014 ein Mittelwert von 18,4°C für 20:00 Uhr und 13,8°C für 05:00 Uhr (Median: 19,0°C, 13,8°C). Die mittleren Temperaturen der in die Auswertung eingeflossenen Untersuchungsächte waren zwischen 2013 und 2014 vergleichbar.

5 Diskussion der Ergebnisse

Der BOS- Digitalfunkmast im Donauwörther Stadtwald steht in einem bedeutenden Fledermauslebensraum, charakterisiert durch alt- und totholzreiche Buchen-, Eichen- und Hainbuchenwälder. Im direkten Umfeld dominieren ebenfalls Laub- und Mischwälder, Nadelwaldparzellen finden sich nur vereinzelt südwestlich des Standortes. Die hohe Fledermausartenvielfalt mit elf akustisch zweifelsfrei nachgewiesenen Arten und Hinweisen auf Vorkommen von fünf weiteren Arten auf einer Fläche von nur 78,5 ha unterstreicht die hohe Bedeutung des Gebietes für Fledermäuse. Areale des untersuchten 500 Meter Umfeld des Digitalfunkmasts sind in mehrfacher Hinsicht unter Schutz gestellt. Das gesamte Untersuchungsgebiet fällt in das FFH-Gebiet "Donauwörther Forst mit Standortübungsplatz und Harburger Karab" und Teile davon liegen in der Schutzzone des Naturparks Altmühltal und sind seit 2015 auch als Fläche des Nationalen Naturerbes ausgewiesen.

Als Zielart des FFH- Gebietes ist die Bechsteinfledermaus aufgeführt, deren Population durch Erhalt der alt- und totholzreichen Laub- und Mischwälder wiederherzustellen bzw. zu erhalten ist. Die Bechsteinfledermaus konnte im Rahmen der Untersuchung anhand der akustischen Rufaufzeichnungen nur sehr selten angesprochen werden. Sie zählt zu den Arten mit relativ leisen Echoortungsrufen und einer geringen Rufreichweite und wird bei rein akustischen Erfassungen häufig unterrepräsentiert in ihrer Häufigkeit dargestellt. Sie kann demnach weit häufiger im UG auftreten, als anhand der nur 19 Rufsequenzen dargestellt, zumal sie sich hinter den nur auf Gattungs- oder Gruppenniveau (*Myotis* klein-mittel) bestimmten Rufsequenzen verbergen kann. Nach den "Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen" (KFS, HAMMER & ZAHN 2009) kann die Bechsteinfledermaus bei fehlenden arttypischen Sozialrufen akustisch nie zweifelsfrei nachgewiesen werden, sofern Verwechslungsarten wie z.B. die Bart-/Brandtfledermaus häufig im UG vorkommen. Aufgrund der deutlich höheren Aktivität dieses Artenpaares im UG konnte die Bechsteinfledermaus nicht sicher nachgewiesen werden. Mit ihrem Vorkommen im Umfeld des Digitalfunkmasts ist aber zu rechnen.

Ein Vergleich mit dem zuvor im Donauwörther Stadtwald nachgewiesenen Artenspektrum und der im Landkreis Donau- Ries bekannten Fledermausarten (Artenschutzkartierung des BAYLFU, Stand 15.07.2014) zeigt, dass mit Ausnahme der Gattung *Plecotus* das im Rahmen der Untersuchung insgesamt 16 Arten umfassende, ermittelte Artenspektrum dem tatsächlich vorkommenden Artenspektrum mit hoher Wahrscheinlichkeit entspricht. Für die Mopsfledermaus gelang der Erstnachweis im Donauwörther Stadtwald, ebenso für Nord- und Zweifarbfledermaus. Für die Breitflügelfledermaus gilt dies aufgrund der wenigen arttypischen Rufsequenzen und der Häufigkeit der Verwechslungsarten nur unter Vorbehalt.

Aufgrund der Vielzahl nicht bis auf Artniveau bestimmbarer Rufsequenzen wurden die Ergebnisse zusammenfassend für die Artgruppen bzw. Gattungen *Myotis*, *Pipistrellus* und *Nyctaloide* dargestellt. Die

einzelnen Arten dieser Gruppen zeigen nicht nur Überlappungen ihrer Echoortungsrufen, sondern auch Ähnlichkeiten hinsichtlich ihres Flug- und Jagdverhaltens.

Im Zuge der in den letzten Jahren vermehrt durchgeführten Untersuchungen zur Fledermausaktivität im Rahmen der Windenergienutzung wurden viele Untersuchungen zur Aktivität von Fledermäusen in unterschiedlichen Höhenstufen durchgeführt, unter anderem auch an Waldstandorten (u.a. MÜLLER et al. 2013, PLANK et al. 2012, BRINKMANN et al. 2011, COLLINS & JONES 2009, GRUNWALD et al. 2009, GRUNWALD & SCHÄFER 2007). Es kristallisierte sich heraus, dass die Arten der Gattung *Myotis* in Waldgebieten innerhalb des Waldes oder entlang von Randstrukturen aktiv sind und weniger über dem Baumkronendach. Der freie Luftraum über dem Wald wird überwiegend durch Arten der Nyctaloid- Gruppe genutzt. Für die Pipistrelloid- Gruppe ist eine Einteilung schwieriger, MÜLLER et al. 2013 konnten z.B. einen Anstieg der Aufnahmezeit mit zunehmender Höhe bei Untersuchungen im Bayerischen Wald feststellen. PLANK et al. (2012) zeigten bei parallelen, akustischen Erfassungen in Bodennähe und im unteren Baumkronenbereich im Thayatal Nationalpark (Österreich), dass die Mückenfledermaus überwiegend in Bodennähe aktiv war, die Präferenz der Zwergfledermaus für eine Höhenstufe über das Jahr variierte. Die Raufhautfledermaus kann als fernwandernde Art im freien Luftraum strukturunabhängig beobachtet werden, auch über dem Kronendach (MÜLLER et al. 2013), fliegt bei der Jagd aber auch in geringeren Höhen, nahe an Strukturen (MESCHÉDE & RUDOLPH 2004). Im UG verteilte sich die Pipistrellus- Aktivität deutlich zu Gunsten der bodennahen Standorte (ca. 90 % der gesamten Aktivitätszeit). Die Zwergfledermaus war mit Abstand die am häufigsten im UG nachgewiesene Art, gefolgt von der Mückenfledermaus. Die Raufhautfledermaus konnte deutlich seltener nachgewiesen werden, wodurch die Höhenverteilung der Pipistrellus- Nachweise erklärt werden kann.

Die in 2013 im UG beobachtete Höhenverteilung stimmt mit den bisherigen Kenntnissen über die Nyctaloid- Gruppe überein. Diese Arten wurden überwiegend in der Höhe nachgewiesen (ca. 75 % in 2013 u. 80 % 2014). Hier ist der Unterschied zwischen Boden- und Höhen- Messpunkten jedoch weniger extrem ausgeprägt wie bei den anderen beiden Gruppen. Die Breitflügelfledermaus kann noch relativ häufig innerhalb von Wäldern in geringeren Höhen, z.B. über Freiflächen, in lichten Beständen oder über Forstwegen beobachtet werden (PLANK et al. 2012). Die Breitflügelfledermaus konnte im Untersuchungsgebiet jedoch nur sehr selten erfasst werden. Am häufigsten wurden Abendsegler und Nordfledermaus nachgewiesen. Beide Arten konnten MÜLLER et al. (2012) ebenfalls mehrheitlich über dem Kronendach im freien Luftraum feststellen. Kleinabendsegler jagen ebenfalls im freien Luftraum, wenn auch in geringeren Höhen als (Große) Abendsegler (MESCHÉDE & HELLER 2000). Die Zweifarbfledermaus ist ebenfalls eine typische, überwiegend im freien Luftraum strukturungebunden jagende Fledermausart (KRAPP 2011, DIETZ et al. 2007).

Auch wenn einige Arten der Gattung *Myotis* unterschiedliche Jagdverhaltensweisen zeigen und sie dementsprechend in abweichenden Häufigkeiten in den verschiedenen Straten des Waldes nachgewiesen

werden können (PLANK et al. 2012), so ist ihnen dennoch gemein, dass Jagdhabitats überwiegend in Wäldern und entlang von Forstwegen liegen, der freie Luftraum über dem Kronendach deutlich weniger intensiv genutzt wird (MÜLLER et al. 2013). In der vorliegenden Studie gelangen kaum Nachweise der Myotis- Arten in 30 oder 40 Metern Höhe. Über 98 % der Aktivitätszeit entfallen auf die bodennahen Messpunkte. Auch in Nächten mit einer sehr hohen Aktivität der Gattung in Bodennähe kam es nur ganz vereinzelt zu Rufaufzeichnungen in der Höhe. Aufgrund des verschwindend geringen Anteils der auf Artniveau für das Mausohr, die Fransenfledermaus, die Nymphenfledermaus und die Bechsteinfledermaus bestimmter Rufsequenzen und den vielen Myotis und Myotis klein-mittel Aktivitätssekunden wird eine der beiden des häufig nachgewiesenen, akustisch nicht weiter differenzierbaren Paares Bart-/Brandtfledermaus als häufigste Myotis- Art im UG vermutet, gefolgt von der Wasserfledermaus. Der tatsächliche Anteil der Bechsteinfledermaus an der Myotis- Aktivität kann nicht abgeschätzt werden.

Die Aktivität der Gattung Myotis nahm von 2013 auf 2014 um 85 % ab, von insgesamt 86 registrierten Aktivitätsminuten auf nur noch zwölf Minuten ab. Die Aktivität der Nyctaloid- Gruppe nahm um ca. 25 % von 62 min auf 46 min ab, während die Aktivität der Gattung Pipistrellus von 2013 auf 2014 leicht zunahm um 7 % von 100 min auf 107 min. Der Anteil unbestimmter Rufsequenzen war in 2014 ebenfalls deutlich geringer als in 2013. Während dem Betrieb des Digitalfunkmasts in 2014 wurde in dessen Umfeld eine deutliche Abnahme der Fledermausaktivität im Gegensatz zu den Erhebungen in 2013 vor der Inbetriebnahme des Masts beobachtet. Die Häufigkeitsverteilung der drei Gruppen änderte sich aufgrund des starken Aktivitätsrückgangs der Gattung Myotis zwischen den beiden Jahren. In beiden Jahren ist die Gattung Pipistrellus am stärksten im UG vertreten. 2013 war noch die Gattung Myotis die zweithäufigste Gruppe, 2014 die Nyctaloide.

Innerhalb dieser drei Gruppen veränderten sich die Aktivitätsanteile der zugehörigen Arten jedoch kaum. Arten, die in 2013 sehr selten erfasst bzw. bis auf Artniveau angesprochen werden konnten, wie die Bechstein- oder Fransenfledermaus, zählten auch in 2014 zu den selten erfassten Arten und zeigten keinen (Fransenfledermaus) oder nur einen sehr geringen Aktivitätsrückgang (Bechsteinfledermaus um 3%). Die Artzusammensetzung unterschied sich somit kaum zwischen den beiden Erfassungsjahren. Es zeichneten sich jedoch artgruppenspezifische Unterschiede ab, vor allem gekennzeichnet durch den starken Aktivitätsrückgang der Gattung Myotis. Für alle Arten mit Ausnahme von Zwerg-, Rauhaut-, Nord-, Breitflügel- und Fransenfledermaus wurde in 2014 ein Aktivitätsrückgang beobachtet. Am deutlichsten war dieser für die einzelnen Myotis- Arten.

Aus einem gesamten Datenpool von 293 *batcorder*- Erfassungen wurden nach im Vorfeld festgelegten Kriterien, z.B. zu den Temperatur- und Witterungsbedingungen oder den standardisierten Einstellungen der Erfassungsgeräte 217 *batcorder*- Erfassungen aus 107 Untersuchungs Nächten in die Auswertung aufgenommen. Die durchschnittlich erfasste Fledermausaktivität wird mit 154 s/Session (11,6 Rk/Std. u.92,8

Rk/Session) in 2013 und 86 s/Session (7,8 Rk/Std. u. 62,4 Rk/Session) als mittel- hoch für Fledermauserfassungen in Waldgebieten eingestuft. Dabei wird berücksichtigt, dass in der vorliegenden Studie bei den Erhebungen über dem Walddach generell eine geringere Aktivität als in Bodennähe registriert wurde. HÖHNE et al. (2015) registrierten bei akustischen Dauererfassungen in Wäldern und im Offenland an 27 Standorten in Südwest- und Zentraldeutschland eine durchschnittliche Fledermausaktivität von 161,8 Rk/Nacht. Allein an den bodennahen Standorten wurden in 2013 18 Rk/Std. (144 Rk/Session) und in 2014 11,6 Rk/Std (92,8 Rk/Session) erfasst. Trotz des starken Aktivitätsrückgangs konnte in 2014 immer noch eine mittel-hohe Fledermausaktivität nachgewiesen werden. In dem nahgelegenen, ähnlich artenreichen Waldgebiet westlich der Stadt Donauwörth, Nähe Schwarzenberg wurden 2013 an zwei vergleichbaren Standorten Aktivitäten in Bodennähe von durchschnittlich 5,4 und 6,7 Rk/Std. erfasst (LUSTIG et al. 2014).

Die allgemeine in 2014 im nahen Umfeld des Digitalfunkmasts (bis 200m) erfasste Fledermausaktivität lag deutlich unter der dort in 2013 erfassten Fledermausaktivität. Der Aktivitätsunterschied war jedoch knapp nicht signifikant. Die Aktivität der Gattung *Pipistrellus* in 2014 lag ebenfalls etwas unter der in 2014 ermittelten. Auch die Aktivität der Gruppe *Nyctaloid* nahm im 200 m Umfeld ab, wenn auch nur geringfügig. Für die aufgeführten Unterschiede in der Aktivität dieser beiden Gruppen zwischen 2013 und 2014 ergab sich jedoch keine Signifikanz. Die Gattung *Myotis* nahm in 2014 jedoch deutlich ab, der beobachtete Aktivitätsunterschied ist hochsignifikant. Die in gleicher Art und Weise, jedoch mit einem deutlich geringeren Stichprobenumfang (n = 4) durchgeführte Kontrolle an zwei Standorten in 300 und einem Standort in 500 Metern zum Mast ergab ebenfalls eine deutliche, wenn auch nicht signifikante Aktivitätsabnahme der allgemeinen Fledermausaktivität und der aller Artgruppen.

Starke Schwankungen der Fledermausaktivität in einem Gebiet über den Verlauf der (Jahres-)Zeit werden häufig beobachtet (ZAHN et al. 1998, HAYES 1997). Mit Ausnahme weniger Aktivitätsspitzen zeigten sich im Aktivitätsverlauf der beiden Jahre jedoch relativ deutliche Übereinstimmungen. Dies bot gute Voraussetzungen für den Vergleich der Höhe, der jeweils in 2013 und 2014 ermittelten Fledermausaktivität. Im Spätsommer/Herbst wurde in beiden Jahren eine geringere Aktivität als im Sommer von Ende Juli bis Ende August erfasst. Die allgemeine Fledermausaktivität war im Sommer 2013 signifikant geringer als im Sommer 2014. Der für die Gattung *Myotis* gemessene Aktivitätsunterschied war erneut hochsignifikant. Für die Gattung *Pipistrellus* war der Aktivitätsunterschied nicht signifikant. Die Aktivität der *Nyctaloide* war im Sommer 2014 höher als im Vorjahr. Dieser Unterschied war knapp nicht signifikant. Der Vergleich der Erhebungen im Spätsommer zu Herbst ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Jahren, die Aktivität nahm für alle Artgruppen ab.

Die Fragestellung nach einem möglichen Rückgang der allgemeinen Fledermausaktivität in 2014 im Vergleich zu dem Kontrolljahr vor Inbetriebnahme des Digitalfunkmasts in 2013 kann somit eindeutig beantwortet werden. Es konnte ein Rückgang der allgemeinen Fledermausaktivität in 2014 im Vergleich zu den "Vorher"-

Untersuchungen in 2013 beobachtet werden. Dieser nur knapp nicht signifikante Aktivitätsrückgang von 2013 auf 2014 im 200 Meter- Umkreis wurde jedoch auch an den Kontrollstandorten in 300 und 500 Metern Entfernung zum Mast festgestellt. Aufgrund der vergleichsweise sehr geringen Werte der elektrischen Feldstärke an diesen Kontrollstandorten wurde dort kein Einfluss des Digitalfunkmasts auf die Fledermausaktivität erwartet. Entweder lagen die elektromagnetischen Immissionen im Bereich der Kontrollstandorte (0,0548 - 0,1092 V/m) immer noch in einem Bereich, der bei Fledermäusen ein Meideverhalten auslöst oder die Fledermausaktivität war aus einem anderen, unbekanntem Grund z.B. aufgrund natürlicher Schwankungen in 2013 im UG generell höher als in 2014. Der direkte Vergleich von Kontrolle und 200 Meter Umfeld in 2014 ergab, dass sich während dem Probetrieb des Digitalfunkmasts keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Höhe der erfassten allgemeinen Fledermausaktivität zwischen MP bis zu 200 m Entfernung vom Mast und den Kontroll- MP ab 300 m Entfernung erkennen ließen. Für die Gattung Myotis und in stark abgeschwächter Form auch für die Gattung Pipistrellus ergaben sich jedoch Hinweise auf eine höhere Nutzungsintensität von Bereichen in Entfernungen von 300 und 500 Metern zum Digitalfunkmast als in dessen Nahbereich (keine Signifikanz). Die allgemeine Fledermausaktivität und die Aktivität der Artengruppe Nyctaloide waren im Umkreis bis 200 Meter um den Funkstandort jedoch deutlich höher als an den Kontrollstandorten. Diese Beobachtungen könnten ein Hinweis darauf sein, dass eventuell nur Arten der Gattung Myotis das nahe Umfeld des Digitalfunkmasts in 2014 gemieden haben.

Der Vergleich des Boden/Höhe- Aktivitätsverhältnis zwischen 2013 und 2014 ergab, dass sich in Bezug auf die Höhe keine veränderte Raumnutzung abzeichnete. Für die Gattungen Myotis und Pipistrellus ergab sich in 2014 ein annähernd gleich hohes Verhältnis der Nutzungsintensität von Boden zu Höhe wie in 2013. Die allgemeine Fledermausaktivität nahm an den Höhen- MP von 2013 auf 2014 ab, wie auch die Aktivität der anderen beiden Gruppen. Der Aktivitätsrückgang bei der Gattung Myotis war erneut signifikant. Die Nyctaloide nutzten auch während dem Betrieb des Masts die Höhe deutlich intensiver als die bodennahen Bereiche. Hier steigt der Anteil der Nachweishäufigkeit in der Höhe sogar geringfügig gegenüber 2013 an, die Aktivität an den bodennahen MP nahm entsprechend signifikant ab. An den Untersuchungsstandorten im Umkreis von 150 Metern lagen alle gemessenen Feldstärken in Bodennähe deutlich unter den in Höhen von 30 und 40 Metern gemessenen Werten. Dies führte nicht zu einer veränderten Raumnutzung der Fledermäuse in 2014. Aufgrund der Anpassungen dieser Nyctaloid- Fledermausarten an den überwiegend strukturunabhängigen Nahrungserwerb im freien Luftraum, wäre ein Ausweichen in geringere Höhen innerhalb des Waldes auch kaum zu erwarten. Die Aktivitätszunahme in der Höhe in 2014 spricht aber dafür, dass diese Arten Bereiche mit erhöhten Feldstärken nicht mieden.

Ein von der Höhe der elektromagnetischen Immissionen der BOS- Basisstation im Donauwörther Stadtwald abhängiger Einfluss auf die allgemeine Fledermausaktivität in der Umgebung wurde nicht nachgewiesen. Die Höhe der gemessenen Feldstärke korrelierte nicht negativ mit der Höhe der allgemeinen Fledermausaktivität an den einzelnen Messpunkten. In keiner der drei Höhenklassen ließ sich ein negativer Zusammenhang

zwischen elektrischer Feldstärke und allgemeiner Fledermausaktivität erkennen. In 30 Metern Höhe deutete sich eher eine schwach positive Korrelation an. An Messpunkten mit einer mittel- hohen und hohen elektrischen Feldstärke ergaben die Messungen zur Fledermausaktivität in 2013 eine geringere Aktivität als in 2014. An den Messpunkten mit vergleichsweise niedrigen Immissionswerten jedoch in 2013 vor Inbetriebnahme eine höhere Aktivität als während dem Betrieb des Digitalfunkmasts. Die Unterschiede sind jeweils nicht signifikant, deuten jedoch auf eine von der Höhe der Feldstärke unabhängige allgemeine Fledermausaktivität hin. Hinsichtlich möglicher Einflüsse der elektromagnetischen Immissionen im Umfeld des Digitalfunkmasts auf die drei Artengruppen Myotis, Pipistrellus und Nyctaloid zeichnet sich jedoch ein hiervon teils abweichendes, differenzierteres Bild ab.

Die elektromagnetischen Immissionen des BOS- Digitalfunkmasts im Donauwörther Stadtwald zeigten keine Auswirkungen auf die Gruppe der Nyctaloide, die aufgrund ihres Jagd- und Flugverhaltens und der daraus resultierenden hohen Nutzungsintensität des freien Luftraumes über dem Kronendach den Bereichen mit den höchsten elektromagnetischen Immissionen ausgesetzt war. Es konnten keine Änderungen in der Raumnutzung und keine Feldstärke abhängige Aktivitätsverteilung bei dieser Artengruppe festgestellt werden. Anhand dieser Ergebnisse wird davon ausgegangen, dass der Digitalfunkmast keine negativen Auswirkungen auf die Fledermausarten dieser Gruppe hat.

Für die Gattung Pipistrellus, mit der Zwerg- und Mückenfledermaus den am häufigsten im UG nachgewiesenen Arten konnte kein signifikanter Aktivitätsrückgang von 2013 vor auf 2014 nach Inbetriebnahme der BOS- Sendeanlage festgestellt werden. In 2014 wurde im Nahbereich des Masts (bis 200 m) eine etwas geringere Aktivität als an Kontroll- Standorten mit deutlich niedrigeren Feldstärken in 300 und 500 m Entfernung zum Mast registriert. Für die überwiegend in Bodennähe erfasste Gattung ergab sich jedoch kein (negativer) Zusammenhang zwischen der Höhe der gemessenen Feldstärken und der Höhe der Aktivität für die jeweiligen Messpunkte. Ein Meideverhalten, ausgelöst durch die Höhe der elektromagnetischen Immissionen im Umfeld des Digitalfunkmasts, wurde für die Gattung Pipistrellus nicht beobachtet. Negative Auswirkungen des Digitalfunkmasts auf die Arten der Gattung Pipistrellus werden nicht erwartet. NICHOLLS & RACEY (2007) beschreiben eine signifikant geringere allgemeine Fledermausaktivität im Umfeld bis 200 Meter um Radaranlagen, im Vergleich zu den weiter entfernten Kontrollstandorten. Art- oder Artgruppen spezifische Unterschiede wurden hier nicht angegeben. Die allgemeine Fledermausaktivität setzte sich jedoch zu 83 % aus den Arten Zwerg- und Mückenfledermaus zusammen (neben Wasser- und Fransenfledermaus). Ein Meideverhalten von Arten der Gattung Pipistrellus, bei der vorliegenden Untersuchung ebenfalls den beiden am häufigsten im UG nachgewiesenen Arten, konnte demnach schon beobachtet werden. Möglicherweise tritt dieses erst verstärkt bei höheren Immissionswerten als im UG registriert auf.

Dieser Zusammenhang zeigte sich jedoch für die Gattung *Myotis*, zu der auch die Bechsteinfledermaus zählt. Die Höhe der Feldstärke korreliert leicht negativ mit der Höhe der *Myotis*- Aktivität an den Messpunkten. Diese Korrelation ist jedoch nicht signifikant. Der Betrieb des Digitalfunkmasts und die damit einhergehenden elektromagnetischen Immissionen in dessen Umfeld können nicht als Auslöser des starken, signifikanten Aktivitätsrückgangs der Gattung *Myotis* in 2014 nachgewiesen werden. Vermutlich nehmen hier mehrere Faktoren Einfluss auf die Aktivität in 2014. In drei Nächten in 2013 konnten an zwei benachbarten Standorten (Süd 200 und 300) Aktivitätsspitzen der Gattung mit über 1200 s/Session aufgezeichnet werden. Mehrheitlich konnten diese nur der Gattung *Myotis* und der Gruppe *Myotis*- klein mittel zugeordnet werden. Aufgrund des Verhältnisses der bis auf Artniveau bestimmten Rufsequenzen ist von einer sehr hohen Aktivität einer Art des Artenpaares Bart-/Brandtfledermaus auszugehen. In diesen drei Augustnächten wurden 75 % aller in 2013 der Gattung *Myotis* zugeordneten Aktivitätssekunden aufgezeichnet. In den Rufaufzeichnungen fanden sich keine Hinweise auf mehr als zwei zeitgleich rufende Individuen. Unter Ausschluss dieser drei Nächte relativiert sich der Rückgang der Gattung *Myotis* von 2013 auf 2014. Anstatt um 85 % reduzierte sich die erfasste Aktivität der Gattung um 46 %. Dies stellt jedoch noch immer einen deutlichen Aktivitätsrückgang dar. Da ausschließlich für die Gattung *Myotis* eine, wenn auch nicht signifikante, Korrelation von Feldstärke und Fledermausaktivität beobachtet werden konnte, ist es möglich, dass die elektromagnetischen Immissionen des Digitalfunkmasts nur eine art- oder artgruppenspezifisch Reaktion in Form eines schwachen Meideverhaltens auslösen.

Zeigen Fledermäuse eine direkte Reaktion auf starke elektromagnetische Felder, so wäre davon auszugehen, dass Bereiche mit höheren Feldstärken auch stärker gemieden werden als Bereiche mit niedrigeren Feldstärke- Werten, entgegen der hier erfolgten Beobachtungen. Die Einteilung der gemessenen Feldstärken $< 0,15 \text{ V/m}$ als "niedrige Feldstärke- Werte" ist nicht gleichzusetzen mit der Aussage, dass bei diesen Werten keine Auswirkungen auf Fledermäuse erwartet werden. Die Kategorisierung erfolgte behelfsmäßig, da untersucht werden sollte, ab welchen Werten der elektrischen Feldstärke gegebenenfalls Auswirkungen auf Fledermäuse in Form eines Meideverhaltens der jeweiligen Bereiche beobachtet werden können. Unter der Annahme, dass die Höhe der elektrischen Feldstärke einen Einfluss auf die Fledermausaktivität hat, muss erwartet werden, dass sich an Standorten bzw. MP mit höheren Feldstärken ein Meideverhalten abzeichnet und an Standorten mit niedrigeren Werten dieses eventuell nur noch in abgeschwächter Form oder gar nicht mehr zu beobachten ist. Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, dass bei allen drei im UG gemessenen Feldstärke- Kategorien ein Meideverhalten zu beobachten wäre, möglicherweise unabhängig von der Höhe der gemessenen Feldstärken. Die vorliegenden Ergebnisse des Fledermaus- Aktivitätsvergleichs zwischen 2013 und 2014 für die einzelnen Feldstärke- Kategorien entsprechen keiner dieser beiden Möglichkeiten. Ein Meideverhalten der Fledermäuse als direkte Reaktion auf die Höhe der Feldstärke wurde nicht nachgewiesen. Bei den Untersuchungen von NICHOLLS & RACEY (2007) im Umfeld von zehn Radaranlagen hatte die Höhe der gemessenen Feldstärke innerhalb von 400 Metern um die Anlagen keinen signifikanten

Digitalfunk und Fledermäuse

Effekt auf den Feldermaus- Aktivitätsunterschied zwischen Teststandorten mit messbarer Feldstärke und den Kontrollstandorten ohne messbare Immissionen in über 400 Metern Entfernung. Der Anlagen- Typ übte jedoch einen signifikanten Effekt aus, so war der Aktivitätsunterschied zwischen Umfeld und Kontrolle bei Radaranlagen der zivilen Flugverkehr- Überwachung am stärksten und bei militärischen Flugverkehr- Überwachungsanlagen am schwächsten.

Sollten Fledermäuse Bereiche mit erhöhten elektromagnetischen Immissionen oder das Umfeld von Funkanlagen im Allgemeinen, unabhängig von der kleinräumig variierenden Höhe der Feldstärke, generell eher meiden als Bereiche in größerer Entfernung zu den Anlagen, dann kann gegebenenfalls kein Zusammenhang zwischen Höhe der Feldstärke und Höhe des Aktivitätsrückgangs zu erkennen sein. Ein Vergleich zwischen der Fledermausaktivität im Umfeld der Funkanlage mit im gleichen Umfang durchgeführten Erfassungen in einem vergleichbaren Habitat in größerer Entfernung könnte die Frage beantworten, ob das Umfeld des Digitalfunkmasts nicht einfach generell von Fledermäusen weniger aufgesucht wurde. Je weiter Kontrolle und Funkmast jedoch auseinanderliegen, umso mehr können sich die weiteren, teils unbekannt, nicht messbaren Einflussfaktoren auf die Fledermausaktivität zwischen den beiden Bereichen unterscheiden und die Vergleichbarkeit der Messergebnisse erschweren. Hier ist ein Mittelmaß zwischen möglichst geringen Feldstärke- Werten, in Annäherung an die nahezu überall messbaren Werte und einer möglichst hohen Vergleichbarkeit der beiden untersuchten Bereiche hinsichtlich der Habitateigenschaften, des Fledermausartenspektrums, der Nachttemperaturen etc. zu finden. In der vorliegenden Studie wurde ein maximaler Abstand von 500 Metern zum Digitalfunkmast hinsichtlich der Vergleichbarkeit zwischen Kontrollstandorten und US im Nahbereich des Masts als gutes Maß angesehen. Die "Pufferzone" zwischen den Untersuchungsstandorten und den Kontroll-US betrug 100 Meter. Die an den als Kontrolle bewerteten MP gemessenen Feldstärke- Werte zwischen 0,0548 V/m und 0,1092 V/m liegen noch deutlich über dem Wert der Nullmessung in 2013 mit maximalen Werten bis 0,004 V/m, aber auch deutlich unter der Mehrzahl der an den restlichen Untersuchungsstandorten gemessenen Werte. Die Auswahl der Kontroll- MP musste schon in 2013 erfolgen, da die Untersuchungen einen Vorher-/Nachher Vergleich beinhalten sollten. Es war zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt, welche Immissionswerte in 300 oder 500 Metern Abstand zum Mast noch zu erwarten wären und es wurden hierzu auch keine konkreten Auskünfte von Seiten des Auftraggebers erteilt. Im Nachhinein zeigte sich, dass die Wahl der Kontrollstandorte in noch weiterer Entfernung zum Mast, evtl. in bis zu einem Kilometer günstiger gewesen wäre, um Standorte mit vergleichsweise noch geringeren Immissionswerten zu untersuchen. In Ermangelung anderslautender Kenntnisse oder Anhaltspunkte darüber, ab welchen Werten der elektrischen Feldstärke keine Auswirkungen auf Fledermäuse mehr zu erwarten sind, wurden die Werte der Kontroll- Standorte als niedrig genug gewertet, v.a. im Verhältnis zu den Werten der weiteren US.

NICHOLLS & RACEY (2007) wählten bei ihren Untersuchungen im Umfeld von zehn Radaranlagen in Schottland einen Abstand von 400 Metern zu den Anlagen als Kontrolle. Für die Kontrollstandorte werden

Immissionen von 0 V/m angegeben. Die Messungen der Feldstärke und Fledermausaktivität erfolgten jeweils in Bodennähe. Standorte mit hohen Feldstärke- Werten wurden in einer Entfernung bis zu 200 m zur Radaranlage gewählt, Standorte mit mittelstarken Immissionswerten in Entfernung zwischen 200 und 400 Metern. Die allgemeine Fledermausaktivität war an den Kontrollstandorten signifikant höher als an den Standorten bis zu 200 m Entfernung mit hohen Feldstärken von $> 2\text{V/m}$. Für die Standorte mit mittel- hohen Feldstärken zwischen $0 - < 2\text{V/m}$ war der Unterschied nicht signifikant, die Fledermausaktivität lag im Bereich der Kontrollen aber immer noch höher.

In der Freilandforschung kann eine Vielzahl unbekannter und nicht oder nur schwer messbarer Faktoren einen Einfluss auf die Fledermausaktivität ausüben. Starke jahreszeitliche Schwankungen der Fledermausaktivität an einem Standort wurden schon häufig beschrieben (z.B. Zahn et al. 1998, HAYES 1997). Neben Witterungsbedingungen, deren Einfluss bei der vorliegenden Untersuchung relativ gut unter Kontrolle gehalten werden konnte, indem keine Messungen bei Regen und stärkerem Wind stattfanden bzw. gewertet wurden, hat auch die Temperatur einen wesentlichen Einfluss auf die Fledermausaktivität. Der Temperaturvergleich zwischen den beiden Untersuchungszeiträumen zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen 2013 und 2014. Zwischen zwei Jahren kann es z.B. bedingt durch besonders kühle Temperaturen im Frühjahr zu einer Verzögerung des Fortpflanzungszyklus bei Fledermäusen kommen, indem sich z.B. die Geburten um wenige Tage aber auch um Wochen nach hinten verzögern. Dadurch verschiebt sich auch die Wochenstubenzeit, eine Phase im Jahreszyklus der Fledermäuse, die mit vergleichsweise hoher Fledermausaktivität in den Jagdhabitaten oder in der Nähe von Wochenstubenquartieren (z.B. in Baumquartieren im Wald) einhergeht. Speziell für die Zwergfledermaus wird häufig eine Schwärm- und Quartiererkundungsphase im Spätsommer, nach Auflösung der Wochenstubenverbände erwähnt, während der z.B. im Gondelbereich von Windenergieanlagen oder in bestimmten Nahrungshabitaten ein sogenanntes Massenaufreten der Art beobachtet wird. Dieses Phänomen kann meist nur punktuell in wenigen Nächten beobachtet werden und ist noch weitgehend unerforscht. All diese Faktoren können bei Freilandversuchen nie ganz in den Griff bekommen werden, dürfen bei der Interpretation der erhobenen Datensätze aber nicht ganz außer Acht gelassen werden.

Speziell von Fledermausarten mit weit reichenden Echoortungsrufen können Rufe sowohl mit dem unteren *batcorder* in Bodennähe als auch mit dem parallel laufenden *batcorder* über dem Kronendach erfasst worden sein. Dass es sich hierbei zumindest innerhalb der Gattungen *Myotis* und *Pipistrellus* um Ausnahmen handeln dürfte, zeigten beispielhaft die Nächte mit sehr hoher Aktivität der Gattungen *Pipistrellus* in denen über 1000 Aktivitätssekunden mittels des bodennahen *batcorders* erfasst wurden, jedoch nur eine einzige Aktivitätssekunde, ein Kontakt an dem MP in 40 Metern Höhe. Ein ähnliches Verhältnis ergab sich für den Standort Süd 300. In 30 m Höhe wurden 0,78 s registriert, in Bodennähe 2366 s der Gattung *Myotis*. PLANK et al. (2012) konnten bei Untersuchungen innerhalb des Waldbestandes in Bodennähe und parallel in Höhen zwischen zehn bis 19 Metern, knapp unter den Baumkronen nur für 4,4 % der Aufnahmen Überlappungen

innerhalb des gleichen Zeitintervalls feststellen. Auch wenn das Baumkronendach über den US aufgrund der Forstwege und speziell auf dem Ost- und Westtransekt über der Straße und den Freiflächen im ehemaligen Munitionslager nicht ganz geschlossen war, ist dennoch davon auszugehen, dass es kaum Überlappungen zwischen den Boden und Höhenerfassungen, sowohl in 30 als auch in 40 Metern gibt.

Über die möglichen Wirkungen elektromagnetischer Felder speziell auf Fledermäuse liegen keine konkreten Forschungsergebnisse vor. Im Wesentlichen wurden bisher zwei mögliche Wirkungsmechanismen diskutiert (NICHOLLS & RACEY 2007 u. 2009), auf die im Folgenden aufgrund der Vollständigkeit halber kurz eingegangen werden soll. Die Frage nach der möglichen biologischen Wirkung elektromagnetischer Immissionen auf Fledermäuse war nicht Inhalt dieser Studie. Die möglichen Wirkungen von EMF auf Organismen werden sehr kontrovers diskutiert. Nach dem BfS (2015) kann als einziger wissenschaftlich nachgewiesener und anerkannter Effekt die Erwärmung infolge von Energieabsorption angesehen werden. Es liegen eine Reihe von Untersuchungen über biologische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder vor, die hier nicht bewertet, aber auf die für weitere Informationen verwiesen wird (u.a. CURCURACHI 2013 (Literaturstudie), LYUBOV et al. 2011, EVERAERT & BAUWENS 2007, BALMORI 2005, STEINER & BRUDERER 1999, SIENKIEWICZ 1998, JUSTESEN 1979). NICHOLS & RACEY (2007) führen auf, dass für viele Tierarten eine kurzzeitige Überhitzung deutlich stärkere negative Auswirkungen haben kann als eine Unterkühlung in gleicher Größenordnung (REEDER & COWLES 1951). Hochfrequente elektromagnetische Felder werden durch den Körper eines Organismus absorbiert, wodurch frequenzabhängige Moleküle in Schwingungs- und Rotationsresonanz versetzt werden und infolge von Reibungsverlusten Wärme entsteht (PROJEKTORGANISATION DIGITALFUNK BOS BRANDENBURG 2013). Durch die im Verhältnis zur Körpergröße sehr große Flügeloberfläche von Fledermäusen, über welche die Strahlung absorbiert wird, kann sich der Wärmeeffekt somit verstärkt. In Kombination mit der Wärmeproduktion während dem Flug könnte dieser zusätzliche Effekt Fledermäuse besonders empfindlich gegenüber Überhitzung machen (SPEAKMAN 1994). Es ist daher möglich, dass Fledermäuse während dem Flug in der Nähe von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern aufgrund einer Art Überhitzung beeinträchtigt werden. Der Nahbereich von Sendemasten könnte, in Abhängigkeit von Frequenz und Intensität der elektromagnetischen Immissionen, für Fledermäuse daher unattraktiv als Jagdhabitat werden bis hin zu einem Gefahrenbereich aufgrund einer möglichen Überhitzung (NICHOLLS & RACEY 2007). Aufgrund der relativ schwachen, effektiven Sendeleistung von Radaranlagen vermuten NICHOLLS & RACEY (2009) einen anderen Grund für das beobachtete Meideverhalten im Umkreis der Radaranlagen. Dieser zweite in NICHOLLS & RACEY (2007) aufgeführte, mögliche biologische Effekt auf Fledermäuse durch hochfrequente elektromagnetische Felder (EMF) beruht ebenfalls auf dem Wärmeeffekt und wird in der Folgestudie (NICHOLLS & RACEY 2009) von den Autoren als Auslöser für ein beobachtetes Meideverhalten favorisiert.

Das sogenannte Prinzip des "Mikrowellenhörens" nach LIN (1976 u. 1977) beruht auf der Annahme einer Störung der Echoortung durch EMF. Die Laut-Wahrnehmung von Mikrowellen ist das Ergebnis der

thermoelastischen Ausdehnung, die in einer thermischen Welle gipfelt und sich durch das weiche Gewebe des Kopfes bis zum flüssigkeitsgefüllten Innenohr fortsetzt. Dort wird sie in eine Schalldruckwelle umgewandelt, die wiederum Hörnervenzellen der kHz- Bandbreite stimuliert. Die Frequenz des induzierten Geräusches ist eine Funktion bestehend aus der Kopfgröße und den akustischen Eigenschaften des Gehirns (im Durchschnitt bei Meerschwein, Katze, Mensch: 45, 38, 13 kHz). Es ist daher nicht nur möglich sondern auch wahrscheinlich, dass Fledermäuse diesen Puls wahrnehmen können und dieser im Bereich der zur Orientierung und Jagd genutzten Frequenzen liegt. Es gibt keine Anhaltspunkte, dass die durch EMF ausgelösten Pulse eine andere Wirkung auf Fledermäuse erzielen, als ein Ultraschallsignalgeber der gleichen Frequenz (NICHOLLS & RACEY 2007). Besteht in der Nähe von Funkanlagen für Fledermäuse eine Gefahr der Hyperthermie oder können Fledermäuse einen Wärmeeffekt, sprich eine erhöhte Wärmebelastung wahrnehmen und diese mit dem induzierten Signal verbinden, wäre dadurch ein Meideverhalten im Nahbereich hochfrequenter elektromagnetischer Felder erklärbar (NICHOLLS & RACEY 2007).

Es ist bekannt und erwiesen, dass Fledermäuse zum Teil in erheblicher Anzahl an Windenergieanlagen (WEA) verunglücken können. Neben den momentan vorrangig praktizierten Schutzmaßnahmen für Fledermäuse an WEA, der durchdachten Standortwahl der WEA in Kombination mit einem fledermausfreundlichen Betriebsalgorithmus, das bedeutet einer zeitweisen Abschaltung der WEA in Nächten mit einer zu erwartenden erhöhten Fledermausaktivität (vgl. ARNETT et al. 2011, BRINKMANN et al. 2011), werden Vermeidungsmaßnahmen in Form einer Vertreibung/Abschreckung von Fledermäusen aus dem Gefahrenbereich der WEA diskutiert. Mit dieser Thematik befassten sich schon Studien in den USA (HORN et al. 2008, SPANJER 2006). Es wurde unter anderem versucht, Fledermäuse mittels breitbandiger Ultraschall-Beschallung von WEA fernzuhalten (Arnett et al. 2013). Erste Vermeidungseffekte wurden dadurch erzielt, allerdings bestehen einige Probleme weiterhin, z.B. bedingt durch eine zu geringe Reichweite und eine zu hohe verbleibende Fledermausmortalität. Inwiefern Radar als Abwehrmechanismus in Frage kommen könnte, wurde von NICHOLLS & RACEY (2009) gezielt in ihrer Folgestudie in Schottland untersucht. Die Studie wurde durchgeführt, um zu testen, inwiefern hochfrequente elektromagnetische Felder als Methode genutzt werden könnten, Fledermäuse vor dem Tod an Windkraftanlagen zu schützen. Die Autoren konnten dabei Folgendes beobachten. Die Fledermausaktivität und die Jagdintensität (gemessen als Verhältnis feeding-buzz/Rufkontakt) reduzierten sich während der experimentellen Testreihen (0,08 μ s, 2100 Hz, EMF 26,24 V/m (10m), 22,99 V/m (20m), 20,25 V/m (30m Entfernung)) mit fixierter Radarantenne und damit maximaler Exposition der Fledermäuse signifikant gegenüber den Kontrollen ohne Strahlung. Das Radar hatte keine signifikante Wirkung auf die Menge der in den Fallen gefangenen Insekten, obwohl die Fledermausaktivität während der experimentellen Testreihe signifikant vermindert war. Der Meidung der Teststellen durch die Fledermäuse liegt voraussichtlich eine direkte Reaktion auf das Radar zu Grunde und keine an eine verminderte Beutedichte gekoppelte Reaktion. Kein signifikanter Unterschied bestand darüber hinaus zwischen Kontrolle und Test bei mittlerer Intensität (0,3 μ s, 1200 Hz, EMF 25,52 V/m (10m), 18,68 V/m (20m),

Digitalfunk und Fledermäuse

17,67 V/m (30m Entfernung). Die Autoren (NICHOLLS & RACEY 2009) verweisen darauf, dass es möglich ist, dass nur eine bestimmte Kombination aus Wellenlänge, Pulswiederholungsrate, Ausgangsleistung, Körpergröße und -ausrichtung eine Reaktion provozieren könnte. Eine erhebliche Anzahl an Fledermäusen setzte jedoch die Jagd auch innerhalb des Radarstrahls fort, trotz maximaler Exposition (NICHOLLS & RACEY 2009). Diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen der Aktivitätserfassungen in der Höhe im direkten Umfeld des Digitalfunkmasts im UG und in Bodennähe in größerer Entfernung mit vergleichsweise hohen Feldstärke- Werten. Auch hier war die Fledermausaktivität noch vergleichsweise hoch. Auch wenn sich eine geringe Meidung von MP mit hohen gemessenen elektromagnetischen Immissionen für die Gattung *Myotis* abzeichnete, wurden sie nicht vollständig von den Fledermäusen gemieden.

NICHOLLS & RACEY (2007) konnten einen Einfluss der Art der Radaranlage (zivile und militärische Flugüberwachung, Wetterradar) auf die Abnahme der Fledermausaktivität feststellen und vermuten, dass dies durch unterschiedliche Betriebszeiten und die spezifischen, nicht bekannten Eigenschaften der Radaranlagen bedingt sein könnte. Die Untersuchungsergebnisse können auch für den TETRA BOS- Funk nicht ohne weiteres auf andere Standorte übertragen werden. Die Untersuchungsergebnisse legen nahe, dass Arten- und Artgruppenspezifische Unterschiede in der Reaktion auf elektromagnetische Felder bestehen. Die zu beobachtenden Auswirkungen der elektromagnetischen Immissionen können vom Artenspektrum in einem bestimmten Gebiet abhängen. Beim TETRA- Digitalfunk sind zwei Antennentypen möglich. In Donauwörth wurde eine omnidirektionale Antenne installiert. Sektorantennen werden aufgrund der größeren Leistungsfähigkeit nach LANUV NRW (2009) vermutlich verstärkt in Ballungszentren zum Einsatz kommen. Unter Einfluss höherer elektromagnetischer Immissionen sind vermutlich stärkere (Meide)Effekte zu beobachten. Werte der elektrischen Feldstärke > 2 V/m, für die NICHOLLS & RACEY (2007) einen signifikanten Unterschied in der Fledermausaktivität feststellen konnten, wurden im Rahmen dieser Untersuchung nur an einem einzigen Messpunkt registriert. Alle anderen Werte der elektromagnetischen Immission lagen deutlich darunter.

Die zeitliche Gültigkeit der in diesem Gutachten getroffenen Aussagen über mögliche Auswirkungen des Digitalfunkmasts im Donauwörther Stadtwald auf die Aktivität von Fledermäusen in dessen Umfeld hängt natürlich von der Gültigkeit der in 2014 während dem Probetrieb gemessenen Höhe der elektrischen Feldstärke ab. Sollten sich die Immissionen nach Ablauf des Probetriebes und der abgeschlossenen Umstellung des Netzbetriebes auf Digitalfunk im Bereich des Untersuchungsgebietes erhöhen, können Auswirkungen auf die Fledermausaktivität in dessen Umfeld nicht ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für die Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf andere Digitalfunkstandorte. Die im Rahmen dieser Studie gemessenen Immissionen lagen mehrheitlich deutlich unter den Werten der elektrischen Feldstärke, bei denen NICHOLLS & RACEY (2007 u. 2009) Auswirkungen auf die Aktivität von Fledermäusen beobachten konnten. Mittels Messwiederholungen an den gleichen Standorten in Bodennähe, für die in 2014 die elektrische Feldstärke bestimmt wurde, sollte nach Ende des Probetriebes und der abgeschlossenen

Digitalfunk und Fledermäuse

Umstellung der BOS auf den Digitalfunk die Gültigkeit der in 2014 gemessenen Immissionen überprüft werden. Es sollte zunächst ausreichen, die Messungen nur vom Boden aus durchzuführen. Dies ist mit wenig Aufwand verbunden und kann bei standardisierter Vorgehensweise wie bei den Messungen in 2014 einen Anhaltspunkt liefern, ob und in welchem Maße die Immissionen gegebenenfalls angestiegen sind. Eine erneute Erfassung der Fledermausaktivität, zumindest in Bodennähe in Hinblick auf die Gattung *Myotis* notwendig wird.

6 Gutachterliches Fazit

Im Falle negativer Beeinträchtigungen von Fledermäusen durch den Betrieb des BOS-Digitalfunkmasts in Form einer Meidung wären geeignete Maßnahmen zu treffen, mittels derer die negativen Effekte möglichst ausgeglichen werden können. Negative Beeinträchtigungen von Fledermäusen durch den Betrieb des Digitalfunkmasts konnten nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden. Anhand der vorliegenden Ergebnisse ergibt sich keine Notwendigkeit für entsprechende Ausgleichsmaßnahmen. Betreffend die Gattung *Myotis*, die einzige Artengruppe, für die sich Hinweise auf eine (nicht signifikante) negative Korrelation der Fledermausaktivität mit der Höhe der elektromagnetischen Immissionen an den einzelnen Messpunkten ergaben, werden jedoch vorsorglich Empfehlungen gegeben.

Bei dem in der Diskussion erörtertem Wirkmechanismus des "Mikrowellenhörens", ausgelöst durch hochfrequente, elektromagnetische Felder handelt es sich inzwischen um einen allseits anerkannten Mechanismus (BfS 2015). Nach Angabe des BUNDESAMTES FÜR STRAHLENSCHUTZ (2015) sind sehr hohe Energiewerte pro individuellem Puls notwendig, um diesen Effekt auszulösen, wodurch Felder von Radio- und Fernsehsendern sowie des Mobilfunks nach Angabe des BfS (2015) das „Mikrowellenhören“ nicht hervorrufen können. In unmittelbarer Nähe leistungsstarker Radaranlagen ist eine Wahrnehmung möglich (BfS 2015). Kenntnisse darüber, ob dieser Wirkmechanismus für Fledermäuse im direkten Umfeld von Digital- oder Mobilfunkmasten auftreten kann, liegen keine vor. Experimentelle Studien über den Effekt des Mikrowellenhörens bei Fledermäusen und die möglichen Auswirkungen sind wünschenswert. Sollte das "Mikrowellenhören" bei Fledermäusen im Umfeld von Funkstationen tatsächlich auftreten können, sind erhebliche Störungen der Fledermäuse nicht auszuschließen, wenn das induzierte Signal die Echoortung und speziell Beutelokalisation und -fang stören kann und daraus eine reduzierte Jagdaktivität und Nahrungsaufnahme im Umfeld von Funkstandorten folgt. NICHOLLS & RACEY (2009) beobachteten in Senderichtung einer Radar-Handantenne eine reduzierte Jagdaktivität von Fledermäusen, während sich die Insektdichte nicht änderte. Die gemessenen Feldstärken lagen bei diesem Experiment ein Vielfaches über den im UG gemessenen Werten.

Für die Bechsteinfledermaus als kleinräumig agierende Fledermausart kann der Verlust eines essentiellen Jagdhabitats eine erhebliche Störung bedeuten und zur Aufgabe eines Quartierstandortes bzw. eines Quartierverbundes führen. Als charakteristische Waldfledermausart siedelt sie im Sommer überwiegend in Baumhöhlen. Bechsteinfledermäuse wechseln ihre Wochenstubenquartiere alle zwei bis drei Tage und sind auf ein hohes Angebot natürlicher Baumquartiere in ihren Lebensräumen angewiesen. Sie legen zwischen Quartier und Jagdhabitaten meist weniger als einen Kilometer zurück, jagen kleinräumig- punktuell und mit einer sehr hohen zeitlichen und räumlichen Aufenthaltsdichte in ihren individuellen Kernjagdgebieten, deren Fläche im Durchschnitt nur 2,1 ha umfasst (DIETZ 2013, MESCHÉDE & RUDOLPH 2004). Bechsteinfledermäuse zeigen zudem eine geringe Ausbreitungstendenz. Ein Netz geeigneter Lebensräume sollte etwa alle 1,5 bis

zwei Kilometer einen höhlenreichen Altbestand aufweisen (DIETZ 2013). Die Bechsteinfledermaus siedelt bevorzugt in Spechthöhlen. Durch den regelmäßigen Quartierwechsel wird über den Sommer hinweg ein Netz von bis zu fünfzig Baumhöhlen durch eine Kolonie genutzt (DIETZ 2013). Die Baumhöhlendichte stellt einen Minimumfaktor für die Anwesenheit der Bechsteinfledermaus dar. Durch eine stetige Verbesserung der Quartiersituation kann die Population der Bechsteinfledermaus langfristig erhalten und gefördert werden. Von besonderer Bedeutung für die Art sind Alteichen- (bestände) als bevorzugtes Nahrungshabitat und aufgrund ihrer Vielfalt an Baumhöhlen.

In der gebietsbezogenen Konkretisierung der Erhaltungsziele des FFH- Gebietes "Donauwörther Forst mit Standortübungsplatz und Harburger Karab" werden für die Bechsteinfledermaus folgende Ziele gesetzt: "Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Population der Bechsteinfledermaus. Erhaltung der alt- und totholzreichen Laub- und Mischwälder mit einem hohen Angebot an natürlichen Baumhöhlen als Sommerlebensraum und Jagdgebiet. Erhaltung ungestörter Winterquartiere und ihres charakteristischen Mikroklimas. Erhaltung der Störungsfreiheit bei Kolonien zur Fortpflanzungszeit von Mai bis August." (RVS 2008). Werden diese Ziele verwirklicht und das Angebot an natürlichen Baumquartieren im weiteren Umfeld des Digitalfunkmasts schrittweise optimiert, dann können derzeit nicht nachweisbare, aber auch nicht auszuschließende Minderungen der Habitatqualität im Umfeld des Digitalfunkmasts für die Bechsteinfledermaus aber auch für das häufiger erfasste Artenpaar Bart-/Brandtfledermaus und die Wasserfledermaus vorsorglich aufgefangen werden. An Messpunkten mit überdurchschnittlich hohen elektromagnetischer Immissionen konnte während dem Betrieb des Digitalfunkmasts immer noch eine mittel-hohe Fledermausaktivität erfasst werden. Auch NICHOLLS & RACEY (2009) beobachteten, dass ein erheblicher Anteil der Fledermäuse die Jagd im Hauptstrahl der mobilen Radarantenne weiterhin nutzte. Die Beobachtungen zeigen, dass das Umfeld des Digitalfunkmasts bzw. der Immissionsquelle als Nahrungs- und vermutlich auch als Quartierlebensraum auch bei einem beobachteten Aktivitätsrückgang nicht vollständig entwertet, aber in seiner Eignung für Fledermäuse herabgestuft wird.

Für eine Vergleichbarkeit der im Probetrieb des Digitalfunkmasts emittierten elektromagnetischen Immissionen mit der auf Dauer zu erwartenden Höhe der Immissionen im Normalbetrieb des Digitalfunkmasts wird eine erneute Messwiederholung der elektrischen Feldstärke auf Bodenniveau empfohlen, sofern von Seiten des Auftraggebers nicht nachvollziehbar ausgeschlossen werden kann, dass sich die Werte erhöhen. Nach Möglichkeit sollten auch Messungen bei Verkehrslast erfolgen. Werden die in 2014 ermittelten Werte der elektrischen Feldstärke in ihrer Größenordnung übertroffen, ist je nach Höhe des Unterschiedes abzuwägen, ob erneute Untersuchungen zur Fledermausaktivität durchgeführt werden müssen. Aufgrund der geringen Nachweishäufigkeit der Arten der Gattungen Myotis und Pipistrellus in der Höhe können sich diese Folgeuntersuchungen auf MP in Bodennähe beschränken, wodurch sich der finanzielle und zeitliche Aufwand deutlich reduziert. Für die Nyctaloid- Arten ergaben sich auch in den verstärkt den elektromagnetischen Immissionen ausgesetzten Höhen über dem Kronendach des Waldes

Digitalfunk und Fledermäuse

keine Hinweise auf eine Meidung des Umfelds des Digitalfunkmasts. Erneute Erfassungen in der Höhe sind nur dann zu diskutieren, wenn die Immissionen während dem Normalbetrieb des BOS- Funkstandortes deutlich über den in 2014 ermittelten Werten liegen. Für Wiederholungen der Aktivitätserfassungen wird empfohlen, die Kontrollstandorte in größere Entfernung zum Mast zu legen, in Abhängigkeit von der Höhe der dort messbaren Feldstärken. Die Standorte im 200 m Umkreis sollten jedoch wie erfolgt beprobt werden, um eine Vergleichbarkeit der Datensätze zu ermöglichen.

7 Zusammenfassung

Anhand einer Vorher-/Nachher Studie wurde im Umfeld eines BOS- Digitalfunkmasts im Donauwörther Stadtwald die Fledermausaktivität an 21 Standorten in einem Umkreis von 500 m zwischen Ende Juli und Anfang Oktober im Jahr 2013 vor der Inbetriebnahme des Digitalfunkmasts und analog im Folgejahr 2014 während dem Betrieb erfasst. An jedem Standort erfolgten parallele Erhebungen zur Fledermausaktivität mittels zweier stationärer, automatischer Ruferfassungsgeräte (*batcorder*, ecoObs GmbH) in ca. 3 m Höhe und über dem Kronendach in 30 oder 40 m Höhe. So ergaben sich 42 Untersuchungsstandorte für die Erfassungen der Fledermausaktivität. Für jeden Standort wurde in 2014 die Höhe der elektromagnetischen Immissionen in Form der elektrischen Feldstärke gemessen. Der hier untersuchte BOS-Digitalfunkmast steht in einem Laubwaldgebiet, das für seine Fledermausartenvielfalt bekannt ist und zugleich in drei Schutzzonen fällt (Nationales Naturerbe, Naturpark Altmühltal, FFH-Gebiet Donauwörther- Forst mit Standortübungsplatz und Harburger Karab"). Die Messungen der elektrischen Feldstärke ergaben Werte zwischen 0,0398 V/m und 2,2780 V/m für die einzelnen Untersuchungsstandorte. Das Abstandsverhalten der elektrischen Feldstärke zur Funkquelle war nicht linear. In Bodennähe wurden die maximalen Messwerte erst in 200 m Abstand erzielt, in der Höhe schon in 20 m (40 m Höhe) bzw. 100 m (30 m Höhe). Als Kontrolle wurden zwei Standorte in 300 m und ein Standort in 500 m mit maximalen Feldstärke- Werten von 0,109 V/m gewählt. Während 217 Ruferfassungen wurden insgesamt 25.603 Aktivitätssekunden (426,7 min) aufgezeichnet von 16 verschiedenen Fledermausarten. Als Erstnachweise für den Donauwörther Stadtwald zählen die Mopsfledermaus (*Barbastella barbastellus*), die Nordfledermaus (*Eptesicus nilsonii*) und Zweifarbfledermaus (*Vespertilio murinus*). Zwerg- und Mückenfledermaus waren die am häufigsten nachgewiesenen Arten. Die Bechsteinfledermaus (*Myotis bechsteinii*) als Zielart des FFH- Gebietes wurde anhand der rein akustischen Erfassungsmethode nur vereinzelt erfasst. Die durchschnittliche Fledermausaktivität betrug 154 Aktivitätssekunden/Session (93 Rk/Session) in 2013 und 86 Aktivitätssekunden/Session (63 Rk/Session) in 2014. Die Abnahme der allgemeinen Fledermausaktivität von 2013 auf 2014 innerhalb des 200 m Umkreis war knapp nicht signifikant. Der beobachtete Aktivitätsrückgang in 2014 spiegelte sich auch an den Kontrollstandorten wieder, an denen keine Auswirkungen der elektromagnetischen Immissionen auf die Fledermausaktivität erwartet wurden. Die elektromagnetischen Immissionen zeigten keine Auswirkungen auf die Gruppe der Nyctaloide, die aufgrund des Aktivitätsschwerpunkts über dem Kronendach den höchsten Immissions- Werten ausgesetzt war. Für die Gattung *Pipistrellus* wurde ein (nicht signifikanter) Aktivitätsrückgang nach Inbetriebnahme des Digitalfunkmasts beobachtet. Während dem Betrieb ergaben sich jedoch Hinweise auf eine leicht erhöhte Aktivität im Bereich der Kontrollstandorte gegenüber dem 200 m Umfeld. Allein für die Gattung *Myotis* konnte ein negativer Zusammenhang zwischen gemessener Feldstärke und Aktivität gezeigt werden, der jedoch nicht signifikant war. Die Gattung *Myotis* wurde in 2014 signifikant seltener im UG erfasst als noch in 2013.

8 Literaturverzeichnis

- Arnett EB, Hein CD, Schirmacher MR, Huso MMP, Szewczak JM (2013): Evaluating the Effectiveness of an Ultrasonic Acoustic Deterrent for Reducing Bat Fatalities at Wind Turbines. In: PLoS ONE 8(9). Online unter: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0065794#amendment-correction>
- ARNETT E.B., SCHIRMACHER M., HUSO, M. M. P., HAYES J.P. (2009): Effectiveness of changing wind turbine cut-in speed to reduce bat fatalities at wind facilities. An annual report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- BACH, L. & BACH, P. (2009): Einfluss von Windgeschwindigkeit auf die Aktivität von Fledermäusen. – Nyctalus, Berlin 14 (1–2): 3–13.
- BACH, LOTHAR (2009): “Möglichkeiten und Erkenntnisse zum Stand der Fledermausabwehr an Windenergieanlagen“, Vortrag zu: Fledermausschutz im Zulassungsverfahren für Windenergieanlagen, Berlin, 30.09.2009.
- BAERWALD EF, EDWORTHY J, HOLDER M, BARCLAY RMR (2009): A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. In: J WildManage 73: in press.
- BALMORI A. (2005): Possible effects of electromagnetic fields from phone masts on a population of white stork (*Ciconia ciconia*). In: Elec Biol Med 24, S. 109-119.
- BARATAUD, M., (2000): Fledermäuse - 27 europäische Arten. Musikverlag Edition AMPLE. Audio-CD.
- BAYER. LANDESAMT FÜR UMWELT (LfU) (2015): Bayerisches Fachinformationssystem Naturschutz. Online unter: <http://fisnat.bayern.de/finweb/risgen?template=FinTemplate&preframe=1&wndw=800&wndh=600&blend=on&digi=on&libel=on&askbio=on>, letzter Aufruf: 15.06.2015.
- BAYER. LANDESAMT FÜR UMWELT (LfU) (2014): Daten aus der Artenschutzkartierung Fledermäuse, Stand: 15.07.2014. Augsburg. Unveröffentlicht.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (LfU) (2008): Gebietsdaten NATURA 2000: Donauwörther Forst mit Standortübungsplatz und Harburger Karab. Augsburg.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN, FÜR BAU UND VERKEHR (BAYSTMI) (2015a): Sicherheit dank Digitalfunktechnik. Online unter: <https://www.stmi.bayern.de/sus/digitalfunk/index.php>.
- BAYER. LANDESAMT FÜR UMWELT (LfU) (Hrsg.) (2003): Rote Liste gefährdeter Tierarten in Bayern, Schrr. BayLfU 166.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN, FÜR BAU UND VERKEHR (BAY STMI) (2015): Der digitale Einsatzfunk in Bayern – aktueller Sachstand. München.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN, FÜR BAU UND VERKEHR (BAY STMI) (2014a): BOS-Digitalfunk – Technische Eckdaten. München.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN, FÜR BAU UND VERKEHR (BAY STMI) (2014b): Vergleich des BOS-Digitalfunks mit anderen Funktechniken und gesundheitliche Wirkungsfragen. München.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DES INNERN, FÜR BAU UND VERKEHR (BAY STMI) (2013): BOS-Digitalfunk Bayern Newsletter Nr. 33. München.
- BORNKESSEL, C., SCHUBERT, M., WUSCHEK, C., (2013): Expositionsbestimmung – Feldstärkemessungen an TETRA-Basisstationen der BOS. Professional Mobile Radio (PMR), 9/13. Online unter: http://www.pmev.de/fileadmin/user_upload/Presse/News/1309/NET9_PMR130918.pdf

- BRINKMANN, R., O. BEHR, I. NIERMANN und M. REICH (Hrsg.) (2011): Entwicklung von Methoden zur Untersuchung und Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore- Windenergieanlagen. - Umwelt und Raum Bd. 4, 457 S., Cuvillier Verlag, Göttingen.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN) (2011): Fledermausschutz in Europa II, Nationaler Bericht zum Fledermausschutz in der Bundesrepublik Deutschland 2003-2006 - Langfassung, BfN-Skripten 296.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (BfN) (2009): Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands (Stand Oktober 2008) (Bearb. Meinig, H., Boye, P. & Hutterer, R.). - Naturschutz und Biologische Vielfalt 70: 115-153.
- BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ (BFS) (2015): Mögliche Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf Tiere und Pflanzen. Online unter: http://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/stellungnahmen/emf-tiere-pflanzen/hf_tiere_und_pflanzen.html, letzter Aufruf: 12.05.2015
- BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (2009): Bestimmungen für Frequenzuteilungen zur Nutzung für das Betreiben von Funkanlagen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) – BOS-Funkrichtlinie –. – Bek. d. BMI v. 7. 9. 2009 – B 5 – 670 001/1.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (BMUB) (2015): Nationales Naturerbe. Online unter: <http://www.bmub.bund.de/themen/natur-arten-tourismus-sport/naturschutz-biologische-vielfalt/nationales-naturerbe/>. Letzter Aufruf: 18.08.2015.
- BUNDES-NATURSCHUTZGESETZ vom 29. Juli 2009 (BNatSchG (BGBl. I S. 2542), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 100 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154).
- COLLINS, J. & JONES, G. (2009): Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. In: Acta Chiropterologica, 11(2), S. 343–350.
- CUCURACHI, S. U.A. (2013): A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). In: Environment International Vol 51, S. 116-140.
- DIETZ, M. (Hrsg.) (2013): Populationsökologie und Habitatansprüche der Bechsteinfledermaus *Myotis bechsteinii*. Beiträge zur Fachtagung in der Trinkkuranlage. Bad Nauheim, 25.–26.02.2011, 344 Seiten
- DIETZ, C., von HELVERSEN, O. & NILL, D. (2007): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Frankh-Kosmos, Stuttgart.
- ECO OBS (2015): Das batcorder- System. Online unter: <http://www.ecoobs.de/index.html>, letzter Aufruf: 26.08.2015.
- ECO OBS (Hrsg.) (2010): Die automatische Rufanalyse mit dem Batcorder-System. Erklärungen des Verfahrens der automatischen Fledermausruf - Identifikation und Hinweise zur Interpretation und Überprüfung der Ergebnisse. Online unter: www.ecoobs.de.
- EVERAERT J., BAUWENS D. (2007): A possible effect of electromagnetic radiation from mobile phone base stations on the number of breeding house sparrows (*Passer domesticus*). Biol. Med. 26(1): 63 - 72
- FRICK, W. F. (2013): Acoustic monitoring of bats, considerations of options for long-term monitoring. In: THERYA, Vol.4(1), S:69-78
- GRUNWALD, T. & SCHÄFER, F. (2007): Aktivität von Fledermäusen im Rotorbereich von Windenergieanlagen an bestehenden WEA in Südwestdeutschland. Teil 2: Ergebnisse. In: Nyctalus, Berlin 12(2/3): 182–198.
- GRUNWALD, T., ADORF, F., LANGE, T. & BÖGELEIN, A. (2009): Monitoring potentieller betriebsbedingter Beeinträchtigungen von Fledermäusen an Windenergieanlagen im Windpark Nordschwarzwald – Endber. i. A. MFG Management & Finanzberatung AG.

- HANSEN, VOLKERT, u.a. (2007): Entwicklung eines praktikablen rechentechnischen Verfahrens zur Ermittlung der tatsächlichen Exposition in komplizierten Immissionszenarien mit mehreren verschiedenartigen HF-Quellen. Abschlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz. Bergische Universität Wuppertal, Lehrstuhl für Elektrotechnik.
- HAYES J.P. (1997): Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation- monitoring studies. In: *J Mammal* 78: S. 514-524.
- HÖHNE, E., WEITZEL, M., DIETZ M. (2015): Permanent acoustic recording is appropriate to assess bat diversity, activity and migration Patterns. Poster. Online unter: <http://www.tieroekologie.com/app/download/9933644093/Permanent+acoustic+recording.pdf?t=1426674960>
- HOLLAND, R. A., BORISSOV, I. AND SIEMERS, B. M. (2010). A nocturnal mammal, the greater mouse-eared bat, calibrates a magnetic compass by the sun. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107, S:6941-6945, USA.
- HOLLAND, R. A., KIRSCHVINK, J. L., DOAK, T. G., WIKELSKI, M. (2008): Bats Use Magnetite to Detect the Earth's Magnetic Field. In: *PLoS ONE*, Volume 3, Issue 2, e1676.
- HORN J.W, ARNETT E.B, JENSEN M, KUNZ T.H (2008): Testing the effectiveness of an experimental acoustic bat deterrent at the Maple Ridge wind farm. Report Prepared for: The Bats and Wind Energy Cooperative and Bat Conservation International, Austin, TX.
- INFORMATIONSZENTRUM MOBILFUNK (IZMF) (Hrsg.) (2009): WISSENSCHAFT VERTRAUEN. Eine Initiative des IZMF unter der Schirmherrschaft des Bayerischen Landesamtes für Umwelt. München.
- JONES G., BARLOW K.E. (2003): Cryptic species of echolocating bats. In: Thomas JA, et al. (Hrsg.): *Echolocation in Bats and Dolphins*. University Of Chicago Press. S. 345-349.
- JUSTESEN D.R. (1979): Behavioral and psychological effects of microwave radiation. In: *Bull N Y Acad Med* 55, S. 1058–1078.
- KATHREIN SCALA DIVISION (2010): Factsheet Omnidirectional Antenna 380-400 MHz. Online unter: http://www.kathrein-scala.com/model_list.htm, letzter Aufruf: 14.08.2015.
- KOORDINATIONSSTELLE FÜR FLEDERMAUSSCHUTZ IN BAYERN (KFS, Bearbeiter Hammer, M. & Zahn, A.) & ecoObs –technology & service (Marckmann, U.), (2009): Kriterien für die Wertung von Artnachweisen basierend auf Lautaufnahmen – Version 1. Online unter: www.ecoobs.de/downloads/Kriterien_Lautzuordnung_10-2009.pdf.
- KRAPP; F. (Hrsg.) (2011): *Handbuch der Säugetiere Europas*. Band 4: Fledertiere, Teil I. AULA- Verlag, Wiebelsheim.
- LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (LANUV) (Hrsg.) (2009): Messung der Immissionen elektromagnetischer Felder im Umfeld einer TETRA BOS-Sendeanlage, LANUV- Fachbericht 11. Recklinghausen.
- LIN J.C. (1976): Microwave-induced hearing: Some preliminary theoretical observations. In: *J Microwave Power* 11, S. 295-298.
- LIN J.C. (1977): Theoretical calculation of frequencies and thresholds of microwave-induced auditory signals. In: *Radio Sci* 12, S. 237–242.
- LUSTIG, A., et al. (2014): Faunistisches Gutachten zu Fledermäusen im Bereich des geplanten Windparks Donau-Ries westlich von Donauwörth. Im Auftrag von Uhl Windkraft Projektierung GmbH & Co. KG. Mering. (unveröffentlichtes Gutachten)
- MESCHÉDE, A. & HELLER, K.-G. (2000): *Ökologie und Schutz von Fledermäusen in Wäldern*. –Münster (Landwirtschaftsverlag), Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 66, 374 S.

- MESCHEDE, A. & RUDOLPH, B.-U. (2010): 1985 – 2009: 25 Jahre Fledermausmonitoring in Bayern. BAYER. LANDESAMT FÜR UMWELT (LfU, Hrg.), Augsburg.
- MESCHEDE, A. & RUDOLPH, B.U. (2004): Fledermäuse in Bayern. Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg), Stuttgart, Ulmer Verlag.
- MÜLLER, JÖRG et al. (2013): From ground to above canopy - Bat activity in mature forests is driven by vegetation density and height. In: Forest Ecology and Management 306 (2013), S. 179-184.
- NICHOLLS, B. & RACEY, P. A. (2007): Bats Avoid Radar Installations. In: PLoS Issue 3 e297.
- NICHOLLS, B. & RACEY, P. A. (2009): The Aversive Effect of Electromagnetic Radiation on Foraging Bats. In: PLoS Volume 4 Issue 7 e6246.
- PFALZER, G. (2002): Inter- und intraspezifische Variabilität der Soziallaute heimischer Fledermausarten (Chiroptera: Vespertilionidae). Mensch und Buch Verlag, Kaiserslautern.
- PLANK, M., FIEDLER, K. & G. REITER (2012): Use of forest strata by bats in temperate forests. Journal of Zoology (London), 286: 154-162.
- PROJEKTORGANISATION DIGITALFUNK BOS LAND BRANDENBURG (2013): Handbuch der Gesundheitsprävention im Digitalfunk-BOS. Handbuch für die Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU). Potsdam.
- REEDER WG, COWLES RB (1951): Aspects of thermoregulation in bats. In: J Mammal 32. S. 389-403.
- REGIERUNG VON SCHWABEN (Hrsg.) (2008): NATURA 2000 Bayern. Gebietsbezogene Konkretisierung der Erhaltungsziele: Donauwörther Forst mit Standortübungsplatz und Harburger Karab. Augsburg.
- RUSSO, D. & G. JONES (2002): Identification of twenty bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. In: J. Zool. Lond. 285. S. 91-103.
- SIENKIEWICZ, ZJ. (1998): Biological effects of electromagnetic fields. In: Power Eng J. S. 131-140.
- SKIBA, R. (2009): Europäische Fledermäuse. Neue Brehm Bücherei Band 648. Westarp Wissenschaften-Verlagsgesellschaft mbH. Hohenwarsleben.
- SPANJER G. R. (2006): Responses of the big brown bat, *Eptesicus fuscus*, to a proposed acoustic deterrent device in a lab setting. A report submitted to the Bats and Wind Energy Cooperative and the Maryland Department of Natural Resources. Bat Conservation International. Austin, Texas, USA.
- SPEAKMAN J.R., HAYS G.C. & WEBB P.I. (1994): Is hyperthermia a constraint on the diurnal activity of bats? In: J Theoret Biol 171, S. 325-341.
- SPRINGER GABLER VERLAG (Hrsg.) (2015): Gabler Wirtschaftslexikon. Online unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/>, letzter Aufruf: 13.08.2015.
- STEINER I., BRUDERER B. (1999): Anfangsorientierung und Heimkehrverhalten von Brieftauben unter dem Einfluß von Kurzwellen. J. Ornithol. 140(2): 165 - 177
- STRAHLENSCHUTZKOMMISSION (2004): Elektromagnetische Felder neuer Technologien. Empfehlung der Strahlenschutzkommission zum Schutz der Bevölkerung und Statusbericht der Strahlenschutzkommission. Heft 41, Bonn.
- STRAHLENSCHUTZKOMMISSION (2001): Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern. Empfehlung der Strahlenschutzkommission und wissenschaftliche Begründung. Heft 29, Bonn.
- VERORDNUNG ÜBER DAS NACHWEISVERFAHREN ZUR BEGRENZUNG ELEKTROMAGNETISCHER FELDER vom 20. August 2002 (BEMFV) (BGBl. I S. 3366), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3259).

VERORDNUNG ÜBER ELEKTROMAGNETISCHE FELDER - 26. BImSchV vom 16. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1966), Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266).

WISEMAN M. (LRZ) (2015): SPS Special Topics: Einige Grundbegriffe der Statistik. Online unter: <https://www.lrz.de/services/schulung/unterlagen/spss/spss-grundbegriffe/#relevanz>, letzter Aufruf: 26.08.2015.

WUSCHEK (2007), M. (2007): Elektromagnetische Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen – Bericht über durchgeführte Feldstärkemessungen. EM-Institut GmbH. Regensburg.
https://www.regensburg.de/sixcms/media.php/RBG_INTER1S_VM.a.253.de/r_upload/feldstaerkenmessungen_17082007.pdf

ZAHN, A., KRÜGER-BARVELS, K. UND MAIER, S. (1998): Jagdaktivität von Fledermäusen. Jahreszeitliche Variation der erfassbaren Aktivität in Jagdbiotopen. In: Naturschutz und Landschaftspflege 30 (11). S. 353-355.

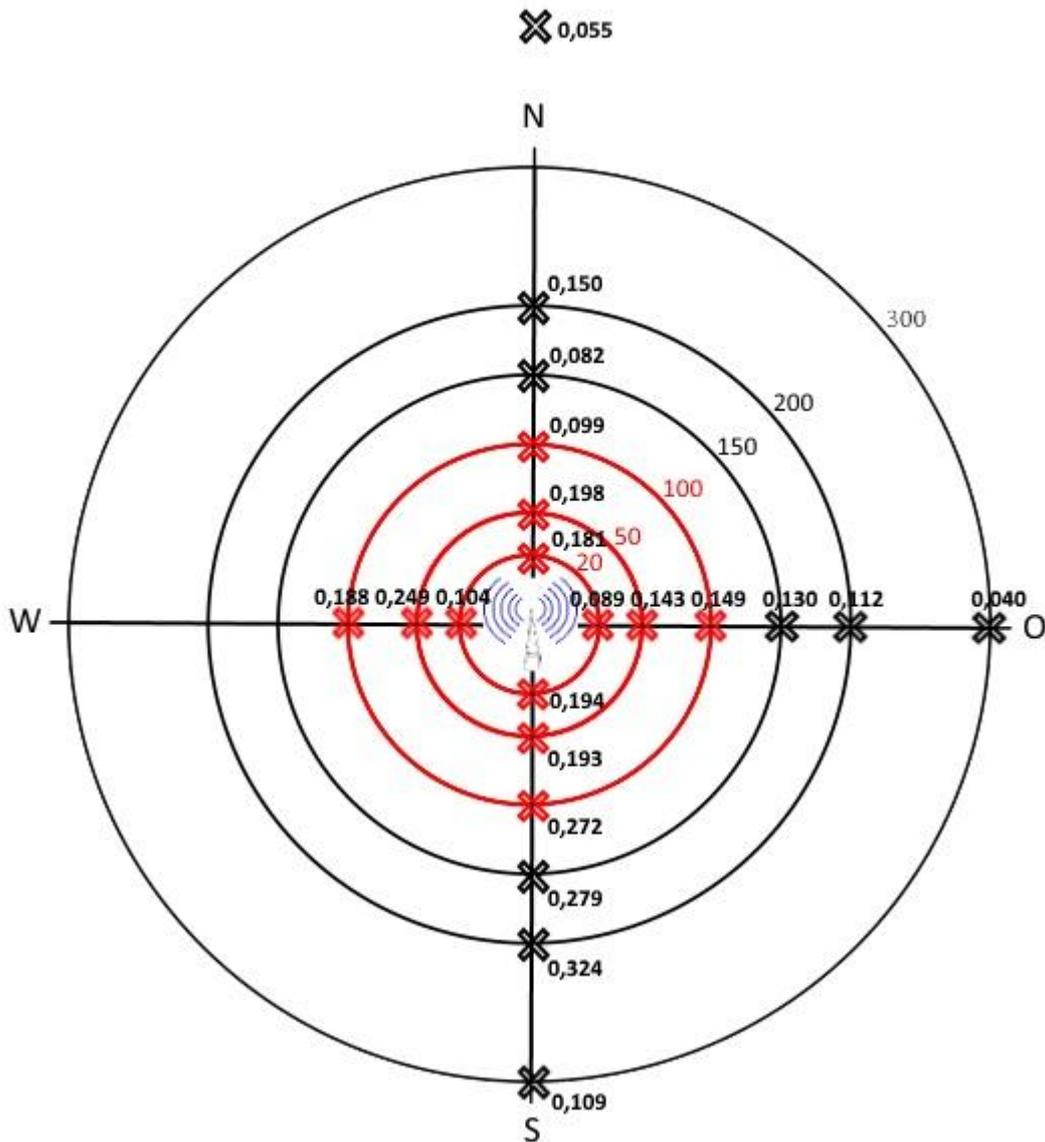
ZINGG, P.E., 1990: Akustische Artidentifikation von Fledermäusen (Mammalia: Chiroptera) in der Schweiz. In: Revue Suisse Zool. 97. S. 263-294.

9 Anhang

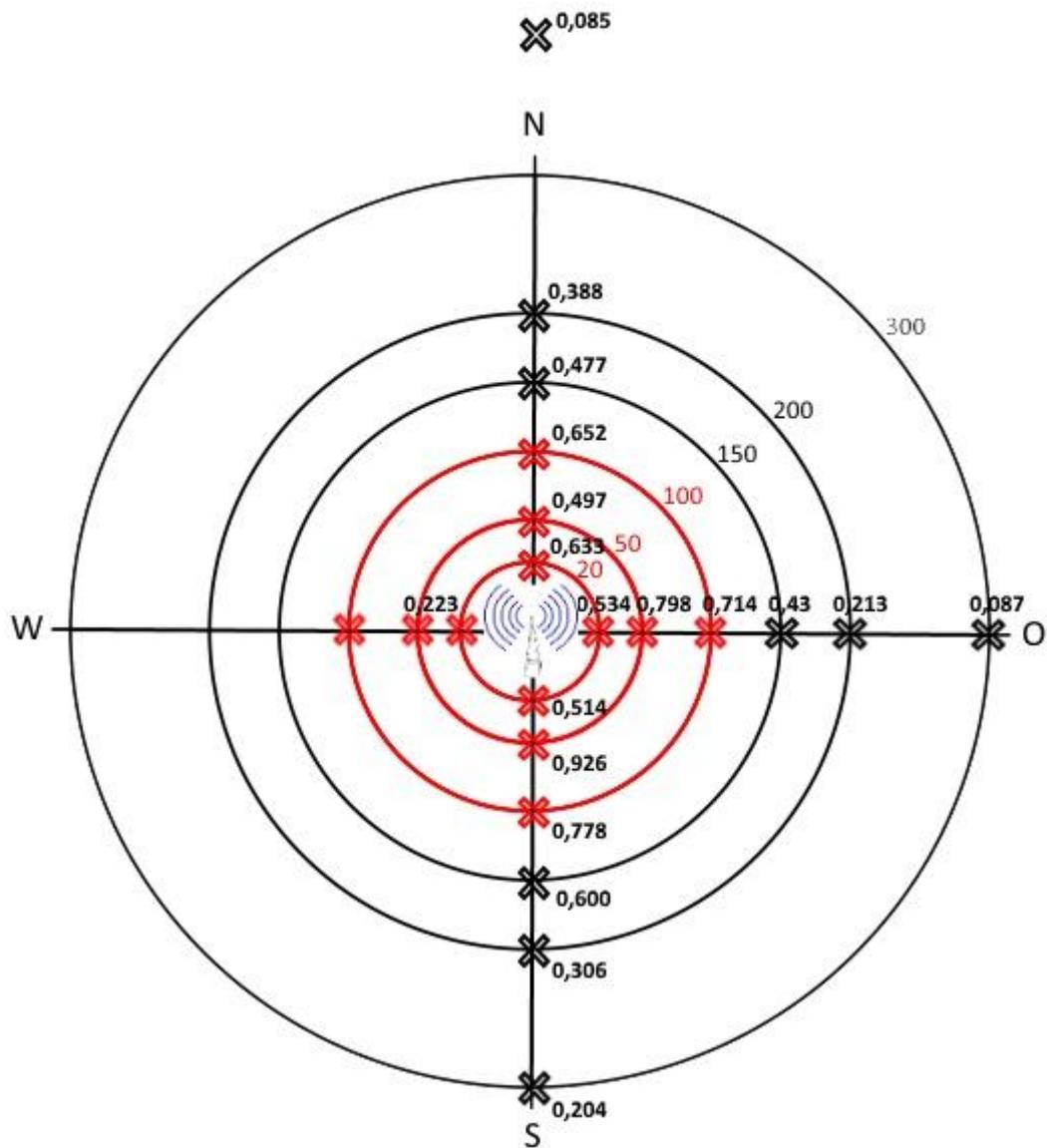
9.1 Messergebnisse elektrische Feldstärke

Graphiken mit den einzelnen Messergebnissen (MAX PEAK) der elektrischen Feldstärke in V/m:

a) Boden (1,5 m Höhe)



b) 30 Meter Höhe



c) 40 Meter Höhe

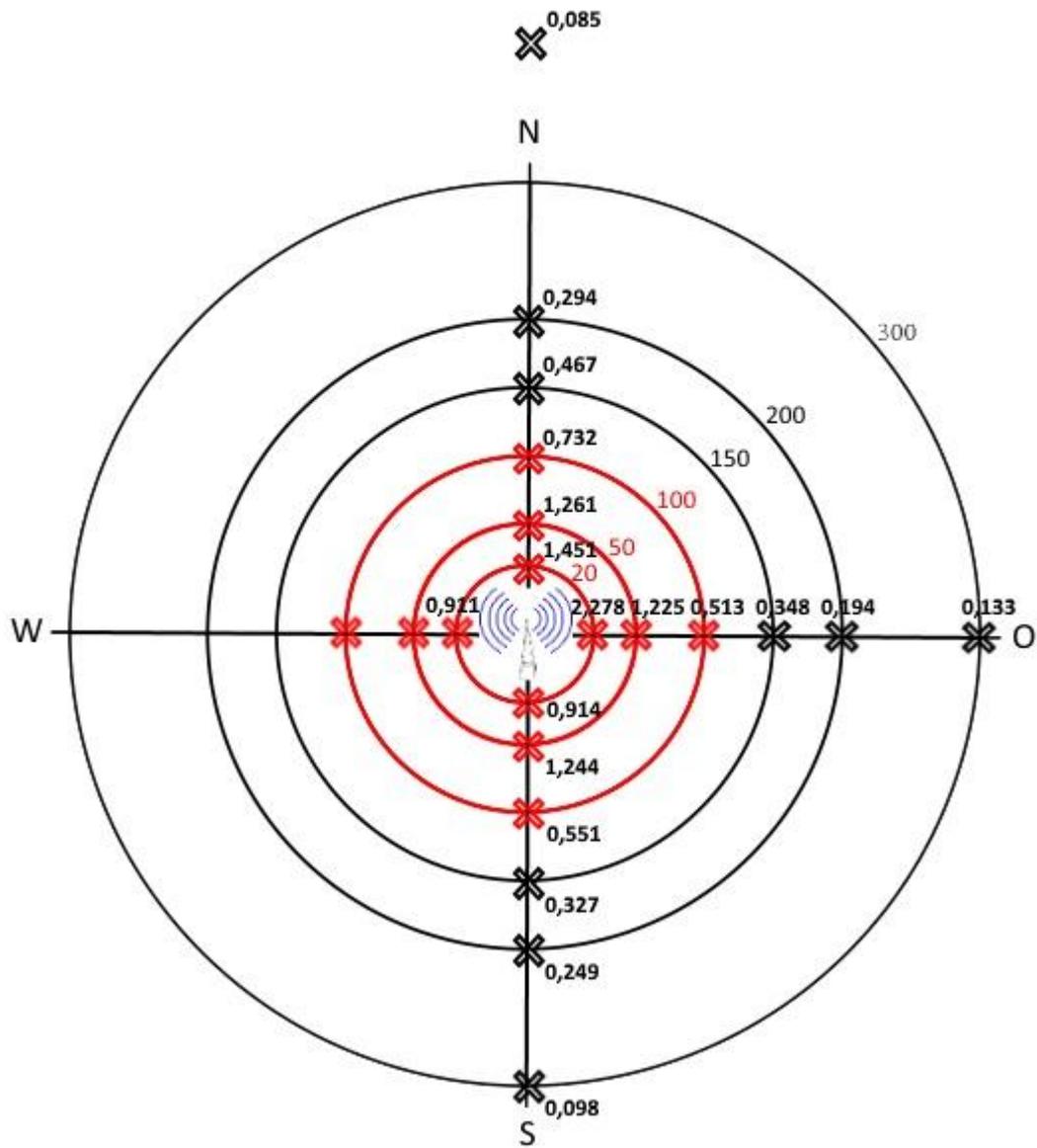


Tabelle 14: Einteilung der Messpunkte der Elektrischen Feldstärke in MP mit niedrigen, mittleren und hohen Werten gemäß der statistischen Verteilung der gemessenen Werte.

E niedrig				E mittel				E hoch			
Transekt/Abstand/Höhe			E [V/m]	Transekt/Abstand/Höhe			E [V/m]	Transekt/Abstand/Höhe			E [V/m]
O	300	Boden	0,03975	N	200	Boden	0,1503	N	20	30	0,6334
N	500	Boden	0,05484	N	20	Boden	0,1807	N	100	30	0,6523
N	150	Boden	0,08192	W	100	Boden	0,1882	O	100	30	0,7141
N	500	30	0,08462	S	50	Boden	0,1929	N	100	40	0,7316
N	500	40	0,0852	O	200	40	0,1936	S	100	30	0,7782
O	300	30	0,0872	S	20	Boden	0,1936	O	50	30	0,7975
O	20	Boden	0,08912	N	50	Boden	0,1978	W	20	40	0,9113
S	300	40	0,09784	S	300	30	0,2038	S	20	40	0,9137
N	100	Boden	0,0986	O	200	30	0,2131	S	50	30	0,9262
W	20	Boden	0,104	W	50	30	0,2234	O	50	40	1,225
S	300	Boden	0,1092	S	200	40	0,249	S	50	40	1,244
O	200	Boden	0,1124	W	50	Boden	0,2492	N	50	40	1,261
O	150	Boden	0,1295	S	100	Boden	0,272	N	20	40	1,451
O	300	40	0,1326	S	150	Boden	0,2792	O	20	40	2,278
O	50	Boden	0,1429	N	200	40	0,2935				
O	100	Boden	0,1489	S	200	30	0,3058				
				S	200	Boden	0,3242				
				S	150	40	0,3265				
				O	150	40	0,348				
				N	200	30	0,3878				
				O	150	30	0,4323				
				N	150	40	0,4674				
				N	150	30	0,4766				
				N	50	30	0,4972				
				O	100	40	0,513				
				S	20	30	0,5141				
				O	20	30	0,5338				
				S	100	40	0,5507				
				S	150	30	0,5997				

9.2 Erfassungen der Fledermausaktivität

Tabelle 15: Messungen der Fledermausaktivität für die entweder eine veränderte Einstellung der Critiquel Frequency am *batcorder* vorlag, oder deren Ergebnisse sich aus zwei parallelen Messungen (mit zwei *batcordern*) am selben MP zusammensetzen (unter Angabe des Mittelwertes) sowie zwei Untersuchungsstandorte bei denen sich das Datum der Höhen- und Bodenerfassung unterscheidet.

Datum	Standort	Höhe	Crit. Frequenzy 18 kHz	Mittelwert aus zwei <i>batcorder</i> -Erfassungen	Datum Boden/Höhen-Erfassung abweichend
30.07.13	N 50	Boden/Höhe			X
31.07.13	N 20	Boden	X		
01.08.13	W 20	Boden	X		
02.08.13	S 20	Boden	X		
03.08.13	O 20	Boden	X		
04.08.13	O 50	Boden	X		
13.08.13	S 100	Boden		X	
13.08.13	S 100	Höhe		X	
02.09.13	N 50	Höhe	X		
03.09.13	N 50	Höhe	X		
06.09.13	S 20	Boden		X	
06.09.13	S 20	Höhe	X		
07.09.13	S 50	Höhe	X		
09.09.13	S 50	Höhe	X		
10.09.13	S 100	Höhe	X		
13.09.13	S 100	Höhe	X		
23.09.13	W 50	Boden	X		
08.10.13	O 20	Boden	X	X	
09.10.13	N 500	Boden		X	
26.07.14	N 100	Boden/Höhe			X
01.08.14	W 50	Boden		X	

Tabelle 16: Temperaturdaten zu den Untersuchungs Nächten.

Datum	Erfassungszeit	°C		Standort	Höhe	Datum	Erfassungszeit	°C		Standort	Höhe
		05:00 Uhr	20:00 Uhr					05:00 Uhr	20:00 Uhr		
27.07.13	21:00 - 05:30	22,1	32,9	N 100	Höhe	19.07.14	21:00 – 06:00	19,2	30,4	O 100	Höhe
27.07.13	21:00 - 06:30	22,1	32,9	N 100	Boden	19.07.14	21:00 – 06:00	19,2	30,4	O 100	Boden
29.07.13	21:00 - 06:30	14,3	16,4	N 50	Höhe	20.07.14	21:00 – 06:00	17,7	24,9	O 100	Höhe
29.07.13	21:00 - 06:30	14,3	16,4	N 50	Boden	20.07.14	21:00 – 06:00	17,7	24,9	O 100	Boden
30.07.13	21:00 - 06:30	18,2	22,4	N 50	Höhe	22.07.14	21:00 – 06:00	15,8	21,3	N 100	Höhe
31.07.13	21:00 - 06:30	13,9	24,1	N 20	Höhe	23.07.14	21:00 – 06:00	14,5	23,8	N 50	Höhe
31.07.13	21:00 - 06:00	13,9	24,1	N 20	Boden	23.07.14	21:00 – 06:00	14,5	23,8	N 50	Boden
01.08.13	21:00 - 06:30	16	29,2	W 20	Höhe	24.07.14	21:00 – 06:00	14,1	25,8	N 20	Höhe
01.08.13	21:00 - 06:00	16	29,2	W 20	Boden	24.07.14	21:00 – 06:00	14,1	25,8	N 20	Boden
02.08.13	21:00 - 05:30	17,3	31,8	N 50	Boden	25.07.14	21:00 – 06:00	15,9	24	N 20	Höhe
02.08.13	21:00 - 06:30	17,3	31,8	S 20	Höhe	25.07.14	21:00 – 06:00	15,9	24	N 20	Boden
02.08.13	21:00 - 06:00	17,3	31,8	S 20	Boden	26.07.14	21:00 – 06:00	17,5	22,6	N 100	Boden
03.08.13	21:00 - 06:30	18	27,8	O 20	Höhe	28.07.14	21:00 – 06:00	17,2	25,4	S 20	Höhe
03.08.13	21:00 - 06:00	18	27,8	O 20	Boden	28.07.14	21:00 – 06:00	17,2	25,4	S 20	Boden
04.08.13	21:00 - 06:30	15,3	22,7	O 50	Höhe	29.07.14	21:00 – 06:00	17,8	19,1	O 20	Höhe
04.08.13	21:00 - 06:00	15,3	22,7	O 50	Boden	29.07.14	21:00 – 06:00	17,8	19,1	O 20	Boden
06.08.13	21:00 - 06:30	16,4	21,1	O 100	Höhe	30.07.14	21:00 – 06:00	17,5	21	O 20	Höhe
06.08.13	21:00 - 06:30	16,4	21,1	O 100	Boden	30.07.14	21:00 – 06:00	17,5	21	O 20	Boden
07.08.13	21:00 - 06:30	18,1	26,2	O 100	Höhe	31.07.14	21:00 – 06:00	13,5	22,3	O 50	Höhe
07.08.13	21:00 - 06:30	18,1	26,2	O 100	Boden	31.07.14	21:00 – 06:00	13,5	22,3	O 50	Boden
09.08.13	21:00 - 06:00	13,9	17,1	W 50	Höhe	01.08.14	21:00 – 06:00	15,4	23,8	W 50	Höhe
09.08.13	21:00 - 06:30	13,9	17,1	W 50	Boden	01.08.14	21:00 – 06:00	15,4	23,8	W 50	Boden
10.08.13	21:00 - 06:00	14	21,2	W 100	Höhe	01.08.14	21:00 – 06:00	15,4	23,8	W 50	Boden
10.08.13	21:00 - 06:30	14	21,2	W 100	Boden	02.08.14	21:00 – 06:00	16,8	22,7	W 100	Höhe
11.08.13	20:30 - 06:30	14,9	20,8	S 50	Höhe	02.08.14	21:00 – 06:00	16,8	22,7	W 100	Boden
11.08.13	20:15 - 06:30	14,9	20,8	S 50	Boden	03.08.14	21:00 – 06:00	16,8	22,7	W 20	Höhe
12.08.13	20:30 - 06:30	14,2	21,7	S 100	Höhe	03.08.14	21:00 – 06:00	16,8	22,7	W 20	Höhe
12.08.13	20:15 - 06:30	14,2	21,7	S 100	Boden	04.08.14	21:00 – 06:00	16,1	22,6	W 20	Höhe
13.08.13	20:30 - 06:30	10,5	17,7	S 100	Höhe	04.08.14	21:00 – 06:00	16,1	22,6	W 20	Boden
13.08.13	20:15 - 06:00	10,5	17,7	S 100	Höhe	05.08.14	21:00 – 06:00	12,7	21,2	S 50	Höhe
13.08.13	20:15 - 06:30	10,5	17,7	S 100	Boden	05.08.14	21:00 – 06:00	12,7	21,2	S 50	Boden
13.08.13	20:15 - 06:00	10,5	17,7	S 100	Boden	06.08.14	21:00 – 06:00	15,5	22,8	S 100	Höhe
14.08.13	20:15 - 06:00	11,4	17,9	S 150	Höhe	06.08.14	21:00 – 06:00	15,5	22,8	S 100	Boden
14.08.13	20:15 - 06:00	11,4	17,9	S 150	Boden	07.08.14	21:00 – 06:00	13,8	20,3	S 150	Höhe
15.08.13	20:15 - 06:00	9,6	21	S 200	Höhe	07.08.14	21:00 – 06:00	13,8	20,3	S 150	Boden
15.08.13	20:15 - 06:00	9,6	21	S 200	Boden	08.08.14	21:00 – 06:00	17,8	25,4	S 200	Höhe
16.08.13	20:15 - 06:00	11,7	23,7	S 200	Höhe	08.08.14	21:00 – 06:00	17,8	25,4	S 200	Boden
16.08.13	20:15 - 06:00	11,7	23,7	S 200	Boden	09.08.14	21:00 – 06:00	17,2	24,1	S 300	Höhe
17.08.13	20:15 - 06:00	13,9	25,1	S 300	Höhe	09.08.14	21:00 – 06:00	17,2	24,1	S 300	Boden
17.08.13	20:15 - 06:00	13,9	25,1	S 300	Boden	10.08.14	21:00 – 06:00	18,2	26,3	S 300	Höhe
18.08.13	20:15 - 06:00	17,9	24	S 300	Höhe	10.08.14	21:00 – 06:00	18,2	26,3	S 300	Boden
18.08.13	20:15 - 06:00	17,9	24	S 300	Boden	11.08.14	21:00 – 06:00	14,2	18,4	S 300	Höhe
19.08.13	20:15 - 06:00	11,3	17,6	O 150	Höhe	11.08.14	21:00 – 06:00	14,2	18,4	S 300	Boden
19.08.13	20:15 - 06:30	11,3	17,6	O 150	Boden	12.08.14	21:00 – 06:00	12,9	19,9	O 150	Höhe
20.08.13	20:15 - 06:00	8,8	16,5	O 200	Höhe	12.08.14	21:00 – 06:00	12,9	19,9	O 150	Boden
20.08.13	20:15 - 06:30	8,8	16,5	O 200	Boden	13.08.14	21:00 – 06:00	12,3	16,1	O 200	Höhe
21.08.13	20:15 - 06:00	10,3	19,4	O 200	Höhe	13.08.14	21:00 – 06:00	12,3	16,1	O 200	Boden
21.08.13	20:15 - 06:30	10,3	19,4	O 200	Boden	14.08.14	21:00 – 06:00	12,8	15,5	O 200	Höhe
22.08.13	20:15 - 06:00	12,8	20,6	O 300	Höhe	14.08.14	21:00 – 06:00	12,8	15,5	O 200	Boden
23.08.13	20:15 - 06:00	11,1	19,3	N 500	Höhe	15.08.14	20:15 – 06:00	11,8	14,4	O 300	Höhe
23.08.13	20:15 - 06:15	11,1	19,3	N 500	Boden	15.08.14	20:15 – 06:00	11,8	14,4	O 300	Boden

Datum	Erfassungszeit	°C		Standort	Höhe	Datum	Erfassungszeit	°C		Standort	Höhe
		05:00 Uhr	20:00 Uhr					05:00 Uhr	20:00 Uhr		
26.08.13	20:00 - 06:30	14,3	18,6	N 200	Höhe	16.08.14	20:15 - 06:00	11,6	15,2	O 300	Höhe
26.08.13	20:00 - 06:30	14,3	18,6	N 200	Boden	16.08.14	20:15 - 06:00	11,6	15,2	O 300	Boden
27.08.13	20:00 - 06:30	11,8	16,2	N 200	Höhe	17.08.14	20:00 - 06:30	11,9	19,1	N 500	Höhe
27.08.13	20:00 - 06:30	11,8	16,2	N 200	Boden	17.08.14	20:00 - 06:30	11,9	19,1	N 500	Boden
28.08.13	20:00 - 06:30	10,9	17,3	N 150	Höhe	18.08.14	20:00 - 06:30	11,9	16,8	N 200	Höhe
28.08.13	20:00 - 06:30	10,9	17,3	N 150	Boden	18.08.14	20:00 - 06:30	11,9	16,8	N 200	Boden
29.08.13	20:00 - 06:30	9,8	19,3	N 150	Höhe	19.08.14	20:00 - 06:30	12,2	18,2	N 200	Höhe
29.08.13	20:00 - 06:30	9,8	19,3	N 150	Boden	19.08.14	20:00 - 06:30	12,2	18,2	N 200	Boden
30.08.13	19:15 - 06:30	12,1	20	N 20	Höhe	20.08.14	20:00 - 06:30	11,2	16,4	N 150	Höhe
30.08.13	19:15 - 06:30	12,1	20	N 20	Boden	20.08.14	20:00 - 06:30	11,2	16,4	N 150	Boden
02.09.13	19:30 - 07:00	12,4	17,8	N 50	Höhe	21.08.14	20:00 - 06:30	9,4	17,3	N 150	Höhe
02.09.13	19:15 - 06:30	12,4	17,8	N 50	Boden	21.08.14	20:00 - 06:30	9,4	17,3	N 150	Boden
03.09.13	19:30 - 07:00	11,4	19,9	N 50	Höhe	22.08.14	20:00 - 06:30	10,2	18,2	N 20	Höhe
03.09.13	19:15 - 06:30	11,4	19,9	N 50	Boden	22.08.14	20:00 - 06:30	10,2	18,2	N 20	Boden
04.09.13	19:00 - 07:00	12,3	22,4	N 100	Höhe	23.08.14	20:00 - 06:30	9,9	13,2	N 20	Höhe
04.09.13	19:15 - 06:30	12,3	22,4	N 100	Boden	23.08.14	20:00 - 06:30	9,9	13,2	N 20	Boden
05.09.13	19:15 - 06:30	12,3	22,7	N 100	Höhe	25.08.14	20:00 - 06:30	12,1	16,5	N 50	Höhe
05.09.13	19:15 - 06:30	12,3	22,7	N 100	Boden	25.08.14	20:00 - 06:30	12,1	16,5	N 50	Boden
06.09.13	19:30 - 07:00	14,9	22,7	S 20	Höhe	26.08.14	20:00 - 06:30	14	15,6	N 50	Höhe
06.09.13	19:15 - 05:18	14,9	22,7	S 20	Boden	26.08.14	20:00 - 06:30	14	15,6	N 50	Boden
06.09.13	19:00 - 07:00	14,9	22,7	S 20	Boden	27.08.14	20:00 - 06:30	10,7	16,9	N 100	Höhe
07.09.13	19:30 - 07:00	17,5	22,8	S 50	Höhe	27.08.14	20:00 - 06:30	10,7	16,9	N 100	Boden
07.09.13	19:00 - 04:03	17,5	22,8	S 50	Boden	28.08.14	20:00 - 06:30	13	20	N 100	Höhe
09.09.13	19:15 - 07:00	12,1	14,7	S 50	Höhe	28.08.14	20:00 - 06:30	13	20	N 100	Boden
09.09.13	19:00 - 07:00	12,1	14,7	S 50	Boden	29.08.14	19:00 - 07:00	16	19,3	S 20	Höhe
10.09.13	19:15 - 07:00	8,4	11,9	S 100	Höhe	29.08.14	19:40 - 06:40	16	19,3	S 20	Boden
10.09.13	19:00 - 07:00	8,4	11,9	S 100	Boden	30.08.14	19:00 - 07:00	14,2	19,4	S 20	Höhe
13.09.13	19:15 - 07:00	9,2	12,7	S 100	Höhe	30.08.14	19:40 - 06:40	14,2	19,4	S 20	Boden
13.09.13	19:00 - 07:00	9,2	12,7	S 100	Boden	01.09.14	19:00 - 07:00	12	14,2	S 50	Höhe
19.09.13	18:45 - 07:15	10,6	11,7	W 100	Höhe	01.09.14	19:40 - 06:40	12	14,2	S 50	Boden
19.09.13	19:00 - 07:00	10,6	11,7	W 100	Boden	02.09.14	19:00 - 07:00	14,1	15,4	S 50	Höhe
20.09.13	18:45 - 07:15	10,6	13,3	W 100	Höhe	02.09.14	19:40 - 06:40	14,1	15,4	S 50	Boden
20.09.13	19:00 - 07:00	10,6	13,3	W 100	Boden	03.09.14	19:00 - 07:00	14,4	17,3	S 100	Höhe
22.09.13	18:45 - 07:30	11	14,2	W 100	Höhe	03.09.14	19:40 - 06:40	14,4	17,3	S 100	Boden
22.09.13	19:00 - 07:30	11	14,2	W 100	Boden	04.09.14	19:00 - 07:00	13,8	20,2	S 100	Höhe
23.09.13	18:45 - 07:30	11,1	14,4	W 50	Höhe	04.09.14	19:40 - 06:40	13,8	20,2	S 100	Boden
23.09.13	19:00 - 07:30	11,1	14,4	W 50	Boden	08.09.14	19:00 - 07:00	15,6	20,6	W 50	Höhe
24.09.13	18:45 - 07:30	9,9	14,9	W 50	Höhe	10.09.14	19:00 - 07:00	10,9	15,7	W 100	Höhe
24.09.13	19:00 - 07:30	9,9	14,9	W 50	Boden	10.09.14	19:00 - 07:00	10,9	15,7	W 100	Boden
25.09.13	18:45 - 07:30	14,3	17,1	W 20	Höhe	11.09.14	19:00 - 07:00	11,7	13,2	W 100	Höhe
25.09.13	19:00 - 07:30	14,3	17,1	W 20	Boden	11.09.14	19:00 - 07:00	11,7	13,2	W 100	Boden
26.09.13	18:45 - 07:30	12,6	15,8	W 20	Höhe	14.09.14	19:00 - 07:00	14,6	15,5	W 20	Höhe
26.09.13	19:00 - 07:30	12,6	15,8	W 20	Boden	14.09.14	19:00 - 07:00	14,6	15,5	W 20	Boden
29.09.13	18:45 - 07:30	9,3	11,8	O 50	Höhe	15.09.14	19:00 - 07:00	10,6	15,3	W 20	Höhe
29.09.13	18:45 - 07:30	9,3	11,8	O 50	Boden	15.09.14	19:00 - 07:00	10,6	15,3	W 20	Boden
30.09.13	18:45 - 07:30	9,8	11,6	O 100	Höhe	17.09.14	18:30 - 07:30	11,3	17,7	O 20	Höhe
30.09.13	18:45 - 07:30	9,8	11,6	O 100	Boden	17.09.14	18:30 - 07:30	11,3	17,7	O 20	Boden
08.10.13	18:45 - 07:30	11,3	12,8	O 20	Höhe	18.09.14	18:30 - 07:30	14,1	18,5	O 50	Höhe
08.10.13	18:45 - 07:30	11,3	12,8	O 20	Boden	18.09.14	18:30 - 07:30	14,1	18,5	O 50	Boden
08.10.13	18:45 - 08:30	11,3	12,8	O 20	Boden	19.09.14	18:30 - 07:30	15,4	17,7	O 50	Höhe
09.10.13	18:30 - 07:15	8,6	11,8	N 500	Höhe	19.09.14	18:30 - 07:30	15,4	17,7	O 50	Boden
09.10.13	18:45 - 07:30	8,6	11,8	N 500	Boden	20.09.14	18:30 - 07:30	13,2	18,4	O 50	Höhe
09.10.13	18:45 - 07:20	8,6	11,8	N 500	Boden	20.09.14	18:30 - 07:30	13,2	18,4	O 50	Boden

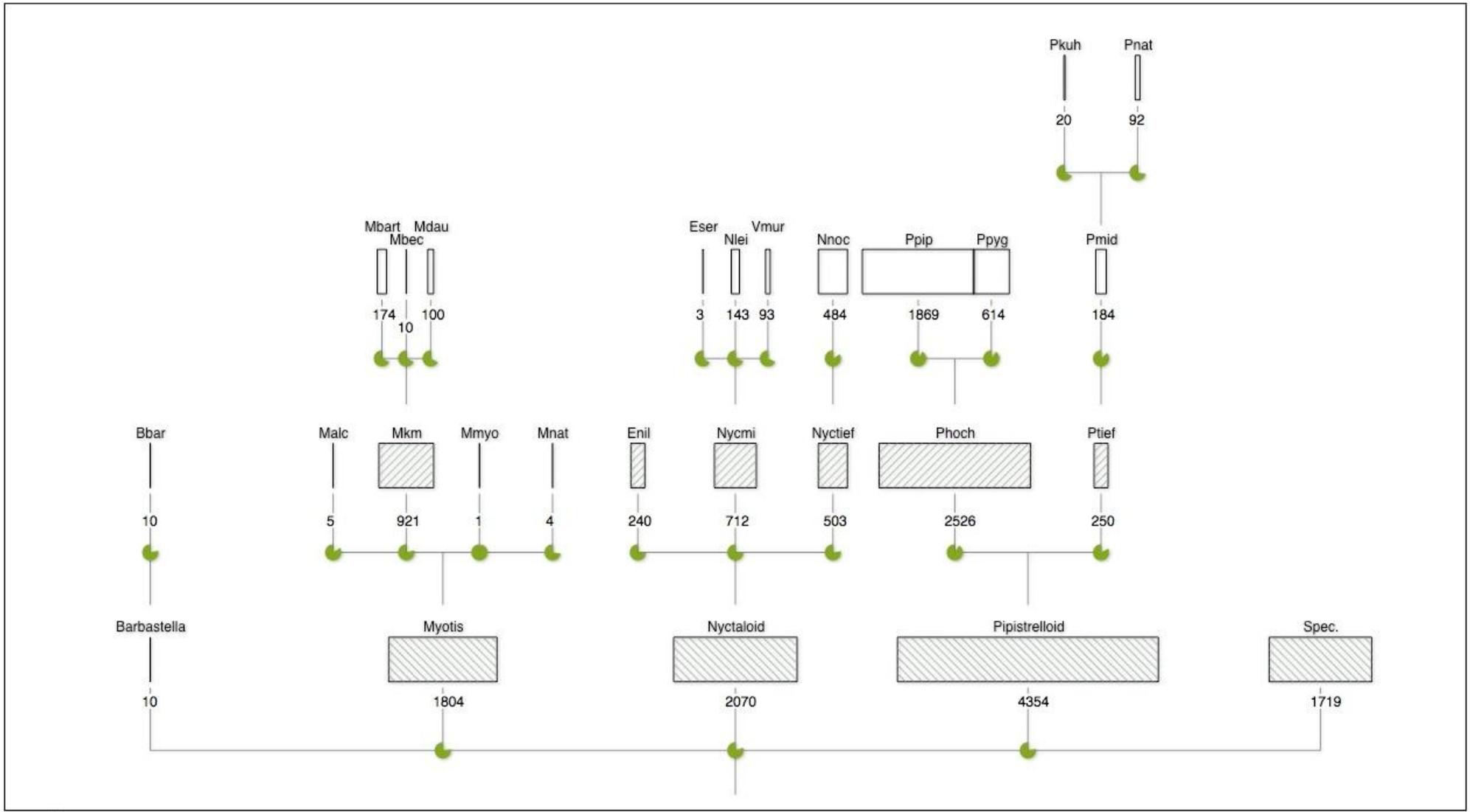
Digitalfunk und Fledermäuse

Datum	Erfassungszeit	°C		Standort	Höhe	Datum	Erfassungszeit	°C		Standort	Höhe
		05:00 Uhr	20:00 Uhr					05:00 Uhr	20:00 Uhr		
						25.09.14	18:30 – 07:30	8,6	12,5	O 100	Höhe
						25.09.14	18:30 – 07:30	8,6	12,5	O 100	Boden
						26.09.14	18:30 – 07:30	12,4	14,1	O 100	Höhe
						26.09.14	18:30 – 07:30	12,4	14,1	O 100	Boden
						28.09.14	18:30 – 07:30	10,8	12	N 500	Höhe
						28.09.14	18:30 – 07:30	10,8	12	N 500	Boden
						29.09.14	18:30 – 07:30	12,1	15,3	N 500	Höhe
						29.09.14	18:30 – 07:30	12,1	15,3	N 500	Boden
						30.09.14	18:30 – 07:30	14,2	17	N 500	Höhe
						30.09.14	18:30 – 07:30	14,2	17	N 500	Boden
						01.10.14	18:30 – 07:30	11,1	16,1	N 500	Höhe
						01.10.14	18:30 – 07:30	11,1	16,1	N 500	Boden

Digitalfunk und Fledermäuse

Tabelle 17: Angabe der jeweils untersuchten Höhe (30 m, 40 m) für alle Standorte und Durchgänge. Messungen bei denen die Höhe im Spätsommer bzw. Herbst- Durchlauf zwischen 2013 und 2014 variiert wurden rot hinterlegt.

MP (Transekt- Höhe- Abstand)	2013					2014							
	Spätsommer		Herbst			Spätsommer			Herbst				
	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	
N Höhe 20	31.07.13		30.08.13			24.07.14	25.07.14		22.08.14	23.08.14			
	40		40			40	30		40	40			
N Höhe 50	29.07.13	30.07.13	02.09.13	03.09.13		23.07.14			25.08.14	26.08.14			
	30	30	30	30		30			30	30			
N Höhe 100	27.07.13		04.09.13	05.09.13		22.07.14			27.08.14	28.08.14			
	30	30				30	30						
N Höhe 150	28.08.13	29.08.13				20.08.14	21.08.14						
	30	30				30	30						
N Höhe 200	26.08.13	27.08.13				18.08.14	19.08.14						
	40		30			40			30	30	30	30	
N Höhe 500	23.08.13		09.10.13			17.08.14			28.09.14	29.09.14	30.09.14	01.10.14	
	30		40			30	30		40				
O Höhe 20	03.08.13		08.10.13			29.07.14	30.07.14		17.09.14				
	30		30			30			40	40	40		
O Höhe 50	04.08.13		29.09.13			31.07.14			18.09.14	19.09.14	20.09.14		
	30	30	30			30	30		30	30			
O Höhe 100	06.08.13	07.08.13	30.09.13			19.07.14	20.07.14		25.09.14	26.09.14			
	30					30							
O Höhe 150	19.08.13					12.08.14							
	30	30				30	30						
O Höhe 200	20.08.13	21.08.13				13.08.14	14.08.14						
	30					30	30						
O Höhe 300	22.08.13					15.08.14	16.08.14						
	40		40			40			40	40			
S Höhe 20	02.08.13		06.09.13			28.07.14			29.08.14	30.08.14			
	30		40	30		30			40	40			
S Höhe 50	11.08.13		07.09.13	09.09.13		05.08.14			01.09.14	02.09.14			
	30	30	30	30		30			30	30			
S Höhe 100	12.08.13	13.08.13	10.09.13	13.09.13		06.08.14			03.09.14	04.09.14			
	30					30							
S Höhe 150	14.08.13					07.08.14							
	30	30				30							
S Höhe 200	15.08.13	16.08.13				08.08.14							
	30	30				30	30	30					
S Höhe 300	17.08.13	18.08.13				09.08.14	10.08.14	11.08.14					
	40		30	30		40	40		30	30			
W Höhe 20	01.08.13		25.09.13	26.09.13		03.08.14	04.08.14		14.09.14	15.09.14			
	40		40	40		40			40				
W Höhe 50	09.08.13		23.09.13	24.09.13		01.08.14			08.09.14				
	30		30	30	40	30			30	30			
W Höhe 100	10.08.13		19.09.13	20.09.13	22.09.13	02.08.14			10.09.14	11.09.14			



50 recs

Abbildung 35: Artgraphik aus bcAdmin (ecoObs GmbH) für die Erfassungen in 2013. In dieser Baumdarstellung werden die verschiedenen Stufen der Bestimmung bis auf Artniveau unter Angabe der Anzahl aufgezeichneter Rufsequenzen (Rufkontakte) angegeben.

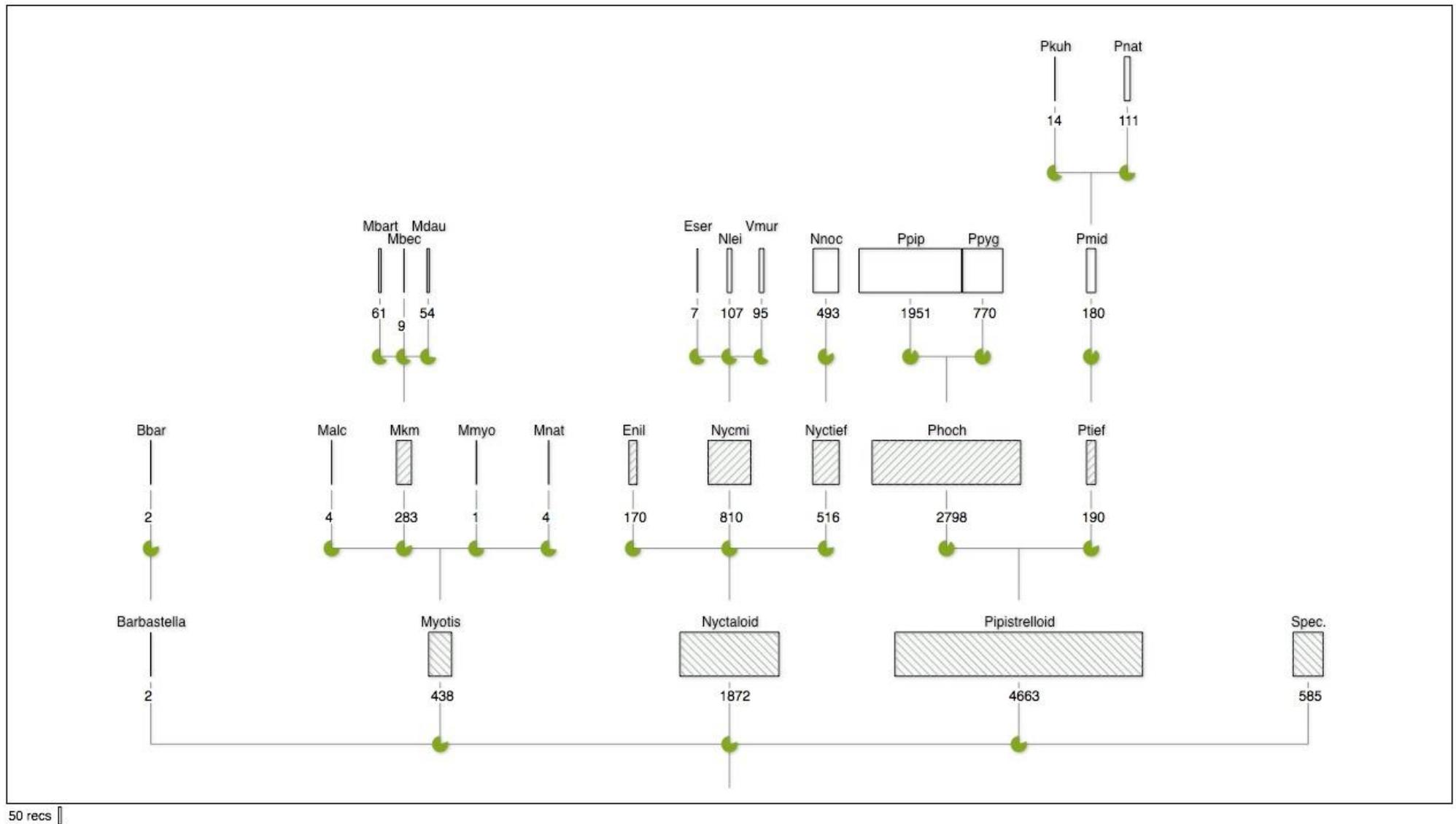


Abbildung 36: Artgraphik aus bcAdmin (ecoObs GmbH) für die Erfassungen in 2013. In dieser Baumdarstellung werden die verschiedenen Stufen der Bestimmung bis auf Artniveau unter Angabe der Anzahl aufgezeichneter Rufsequenzen (Rufkontakte) angegeben.