

Einfluss von Brutzeitfütterung auf Jugendentwicklung und Bruterfolg von Meisen

Impact of breeding time feeding on juvenile development
and breeding success of tits

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades
M.Sc. Biologie
an der TUM School of Life Sciences der Technischen Universität München.

Betreut von	Prof. Dr. Hanno Schäfer Biodiversität der Pflanzen
Extern betreut von	Prof. Dr. Franz Bairlein Institut für Vogelforschung An der Vogelwarte 21 26386 Wilhelmshaven, Deutschland
Eingereicht von	Isabel Rohde Matrikelnummer: 03725931 Bingener Straße 3 80993 München 0178 5808071

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	IV
Abstract	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1. Kooperationspartner	1
2. Einleitung	1
3. Fragestellung	12
4. Material und Methoden	13
4.1. Material	13
4.2. Methoden der Masterarbeit	16
4.2.1 Untersuchte Vogelarten	16
4.2.2 Fläche und Versuchsaufbau	16
4.2.3 Beringung der Adulten mit Metallring und PIT-Tag	19
4.2.4 RFID-System	20
4.2.5 Positionen der Futtersäulen	23
4.2.6 Vogelfutter	25
4.2.7 Protokoll zur Brutzeit von Meisen	26
5. Ergebnisse	30
5.1 Nistkastenbesetzung	30
5.2 Futterstellenbesuche der Vogelarten	33
5.3 Vergleich der Bruten zwischen Zufütterung und keiner Zufütterung	40
5.4 Vergleich mit den Vorjahren	47
5.5 Wetterdaten	50
6. Diskussion	53
6.1 Besetzungsrate im Jahr 2022	53
6.2 Gestartete Bruten mit Jungen	56
6.3 Vergleich mit und ohne Zufütterung	58
6.4 Vergleich mit den Vorjahren (2020 bis 2022)	62
6.5 Fazit	63
7. Ausblick	64
8. Danksagung	65
9. Literaturverzeichnis	66
10. Anhang	73

11.	Erklärung.....	95
-----	----------------	----

Zusammenfassung

Die Vogelfütterung, welche die Zufütterung von wildlebenden Vögeln beschreibt, ist in privaten Haushalten eine beliebte Tätigkeit. Jedoch sind sich die deutschen Naturschutzverbände nicht einig bezüglich der zeitlichen Begrenzung der Fütterung und des geeigneten Vogelfutters. Die vorliegende Arbeit befasst sich deshalb mit den Effekten der Brutzeitfütterung auf den Bruterfolg und Jugendentwicklung von Meisen. Es wurden drei Futtervarianten (geschrotete Erdnüsse, geschälte Sonnenblumenkerne, Futtersäulenmischung) mit einer Kontrollgruppe ohne Zufütterung verglichen. Dafür wurden die Reproduktionsparameter Bruterfolg (*Anzahl ausgeflogene Junge/Anzahl gelegte Eier*) und Jugendentwicklung (Jungengewicht am 15. Lebenstag) bei brütenden Meisen in Nistkästen aufgenommen. Die erwarteten höheren Bruterfolge und eine bessere Jugendentwicklung bei Brutten mit Zufütterung kann weder bestätigt noch widerlegt werden, da nicht genügend erfolgreiche Brutten aufgenommen werden konnten. Die vorhandenen Kohlmeisenbruten weisen keine Unterschiede in der Jugendentwicklung auf. Allerdings war eine Abnahme des mittleren Jungengewichts bei zunehmender Jungenanzahl erkennbar. Der Bruterfolg und die Jungengewichte unterscheiden sich über die letzten drei Jahre nicht, allerdings ist die Besatzungsrate im Jahr 2022 am geringsten. Mehr als die Hälfte aller Futterstellenbesuche waren bei den geschroteten Erdnüssen, da wahrscheinlich die Futtervarianten einen Einfluss auf die Futterstellenbesuche haben. Der Quotient aus dem Verhältnis der gesamten Futterstellenbesuche pro Individuum über die Brutzeit variierte mit dem Alter der Nestlinge, Wetterbedingungen und womöglich auch mit dem Ankommen der Zugvögel.

Abstract

Bird feeding, which describes the feeding of wild birds, is a popular activity in private households. However, the German nature conservation associations do not agree on the timing of feeding and the appropriate bird food. The present study therefore deals with the effects of breeding season feeding on the breeding success and juvenile development of tits. Three food variations (crushed peanuts, peeled sunflower seeds, feed column mixture) were compared with a control group without supplementary feeding. For this purpose, the reproduction parameters breeding success (number of fledged chicks/ number of eggs laid) and juvenile development (weight of chicks on the 15th day of life) were recorded for breeding tits in nesting boxes. The expected higher breeding success and better juvenile development in broods with supplementary feeding can neither be confirmed nor refuted, as not enough successful broods could be recorded. The existing great tit broods did not show any differences in juvenile development. However, a decrease in mean chicks weight with increasing number of young was evident. Breeding success and young weights did not differ over the last three years, but the occupancy rate was lowest in 2022. More than half of all foraging visits were to crushed peanuts, as it is likely that foraging variation influences foraging visits. The ratio of total foraging visits per individual over the breeding season varied with nestling age, weather conditions, and possibly the arrival of migratory birds.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einteilung in Versuchs- und Kontrollflächen.....	17
Abbildung 2: Beispielhafte Nistkästen mit vermuteter Prädation.....	18
Abbildung 3: Aufbau des Schutzes für die Nistkästen.	18
Abbildung 4: Versuchsaufbau mit Vegetationsebene.	19
Abbildung 5: Plastikringes mit integriertem PIT-Tag, Löffel, RFID-Reader (A) und einer beringten Kohlmeise (B).	20
Abbildung 6: Aufbau der Futtersäulen.	21
Abbildung 7: Aufbau der Datenspeicher (Haupt- und Nebenspeicher von Priority1 Design).....	22
Abbildung 8: Aufbau zur Zeiteinstellung der Antennen an den Futtersäulen.....	23
Abbildung 9: Überblick über die Futtersäulen am Rande der Streuobstwiese.	24
Abbildung 10: Aufbau der Futtersäulen mit den drei verschiedenen Futtervarianten und den montierten RFID-Antennen.	25
Abbildung 11: Nestbaustadien und deren verwendetes Nistmaterial.	26
Abbildung 12: Wiegen der Jungen im Alter von 15 Tagen.....	27
Abbildung 13: Weitere Bewohner der Nistkästen des Typs Nisthöhle 2M (Schwegler, Schorndorf).	33
Abbildung 14: Futterstellenbesuche als Quotient (Summe der Futterstellenbesuche /Individuenzahl pro Futtersäule) aller Vogelarten über die Brutzeit (bis 28.06.22).	34
Abbildung 15: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Futtersäule & Tag) der Blau- (A) und Kohlmeise (B) im Wald.....	35
Abbildung 16: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Futtersäule & Tag) der Blau- (A) und Kohlmeise (B) auf der Wiese.....	36
Abbildung 17: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Futtersäule & Tag) der Sumpfmeisen im Wald und auf der Wiese.....	37
Abbildung 18: Futterstellenbesuche der Blaumeisen im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender).....	38
Abbildung 19: Futterstellenbesuche der Kohlmeise im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender).....	39
Abbildung 20: Anzahl der Nistkastenbesuche am 4.Lebenstag der Jungen mit und ohne Zufütterung.	41
Abbildung 21: Boxplot für das Jungengewicht am 15.Lebenstag der Erstbruten der Kohlmeisen.	43
Abbildung 22: Mittlere Jungengewicht gegen die Anzahl der Jungen pro Brut.	44

Abbildung 23: Vergleich der einzelnen Jungengewichte [g] pro Brut der Erstbruten der Kohlmeisen mit und ohne Zufütterung.	45
Abbildung 24: Gewicht der Jungen (g) der Kohlmeisenbruten mit und ohne Zufütterung.	46
Abbildung 25: Bruterfolg der einzelnen Bruten von Blau- und Kohlmeise mit und ohne Zufütterung.	47
Abbildung 26: Bruterfolg im Vergleich zwischen den Bruten von 2020 bis 2022.	49
Abbildung 27: Vergleich der Jungengewicht zwischen den Jahren 2020 bis 2022.	50
Abbildung 28: Nächtliche Tiefsttemperaturen [°C] für die Vormonate (Februar, März) und die Brutzeit von April bis Juni im Jahr 2022.	51
Abbildung 29: Wetterdaten für die Vormonate (Februar, März) und die Brutzeit von April bis Juni im Jahr 2022.	52
Abbildung 30: Angebrachte Wildtierkameras für Aufnahme von möglichen Prädatoren am Nistkasten und den Besuchern an der Futtersäule mit Erdnüssen im Laubmischwald.	89
Abbildung 31: Geöffnete Löcher der Futtersäulen durch Wildtiere.	89
Abbildung 32: Bilder von den Nistkästen W16 und X28 mit Annäherung durch mögliche Prädatoren (Eichhörnchen und Baummarder).	90
Abbildung 33: Einteilung in Versuchs-/ und Kontrollflächen unter Angabe der Nistkästen mit Prädation und inkubierten Bruten.	91
Abbildung 34: Futterstellenbesuche alle Vogelarten über die Brutzeit bis 28.06.2022.	92
Abbildung 35: Futterstellenbesuche der Sumpfmeisen im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender).	93
Abbildung 36: Vergleich der Nistkastenbesuche zwischen den Erst- und Zweitbruten in verschiedenen Nistkästen.	93
Abbildung 37: Vergleich der Gelegegröße zwischen den Jahren 2020 bis 2022.	94

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Geräte, Materialien und deren Hersteller.	13
Tabelle 2: Nummern und Koordinaten der Futtersäulen in beiden Versuchsflächen (im Wald und auf der Wiese)	24
Tabelle 3: Auflistung der erfolgreichen (grün), misslungenen (gelb) und zweiten (blau) Bruten in den Nistkästen unter Angabe der Vogelart, PIT-Tag Nummer (10-stellige Bezeichnung oder nicht getaggt (-)) und Geschlecht (W-Weibchen, M-Männchen).	30
Tabelle 4: Entfernte PIT-Tag Nummern aus den Datensätzen	32
Tabelle 5: Auflistung der besetzten Nistkästen durch die verschiedenen Nistkastenbewohner über die Brutzeit.....	32
Tabelle 6: prozentuale Verhältnis der Futtersäulenbesuche (GE=geschrotete Erdnüsse, MI=Mischfutter, GS=geschälte Sonnenblumenkerne) zwischen Kohl- und Blaumeise getrennt nach Geschlechtern (Männlich, Weiblich) und Sumpfmeisen (Geschlecht nicht bestimmbar).	40
Tabelle 7: Tagesaktuelle Wetterbedingungen am vierten Lebenstag der Bruten mit und ohne Zufütterung, aufgeteilt nach Vogelarten. Die Wetterdaten wurden aus der Abbildung 29 entnommen.....	42
Tabelle 8 Übersicht über die Anzahl der Erstbruten, die gestartet (Eier gelegt), nicht inkubierte, geräubert (als Eier oder Junge) oder erfolgreich waren (keine Zweitbruten) in dem Jahr 2022. ...	48

Abkürzungsverzeichnis

BN	BUND Naturschutz in Bayern e.V.
Bzw.	Beziehungsweise
DEE	Täglicher Energieaufwand
LBV	Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V.
MPI	Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie
MW	Mittelwert
NABU	Naturschutzbund Deutschland e.V.
PIT	passiver integrierter Transponder
RFID	Radiofrequenz-Identifikation
SD	Standardabweichung
u.a.	Unter anderem
v.a.	Vor allem
vgl.	Vergleiche
z.B.	Zum Beispiel

1. Kooperationspartner

Diese Arbeit wurde in Kooperation mit dem Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. erstellt. Der LBV entwickelt sich selbst zu einem Fachverband und bleibt deshalb seither „bei seiner Maxime, dass ein effektiver Arten- und Biotopschutz einer soliden fachlichen Grundlage bedurfte, und investierte in den Ausbau der eigenen Wissensbasis“ (Uekötter 2020). Demzufolge können auch Abschlussarbeiten vom LBV betreut werden, wozu diese Masterarbeit auch gehört. Der LBV unterstützte diese Arbeit von fachlicher und finanzieller Seite.

Prof. Dr. Franz Bairlein vom Institut für Vogelforschung übernahm die fachliche Planung. Dr. Lucy Aplin vom Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie (MPI) in Radolfzell ermöglichte die Umsetzung der Forschungsfragen auf Flächen des MPI. Des Weiteren wurden verschiedenste Materialien wie die schon aufgehängten Nistkästen und die RFID-Materialien (RFID-Antennen, RFID-Frontplatten, etc.) von der Arbeitsgruppe Aplin zur Verfügung gestellt.

2. Einleitung

Vogelfütterung

Einer der häufigsten Orte für Vogelfütterung sind private Gärten, aber auch in Parks werden Futterhäuschen errichtet. Durch die Vogelfütterung werden v.a. Gartenvögel angelockt, welche meist Körner- oder Insektenfresser sind. Gartenvögel sind definiert als „eine Gruppe von Vogelarten, die [...] häufig in Gärten und Parks“ vorkommen (Schäffer und Schäffer 2006, S. 6). Vogelarten wie Amsel, Blau- und Kohlmeise gehören heutzutage zu den häufigeren Gartenvögeln, aber haben ihren ursprünglichen Lebensraum in Wäldern (Schäffer und Schäffer 2017; Westphal und Schmidt 2021).

Vogelfütterung wird im Positionspapier des Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. (LBV) als Fütterung von Vögeln durch den Menschen bezeichnet, der zusätzlich ein Futterangebot zu der natürlich vorkommenden Nahrung anbietet (Schäffer 2017). Das dafür nötige Vogelfutter wird unterschieden in Futter für wildlebende Vögel und für Käfigvögel als Zootiere oder Haustiere (Bechstein 1868). In dieser Arbeit beschreiben die Wörter Vogelfütterung oder Zufütterung die Fütterung von wildlebenden Vögeln.

Die Vogelfütterung hat eine zeitliche Komponente und wird in Ganzjahres-, Sommer-, Winter- und Brutzeitfütterung untergliedert. Als Ganzjahresfütterung wird die Zufütterung von Vögeln über das ganze Jahr bezeichnet. Die Winterfütterung beginnt in Haushalten mit dem ersten Frost oder einer geschlossenen Schneedecke, jedoch wird empfohlen schon ab Ende Oktober/ Anfang November mit wenig Futter zu starten (Westphal und Schmidt 2021). In Studien beginnt die Winterfütterung mit den Monaten November und Dezember und dauert bis März des Folgejahres an (Plummer et al. 2013a). Die Sommerfütterung ist zeitlich variabel und umfasst meist die Brutsaison sowie die Zeit nach dem Ausfliegen der Jungen und dauert bis Herbst an. Die Brutzeitfütterung wird definiert als die Zufütterung von Vögeln von April bis Juni eines jeden Jahres (Browne 2006; Heij et al. 2008; Nicolaus et al. 2009).

Vogelfütterung und Naturschutz

Viele Privatpersonen füttern in ihren Gärten und auf ihren Balkonen. Diese Vogelfütterung in der Stadt bietet den Vogelpopulationen im urbanen Raum eine zusätzliche Nahrung und ist für diese vermutlich ein wichtiger Faktor. Sowohl Futtermittelverfügbarkeit als auch die Futterqualität beeinflussen die Brutpaare und deren Aktivitäten (Jones und James Reynolds 2008).

Eine deshalb viel diskutierte Frage ist, ob Vogelfütterung eine Maßnahme für den Artenschutz ist. Dabei sind sich u.a. die Naturschutzverbände Deutschlands wie der Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU), BUND Naturschutz in Bayern e.V. (BN) und Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. (LBV) nicht einig. Der Ornithologe Peter Berthold vertritt auf Grundlagen seiner Forschung und Erfahrung als ehemaliger Direktor der Vogelwarte Radolfzell ebenfalls eine andere Meinung. Im Folgenden sollen die verschiedenen Meinungen der bekanntesten Positionen Deutschlands zum Thema Vogelfütterung durch den Menschen dargelegt werden.

Nach Berthold und Mohr (2021) gilt die ganzjährige Zufütterung von wildlebenden Vögeln als eine Artenschutzmaßnahme und als eine Möglichkeit für jede Person praktischen Naturschutz zu betreiben, da Vögel sowohl im Sommer als auch im Winter aufgrund des geringen natürlichen Nahrungsangebots mit Energieengpässen zu kämpfen haben. Deswegen sollte ganzjährig zu dem natürlichen Nahrungsangebot zugefüttert werden, was nach Berthold und Mohr (2021) als Vogelschutz zu verstehen ist. Denn der Vogelrückgang in Deutschland seit 1800 (Rückgang der Siedlungsdichte von Vögeln um 80 %) ist durch den Rückgang der natürlichen Vogelnahrung (90 % Rückgang der Heuschrecken und Wildkräutersämerei) zu erklären, wobei eine Ganzjahresfütterung im Sinne des Zufütterns dem entgegen zu wirken vermag (Berthold und Mohr 2021). Der Vogelrückgang ist besonders detailliert für die Fangstation der Vogelwarte Radolfzell nachgewiesen, denn dort sind 35 % der Brutvogelarten verschwunden oder brüten nicht mehr regelmäßig (Berthold und Mohr 2021). Demnach soll eine Zufütterung positive Auswirkungen wie geringere Sterblichkeit im Winter, größere Gelege mit früheren Legebeginn und daraus resultierender höherer Überlebenschancen der Jungen, sowie höheren Bruterfolg, wobei dabei keine Abhängigkeit der Vögel von Futterstellen bekannt ist (Berthold und Mohr 2021). Bei der Jungenfütterung geben die Eltern den Jungen kein falsches Futter, sondern würden eher einen größeren Zeitaufwand in die Futtersuche investieren (Berthold und Mohr 2021).

In einem Positionspapier zur Vogelfütterung äußert der LBV auf der Grundlage von wissenschaftlichen und Citizen Science (Bürgerwissenschaften) Studien seine Empfehlungen zu diesem Thema. Dabei wird unter Einhaltung von Regeln wie der Hygiene an Futterstellen und der Verwendung des richtigen Futters darauf hingewiesen, dass eine Fütterung über das Jahr nicht schädlich ist (Schäffer 2017). Die erwähnte Hygiene an Futterstellen sollte eingehalten werden, damit eine mögliche Übertragung von Krankheiten minimiert wird. Das vom LBV empfohlene Vogelfutter soll sich zum einen je nach Jahreszeit, Witterung, Vorkommen der natürlichen Nahrung und Nährstoffbedarf der Vögel verändern bzw. durch z.B. Lebendfutter ergänzt werden. Zum anderen sollte beim Kauf des Futters auf Herstellerangaben wie Herkunft, Zusammensetzung und die Anbauweise geachtet werden, da es Qualitätsunterschiede beim Futter gibt und ein Anbau ohne Pestizideinsatz empfehlenswert ist (Schäffer 2017). Deswegen empfiehlt der LBV zum Thema Jungenfütterung, dass Erdnüsse nur in geschroteter Form oder in speziellen Fütterungseinrichtungen dargeboten wird, damit das Wegtragen ganzer Nüsse verhindert wird (Schäffer 2017). Denn das Füttern der Jungen mit ganzen Erdnüssen soll schädlich sein, da die Jungen daran ersticken könnten, was in Einzelfällen beobachtet wurde (Cowie und Hinsley 1988a).

Sowohl die Autoren Berthold und Mohr (2021) als auch der LBV im Positionspapier Schäffer (2017, S. 9) beschreiben beide ungeeignetes Vogelfutter wie Küchenabfälle, schimmelige Lebensmittelreste sowie gesalzene oder gewürzte Speisen. Das Salz kann bei Wildvögeln zu einer

Störungen des zentralen Nervensystems führen oder zu Todesfällen (Wildvogelhilfe.org 2021). Dem Verbot zur Zufütterung von Speiseresten oder gar gesalzenen oder gewürzten Speisen stimmen NABU und BN zu.

Der NABU vertritt die Meinung, dass Vogelfütterung keine Naturschutzmaßnahme beispielsweise für bedrohte Vogelarten ist, allerdings unterstützt er die Winterfütterung als Teil eines Naturerlebnisses für den Menschen. Dabei wird aber auch auf die nötige Hygiene an Futterstellen hingewiesen. Es wird außerdem explizit darauf hingewiesen, dass keine Sonnenblumenkerne, kein Fettfutter und keine Erdnüsse, weder als Ganzes noch als Bruch während der Brutzeit verwendet werden sollen (NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. 2022c). Denn die Jungen können an großen Erdnussstücken oder an ganzen Sonnenblumenkernen ersticken und können fettreiches Vogelfutter nicht gut verdauen (NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. 2022c).

Der BN beschreibt in seiner Broschüre „Vogelfütterung im Winter – sinnvoll oder überflüssig?“ die Jungenfütterung auf ähnliche Weise wie der NABU und weist darauf hin, dass der Verdauungstrakt der Nestlinge noch keine gröbere Nahrung verträgt, sondern nur leichtverdauliches (BUND Naturschutz in Bayern e.V. (BN) 2022). Deswegen rät der BN von der Brutzeitfütterung und der Sommerfütterung vollständig ab. Die Winterfütterung soll nur unter bestimmten Bedingungen wie geschlossener und hoher Schneedecke mit zusätzlichem Frost stattfinden. Dabei soll wiederum auf Sauberkeit an den Futterstellen geachtet werden. Außerdem weist der BN darauf hin, dass durch die Winterfütterung häufige und an den Menschen angepasste Vogelarten wie die Blau- und Kohlmeise einen weiteren Konkurrenzvorteil erhalten und dies nicht der Artenvielfalt dienlich ist (BUND Naturschutz in Bayern e.V. (BN) 2022). Davon sollen hauptsächlich die Zugvögel wie Trauerschnäpper oder Gartenrotschwanz negativ beeinflusst werden, welche zusätzlich noch eine Konkurrenz um die Nistplätze in den Nistkästen haben. Trotzdem weist der BN auf die Möglichkeit für einen Zugang zur Natur für den Menschen hin (BUND Naturschutz in Bayern e.V. (BN) 2022).

Die verschiedenen Meinungen zur Vogelfütterung im Winter oder während der Brutzeit basieren in jedem der Naturschutzverbände immer wieder auf dem Vogelfutter, welches verfüttert werden soll. Oftmals wird von falschem Futter für die Jungen gesprochen. Welche Auswirkungen die Vogelfütterung auf den Bruterfolg und somit die Jungen hat, wird in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt. Zuvor müssen noch zwei weitere Auswirkungen der Vogelfütterung auf den Menschen erwähnt werden, da diese die Wahl der Futterart und der Vogelart beeinflussen.

Vogelfütterung als wirtschaftlicher Faktor

Vogelfütterung ist in privaten Haushalten nicht nur eine beliebte Tätigkeit, sondern der Verkauf von Vogelfutter, Vogelhäuschen und vielem mehr ist auch ein großer Wirtschaftsmarkt (Jones und James Reynolds 2008). Besonders beliebt ist die Vogelfütterung in England, wo jährlich 200-300 Millionen Britische Pfund für Vogelfütterungsprodukte ausgegeben werden (Ornithology 2019).

Auch der LBV vertreibt über den Naturshop verschiedenes Vogelfutter vom Hersteller Vivara, wie z.B. Meisenknödel XXL mit Insekten oder getrocknete Mehlwürmer (LBV-Naturshop 2022). Dabei wurden im Jahr 2021 über 22 Tonnen (22.054 kg) Futtersäulenmischung verkauft, welche damit, das am meisten verkaufte Futtersäulenfutter über den Naturshop des LBV war. Wohingegen die geschälten Sonnenblumenkerne mit 7080 kg und die geschroteten Erdnüsse mit 2225 kg weit weniger verkauft wurden. Jedoch verkauft der Naturshop Sonnenblumenkerne und Erdnüsse auch noch in anderen Variationen, wie z.B. als ganze Erdnüsse oder schwarze ungeschälte Sonnenblumenkerne (Kehrling 2022). Geschälte Sonnenblumenkerne sind nach Schäffer und Schäffer (2017) aufgrund ihrer Bestandteile (ca. >50 % Fett, 25 % Proteine, 10 % Kohlenhydrate) ein wertvoller Energielieferant für Vögel.

Vogelfütterung als Naturerlebnis

Jährlich finden bundesweit zwei bürgerwissenschaftliche Aktionen von LBV und NABU zum Thema Vogelzählung an Futterstellen im eigenen Garten, auf dem Balkon oder in einer öffentlichen Fläche statt: die Stunde der Winter- bzw. Gartenvögel (lbv.de 2022a). Durch diese beiden Aktionen möchten die Naturschutzverbände die Artenkenntnis der Bevölkerung erhöhen und das Empfinden für die Natur vor der Haustür steigern. Ein weiterer Grund für die beiden Aktionen ist die Erfassung von Bestandstrend der urbanen Vogelarten.

Bei der Stunde der Wintervögel im Jahr 2022 (6.-9.Januar) haben rund 176.000 Menschen mitgemacht. Dabei waren Kohlmeise (Platz 2) und Blaumeise (Platz 3) unter den häufigsten Vogelarten (NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. 2022a). Im Landkreis Konstanz wurden 3,5 Blaumeisen pro Garten und 4,58 Kohlmeisen pro Garten beobachtet. In den Gärten wurden aber auch 0,16 Sumpfschneisen und 0,1 Tannenmeisen pro Garten gesichtet. Bei der Stunde der Gartenvögel 2022 (13.-15.Mai) haben bundesweit in Deutschland 1.476.536 Menschen mitgemacht und Kohlmeise (Platz 3), Blaumeise (Platz 5) waren wieder unter den häufigsten Vogelarten dabei (NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. 2022b). Im Landkreis Konstanz wurden 1,53 Blaumeisen pro Garten gesichtet, die Anzahl der Kohlmeisen pro Garten betrug 2,23.

Außerdem führte der LBV von Oktober 2017 bis September 2020 ein dreijähriges Projekt „Alle Vögel sind schon da“ in vollstationären Pflegeeinrichtungen durch (lbv.de 2022b). Dabei wurden in den Pflegeeinrichtungen ganzjährige Futterstellen zur Vogelbeobachtung eingerichtet. Als Grundlage diente die Hypothese von Soziobiologen Edward Wilson, dass eine emotionale Naturverbundenheit in jedem Menschen verankert ist. Als Ziele des Projekts wurde der Erhalt der psychosozialen Gesundheit, Stärkung der kognitiven Ressourcen sowie Steigerung der körperlichen Aktivität und Mobilität definiert. Bei der begleitenden Untersuchung zu dem Projekt wurden die Personen in den Pflegeeinrichtungen befragt und wiesen insgesamt ein hohes positives emotionales Empfinden auf (Kals et al. 2020). Durch die Vogelbeobachtung an den Futterstellen fühlten sich die Befragten besser in die Gruppen integriert, wodurch auch das soziale Wohlbefinden anstieg (Kals et al. 2020).

Der Zugang zur Natur über Vogelbeobachtungen an Futterstellen kann nicht nur zu bestimmten Ereignissen wie der Stunde der Garten- und Wintervögel gelingen, sondern auch durch ganzjährig oder winterliche Fütterung.

Wie aufgeführt gehören Blau- und Kohlmeise zu den häufigsten Arten an den Futterstellen und können auch mit anderen Vogelarten an den Futterstellen zu einem Naturerlebnis für den Menschen werden. Um einen genaueren Einblick in das Brutverhalten der Adulten und der Jungentwicklung zu erhalten, werden in den folgenden Abschnitten die erwarteten Vogelarten eingeführt und erläutert.

Erwartete Vogelarten: Blaumeise und Kohlmeise

Die Familie der Meisen (*Paridae*) gehört zu der Ordnung der Sperlingsvögel (Passeriformes) und zu der Unterordnung der Singvögel (Passeri). Die Gattung *Parus* wird seit wenigen Jahren in mehrere Gattungen aufgeteilt, unter anderem beispielsweise in *Poecile* (Vertreter: Sumpfschneise), *Periparus* (Vertreter: Tannenmeise), *Parus* (Vertreter: Kohlmeise) und *Cyanistes* (Vertreter: Blaumeise). Die Meisen sind „überwiegend Waldbewohner und Höhlenbrüter [und] schließen sich im Winter oft zu gemischten Trupps zusammen“ (Svensson, S. 342). Die gebildeten Trupps von Meisen haben im Winter eine Rangordnung in folgender Reihenfolge: Kohlmeise, Blaumeise, Sumpfschneise und Tannenmeise (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005).

Die Kohlmeise (*Parus major*) ist die vierthäufigste Vogelart und gilt als die dominierende Art an Futterstellen, wohingegen die Blaumeise die fünfhäufigste Vogelart in Deutschland ist (Berthold und Mohr, S. 135). Auch die Sumpfmeise (*Poecile palustris*) und die Tannenmeise (*Periparus ater*) kommen an die Futterstellen und nehmen Samen mit. Alle vier Vogelarten sind als regelmäßige Brutvögel in Deutschland bzw. Europa vermerkt. Die Sumpfmeise und die Tannenmeise haben bei beiden Geschlechtern ein sehr ähnliches Adultkleid, sodass die Geschlechter nicht durch optische Betrachtung auseinandergehalten werden können. Auch die Geschlechter der Blaumeise sind schwierig auseinander zu halten, können aber bei genauer Betrachtung am Flügelbug unterschieden werden (Fiedler und Fünfstück 2021). Die Geschlechter der Kohlmeise lassen sich hingegen anhand des schwarzen Bauchstreifens auseinanderhalten, da dieser beim Männchen breiter als beim Weibchen ist (Westphal und Schmidt 2021).

Da Tannenmeisen und Sumpfmeisen seltene Futterstellebesucher sind und kaum bis keine Bruten in der zu untersuchenden Fläche zu erwarten sind, wird in dieser Arbeit nicht auf deren Brutbiologie eingegangen. Im Folgenden werden das Brut- und Fütterungsverhalten der beiden häufigsten Meisenarten als Brutvögel und an Futterstellen in Deutschland beschrieben: Blau- und Kohlmeise. Beide Vogelarten gelten als störungsunempfindlich am Nest.

Adulte Blaumeisen Männchen wiegen durchschnittlich 11,5 g und Blaumeisen Weibchen 11,0 g. Blaumeisen fressen hauptsächlich Insekten, Spinnen und im Frühjahr Weidennektar. Dabei pickt die Blaumeise auch kleinere Insekten von den Blüten. Im Spätsommer und Herbst beginnt die Blaumeise auch Sämereien und Obst zu fressen. Die Blaumeise ist während der Brutzeit territorial, außerdem bewachen die Männchen die Weibchen während der fertilen Phase stark. Die Weibchen versuchen sich hingegen mit mehreren Männchen zu verpaaren (ca. 10% Fremdkopulationen). Als Nistplatz dienen Nistkästen mit einem Einflugloch von 26-27 mm, sowie Baumhöhlen von Laubbäumen. Die Brutsaison beginnt mit dem Legebeginn ab Ende März/ Anfang April und hat ihre Hauptsaison Mitte April bis Anfang Mai. Der späteste Legebeginn ist Anfang Juli und meist umfasst das Gelege neun bis elf Eier. Die Brutdauer ist 13-17 Tage lang. Da das Weibchen allein die Eier ausbrütet, wird das Weibchen vom Männchen auf dem Nest gefüttert. Das Weibchen hudert allein bis etwa zum elften Lebenstag der Jungen, aber die Jungen werden durch beide Elternteile gefüttert. Die Nestlingsdauer hält im Durchschnitt 19-21 Tage an und nach dem Ausflug der Jungen bleibt die Familie noch etwa zwei bis drei Wochen zusammen. Bei Brutverlust kann das Brutpaar eine Zweitbrut meist in neuen Höhlen beginnen, jedoch wird die Zweitbrut bei Bruten in Nistkästen in 50% der Fällen im selben Nistkasten begonnen (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005).

Männliche Kohlmeisen wiegen durchschnittlich 18,9 g, während die Weibchen im Schnitt 17,6 g schwer werden. Die Altvögel verfüttern an ihre Jungen hauptsächlich Larven (meist Raupen) und als Adulte fressen sie im Sommer Insekten, Larven und Spinnen. Gegen Herbst fressen sie Bodentiere, Sämereien und weiche Früchte. „Im menschlichen Siedlungsbereich [fressen Kohlmeisen] Fettfuttermisch, Körnerfutter (z.B. Sonnenblumen) oder fetthaltige Nahrungsmittel“ (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W., S. 106). Kohlmeisen übernachten wie die Blaumeisen einzeln in Höhlen. Im Gegensatz zu Blaumeisen fressen Kohlmeisen häufiger vom Boden und eher an Stammnähe. Zur Brutzeit sind auch die Kohlmeisen territorial und das Männchen geleitet das Weibchen zur Übernachtungshöhle und holt es am nächsten Morgen wieder ab. Trotzdem gibt es auch bei Kohlmeisen Jungen von anderen Männchen im Nest. Kohlmeisen Weibchen sind wie bei Blaumeisen ausschlaggebend für den Nistplatz, wobei Kohlmeisen in vielfältigeren Höhlen brüten wie in „verschiedene[n] Nistkästen, Spechthöhlen und natürliche Baumhöhlen von Wurzelaufläufers und morschen Strünken bis in Kronenbereich, [...] Felsspalten“ (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W., S. 107). Das Nest selbst besteht aus Moos und einer dickeren Schicht an Tierhaaren. Das Weibchen baut das Nest allein und braucht dafür 5-12 Tage. Die Brutsaison der Kohlmeise beginnt wie die der Blaumeise Ende März/ Anfang April bis hin zum spätesten Legebeginn Anfang

August. Die Gelegegröße umfasst meist sieben bis zehn Eier, ist abhängig von individuellen Unterschieden und korreliert mit dem Nahrungsangebot. Zweitgelege sind bei der Kohlmeise kleiner und auch kleiner in Naturhöhlen als in Nistkästen. Die Brutdauer umfasst 13-15 Tage und das Weibchen wird auf dem Nest vom Männchen gefüttert. Wie bei den Blaumeisen hudert nur das Weibchen und beide Elternteile füttern die Junge, die eine Nestlingszeit von 17-20 Tage haben. Auch Zweitbruten können bei Kohlmeisen vorkommen, korrelieren allerdings mit den Erfolgschancen, welche in Habitaten mit länger anhaltenden Futterangeboten größer als im Vergleich zu niedrigeren Futterverfügbarkeiten während der Erstbrut sind (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005).

Die Nester der Blau- und Kohlmeise sind in einen Napf und eine Basis aufgeteilt. In einer Bachelorarbeit von Lucas Fäth wurde die Zusammensetzung der Nester auf botanischer Ebene analysiert (Pfeifer 2022). Dabei wurde festgestellt, dass die Kohlmeise größere und robustere Moosarten im Vergleich zur Blaumeise bevorzugt und eine andere Zusammensetzung der Moose in der Basis hat (Pfeifer 2022).

Bedeutung der Jungenfütterung für Brutpaar und Ausflugerfolg

Die Jungenfütterung bei Blau- und Kohlmeise dauert während der Nestlingszeit zwischen 17-20 Tagen, danach folgt das Füttern außerhalb des Nestes, wofür die Familien je nach Art noch für zwei bis drei Wochen zusammen bleiben (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). Während der Nestlingszeit wurden an männliche Jungen größere Stücke als an weibliche Jungen verfüttert, dafür nahm die Häufigkeit der Fütterung leicht ab, aber die gesamte Menge blieb für beide Jungengeschlechter gleich (Michler et al. 2010). Die Jungenfütterung wird außerdem durch die Brutgröße beeinflusst, dies wurde in der Studie von Nicolaus et al. (2009) durch künstlich vergrößerte Bruten in Flächen mit natürlicher und höherer Brutdichte untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass vergrößerte Bruten einen Nachteil v.a. in Flächen mit hoher Konkurrenz haben und, dass der negative Effekt auf Flügelänge und Ausflugsgewicht einer vergrößerten Brut durch Konkurrenz verstärkt wird. In dieser Studie wurde vermerkt, dass die männlichen Jungen ab dem 14. Lebenstag größer und schwerer als die weiblichen Jungen sind (im Mittel über drei Jahre 0,7 g schwerere Männchen). Die gleichbleibende Fütterungsrate der Jungen unabhängig von deren Geschlecht konnte auch durch die Studie von Pagani-Núñez et al. (2015) bestätigt werden. Die Fütterungsrate der Eltern war abhängig von der Anzahl an Jungen, welche nach künstlich veränderter Brutgröße angepasst wurde.

Durch Filmaufnahmen während des 10.-14. Lebenstags der Jungen wurde die Vielfalt der Beute in Gruppen wie z.B. Raupen, Larven, Spinnen eingeteilt und gezählt (Pagani-Núñez et al. 2015). Dabei wurden Raupen am häufigsten an die Jungen verfüttert (Raupen 55%, Spinnen 14%), wobei nicht alle Beutevarianten in allen Nestern verfüttert wurden. Die Kohlmeise wurde dabei auf Artenlevel als Generalist betrachtet und auf Populationsebene wurde eine signifikante Tendenz zu dem Verhalten eines Spezialisten gefunden. Die Futterverfügbarkeit (hier: Raupenverfügbarkeit) in der Umgebung des Nistplatzes spielt eine Rolle für die Futtersuche und den damit verbundenen Energieverbrauch der Eltern (Tinbergen und Dietz 1994). Der tägliche Energieverbrauch (DEE= daily energy expenditure) kann durch vermehrtes Hüpfen und kurze Flüge bei der Futtersuche ansteigen, da in der Studie von Tinbergen und Dietz (1994) ein sehr steiler Abgang des Körpergewichts festgestellt wurde. Der tägliche Energieverbrauch der Weibchen ist stark assoziiert mit dem Gewicht der Weibchen, sodass 26,4% der Varianzen des DEE darüber erklärt werden können (Tinbergen und Dietz 1994). Außerdem ist der Energieverbrauch des Weibchens höher gewesen, je größer die Brut pro Ei war (3,75 kJ Tag⁻¹, Erklärung für 16% der DEE-Varianzen), wohingegen bei höheren Umgebungstemperaturen der DEE-Wert des Weibchens geringer war. Dies wurde auch in der Studie von Heij et al. (2008) bestätigt. Auf der anderen Seite wurde in der Studie von Sanz et al. (2000) der Energieverbrauch (DEE) bei Kohlmeisen Weibchen mit einer zwölf-

tagealten Brut nicht in Abhängigkeit von den Jungen im Nest oder dem Gewicht des Weibchens assoziiert. Dafür sank der DEE signifikant mit der steigenden Umgebungstemperatur. Dabei stieg die stündliche Fütterungsrate pro Junges vom Süden (Spanien) bis Mitte Europa (Niederlande) an und die südlichen Populationen nutzen die möglichen Tagesstunden zur Jungenfütterung, wohingegen die nördlichen Populationen dies nicht taten (Sanz et al. 2000). Des Weiteren wurde das Verhalten bei der Futtersuche von Kohlmeisen auf Untersuchungsflächen von Finnland bis Lettland untersucht. Der Bruterfolg (vom Ei zum Ausflug des Jungen) und die Raupenabundanz waren dabei signifikant geringer in der nördlichen Population in Finnland (Rytkönen und Krams 2003). Dabei waren dünne Birkenäste im Norden beliebter und im Süden wurden diese von der Kohlmeise abgelehnt. Somit unterscheidet sich das Verhalten bei der Futtersuche über die Breitengrade Europas.

Die Brutgröße selbst kann durch das Brutpaar während drei Stadien bestimmt werden (Eiablage, Inkubation, Nestlingszeit), denn bei einer größeren Brut ist der Energieaufwand (DEE) höher (Heij et al. 2008). Dies ist umso wichtiger, da das Jungengewicht im Zusammenhang mit dem Ausflug und dem Wiederfang und somit dem Überleben der Jungen steht (Tinbergen und Boerlijst 1990).

Um den Effekt der Brutgröße auf die Entwicklung der Jungen zu analysieren, kann die Brutgröße künstlich verändert werden. In der Studie von Nilsson und Nord (2017) konnte trotz manipulierter kleinerer Brut (Hälfte der Jungen) von Sumpfmehren keine Steigerung der Jungenfütterung durch gleichbleibende Jungengewichte festgestellt werden. Die Weibchen der Sumpfmehren verbrachten die Nacht bei der Brut im Nistkasten, wohingegen die Männchen diese Möglichkeit nicht hatten. Das nächtliche Ausruhen der Weibchen bei den Jungen sorgt möglicherweise nicht nur für ein Wärmen der Jungen, sondern unterstützt das Weibchen auch bei der eigenen Thermoregulation (Nilsson und Nord 2017). Das Weibchen befand sich teils nur mit geringem Kontakt zu den Jungen, hatte aber durch die Anwesenheit im Nest ein erhöhtes Risiko auf Nestprädation (Nilsson und Nord 2017). Bei einer Studie von Andreasson et al. (2016) in Schweden wurden Bruten ebenfalls künstlich verkleinert, aber auch vergrößert. Die Blaumeisenjungen in künstlich verkleinerten Bruten begannen früher mit der Entwicklung der Thermoregulation als die Jungen in künstlich vergrößerten Bruten. Somit findet die endotherme Wärmeproduktion der Blaumeisenjungen nicht bei einem gewissen Alter statt, sondern ist abhängig von der Brutgröße. Die Bruten mit künstlich mehr Jungen hatten eine höhere Nesttemperatur als Bruten mit weniger Jungen (Andreasson et al. 2016). Dafür waren die Jungen in künstlich verkleinerten Bruten schwerer als Jungen in künstlich vergrößerten Bruten und als die unveränderten Bruten (Kontrollgruppe) an Blaumeisen (Andreasson et al. 2016).

Die Jungenfütterung wird, wie dargelegt durch die Brutgröße, das Futter selbst und durch dessen Angebot beeinflusst. Das richtige Futter für die Jungen und während der Sommerfütterung sollte weiches Futter wie Mehlwürmer oder auch Fettfuttermischungen sein (Berthold und Mohr 2021). In dem Positionspapier des LBVs wird auf der anderen Seite auch auf das natürliche Futterangebot hingewiesen, welches im Sommer und Herbst am höchsten zu sein scheint (Schäffer 2017). Während der Brutzeit ist das höchste Angebot an geeigneten natürlichen Futter wie Spinnen, Insekten und deren Larven zu verzeichnen (Schäffer 2017).

Auswirkungen der Wintervogelfütterung

Die beliebteste Zeit der Vogelfütterung ist während des Winters und wurde durch zahlreiche Studien untersucht sowie die Auswirkungen der Winterfütterung auf die folgende Brutsaison. Bei Blaumeisen wird nach einer Winterfütterung im Vergleich zu keiner Zufütterung ein signifikant negativer Effekt auf die Reproduktionsparameter (geringeres Jungengewicht, kleinere Jungen, geringerer Ausflugerfolg) festgestellt (Plummer et al. 2013a). Durch die Winterfütterung mit Vogelfutter, welches aus Pflanzenfettkugeln ohne und mit dem Zusatz Vitamin E besteht (Konzentration

100 mg kg⁻¹ Fett, ähnlich zu dem Level in Erdnüssen), könnte eine einseitige Ernährung die negativen Folgen in der Brutzeit auslösen, aber durch Ergänzung von Vitamin E einem Antioxidans diese Auswirkungen wieder aufwiegen (Plummer et al. 2013a). Die Winterfütterung mit dem genannten Fettfutter wirkt sich auch auf die Eiproduktion aus, indem die Weibchen weniger Carotinoide in die Eier zu Anfang der Brutsaison und gegen Ende mehr Carotinoide in die Eier investieren (Plummer et al. 2013b).

Die Winterfütterung mit Erdnüssen kann auch positive Auswirkungen auf ein früheres Brüten und höheren Ausflugerfolg bei Blaumeisen haben, da ein früheres Brüten durch eine höhere Futterverfügbarkeit durch die Winterfütterung vor der Brutzeit möglich wird (Robb et al. 2008b). Dabei ist zu beachten, dass beide Studien u.a. verschiedene Futtervarianten anboten (Erdnüsse bei (Robb et al. 2008b), Pflanzenfettkugeln bei (Plummer et al. 2013a; Plummer et al. 2013b)). Die Futterverfügbarkeit kann ausschlaggebend für geringere nächtliche Körpertemperaturen der freilebenden Blaumeisen sein, da im Vergleich die Blaumeisen in der Voliere immer Zugang zu Futter hatten und die Körpertemperatur weitestgehend homöotherm hielten (Nord et al. 2009). Mit steigenden nächtlichen Temperaturen steigen auch die Körpertemperatur der freilebenden Blaumeisen an, welche in Nistkästen übernachteten (Nord et al. 2009). Jedoch ist der ständige Zugang zu Futter wichtig für die Thermoregulation der Blaumeisen (Nord et al. 2009). Denn Blaumeisen mit mehr Fettreserven können ihre Körpertemperatur in der Nacht auf höheren Leveln halten als Blaumeisen mit wenigen Fettreserven. Somit spielen die individuellen Konditionen bei geringen Umgebungstemperaturen eine Rolle (Nord et al. 2011). Die lokal erhöhte Futterverfügbarkeit durch Zufüttern im Winter (hier: Sonnenblumenkerne) lässt die Kohlmeisenpopulation ansteigen und in Flächen ohne Zufütterung abnehmen (Källander 1981).

Eine zeitlich begrenzte Futterverfügbarkeit im Winter (hier: geschälte schwarze Sonnenblumenkerne) weist keinen Effekt auf die Reproduktionsparameter auf, da diese für eine geringere Konkurrenz um Futter und Nistplatz sorgen könnte (Crates et al. 2016). Die begrenzte Futterverfügbarkeit soll Gartenfütterungen durch Privatpersonen simulieren und dabei wurde ein höherer Konsum des angebotenen Futters durch Kohlmeisen als Blaumeisen anhand der RFID-Methode (siehe 4.2.4) festgestellt (Crates et al. 2016).

Zusammenfassend kann die Winterfütterung je nach Standort bis kurz vor Brutsaison Auswirkungen auf die Reproduktionsparameter haben. Das dabei verwendete Futter, ob Fettkugeln (Plummer et al. 2013a; Plummer et al. 2013b), Erdnüsse (Robb et al. 2008b) oder geschälte Sonnenblumenkerne (Crates et al. 2016; Källander 1981) beeinflusst, ob positive oder negative Folgen daraus entstehen.

Auswirkungen der Brutzeitfütterung

Nachdem ein Brutpaar sich gefunden hat, kann der Nestbau starten. Danach folgen die Stadien Eiablage, Inkubation der Eier und die Nestlingszeit bis hin zum Ausflug der Jungen. Ab dem Schlüpfen werden die Nestlinge von den Eltern gefüttert, wobei die Jungenfütterung durch das Futterangebot und die Futterqualität verschieden beeinflusst werden kann. Im folgenden Abschnitt ist zu beachten, wo die Untersuchungen stattgefunden haben, und welches Futter verwendet wurde.

Zunächst kann die Ernährung der Nestlinge mit deren Alter variieren, dabei passen beide Eltern die Futtersuche an das Jungenalter an (García-Navas et al. 2022). Dabei werden Raupen hauptsächlich bis zum siebten Lebenstag gebracht und Spinnen v.a. als Futter zu Beginn der Jungenentwicklung gefüttert, da diese reich an Aminosäuren für die Entwicklung des visuellen und kognitiven Systems sind (García-Navas et al. 2022). Bei brütenden Blau- und Kohlmeisen in Nistkästen stammen etwa 15 % des gebrachten Vogelfutters von menschlichen Futterstellen, wovon 9,4 %

Erdnüsse bei Kohlmeisen und 1,1 % bei Blaumeisen sind (Cowie und Hinsley 1988a). Dem widersprechend füttern Blaumeisen Eltern ihre Jungen zu 12 % mit dem angebotenen Fettfutter und Kohlmeisen Eltern zu 6 % (Voigt-Heucke et al. 2017). Bei der Studie von Voigt-Heucke et al. (2017) wurden vor jeden besetzten Nistkasten eine Futterstelle angebracht, sodass der Anteil zur Studie von Cowie und Hinsley (1988a) nicht vergleichbar ist. Die Zusammensetzung der Fäkalien der Blaumeisen Jungen besteht aus 49 % Erdnuss, 17 % Sonnenblumen, 9 % Mais und 5 % Gerste (Shutt et al. 2021). Jedoch wurde bei dieser Studie nicht selbst gefüttert, sondern es wurde indirekt über die unmittelbare Nähe zu einer Stadt mit Anwohnern, die Vogelfutter in ihren Gärten anbieten, gefüttert. Andererseits wird in der Studie von Cowie und Hinsley (1988a) darauf hingewiesen, dass Kohlmeisen durch den höheren Anteil an Erdnüssen in der Jungenfütterung gefährdeter im Sinne des Erstickens an Erdnussstücken als Blaumeisen sein könnten. Denn es wurden bei drei Brutten tote Nestlinge mit Erdnussstücken im Schlund entdeckt und es werden weitere vermutet, da die Eltern kleine tote Jungen v.a. in den frühen Phasen aus dem Nest entfernen (Cowie und Hinsley 1988a). Auf der anderen Seite sind kleine Nestlinge wahrscheinlich am meisten gefährdet zu ersticken. Es konnte trotzdem kein Zusammenhang zwischen Zufütterung und Nestlingssterblichkeit gefunden werden (Cowie und Hinsley 1988a). Das gebrachte Jungenfutter ist morgens und abends besonders wenig von Futterstellen, dafür aber umso mehr zwischen 13-14 Uhr (Cowie und Hinsley 1988a). Insgesamt müssen die Eltern mehr Futter den älteren Jungen bringen, wodurch die Eltern weniger Zeit für die Futtersuche haben (García-Navas et al. 2022).

Durch die Brutzeitfütterung mit Erdnussskuchen (50% gemahlene Erdnüsse, 50% Rindertalg) ist der Schlupferfolg bei Blaumeisen signifikant geringer im Vergleich zur Kontrollgruppe, jedoch nicht bei den Kohlmeisen (Harrison et al. 2010). Bei der Brutzeitfütterung (hier: Fettkugeln aus 20 % Rindertalg, 30 % Sonnenblumenöl und 50 % kommerzielle Samen Mix aus Haferflocken, Sonnenblumenkerne, Erdnüsse und Rosinen) in der Studie von Voigt-Heucke et al. (2017) ist der Schlupferfolg in den Flächen mit Zufütterung geringer und mehr Misserfolge sind im Vergleich zu den Brutten ohne Zufütterung vorhanden (Misserfolge beim Schlupf: mit Zufütterung 47 %, ohne Zufütterung 13 %). Es wird vermutet, dass das Futter oder ein erhöhtes Stresslevel die Reproduktion der Eltern in Form von weniger Spermienproduktion, Ovulation des Eies und Embryoentwicklung abgeschwächt hat. Das Stresslevel der Eltern wurde vermutlich durch eine hohe Dichte an Futterstellen (an jedem besetzten Nistkasten) und den damit verbundenen erhöhten Individuenvorkommen erhöht (Voigt-Heucke et al. 2017). Der Bruterfolg ist bei Blau- und Kohlmeise nach dem Zufüttern insbesondere von fettreichem Futter deutlich geringer (Voigt-Heucke et al. 2017). Auf der anderen Seite wird das Jungengewicht auch durch die Gelegegrößen beeinflusst, denn die Brutten mit mehr Jungen waren mit Zufütterung schwerer als große Brutten in den Kontrollflächen (Voigt-Heucke et al. 2017). Die Gelegegröße von Blau- und Kohlmeise in der Studie von Harrison et al. (2010) ist unter Zufütterung von Erdnussskuchen signifikant reduziert und der Legebeginn ist signifikant früher. In dem Review von Robb et al. (2008a) wird u.a. darauf aufmerksam gemacht, dass ein früheres Legedatum unter Zufütterung zu vermehrten Zweitbruten führen kann. Außerdem legen Weibchen unter Zufütterung größere Eier, welche langsamer auskühlen, oder vergrößern das Gelege durch mehr Eier (Robb et al. 2008a).

Welchen Unterschied der Ort des Futterangebots für die Brutten in Nistkästen von Blaumeise und Kohlmeise macht, wird im Folgenden diskutiert. Die Zufütterung im städtischen Bereich geschieht v.a. durch Privatpersonen und sorgt, aufgrund der Verbesserung der physischen Konditionen der Weibchen, wahrscheinlich zu früheren Legedaten (Chamberlain et al. 2009). Die mittlere Gelegegröße und die Brutgröße in Abhängigkeit von dem natürlichen Futterangebot waren in der Stadt signifikant geringer als in ländlichen Gebieten (Solonen 2001). Dies bestätigte auch die Studie von Chamberlain et al. (2009) in der gezeigt wurde, dass die Gelege in Wäldern größer als in dem städtischen Gebieten sind.

Die Populationsgrößen in den Flächen sind nicht abhängig von den vorhandenen Nistkästen, sondern werden durch die Futterverfügbarkeit v.a. vor der Brutsaison limitiert (Solonen 2001). Das schwankende natürliche Futterangebot beeinflusst die Futterstellenbesuche von Blau- und Kohlmeise, aber auch die flügge gewordenen Jungen erhöhen den Verbrauch der zugefütterten Erdnüsse im August und September (Cowie und Hinsley 1988b). Der Verbrauch an zugefütterten Erdnüssen steigt davor in der frühen Brutsaison (Ende März/ Anfang April) an. Es wird andererseits vermutet, dass aufgrund der geringen natürlichen Futterverfügbarkeit das durch den Menschen angebotene Futter mehr angenommen wird, aber zu geringen Jungengewichten führen kann (Chamberlain et al. 2009). Es kann aber auch ein Mangel an natürlichem Futter (hier: Raupenverfügbarkeit) in urbanen und suburbanen Flächen zu geringeren Ausflugerfolgen bei Blau- und Kohlmeisen führen (Pollock et al. 2017). Dies bestätigte auch die Studie von Solonen (2001) bei der, der Ausflugerfolg in städtischen Gebieten um 19,3- 21,5 % geringer als in den ländlichen Gebieten ist. Dies scheint eine indirekte Folge der geringeren Gelegegröße und der dafür höheren Meisendichte der urbanen Flächen zu sein (Solonen 2001). Jedoch haben auch die winterlichen Temperaturen vor der Brutsaison einen Einfluss und dies mehr in den ländlichen als in den urbanen Gebieten (Solonen 2001). Die Umgebungstemperaturen sorgen auch während der Brutsaison für Unterschiede und werden durch die Brutgröße sowie die damit verbundene Thermoregulation im Nest beeinflusst (Sanz et al. 2000; Andreasson et al. 2016).

Allerdings können Futterstellen mit vielen Vogelbesuchen eine attraktive Stelle für Prädatoren darstellen (Robb et al. 2008a). Auf der anderen Seite kann in Städten der Prädationsdruck sinken, da dort mehr Futterangebote durch den Menschen auch für Prädatoren vorhanden ist (Chamberlain et al. 2009). Die Prädationsrate steht aber auch in Zusammenhang mit der Dichte von Nagern und Meisen, wobei diese über die Jahre schwankt (Dunn 1977). Dabei korreliert die Nagerdichte signifikant mit der Prädationsrate, sofern die Meisendichte mit beachtet wurde und umgekehrt ebenfalls. Die häufigsten Prädatoren in der Studie von Dunn (1977) waren Mauswiesel, Eichhörnchen und Spechte.

Auf der anderen Seite kann eine Zufütterung (hier: Saatgutmischung mit 50 % Sonnenblumenkerne, 9% ganze Erdnüsse und Weitere) in Waldflächen die individuelle Gesundheit der Vögel verbessern, denn das Futter erhöht die Antioxidantienlevel und verringert die Stresshormonlevel (Wilcoxon et al. 2015). Allerdings wurden die besseren körperlichen Konditionen der Vögel durch ein höheres Infektionsrisiko am Futterhäuschen wieder aufgehoben (Wilcoxon et al. 2015). Futterstellen können zur Verbreitung von Infektionen bei Vögeln führen, v.a. wenn große Ansammlungen von Vögeln sich beispielsweise an Futterhäuschen treffen (Becker et al. 2015). Die somit erwähnte Hygiene kann durch Verwendung von Füttersäulen minimiert werden, da die Vögel getrennt an den Öffnungen sitzen. Denn das Infektionsrisiko für Vögel steigt an, wenn das Vogelfutter durch Kot verunreinigt wird (Schäffer und Schäffer 2006).

Nach der ganzjährigen Zufütterung wurden die Futterstellen entfernt und lösten keine gesundheitlichen Einbußen bei den gefütterten Vogelarten aus (Wilcoxon et al. 2015). Die Abhängigkeit der Vögel von Futterstellen schien auch bei einer immer wieder ausgesetzten Winterfütterung nicht gegeben zu sein (Crates et al. 2016). Außerdem scheinen sich Vögel an unterschiedliche Futterverfügbarkeiten anpassen zu können (Ruffino et al. 2014).

Durch Vogelfütterung ist der Ausflugerfolg der Jungen in 64 % der Studien höher als ohne Fütterung (Robb et al. 2008a). Dieser Effekt machte sich bei Zufütterungen während Lege- und Brutzeit mehr bemerkbar als bei Fütterung bis zur Legezeit. Wenn das zugefütterte Futter an die Jungen weitergegeben wurde, dann waren in 56 % der Studien eine höhere Wachstumsrate der Jungen gemessen worden (Robb et al. 2008a). Die positiven Effekte auf die Reproduktionsparameter werden vor allem durch eine Brutzeitfütterung ausgelöst, wobei Fütterung mit einer geringen Erreichbarkeit keine Effekte auf den Bruterfolg zeigen (Ruffino et al. 2014). Denn bei einem hohen

natürlichen Vorkommen von Futter gibt es keinen Effekt der Zufütterung auf die Reproduktionsparameter der Vögel. Die Vögel sollen sich aufgrund der verschiedenen Futterverfügbarkeiten in den Umgebungen der Brutplätze angepasst haben, um beispielsweise mit Mangel an natürlichen Futter zurechtzukommen (Ruffino et al. 2014). Zumal wurde darauf hingewiesen, dass es Unterschiede in den Auswirkungen zwischen Fütterungen bis zur Brutsaison (meist Winterfütterung bis März) und während der Brutsaison (Brutzeitfütterung) gibt (Ruffino et al. 2014).

Konkurrenzvorteile durch Zufütterung

Die durch den BN vertretene Meinung, dass häufige Vogelarten einen Konkurrenzvorteil durch Zufütterung erhalten, wird auch in Studien diskutiert (BUND Naturschutz in Bayern e.V. (BN) 2022). Dazu zählt insbesondere die Konkurrenz um die Höhlen bzw. Nistkästen zu Beginn der Brutsaison. Die Konkurrenz zwischen einem Zugvogel wie dem Trauerschnäpper (*Ficedula hypoleuca*) und einem Standvogel wie der Kohlmeise wurde in Finnland durch künstliche erzeugte Verdichtung der Brutplätze untersucht (Forsman et al. 2007). Beide Vogelarten haben ähnliche Futteransprüche während der Brutsaison und brüten in Nistkästen (Forsman et al. 2007). Wenn die Trauerschnäpper neben den Kohlmeisen brüteten, waren die Trauerschnäpperjungen schwerer als ohne benachbarte Kohlmeisen. Und das, obwohl Kohlmeisen als Standvögel eher die qualitativ hochwertigen Brutplätze nutzen können, als die später brütenden Trauerschnäpper, welche nur zufällig noch freie Nistkästen auswählen konnten. Die Kohlmeisenjungen wogen hingegen weniger, wenn Trauerschnäpper in den Flächen vorhanden waren, als ohne ebendiese. Allerdings könnte dieser Effekt auch aufgrund von Stress durch die erzwungene Nähe der Nistkästen ausgelöst worden sein oder durch zeitliche Überlappung zwischen dem Ausfliegen der Kohlmeisenjungen und dem Schlüpfen der Trauerschnäpperjungen. Somit wäre die Konkurrenz um das Futter bei beiden Vogelarten in unterschiedlichen Stadien der Bruten gegeben (Forsman et al. 2007). Die Jungenfütterung wird dementsprechend nicht nur durch die Futterverfügbarkeit und -qualität beeinflusst, sondern auch durch die nachbarlich brütenden Vogelarten.

Obwohl bekannt ist, dass Blau- und Kohlmeise die Futterstellen annehmen und das dort angebotene Futter an ihre Jungen abgeben (Cowie und Hinsley 1988a; Voigt-Heucke et al. 2017), ist die Studienlage unklar. Denn die Ergebnisse verschiedener Studien widersprechen sich, da zum Einen auf geringere Gelegegröße (Harrison et al. 2010), geringere Schlupferfolge (Harrison et al. 2010; Voigt-Heucke et al. 2017) und ein früheres Legedatum hingewiesen wird. Zum Anderen verbessern sich die individuellen Konditionen durch Zufütterung (Wilcoxon et al. 2015) und ein früheres Legedatum wird durch die verbesserten Konditionen möglich (Chamberlain et al. 2009). In den Studien wurde allerdings mit verschiedenen Vogelfuttermitteln wie Fettkugeln (Plummer et al. 2013a; Plummer et al. 2013b), Erdnüssen bzw. Erdnusskuchen (Robb et al. 2008b; Cowie und Hinsley 1988b; Harrison et al. 2010), geschälten Sonnenblumenkernen (Crates et al. 2016; Källander 1981) oder Saatgutmischungen (Wilcoxon et al. 2015) gefüttert.

Sowohl die unterschiedlichen Meinungen der Naturschutzverbände in Deutschland als auch die verschiedenen Ergebnisse aus vorangegangenen Studien führen zu der Fragestellung, die in dieser Studie untersucht werden soll, welche im Folgenden beschrieben wird.

3. Fragestellung

In dieser Arbeit soll der Einfluss der Fütterung und Futterqualität während der Brutzeit untersucht werden. Dazu sollen die Auswirkungen von drei Futtermittelformen verglichen werden: geschrotete Erdnüsse, geschälte Sonnenblumenkerne und eine Futtermittelmischung aus schwarzen Sonnenblumenkernen, gestreiften Sonnenblumenkernen, Erdnuss-Bruch, Hirse und Kanariengras (*Phalaris canariensis*). Dafür werden die Reproduktionsparameter Bruterfolg (*Anzahl ausgeflogene Junge/ Anzahl gelegte Eier*) und Jugendentwicklung (Jungengewicht am 15. Lebenstag) bei brütenden Meisen in Nistkästen aufgenommen. Durch wöchentliche Kontrollen der Nistkästen soll die Entwicklung der Brutten oder anderer Nistkasten Bewohner aufgenommen werden. Da die Kohlmeise und Blaumeise zu den häufigsten Meisenarten zählen und regelmäßige Futterstellenbesucher auch in Gärten sind, wurden diese hauptsächlich in den Nistkästen vermutet. Die Nistkasten- und Futterstellenbesuchsraten sollen mittels RDID-Systems aufgenommen werden, damit die Futtermittelformen verglichen werden können.

Es wurde erwartet, dass die Brutten mit einer hohen Fütterungsfrequenz durch die Zufütterung während der Brutzeit einen höheren Bruterfolg und eine größere Jugendentwicklung haben. Es wurde erwartet, dass die Meisen im nahrungsräheren Bereich vermehrt die Zufütterung in Anspruch nehmen werden. Daraus sollte folgen, dass Meisen mit einer hohen Fütterungsfrequenz einen größeren Bruterfolg und eine bessere Jugendentwicklung haben als Meisen mit einer niedrigeren Fütterungsfrequenz.

4. Material und Methoden

4.1. Material

Für die Vogelfütterung wurde Vogelfutter des Herstellers Vivara verwendet, welches über den Naturshop des LBVs vertrieben wird (LBV-Naturshop 2022). Deshalb wurden für die vorliegende Arbeit die am häufigsten verkaufte Futtersäulenmischung des Naturshops sowie die von den Verbänden diskutierten Erdnüsse und Sonnenblumenkerne verwendet.

Die genaue Beschreibung der drei Futtervarianten sind mit den weiteren verwendeten Materialein in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Verwendete Geräte, Materialien und deren Hersteller.

Bezeichnung	Beschreibung	Hersteller
Geschälte Sonnenblumenkerne	Artikel-Nr.: 21044005	Vivara CJ Wildbird Foods EU B.V Overloonseweg 11c 5821 EE Vierlingsbeek Niederlande
Futtersäulenmischung	Artikel-Nr.: 21044013 Bestandteile: schwarze Sonnenblumenkerne, gestreifte Sonnenblumenkerne, Erdnuss-Bruch, Hirse und Kanariengras (<i>Phalaris canariensis</i>)	Vivara CJ Wildbird Foods EU B.V Overloonseweg 11c 5821 EE Vierlingsbeek Niederlande
Geschrotete Erdnüsse	Artikel-Nr.: 21044034	Vivara CJ Wildbird Foods EU B.V Overloonseweg 11c 5821 EE Vierlingsbeek Niederlande
Hauptdatenspeicher	Hauptlogger, RFID-Lesemodul	Priority1 Design; Suite 6, 250 Gore Street Fitzroy, 3065 Melbourne, Australien
Nebendatenspeicher	Hilfslogger, optionales RFID-Lesemodul	Priority1 Design; Suite 6, 250 Gore Street Fitzroy, 3065 Melbourne, Australien
12V-Autobatterien	CTM AGM Batterie genannt Blei-Viles-Akku (Pb) Modell: CT9-12L Nennspannung: 12 V Nennkapazität: 9 Ah (C20)	CTM Berlin CTM Components Trading Marketing GmbH Handwerkerstraße 2 15366 Hoppegarten

3V-Uhrenbatterie	Energizer CR2032 Lithium Batterie Nennspannung: 3 V	Varta Clarios Germany GmbH & Co KG Am Leineufer 51 30419 Hannover, Deutschland
RFID-Reader	IBT EM4102 LCD READER LF (125 kHz) Anzeige der 40-bit Seriennummer der Vögeltags	Eccel Technology 16B Fir Tree Lane, Groby LE6 0FH Leicester Großbritannien
PIT-Tags	Farbe: grau und schwarz Plastikring mit integriertem PIT-tag (PIT: „passive integrated transponder“)	Eccel Technology Ltd 16B Fir Tree Lane, Groby LE6 0FH Leicester, Großbritannien
RFID-Antenne an Nistkästen	RFID-Besuchslöcher, eingebaut in eine Schwegler 1B Holzbetonfrontplatte für den Schwegler 1B und Schwegler 1M Nistkasten	NatureCounters Ltd Biomotors Ltd. The Old Rectory Boughton Malherbe Maidstone, Kent, ME17 2BD, Großbritannien
RFID-Antenne an Futtersäule	RFID-Antennenspule mit Kabel und Gehäuse	NatureCounters Ltd Biomotors Ltd. The Old Rectory Boughton Malherbe Maidstone, Kent, ME17 2BD, Großbritannien
Futtersäulen	Riesenfuttersäule 123 cm, Artikelnummer 33020	Vivara CJ Wildbird Foods EU B.V Overloonseweg 11c 5821 EE Vierlingsbeek, Niederlande
Kabelbinder	25 S wiederverschließbare Kabelbinder 150 x 7,6 mm Und 150 x 3,5 mm	toom Baumarkt GmbH Humboldtstraße 140-144 51149 Köln, Deutschland
Nistkasten	Nisthöhle 2M, Ausführung FT in brauner Farbe, Fluglochweite: 32 mm	Schwegler; Heinkelstr. 35, 73614 Schorndorf, Deutschland
T-Träger	Schwegler T-Träger zur Aufhängung der Nistkästen	Schwegler; Heinkelstr. 35, 73614 Schorndorf, Deutschland

Gabelstange	Schwegler-Gabelstange Länge: ca. 2,4 m	Schwegler; Heinkelstr. 35, 73614 Schorndorf, Deutsch- land
Panzertape	Klebeband „Extra Power“ schwarz Länge: 25 m	Tesa SE Hugo-Kirchberg-Straße 1 22848 Norderstedt, Deutsch- land
Doppelseitiges Klebe- band	Doppelseitiges Klebeband Länge: 5 m Breite: 5 cm	Tesa SE Hugo-Kirchberg-Straße 1 22848 Norderstedt, Deutsch- land
Polycarbonatplatten	Polycarbonatplatten 2,05 x 1,22 m Dicke: 0,5 mm Transparent	alt-intech® Alt-intech PC/PMMA Platte
Vogelringe	Metallringe mit Ringnummer Ringgrößen: B (Ø 2,3 mm), C (Ø 2,8 mm)	Vergabe durch EURING (Eu- ropäische Union für Vogel- beringung) über die Vogelwar- te Radolfzell (Zentrale für Tiermarkierungen) Am Obstberg 1 78315 Radolfzell, Deutschland

4.2. Methoden der Masterarbeit

4.2.1 Untersuchte Vogelarten

Durch die Größe des Einfluglochs von 32 mm der Nistkästen des Typs Nisthöhle 2M (Schwegler, Schorndorf) wurden v.a. die Vogelarten Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*), Kohlmeise (*Parus major*) und Tannenmeise (*Parus ater*) erwartet. Nach Angaben des Herstellers Schwegler (Schorndorf) nutzen auch Sumpf- und Haubenmeise, Gartenrotschwanz, Kleiber, Halsband- und Trauerschnäpper, Feld- und Haussperling den Nistkasten Typ (Nisthöhle 2M » Schwegler Natur 2022).

Die Datenaufnahme wurde auf die erwartbaren Meisenarten beschränkt, da diese sowohl häufige Futterstellenbesucher sind (NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. 2022a), als auch eine hohe Besetzungsrate in künstlichen Nisthilfen aufweisen. Die Nistkastennutzung erleichterte das Finden der Nester und Beobachten der Bruten, sowie die Verwendung von RFID-Antennen (Newton 1998).

4.2.2 Fläche und Versuchsaufbau

Die Fläche, auf der die Fragestellung untersucht wurde, befindet sich nahe der Ortschaft Güttlingen, einem Stadtteil von Radolfzell am Bodensee in Süddeutschland (Specht 2022). Die Fläche umfasste von den äußersten Nistkästen (X33 und W35) eine Luftlinienentfernung von 908,91 m und ist an der breitesten Stelle 130 Meter breit (Abbildung 1). Die gesamte Fläche gliederte sich in die folgenden drei Habitate: Nadelwald, Streuobstwiese mit Hecken-/ und Baumreihe Umrandungen und Laubmischwäldern.



Abbildung 1: Einteilung in Versuchs- und Kontrollflächen.

Die Kontrollflächen (rote Kreise) und Versuchsflächen (blaue Kreise) umfassten jeweils mindestens 15 Nistkästen (Ausnahme Streuobstwiese mit acht Nistkästen). Die Futtersäulen (blaue Punkte) wurden final im Laubmischwald und am Rande der Streuobstwiese mit umgebener Viehweide aufgehängt. Die Nistkästen des Typs Nisthöhle 2M (Schwegler, Schorndorf) wurden an einem T-Träger an Bäumen aufgehängt und teils mit einem zusätzlichen Prädationsschutz in den Versuchsflächen nachgerüstet.

Auf dieser Fläche wurden 2020 für eine vorherige Studie 100 Nistkästen des Typs Nisthöhle 2M (Schwegler, Schorndorf) aufgehängt. Die Nistkästen wurden mit einem Buchstaben und einer Nummer versehen, sodass diese nach W01 bis W49, X01 bis X33 und Y01 bis Y18 benannt sind (Wild und Aplin unveröffentlicht). Die Nistkästen wurden an einem T-Träger (Schwegler, Schorndorf) an verschiedenen Bäumen befestigt. Die T-Träger gelten nach Angaben des Herstellers als zusätzlicher Prädationsschutz wie beispielsweise vor Katzen und Mardern (T-Träger » Schwegler Natur 2022).

Durch beobachtete und dokumentierte Prädation v.a. auf den Versuchsflächen wurden Überlegungen zum Schutz der Meisen in den Nistkästen gemacht (im Anhang Abbildung 32, Abbildung 33). Im Vergleich zu der vorherigen Studie wurde in den ersten drei Versuchswochen mehr durch Prädation zerstörte Nester und vermutliche Schlafplatz-Tötungen beobachtet (Abbildung 2). Die angebrachten Nistkästen an einem T-Träger wurden deshalb nach drei Wochen Versuchslaufzeit mit einem weiteren Prädationsschutz nachgerüstet.



Abbildung 2: Beispielhafte Nistkästen mit vermuteter Prädation.

Die gezeigten beispielhaften Bruten in den Nistkästen 1&2 befanden sich beide im Neststadium vier. Im Nistkasten zwei waren, zumal Eier, welche ebenfalls zerstört wurden. Der dritte beispielhafte Nistkasten zeigt Prädation ohne Nestbau, aber mit Nutzung des Nistkastens als vermeintlicher Schlafplatz.

Dazu wurde aus Polycarbonatplatten (Dicke: 0,5 mm) der Firma alt-intech® ein Dach als Schutz vor Prädation gebaut (Abbildung 3). Aus den Polycarbonatplatten wurden Kreise mit einem Durchmesser von 35-36 cm herausgeschnitten und ein Loch in die Mitte dieser Kreise geschnitten. Eine anschließend gerade Linie zum mittleren Loch erlaubte es, die zu einem Zylinder zu biegen. Das Dach wurde so um die Aufhängung der Nistkästen gebunden und mit Panzertape und doppelseitigen Klebeband zugeklebt, dass das Dach beweglich war. In der Überlegung sollte so der Prädator am beweglichen Dach hinabrutschen und somit den Eingang des Nistkastens nicht erreichen.

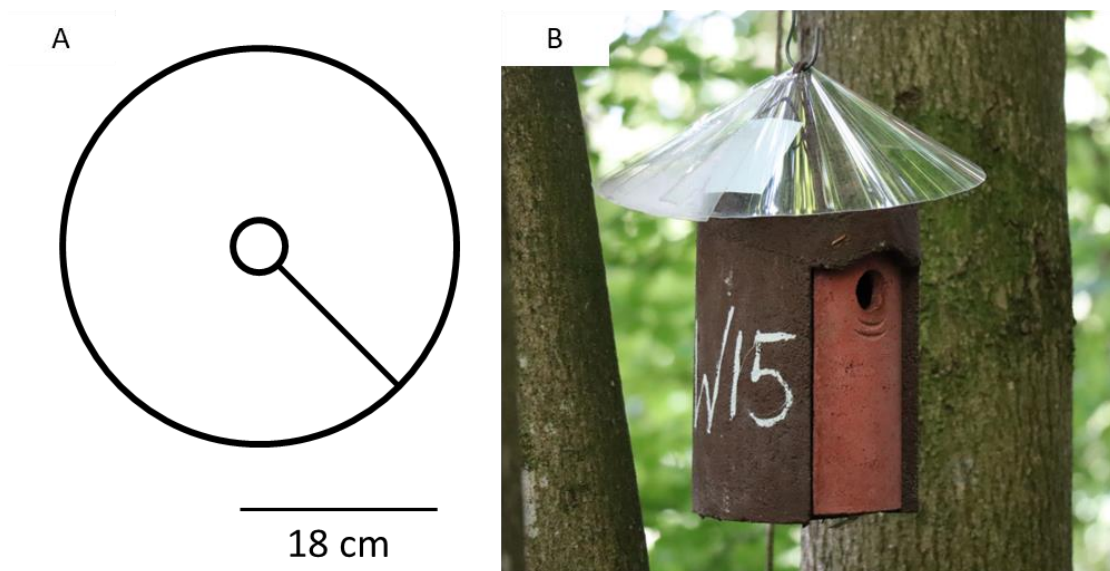


Abbildung 3: Aufbau des Schutzes für die Nistkästen.

Skizze des Dachaufbaus aus Polycarbonatplatten (Dicke: 0,5 mm) zum Schutz vor Prädatoren (A) und ein beispielhafter Nistkasten mit Schutzdach (B). Der Prädationsschutz wurde mit Panzertape und doppelseitigem Klebeband befestigt und war beweglich, sodass mögliche Prädatoren am Dach abrutschen sollten.

Für den Versuchsaufbau wurde in jedem der drei Habitate Nadelwald, Streuobstwiese und Laubmischwald jeweils eine Versuchsfläche mit mindestens 15 Nistkästen festgelegt (Abbildung 1). Allerdings bot die Streuobstwiese nur acht Nistkästen, da dort nicht mehr Nistkästen angebracht waren. Die Kontrollflächen im Laubmischwald und im Nadelwald umfassten beide 15 Nistkästen. An den Versuchsflächen wurden sechs Futtersäulen aufgebaut (Kapitel 4.2.5), die mit drei verschiedenen Futtervarianten (geschrotete Erdnüsse, geschälte Sonnenblumenkerne und Mischfutter) befüllt wurden: die Nadelwald- und Streuobstwiesenflächen wurden durch jeweils drei Futtersäulen an einem Ende der Streuobstwiese gefüttert. Brütende Meisen in den Nistkästen X01-X04 konnten auch zu den Futtersäulen im Laubmischwald fliegen. Die Kontrollflächen umfassten zwei Habitate (Nadelwald und Laubmischwald), beinhalten keine Zufütterung und somit kein Aufbau von Futtersäulen (Abbildung 1, rote Kreise).

Die Streuobstwiese wurde aufgrund ihrer geringen Größe und der Umrandung durch eine Wirtschaftswiese mit Hecken-/ und Baumumrandung, als nahrungsarmes Habitat eingestuft (Abbildung 4). Der nördliche Teil der Streuobstwiese wurde von Rindern beweidet.

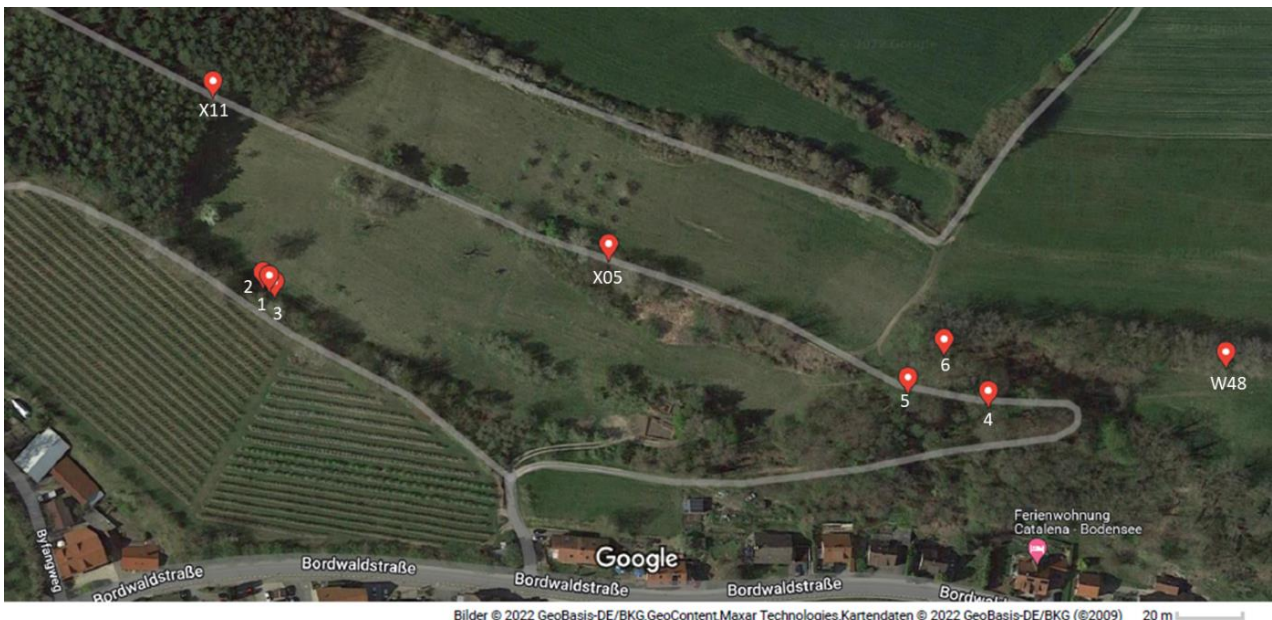


Abbildung 4: Versuchsaufbau mit Vegetationsebene.

Die Standorte der Nistkästen 1-6 und der beispielhaften Nistkästen W48, X05 und X11 in denen Bruten gestartet wurden, wurden in ein Luftbild mit Vegetation eingetragen.

4.2.3 Beringung der Adulten mit Metallring und PIT-Tag

Während der Beringung der adulten Meisen von 06.-20. April 2022 wurde eine Mischung aus 1/3 geschroteter Erdnüsse und 2/3 ungeschälter Sonnenblumenkerne verwendet, da diese Mischung über den Winter 2021/22 und während der vergangenen Beringungen der letzten drei Jahre verwendet wurde. Diese Mischung wurde in der vorherigen Studie genutzt, da die geschroteten Erdnüsse durch Beimischung der ungeschälten Sonnenblumenkerne bei regnerischem Wetter nicht verkleben können. Die dafür verwendeten Futtersäulen waren, während des Beringungszeitraums ohne RFID-Antennen und an anderen Standorten positioniert. Die Standorte für die Beringung wurden nach den Erfahrungen der vorherigen Studie ausgewählt und mit entsprechenden Futtersäulen ausgestattet (Wild und Aplin unveröffentlicht).

Der Fang der Vögel erfolgte mit „Jannetzen“. Die gefangenen Meisen wurden an den Beinen mit einem Metallring und einem Plastikring mit integrierten PIT-Tag („passive integrated transpon-

der“) versehen, sofern die Vögel diese noch nicht besaßen. Bei der Beringung der Vögel wurden abgesehen von der Art auch das Geschlecht, Alter, Gewicht, Flügelänge und Tarsus vermessen und Auffälligkeiten wie Verletzungen oder Wiederfang wurden vermerkt (Svensson 1992).

Der Plastikring mit integrierten PIT-Tag wurde mittels eines Löffels an das eine Vogelbein angebracht. Dabei wurde zunächst die Nummer des PIT-Tags durch einen RFID-Reader kontrolliert und notiert (Abbildung 5). Durch das Anbringen des PIT-Tags konnten die Nutzung der Futtersäulen und die Fütterungsrate am Nistkasten unter Verwendung der angebrachten RFID-Antennen gemessen werden (Kapitel 4.2.4 & 4.2.5). An das jeweils andere Bein wurde der Metallring angebracht.



Abbildung 5: Plastikringes mit integriertem PIT-Tag, Löffel, RFID-Reader (A) und einer beringten Kohlmeise (B).

Der Plastikring mit integriertem PIT-Tag („passive integrated transponder“) wurde mittels des Löffels an das eine Vogelbein angebracht, damit die einzelnen Meisen-Individuen an den RFID-Antennen an den Futtersäulen (B) und Nistkästen erkannt werden konnten und so deren Besuchsfrequenzen gemessen werden konnten.

4.2.4 RFID-System

Die Aufnahme der Futtersäulenbesuche durch getaggte Meisen erfolgte über ein RFID-System (Radiofrequenz-Identifikation). Durch RFID-Antennen an den Futtersäuleneingängen konnten alle Futterstellenbesuche von getaggtten Vögeln aufgezeichnet und gespeichert werden. Dabei nahm das System für die Auswertung nötige Daten wie die PIT-Tag Nummer, Uhrzeit und Datum auf.

Die Datensicherung der Futtersäulen Antennen erfolgte über zwei Datenspeicher (Haupt- und Nebenspeicher von Priority1 Design, Australien), welche jeweils eine eigene Verbindung zu einer der zwei Antennen an der Futtersäule haben (Abbildung 7). Der Hauptspeicher zeichnet sich durch die Installation einer SD-Karte, einer 3V-Uhrenbatterie und der Verbindung zur 12V-Autobatterie aus. Auf der SD-Karte wurden alle Daten der beiden Datenspeicher gesichert. Beide Datenspeicher wurden mit einer 12V-Autobatterie als Stromzufuhr in einem Werkzeugkoffer vor dem Wetter und anderen externen Einflüssen wie Schmutz, Nagetieren und Insekten geschützt. Die Kabel, die als Verbindung zwischen den Antennen und dem Datenspeicher im Koffer dienen, wurden mit einem Kabelschutz gesichert. Der Werkzeugkoffer selbst war in einer Plastiktüte mit Reißverschluss eingebettet, damit dieser vor Nässe geschützt war und keine Kleinstiere hineingelangen konnten. Für die nach außen führende Kabel zu den Antennen wurden kleine Löcher in den Koffer gebohrt (Abbildung 6C). Der gesamte Aufbau der Futtersäulen gliederte sich von oben nach unten in Futtersäule mit zwei Antennen, Kabelverbindung mit Schutz, und Werkzeugkoffer in

Plastiktüte (Abbildung 6A). In dem Koffer befinden sich die integrierten Datenspeicher (Abbildung 6B).

Zur Übertragung der zuletzt aufgezeichneten Daten auf die SD-Karte wurde einer der Test-Tags für 10-20s in die Antennen an der Futtersäule gehalten. Die Daten wurden alle 3-4 Tage bei Begehungen kopiert und gesichert, um so einen konstanten Zeitumfang aufzeichnen zu können. Zusätzlich wurde bei der Datensicherung auch das korrekte Funktionieren der Antennen getestet und die Zeiteinstellung korrigiert. Durch Begehungen nach schweren Unwettern wurde sichergestellt, dass beschädigte oder heruntergefallene Antennen wieder angebracht werden konnten.

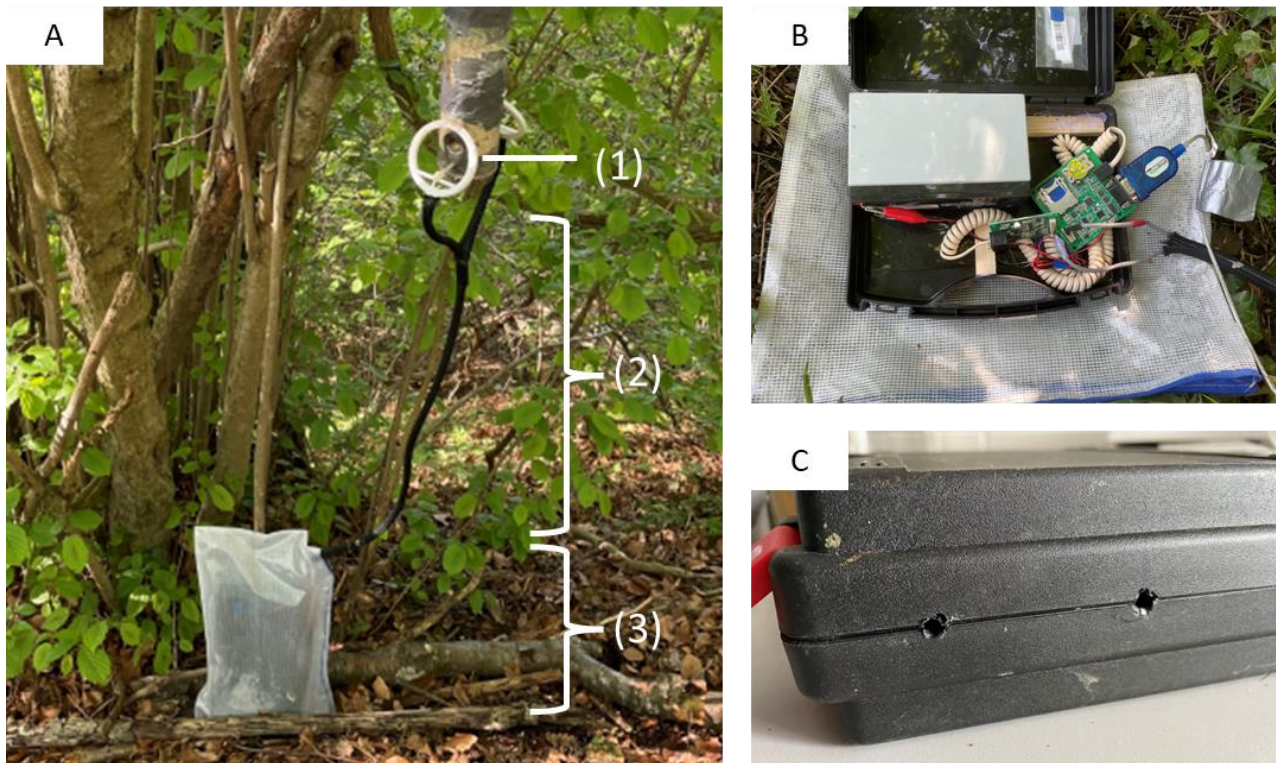


Abbildung 6: Aufbau der Futtersäulen.

Die (A1) RFID-Antenne ist über eine (A2) Kabelverbindung mit Kabelschutz an den (A3) Werkzeugkoffer in der Plastiktüte verbunden. Die Kabel sind durch eingedrahte Löcher im Koffer (C) mit dem Logger verbunden. Die Datenspeicher (Priority1 Design, Australien) der Antennen befinden sich in dem Koffer und sind mit zwei Stromversorgungen (3V-Uhrenbatterie, 12V-Autobatterie) verbunden (B).

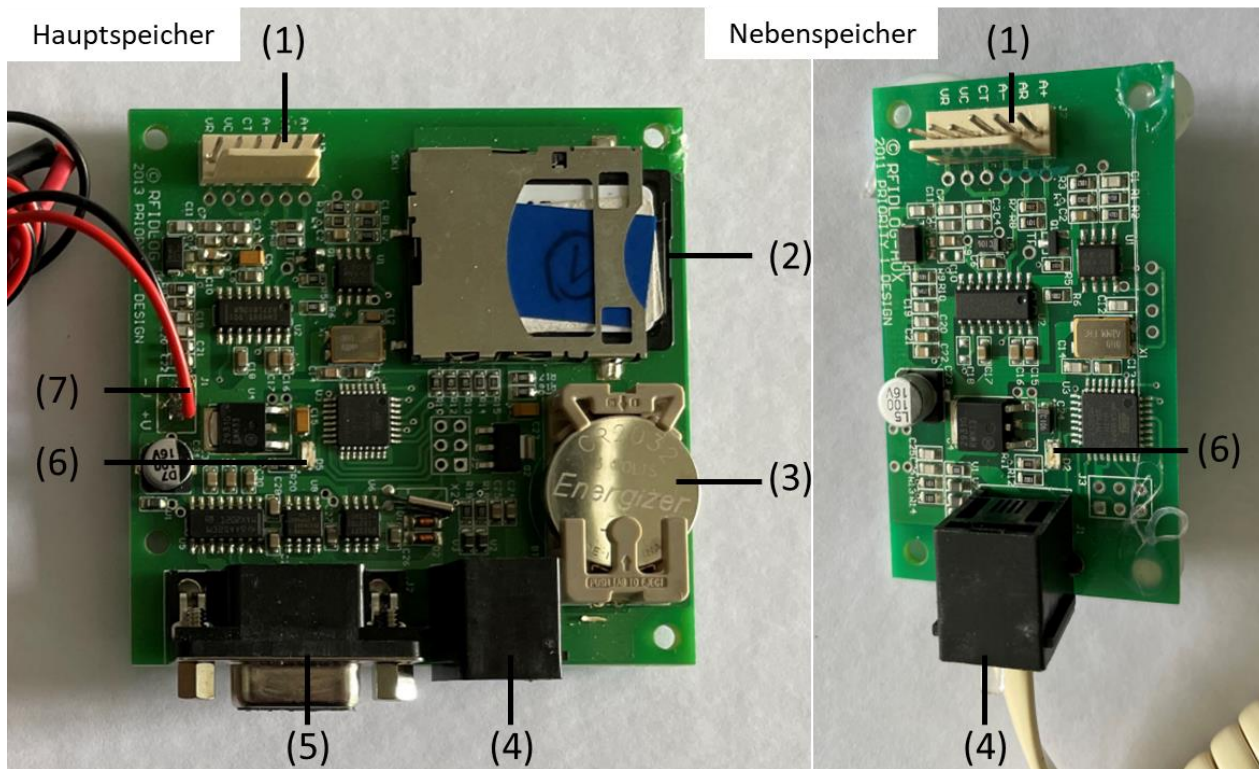


Abbildung 7: Aufbau der Datenspeicher (Haupt- und Nebenspeicher von Priority1 Design).

Der Hauptspeicher ist ausgestattet mit Verbindung zur externen Antenne (1), SD-Karte (2), 3V-Uhrenbatterie (3), Verbindung zum Hilfspfeicher (4), Verbindung zu einem Laptop über RS232 Anschluss (5), LED-Anzeiger (6) und Stromzufuhr über eine angeschlossene 12V-Autobatterie (7). Der Nebenspeicher hat zu einer zweiten externen Antenne eine Verbindung (1).

Die Zeiteinstellung der Antennen an den Futtersäulen erfolgte mit dem Programm „RFID Reader Writer Application Ver.5:04“ (Priority1 Design, Australien) mittels eines Laptops. Dazu wurde der Hauptspeicher über den RS232 Anschluss mit einem VGA-Kabel an den Laptop angeschlossen. Über die Funktion „Connect“ konnte dann der Datenspeicher der Futtersäule mit dem Programm verknüpft werden. Danach wurde durch „Set Periods“ die Uhrzeit und das Datum eingestellt, welches das Programm von der Computereinstellung übernimmt. Dabei wurde eingestellt, dass die Datenaufnahme der Antennen kontinuierlich jeweils von 4:00 Uhr morgens bis 23:00 Uhr nachts lief (Abbildung 8). Durch die kontinuierliche Erneuerung der Zeiteinstellung konnte die durchgängige Datenaufnahme mit der korrekten Zeit gesichert werden. Da die Brutzeitfütterungen der Kohlmeise und Blaumeise um Sonnenaufgang (ca. 5 Uhr) begannen und um Sonnenuntergang (ca. 21-22 Uhr) endeten, wurde die Datenaufnahme auf tagsüber begrenzt (Blotzheim und Bauer 1993, 643, 770).

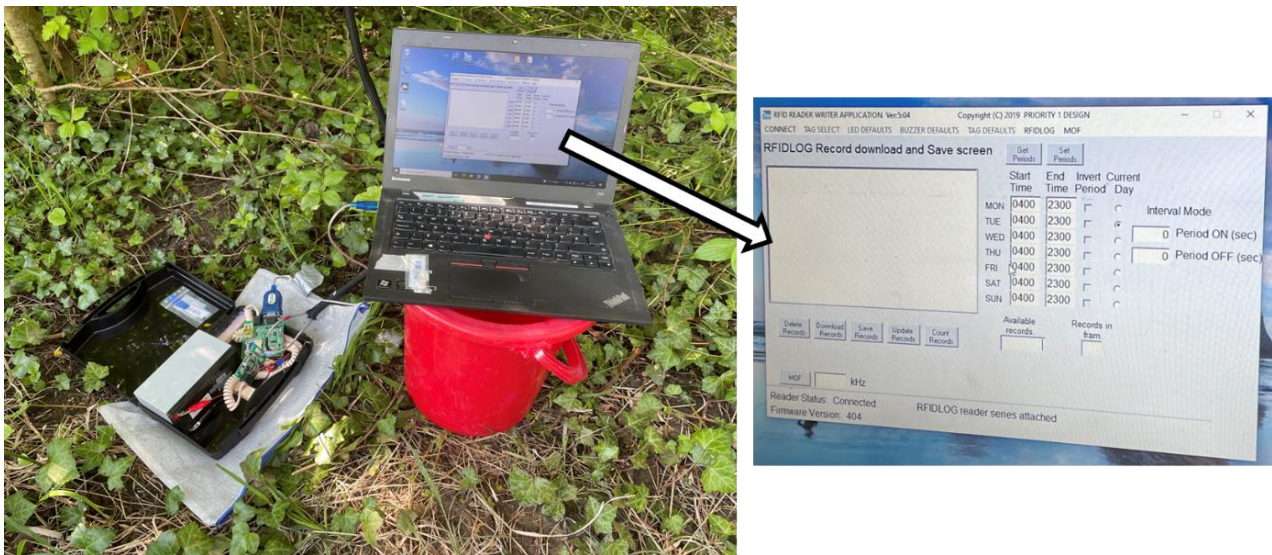


Abbildung 8: Aufbau zur Zeiteinstellung der Antennen an den Futtersäulen.

Unter Verwendung des Programms „RFID Reader Writer Application Ver.5:04“ konnte die Zeit der Datenspeicherung von den RFID-Antennen an den Futtersäulen mit der Zeit des Laptops synchronisiert werden. Der Hauptspeicher wurde über den RS232 Anschluss mit einem VGA-Kabel an den Laptop angeschlossen und die Daten wurden über die Brut-saison von 4:00 bis 23:00 Uhr aufgenommen.

Die Futtersäulen mit den RFID-Antennen wurden auf der Wiese und im Wald vor der Datenaufnahme mehrmals getestet. Nach Sicherstellung der korrekten Zeiteinstellung und Datenaufnahme durch die RFID-Antennen an den Futtersäulen wurden diese vor dem ersten Schlüpfen der Jungen mit den Futtervarianten auf der Fläche angebracht. Zusätzlich wurde an allen Futtersäulen Schilder befestigt, damit vorbeikommende Personen die Futtersäulen mit den Antennen und dem angebundenen Koffer mit Datenspeicher nicht anfassen und diesen beschädigen.

4.2.5 Positionen der Futtersäulen

Die Zufütterung der Meisen fand nur auf den Versuchsflächen statt. Für einen Teil der Versuchsbruten befand sich die Zufütterung mittels Futtersäulen auf einer Seite der Streuobstwiese mit dazwischenliegenden Wirtschaftswiesen. Die Futtersäulen auf der Wiese wurden mit einem Abstand von 2-3 Metern aufgehängt, damit die Vögel dort die verschiedenen Futteroptionen wahrnehmen konnten (Abbildung 9). Die Koordinaten der Futtersäulen sind in Tabelle 2 vermerkt.

Der andere Teil der Versuchsbruten bekam Futter über drei Futtersäulen im Laubmischwald angeboten. Diese drei Futtersäulen wurden mit einem Abstand von ca. 20-30 m zueinander aufgestellt, da zwischen diesen Nistkästen angebracht waren und so der Konkurrenzdruck abgemildert werden sollte.

Die Koordinaten der Futtersäulen wurden mittels Google Maps als Online-Kartendienst aufgenommen und in der Karte mit den Nistkästen ergänzt (Abbildung 1 und Abbildung 4).

Tabelle 2: Nummern und Koordinaten der Futtersäulen in beiden Versuchsflächen (im Wald und auf der Wiese)

	Im Wald	Auf der Wiese
Mischfutter	Futtersäule 6 47°46'29.8"N 9°00'05.3"E	Futtersäule 2 47°46'30.6"N 8°59'52.2"E
Geschrotete Erdnüsse	Futtersäule 4 47°46'29.1"N 9°00'06.1"E	Futtersäule 1 47°46'30.6"N 8°59'52.3"E
Geschälte Sonnenblumenkerne	Futtersäule 5 47°46'29.3"N 9°00'04.6"E	Futtersäule 3 47°46'30.5"N 8°59'52.4"E

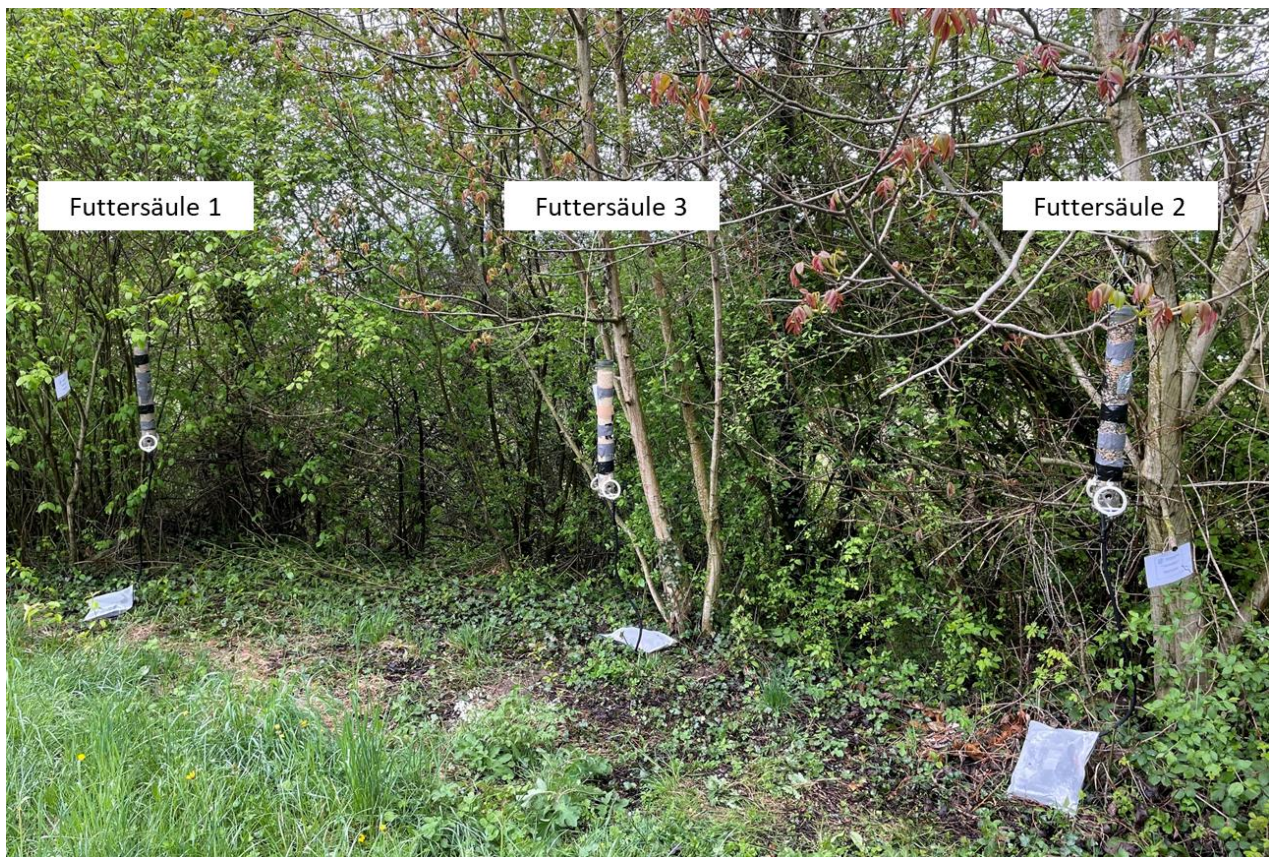


Abbildung 9: Überblick über die Futtersäulen am Rande der Streuobstwiese.

Futtersäule 1 war mit geschroteten Erdnüssen, Futtersäule 2 mit einem Futtersäulenmischung und Futtersäule 3 mit geschälten Sonnenblumenkernen befüllt. Die Futtersäulen 1-3 wurden mit einem Abstand von zwei bis drei Metern am Rande einer Streuobstwiese innerhalb einer Viehweide mit Hecken-/ und Baumumrandung aufgestellt und sorgten für eine Zufütterung der Bruten in den umgebenen Nistkästen.

Alle Futtersäulen wurden mit dem jeweiligen Futter über die gesamte Dauer der Brutzeit (April-Juni) hinweg befüllt (Abbildung 10). Dabei wurde dafür gesorgt, dass zu jeder Tageszeit immer Futter vorhanden und für die Vögel zugänglich war. Die Futtersäulen wurden mittels Kabelbinder und Karabiner an Ästen so befestigt, dass sie freischwebend hingen und zum Befüllen heruntergenommen werden konnten.



Abbildung 10: Aufbau der Futtersäulen mit den drei verschiedenen Futtermittelformen und den montierten RFID-Antennen.

Die Futtersäulen 1&4 waren mit geschroteten Erdnüssen, Futtersäulen 2&6 mit Futtersäulenmischung und Futtersäulen 3&5 mit geschälten Sonnenblumenkernen befüllt. Die Futtersäulen 1-3 sorgten für eine Zufütterung der Bruten in den umgebenen Nistkästen der Streuobstwiese und anliegenden Nadelwald. Die Futtersäulen 4-6 konnten von den umliegenden Bruten in den Nistkästen im Laubmischwald angefliegen werden. Die Futtersäulen wurden durch Karabiner und Kabelbinder an verschiedene Äste befestigt und freischwebend aufgehängt.

4.2.6 Vogelfutter

Es wurden für den Versuchsaufbau folgende drei Futtermittelformen verwendet: geschrotete Erdnüsse, geschälte Sonnenblumenkerne und eine kommerzielle Futtersäulenmischung (Abbildung 10). Die Futtermittelformen in den Futtersäulen wurden vor dem ersten Schlüpfen der Jungen aufgebaut, damit die Altvögel die Futtersäulen als mögliche Futterstellen wahrnehmen und sich an diese gewöhnen konnten. Das Futter in allen Futtersäulen wurden je nach Verbrauch aufgefüllt, sodass immer Futter zur Verfügung stand. Insgesamt wurden 8 kg geschrotete Erdnüsse, 15 kg geschälte Sonnenblumenkerne und 5 kg Mischung verbraucht. Das Futter wurde dabei nur über zwei Zugänge mit versehenen RFID-Antennen angeboten, dazu wurden alle anderen Zugänge mit Panzertape zugestopft. Falls ein oder mehrere Zugänge durch Wildtiere aufgenagt wurden, wurden diese Zugänge wieder mit mehreren Lagen Panzertape verschlossen (im Anhang Abbildung 31).

4.2.7 Protokoll zur Brutzeit von Meisen

Ab Anfang April wurden die Nistkästen nach einem standardisierten Protokoll untersucht (McCleery et al. 2015). Dabei wurden bei regelmäßigen wöchentlichen Begehungen alle Nistkästen auf der Fläche nachfolgenden Parametern kontrolliert: Neststadium, Anzahl an Eiern, inkubierte Eier, Vogelart, Anzahl an geschlüpften Jungen.

Zu Beginn der Brutsaison wurde v.a. der Nestbau der hiesigen häufigen Vogelarten erwartet und in verschiedene Neststadien eingeteilt. Dabei wird zwischen sechs Stadien unterschieden, wovon Stadium 1 wenig Nistmaterial wie Moos oder Grashalme beschreibt. Neststadium 2 wurde notiert, wenn viel mehr Nistmaterial gefunden und meist auch schon eine Kuhle erkennbar wurde. Das Neststadium 3 wird erst erreicht, wenn feines bzw. weiches Material wie Federn hinzukommt und ab Neststadium 4 ist das Nest bereit für die Eiablage (Abbildung 11). Als möglicher Sonderfall wurde nach Neststadium 5 kontrolliert. Dies wäre der Fall, wenn der Bau eines weiteren Nestes auf einem anderen Nest eintritt. Zuletzt wurde Neststadium 6 notiert, sobald ein Nistkasten geleert wurde. Dieser Zustand tritt nach Prädation oder Ausflug der Jungen oder nach der Brutsaison ein. Alle Nistkästen waren vor der Brutsaison 2022 geleert worden, damit die Nistkästen wieder bezogen werden konnten.



Abbildung 11: Nestbaustadien und deren verwendetes Nistmaterial.

Die Neststadien wurden in folgende Stadien eingeteilt: 1 (wenig Nistmaterial), 2 (mehr Nistmaterial und Kuhle zu erkennen), 3 (wenig weiches Material), 4 (bereit für Eier). Die hauptsächlich verwendeten Nistmaterialien wurden ebenfalls notiert (4a Holzstöckchen, 4b Grashalme, 4c Moos). Der Schlupftag wurde erst nach der Inkubation der Eier durch das Weibchen kontrolliert und notiert sofern mindestens ein Junges geschlüpft war (Schlupf).

Zusätzlich wurde in den Kommentarfeldern angegeben, welches Nistmaterial wie Moos, Grashalme oder Holzstöckchen hauptsächlich verwendet wurde (Abbildung 11 4a-c). Auch sonstige Auffälligkeiten wie Prädation oder Besiedelung der Nistkästen durch andere Tierarten wurde notiert.

Wenn ein Nistkasten mit Neststadium 4 gefunden wurde, wurde zusätzlich mit besonderer Vorsicht nach Eiern gesucht. Die Eieranzahl wurde hierbei auch notiert und darüber das Legedatum der Eier errechnet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Meisen pro Tag ein Ei legen (McCleery et al. 2015). Außerdem wurde überprüft, ob die Eier warm sind und inkubiert wurden. Sobald warme Eier oder das Weibchen bei der Inkubation vorgefunden wurden, wurden die Eier ein letztes Mal gezählt und so die finale Gelegegröße bestimmt. Während der Inkubation der Eier wurden diese aktiven Nester aus den wöchentlichen Begehungen ausgenommen, um ein Stören der Brut zu verhindern. Nach Inkubationsbeginn wurden die geschätzten Schlupftage berechnet (Tag des Beginns der Inkubation + 12). Ab dem berechneten Schlupftag wurden die Nester täglich bis zum ersten Schlüpfen eines Jungen untersucht. Sobald ein oder mehrere Jungen geschlüpft waren, wurde der Schlupftag und erneut die Anzahl an Eiern und Jungen dokumentiert. Am 15. Lebenstag wurden die Jungen zur selben Tageszeit (hier: morgens) gezählt und mit einer Waage gewogen. Dazu wurden alle lebenden Jungen aus dem Nistkasten in einen Beutel gesetzt und dabei gezählt (Abbildung 12A). Aus dem Beutel heraus wurde ein Junges nach dem anderen Jungen gewogen. Hierfür wurden die einzelnen Jungen in eine Filmdose kopfüber mit angewinkelten Flügeln gesetzt, damit sie ruhig wurden und das Gewicht abgelesen werden konnte (Abbildung 12B, C). Danach wurde das gewogene Junge wieder in den Nistkasten zurückgesetzt und das Einflugloch wurde mit einem weiteren Beutel verschlossen, um einen zu frühen Ausflug zu verhindern, Abbildung 12D.

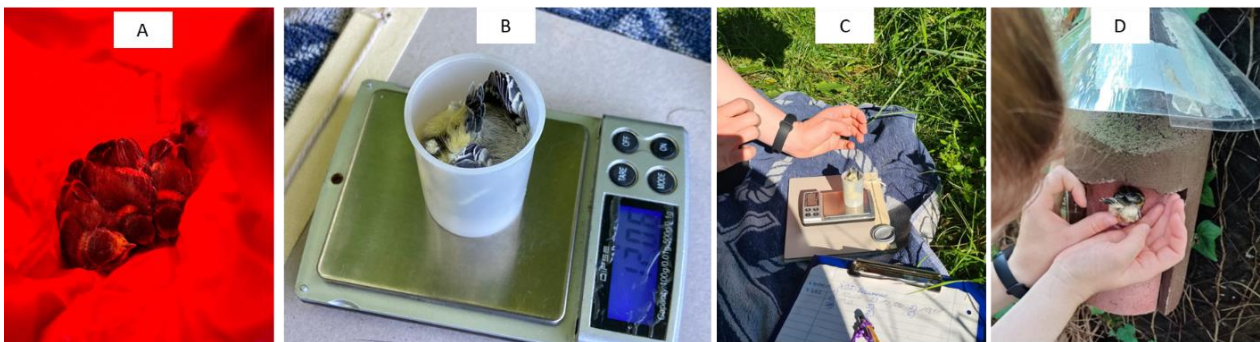


Abbildung 12: Wiegen der Jungen im Alter von 15 Tagen.

Für das Wiegen der Jungen wurden erst alle Jungen aus dem Nest geholt und in einen weichen Stoffbeutel gesetzt (A), dann wurden die Jungen einzeln gewogen (8B, C) gewogen. Beim Wiegen wurden die Jungen kopfüber mit anliegenden Flügeln in eine Filmdose gesteckt (B). Das gewogene Junge wird anschließend direkt zurück in den Nistkasten gesetzt und das Einflugloch wurde verschlossen (D).

Ab einem Jungenalter von 18-20 Tagen wurden die Nistkästen erneut nach dem Ausflug der Jungen kontrolliert. Dazu wurde zunächst an dem jeweiligen Nistkasten gehorcht, ob Bettelrufe der Jungen zu hören waren. Wenn keine Bettelrufe hörbar waren, dann wurde die Frontplatte langsam geöffnet und kontrolliert, ob noch lebendige bzw. tote Junge oder nicht ausgebrütete Eier vorhanden waren. Bei jeder Kontrolle wurden außerdem tote Nestlinge und zerstörte Eier dokumentiert. Zusätzlich zu den Nistkastenkontrollen wurden auch die Nistkastenbesuche der Eltern untersucht.

Um die Nistkastenbesuchsraten der Eltern zu messen, wurde nicht wie bei einigen Studien die Nistkästen außen oder innen durch eine Kamera für bestimmte Zeit gefilmt (Michler et al. 2010; Pagani-Núñez et al. 2015; Plummer et al. 2013a; Radford et al. 2001). Stattdessen wurde mit Plastikringen mit integrierten PIT-Tags (PIT: „passive integrated transponder“) gearbeitet, die genauere Daten mittels eines spezifischen Identifikationscodes des PIT-Tags liefern. Die Meisen werden durch den PIT-Tag nicht beeinflusst und können durch einen vorherigen Fang bestimmt

und vermessen werden (Nicolaus et al. 2008). Der Identifikationscode des PIT-Tags wird in unmittelbarer Nähe zu einem RFID-Lesegerät übertragen, welches in dieser Studie in einer batteriebetriebenen Nistkastenfrontplatte eingebaut war. Die RFID-Frontplatten wurden kontinuierlich bei einem Alter der Jungen zwischen dem vierten und 15-ten Tag an den Nistkästen der Versuchsgruppe verwendet. Dazu wurde die Frontplatte des Nistkastens entfernt und gegen eine Frontplatte mit Antenne ausgetauscht. Dazu wurden die Zeit und die jeweilige Frontplattennummer notiert, damit die Daten von den batteriebetriebenen RFID-Frontplatten nachvollziehbar waren. Die RFID-Frontplatten wurden erst ab einem Alter der Jungen von vier Tagen verwendet, damit ein Aufgeben der Brut durch die Adulten unterbunden wurde und das tagsüber Hudern des Weibchens nicht gestört wurde (Blotzheim und Bauer 1993, S.650). Nach dem Wiegen der Jungen wurde keine weitere RFID-Frontplatte an den Nistkasten angebracht. Danach folgte die Ausflugskontrolle ab dem 20. Lebenstage der Jungen. Dabei wurde kontrolliert, ob das Nest vollständig verlassen wurde oder ob noch (meist tote) Junge oder Eier vorhanden sind. Sofern das Nest von allen lebenden Jungen verlassen wurde und keine frisch gelegten Eier vorhanden waren, wurde der Nistkasten geleert.

Die Frontplatten wurden bei jeder Brut, ob in der Kontroll-/ oder Versuchsfläche mit geschlüpften Jungen mindestens für 24 h angebracht. Dadurch konnte geprüft werden, ob die Brutvögel getaggt sind oder nicht.

Wetterdaten:

Für die Auswertung der Brutdaten wurde das Wetter im Jahr 2022 und die vorangegangenen Monate vor der Brutzeit betrachtet. Außerdem wurden auch die Wetterdaten der Monate der untersuchten Brutsaison (April bis Juni) mit einbezogen. Alle verwendeten Wetterdaten wurden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) erhoben und für die Auswertung verwendet (Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - Monatlicher Klimastatus Deutschland - Rückblick und Vorschau 2022). Es wurden außerdem die einzelnen Wetterdaten zu Niederschlag, Sonnenstunden und Höchsttemperaturen der Brutzeit und den vorangegangenen Monaten dazu gezogen (WetterOnline 2022). Dazu wurde als nächstliegende Stadt Konstanz angegeben.

Statistische Auswertung:

Für die statistischen Auswertungen wurde die Programm-Plattform R (Version 1.3.1093) verwendet. Das dazu verwendete R Skript befindet sich im Anhang, sowie die Aufführung der verwendeten Pakete (stats, dplyr, readr, readxl, ggplot2, lubridate, purrr, tidyr, magrittr).

Für den Vergleich der Jungengewichte der verschiedenen Vogelarten, in diesem Fall Blaumeise und Kohlmeise, wurde das Jungengewicht der Blaumeisen an das Gewicht der Kohlmeisen angepasst (Rheinwald 1975). Dazu wurde der Quotient aus dem durchschnittlichen Jungengewicht am 14. Lebenstag von Kohlmeise zu Blaumeise errechnet. Anhand dieses Quotienten konnte ein vergleichbares Jungengewicht am 15. Lebenstag errechnet werden, da dieses sich nicht nennenswert zum Jungengewicht am 14. Lebenstag unterscheidet (Rheinwald 1975). Da die Kohlmeisen die Gewichtsentwicklung weitestgehend mit dem 14. Lebenstag abgeschlossen haben, wurde die Jungengewichte vom 16. Lebenstag der Brut im Nistkasten W43 nicht angepasst (Rheinwald 1975).

Formel zum Berechnen des vergleichbaren Jungengewichts von Blau-/ zu Kohlmeise

$1,3 \times \text{Jungengewicht der Blaumeisen [g]} = \text{angepasstes Jungengewicht der Blaumeisen [g]}$

Um den Bruterfolg für die Bruten zu errechnen wurde folgende Formel verwendet.

Formel zum Berechnen des Bruterfolgs pro Brut

$\text{Anzahl ausgeflogene Junge} / \text{Anzahl gelegte Eier}$

5. Ergebnisse

5.1 Nistkastenbesetzung

Nistkästen mit Bruten

Es konnten 17 Bruten mit Jungen in Nistkästen während der Brutzeit nachgewiesen werden. Davon waren elf Bruten erfolgreich. Bei drei Bruten wurden die Jungen aus dem Nest geräubert oder getötet, sodass die Brut vom Brutpaar aufgegeben wurde. Es wurden nur Bruten von Blau- und Kohlmeise beobachtet, aber nicht von Sumpf- oder Tannenmeise.

Tabelle 3: Auflistung der erfolgreichen (grün), misslungenen (gelb) und zweiten (blau) Bruten in den Nistkästen unter Angabe der Vogelart, PIT-Tag Nummer (10-stellige Bezeichnung oder nicht getaggt (-)) und Geschlecht (W-Weibchen, M-Männchen).

Nistkasten	Gelegegröße	Entwicklung der Brut	Vogelart	PIT-Tag Nummer & Geschlecht	Jungenfütterung (von Schlupf bis 15. Lebenstag)
X05	8		Blaumeise	3B0018BF48-W 0700EE142A-M	13.05.- 27.05.2022
X11	6	Jungen geräubert	Kohlmeise	0110176EB3-W -	24.05.- 02.06.2022
X24	6		Kohlmeise	3B00181E80-M -	05.06.- 19.08.2022
X28	7		Kohlmeise	- -	30.05.- 13.06.2022
X33	8	Jungen geräubert oder tot	Kohlmeise	- -	26.04.- 09.05.2022
Y11	6		Kohlmeise	0700EE1F17-M -	05.06.- 19.06.2022
W02	5		Kohlmeise	3B0018685F-M 0700EDB1AC-W	16.06.- 30.06.2022
W15	6	Zweitbrut (von Brutpaar aus W48 Nistkasten)	Kohlmeise	0700EDFE99-M 0700EDFC18-W	28.06.2022
W29	7	Jungen geräubert	Kohlmeise	0700EDE656-M 0700EDA27D-W	05.05.- 17.05.2022
W30	7	Zweitbrut (von Brutpaar aus W37 Nistkasten)	Kohlmeise	3B004B49EE-M 0700EDF2F2-W	24.06.2022
W33	8		Blaumeise	011017A7AF-M 011017A358-W	04.05.- 18.05.2022

W35	8		Kohlmeise	0700EDEA33-M 0700EDC712-W	05.05.- 19.05.2022
W37	6		Kohlmeise	3B004B49EE-M 0700EDF2F2-W	06.05.- 20.05.2022
W38	6		Kohlmeise	0700EE2C51-M 3B00192877-W	05.05.- 19.05.2022
W38	6	Zweitbrut (von Brutpaar aus W38 Nistkasten)	Kohlmeise	3B00192877-W 0700EE2C51-M	09.06.- 23.06.2022
W43	8		Kohlmeise	0700EDDD34-W -	08.05.- 22.05.2022
W48	8		Kohlmeise	0700EDFE99-M 0700EDFC18-W	06.05.- 20.05.2022

Es konnten auch drei Bruten gegen Ende der Datenaufnahme als Zweitbruten beobachtet werden. Zweitbruten sind als Bruten nach Bestätigung einer erfolgreichen Erstbrut und dem Stattfinden einer zweiten Brut durch dasselbe Brutpaar definiert. Das Brutpaar blieb bei allen drei Fällen gleich zusammengesetzt. Zwei dieser drei Zweitbruten von Kohlmeisen waren in den Kontrollflächen und die dritte Zweitbrut auch von einem Kohlmeisen Brutpaar wurde in der Versuchsfläche begonnen. Die Zweitbrut in dem Nistkasten W38 wurde in demselben Nistkasten gelegt, wie die erste Brut des Brutpaares. Die Daten dieser Zweitbrut im Nistkasten W38 konnten noch vollständig aufgenommen werden, wohingegen die Zweitbruten im Nistkasten W15 und W30 teilweise zeitlich außerhalb der Datenaufnahme lagen. Die Nistkastenbesuche am vierten Lebenstag der Jungen sind bei den Erstbruten höher als bei den Zweitbruten (im Anhang Abbildung 36). Ansonsten konnte kein Unterschied zwischen den Nistkastenbesuchen der Zweitbruten festgestellt werden.

In Tabelle 3 sind die PIT-Tag Nummern und die Geschlechter der Brutvögel der jeweiligen Nistkästen aufgelistet. Bei den Bruten in den Nistkästen X11, X24, Y11 und W43 ist nur ein Altvogel der Brut getaggt. Bei den beiden Bruten in den Nistkästen X28 und X33 auf der Kontrollfläche im Nadelwald war kein Brutvogel getaggt.

Aus den Datensätzen wurden unbekannte PIT-Tag Nummern entfernt, da diese beispielsweise Lesefehler oder die Vogelart oder das Geschlecht unbekannt sind (Tabelle 4). Die PIT-Tag Nummer 0700EDDD31 wurde aus dem Datensatz des Frontplatteneinsatzes am Nistkasten W43 entfernt, da dieser Vogel den Nistkasten nur einmal besucht hatte und unbekannt ist.

Tabelle 4: Entfernte PIT-Tag Nummern aus den Datensätzen.

Ort	PIT-Tag Nummer	Grund
Futtersäule 3	0000000000	Wahrscheinlich eine Lesefehler
Futtersäule 1, 2 & 3	3B004D739D	Kohlmeise mit unbekanntem Geschlecht
Futtersäule 5	0700EDFC5A	Kohlmeise mit unbekanntem Geschlecht
Futtersäule 4	C0CC0DE0F3	Keine Meisenart Unbekannte Vogelart
Nistkasten W43	0700EDDD31	Nur ein Besuch des Nistkastens (2022-05-16 18:34:09), unbekannte PIT-Tag Nummer

Andere Nistkastenbewohner

Als Konkurrenz um die Nistkästen wurden Haselmäuse (*Muscardinus avellanarius*), Siebenschläfer (*Glis glis*), Hornissen (*Vespa crabro*) und Wespen (Gattung: *Vespula*) beobachtet (Abbildung 13). Haselmäuse wurden von Beginn der Brutsaison in den Nistkästen vorgefunden und über die Brutsaison hinweg wurden sechs Nistkästen durch Haselmäuse besetzt. Es wurden fünf Nistkästen durch Hornissen, vier Nistkästen durch den Siebenschläfer und drei Nistkästen durch Wespen besetzt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Auflistung der besetzten Nistkästen durch die verschiedenen Nistkastenbewohner über die Brutzeit.

Gattung oder Art	Haselmaus	Siebenschläfer	Hornissen	Wespen	Gesamt
Bezeichnung der Nistkästen	W28, W39, W40, Y05, Y14, Y17	W24, W43, X01, X04	W32, W04, W49, X07, X33	W31, X12, X26	
Anzahl besetzter Nistkästen	6	4	5	3	18



Abbildung 13: Weitere Bewohner der Nistkästen des Typs Nisthöhle 2M (Schwegler, Schorndorf).

Die Nistkästen wurden nicht nur durch die Blau- und Kohlmeise bewohnt, sondern auch durch Haselmäuse, Siebenschläfer, Hornisse (im Bild zu sehen) und Wespen (nicht gezeigt). Insgesamt wurden 18 Nistkästen durch andere Arten besetzt.

5.2 Futterstellenbesuche der Vogelarten

In Abbildung 14 werden die Futterstellenbesuche als Quotient aller Vogelarten (Blau-, Kohl- und Sumpfmeise) bis 28.06.22 dargestellt. Es wurden keine Tannenmeisen an den Futterstellen aufgezeichnet. Der Quotient gibt das Verhältnis zwischen der Summe der Futterstellenbesuche pro Futersäule zu der Individuenzahl über die Brutzeit pro Futersäule an (Abbildung 14). Dabei wiesen den geringsten Quotienten wiesen die Futersäulen 2&6 mit Mischfutter auf und auch die Individuenzahl lag bei Futersäule 6 am niedrigsten (Abbildung 14). Die Futersäule 3 mit geschälten Sonnenblumenkernen in der Wiese zeigte, sowohl die Hälfte des Quotienten (Abbildung 14) als auch der Futterstellenbesuche (im Anhang Abbildung 34) im Vergleich zu Futersäule 5 auf.

Die Futterstellen mit geschroteten Erdnüssen wurden jeweils von gesamt 16 Individuen am häufigsten über die Brutzeit besucht (siehe Anhang, Abbildung 34). Dafür wurde ein Binominaltest durchgeführt, der die beiden Kategorien Erdnuss und Nicht-Erdnuss (Sonnenblumenkerne und Mischfutter) verglichen hat. Es wurde von einer gleich häufigen Verteilung der beiden Kategorien ausgegangen. Die Nullhypothese, dass die Beobachtungen von Erdnuss zu der Grundgesamtheit aller Beobachtungen von Erdnuss und Nicht-Erdnuss gleich verteilt sind, wurde zugunsten der Alternative verworfen (p -Wert $< 0,001$; Erfolgswahrscheinlichkeit bei 60,7 %). Die Alternativhypothese wurde in einer zweiten Phase angepasst, sodass von einem höheren Anteil an 50 % der Erdnüsse zur Grundgesamtheit ausgegangen wird. Diese wurde ebenfalls angenommen (p -Wert $< 0,001$; Erfolgswahrscheinlichkeit bei 60,7 %).

Durch einen Chi-Quadrat Anpassungstest konnte die Nullhypothese, dass die beobachteten Häufigkeiten der drei Futterarten den unter Gleichverteilung erwarteten Häufigkeiten entsprechen, verworfen werden (X^2 -test = 100408, $df = 2$, p -Wert $< 0,001$). Die unter Gleichverteilung erwarteten 1/3-Häufigkeiten der Futterarten entsprechen nicht den beobachteten Häufigkeiten, sodass die Futtervarianten für die Vögel nicht gleich beliebt waren. Die Futtervariante hat somit wahrscheinlich einen Einfluss auf die beobachteten Häufigkeiten der Futterstellenbesuche.

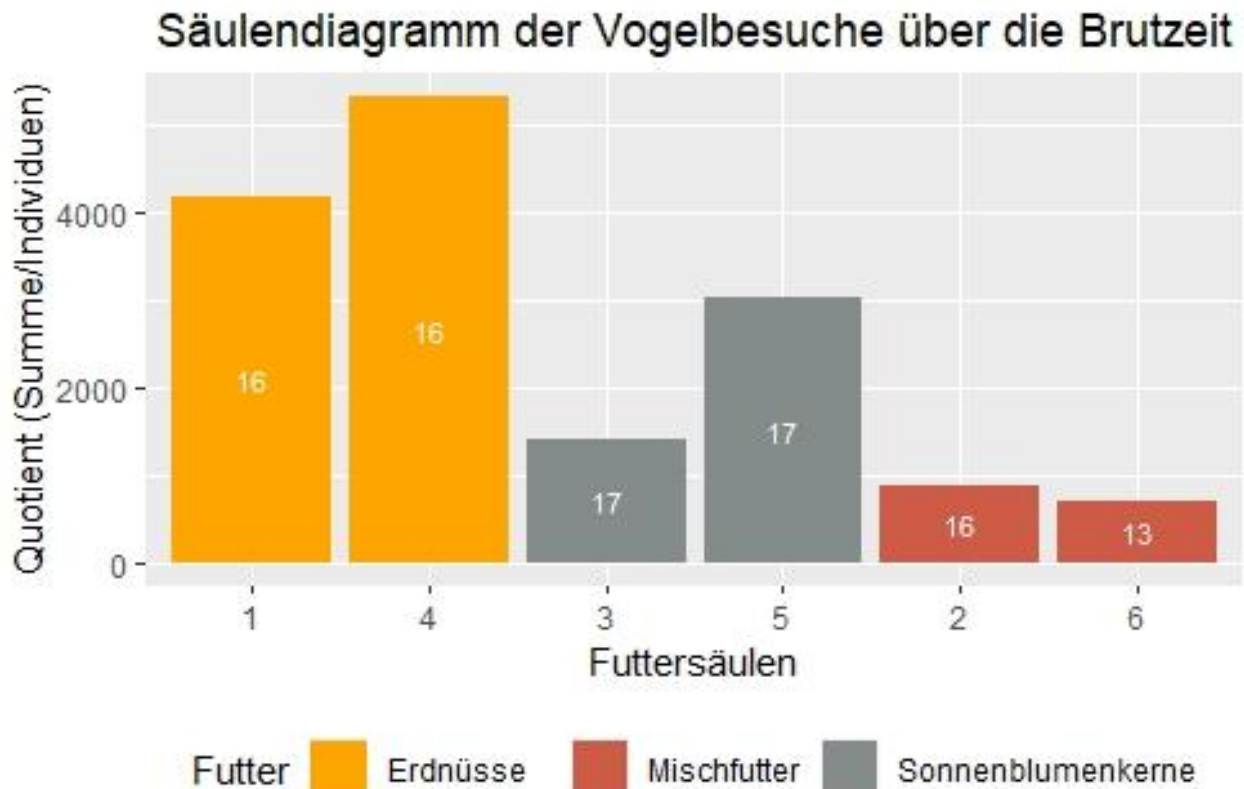


Abbildung 14: Futterstellenbesuche als Quotient (Summe der Futterstellenbesuche /Individuenzahl pro Futtersäule) aller Vogelarten über die Brutzeit (bis 28.06.22).

Der Quotient aus der Summe der Futterstellenbesuche pro Futtersäule durch die besuchte Individuenzahl (weiße Zahl) über die Brutzeit pro Futtersäule war bei den Futtersäulen mit geschroteten Erdnüssen am höchsten. Den geringsten Quotienten wiesen die beiden Futtersäulen mit Mischfutter auf. Die Futtersäule 5 mit geschälten Sonnenblumenkernen wies einen höheren Quotienten als die Futtersäule 3 auf. Auf Grundlage der unveränderten Daten wurden bei mehr als der Hälfte der Futterstellenbesuche Erdnüsse gefressen (Alternativhypothese angenommen, $p\text{-Wert} < 0,001$; Erfolgswahrscheinlichkeit bei 60,7 %). Die drei Futterarten wiesen keine erwartete 1/3-Gleichverteilung auf, da die Futterarten nicht gleich beliebt sind ($X\text{-squared} = 100408$, $df = 2$, $p\text{-Wert} < 0,001$).

Die Futterstellen wurden über die Brutzeit von den verschiedenen Vogelarten unregelmäßig besucht. In den folgenden Abbildungen gab der Quotient das Verhältnis der gesamten Futterstellenbesuche pro Individuum über die Brutzeit in den Habitaten an (Abbildung 15, Abbildung 16, Abbildung 17). Der Quotient der Blau- (A) und Kohlmeise (B) im Laubmischwald wurde gegenübergestellt (Abbildung 15). Die Blaumeisen besuchten das Mischfutter kaum und die Kohlmeisen fraßen dieses Futter vor allem ab dem julianischen Tag 140 bis 160. Bei beiden Vogelarten wurde ein starker Abfall des Quotienten um den 156-ten Tag im Laubmischwald verzeichnet, jedoch stieg insgesamt der Quotient bei den Kohlmeisen ab dem 130-ten Tag an. Insgesamt lag die Individuenzahl der Blaumeisen an den einzelnen Futtersäulen pro Tag hauptsächlich bei ein bis drei Vögeln. Eine Ausnahme stellten die Daten um den Tag 160 dar, da um diesen Tag drei bis fünf Individuen pro Futtersäule verzeichnet wurden. Bei den Kohlmeisen besuchten über die Brutzeit die Futterstellen meist drei bis vier Individuen die beiden Futtervarianten Erdnüsse und Sonnenblumenkerne. Insgesamt lag der Quotient der Kohlmeisen über dem der Blaumeisen.

Der Quotient der Blaumeise (A) schwankte zwischen unter 200 bis 1500, wobei der Quotient der Kohlmeise (B) auf der Wiese nicht über 600 anstieg (Abbildung 16). Die Futterstellen wurden von den Blaumeisen kaum ab dem 120-ten bis 140-ten Tag besucht, jedoch stieg der Quotient ab dem 140-ten Tag bis zum 151-ten Tag stark an und flacht danach wieder ab. Es gibt bei beiden Arten keinen Einschnitt um den 156-ten Tag im Vergleich zu dem Quotienten im Wald.

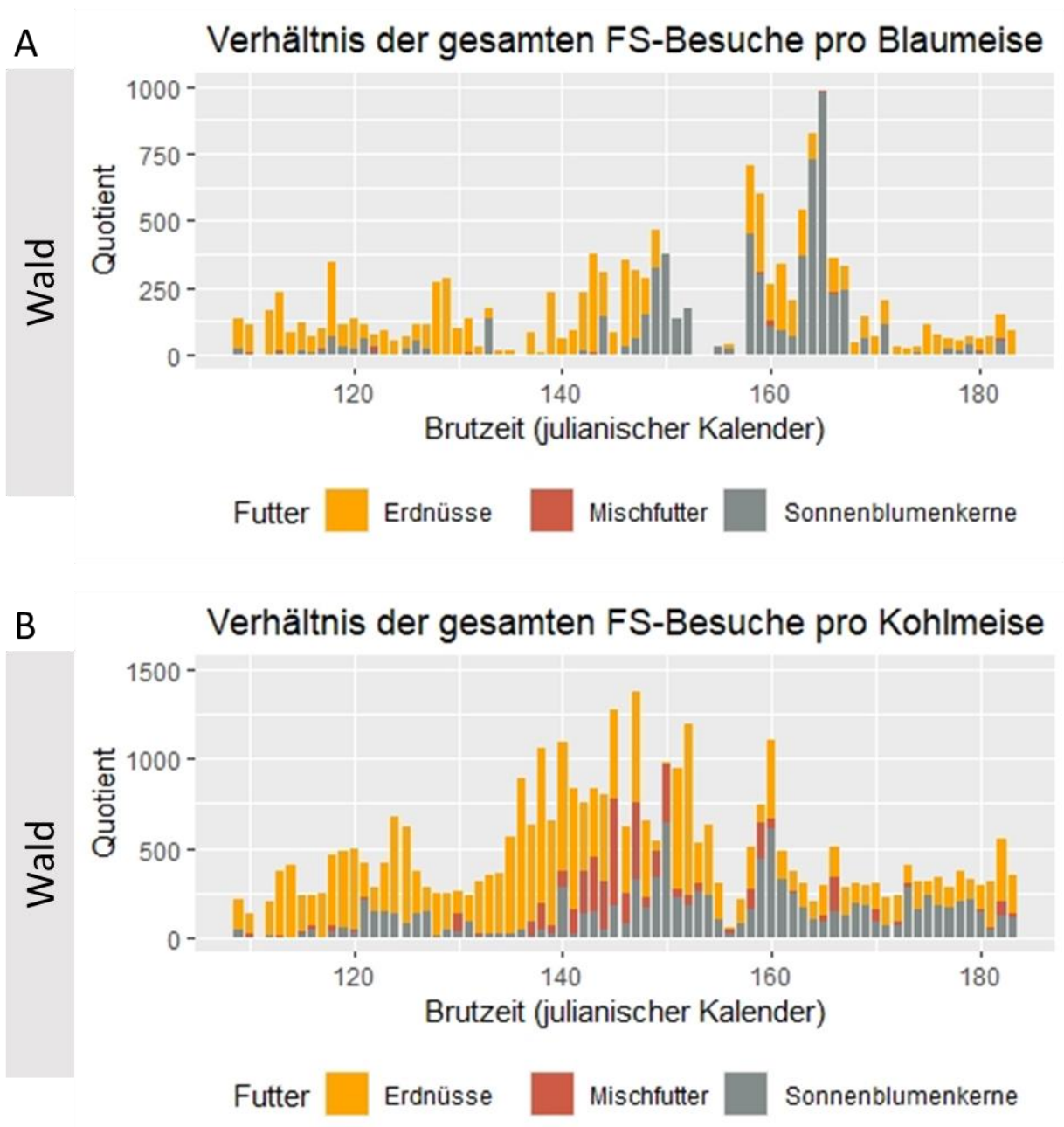


Abbildung 15: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Futersäule & Tag) der Blau- (A) und Kohlmeise (B) im Wald. Der Quotient legte das Verhältnis der gesamten Futterstellenbesuche pro Blau (A)- und Kohlmeise (B) über die Brutzeit im Laubmischwald dar. Insgesamt war der Quotient der Blaumeisen niedriger als der der Kohlmeisen. Es gab bei beiden Vogelarten einen niedrigen Quotienten um den 156-ten Tag und das Mischfutter wurde am wenigsten besucht. Bei den Kohlmeisen wurde der Quotient für das Mischfutter von dem 140-ten bis 160-ten Tag erhöht.

Die Kohlmeisen wiesen durchgehend über die Brutzeit bei allen Futersäulen einen Quotienten auf (Abbildung 16, B). Bis zum 130-ten Tag wurden die drei Futterarten gleich stark besucht, wobei auch das Mischfutter vertreten war. Ab dem 130-ten Tag stieg der Quotient vor allem bei den Erdnüssen an und hielt bis zum Ende der Datenaufnahme den größten Quotienten im Vergleich zu den anderen beiden Futtervarianten. Tageweise wuchs der Quotient bei den Sonnenblumenkernen an (z.B. 153.-, 156.-Tag). Ab dem 140-ten Tag stieg der gesamte Quotient über 200 und blieb bis zum Ende der Datenaufnahme zwischen 200 und

400. Die Individuenzahl der Kohlmeise pro Tag und Futter umfassten kontinuierlich über die Brutzeit meist drei bis sechs Vögel. Die Blaumeisen hingegen wiesen pro Tag pro Futter zwischen ein bis vier Individuen auf.

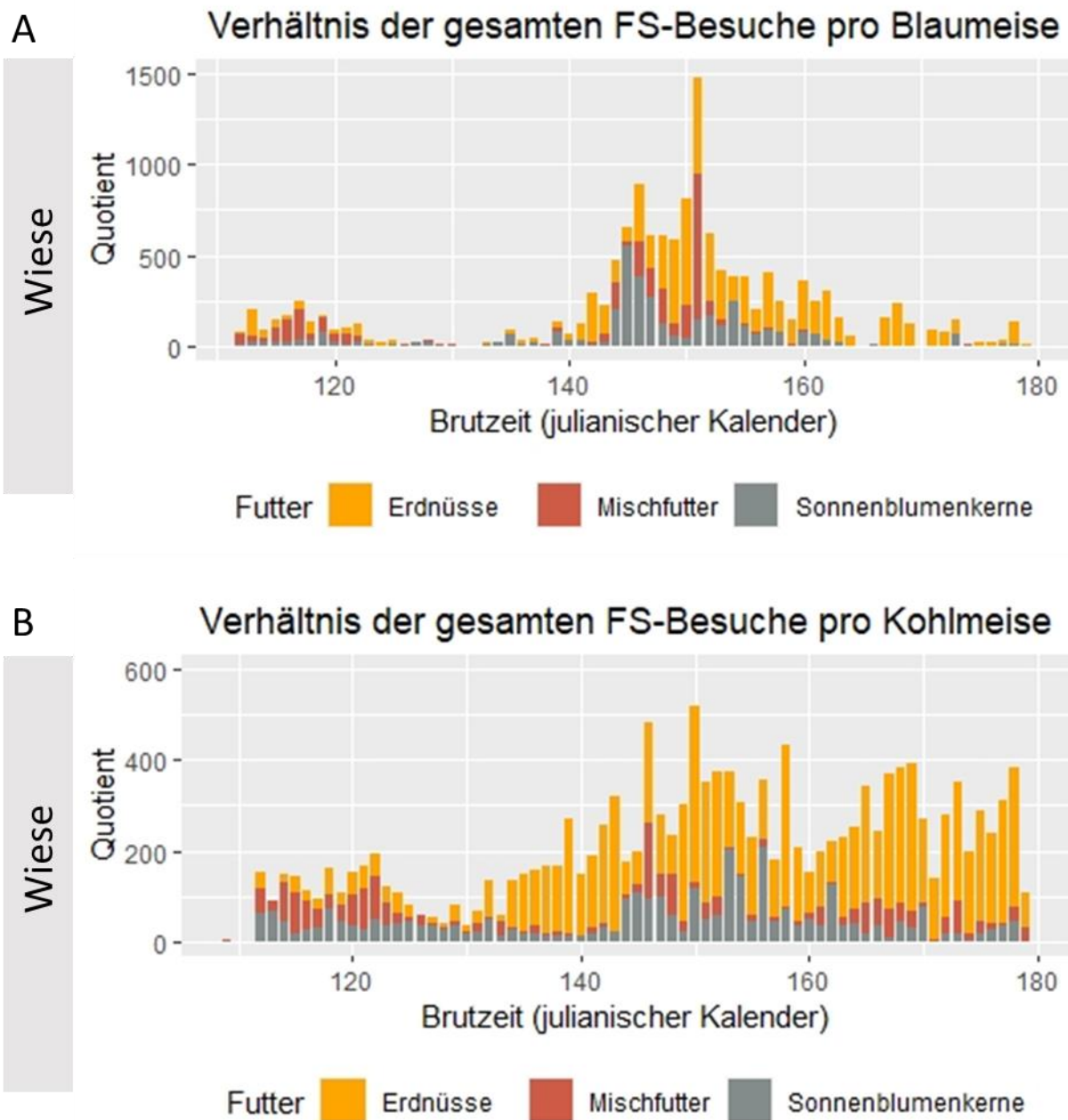


Abbildung 16: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Futtersäule & Tag) der Blau- (A) und Kohlmeise (B) auf der Wiese. Der Quotient stellte das Verhältnis der gesamten Futterstellenbesuche pro Blau (A)- und Kohlmeise (B) über die Brutzeit im Laubmischwald dar. Insgesamt schwankte der Quotient bei den Blaumeisen zwischen unter 250 bis 1500, wohingegen der Quotient bei der Kohlmeise ab dem 140-ten Tag über 200 blieb. Die Kohlmeisen besuchten ab dem 130-ten Tag vor allem die Erdnüsse.

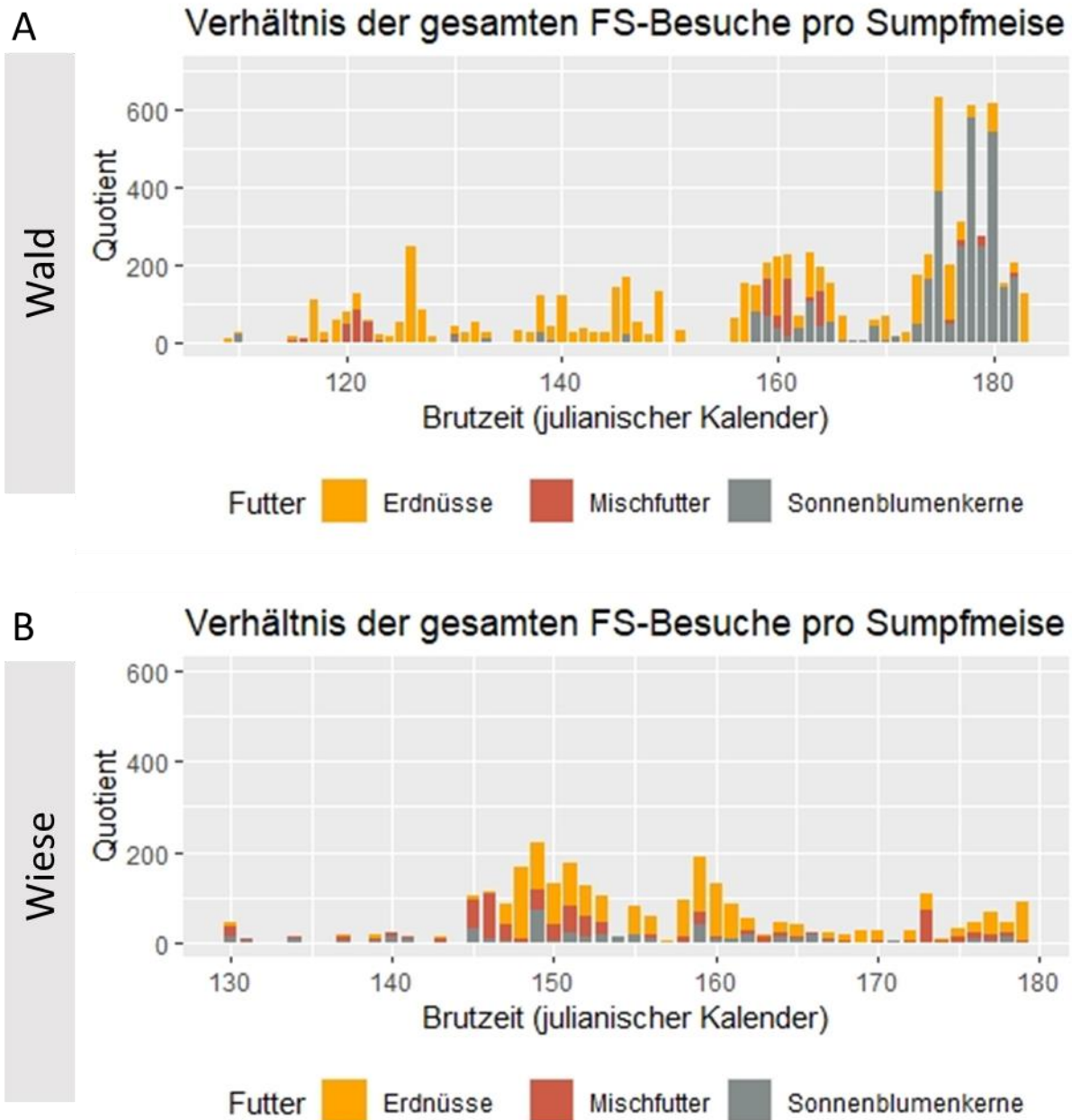


Abbildung 17: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Futtersäule & Tag) der Sumpfmeisen im Wald und auf der Wiese. Der Quotient stellte das Verhältnis der gesamten Futterstellenbesuche pro Sumpfmeise über die Brutzeit im Laubmischwald (A) und der Wiese (B) dar. Der Quotient blieb mit Ausnahme ab dem 170-ten Tag durchschnittlich unter 200. In der Wiese sank der Quotient ab dem 160-ten Tag unter 100. Es wurden alle drei Futtervarianten in unregelmäßigen Abständen in beiden Habitaten besucht.

Der Quotient der Sumpfmeisen über die Brutzeit lag durchschnittlich unter 200 im Laubmischwald (A) und auf der Wiese (B), eine Ausnahme stellten die Tage ab dem 170-ten Tag im Wald dar (Abbildung 17). Die Individuenzahl lag bei beiden Habitaten zwischen einem bis drei Sumpfmeisen pro Futter und pro Tag. Insgesamt konnten fünf Sumpfmeisen an den Futtersäulen nachgewiesen werden (PIT-Tag Nummern: 0700EE3579, 0700EDC165, 0110179988, 011017A0EC und 030003C3F6). Es wurde im Wald bis zum 158-ten Tag vor allem die Erdnüsse gefressen, wobei um den 160-ten Tag auch vermehrt Mischfutter und Sonnenblumenkerne gefressen wurden (siehe Anhang Abbildung 35). In der Wiese nahm der Quotient ab dem 130-ten Tag zu und sank ab dem

160-ten Tag wieder unter 100, jedoch wurden in unregelmäßigen Abständen alle drei Futtervarianten besucht. Dies bestätigte auch der Jitterplot der Sumpfmeisen über die Brutzeit, der keine Auftrennung nach Geschlechtern zeigte (im Anhang Abbildung 35). Denn die Sumpfmeisen konnte nicht nach Geschlechtern getrennt werden. Jedoch wurden die sechs Futterstellen mit drei verschiedenen Futtervarianten unterschiedlich häufig über die Brutzeit von den jeweiligen Geschlechtern (weiblich, männlich) der Vogelarten besucht (Abbildung 18, Abbildung 19). Diese Futterstellenbesuche der drei vorkommenden Vogelarten wurden einzeln als Jitterplot dargestellt (Abbildung 18, Abbildung 19, im Anhang Abbildung 35).

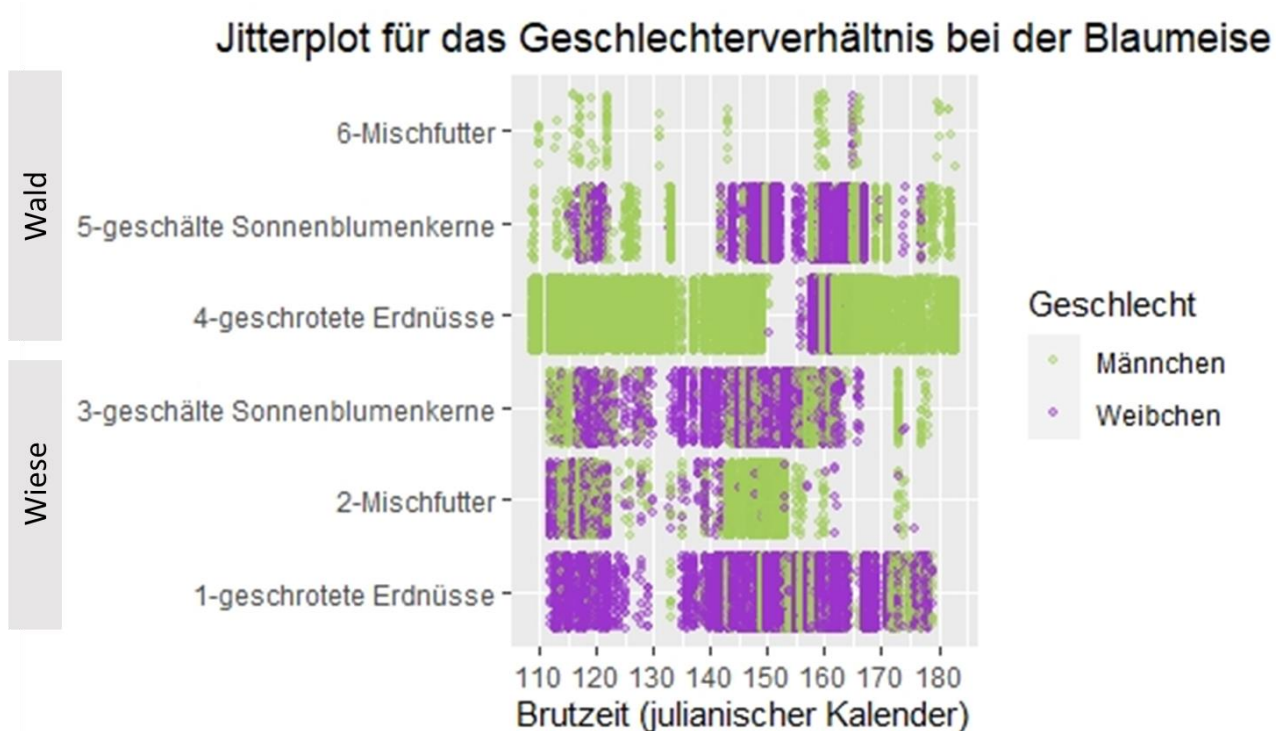


Abbildung 18: Futterstellenbesuche der Blaumeisen im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender). Insgesamt wurden acht Individuen (zwei Weibchen, sechs Männchen) beobachtet, davon wechselten vier Blaumeisen zwischen den Habitaten. Fünf Blaumeisen (zwei Weibchen, drei Männchen) auf der Wiese und sieben Blaumeisen im Wald (zwei Weibchen, fünf Männchen). Beide Weibchen besuchten alle drei Futtersäulen auf der Wiese und jeweils nur eine Futterstelle im Wald. Jeweils drei Männchen fraßen von Futtersäule 3, 5 & 6 und jeweils zwei Männchen von Futtersäule 1 & 2 und fünf Männchen von Futtersäule 4.

An den Futterstellen im Wald kamen sieben Blaumeisen vor (davon zwei Weibchen, fünf Männchen) und in der Wiese fünf Blaumeisen (zwei Weibchen, drei Männchen, Abbildung 18). Die beiden Weibchen in den jeweiligen Habitaten waren dieselben Individuen, die zwischen den Habitaten wechselten. Im Wald fraßen fünf Männchen und ein Weibchen die geschroteten Erdnüsse, wohingegen nur drei Männchen und ein Weibchen geschälte Sonnenblumenkerne und Mischfutter pickten. An den Futtersäulen auf der Wiese konnten fünf Blaumeisen (zwei Weibchen, drei Männchen) festgestellt werden. Alle fünf Blaumeisen pickten geschälte Sonnenblumenkerne, davon besuchten aber nur vier Blaumeisen (zwei Weibchen, zwei Männchen) die Futtersäulen 1&2. Insgesamt konnten jeweils neun Kohlmeisen im Wald und auf der Wiese verzeichnet werden (Abbildung 19). Allerdings wurden zuvor zwei weitere Kohlmeisen aus den Daten entfernt, da deren Geschlechter nicht bekannt waren. Auf der Wiese besuchten alle neun Kohlmeisen (zwei Weibchen, sieben Männchen) alle drei Futterstellen. Von den neun Kohlmeisen im Wald fraßen alle vier Weibchen und drei Männchen an der Futtersäule mit den geschroteten Erdnüssen. Die anderen beiden Futtersäulen 5&6 wurden jeweils von drei Weibchen besucht. Fünf Männchen fraßen von den geschälten Sonnenblumenkernen und drei Männchen vom Mischfutter.

Somit besuchten insgesamt mehr Kohlmeisen die Futterstellen als Blaumeisen und Sumpfmeisen (15 Kohlmeisen, acht Blaumeisen, fünf Sumpfmeisen). Vier Blaumeisen und drei Kohlmeisen besuchten beide Habitate mit den Futtersäulen. Jede Futtersäule - sowohl im Wald als auch auf der Wiese - wurde über die Brutzeit von drei Sumpfmeisen besucht. Insgesamt waren es fünf Individuen, die erkannt wurden. Eine Sumpfmeise wurde in beiden Habitaten aufgezeichnet.

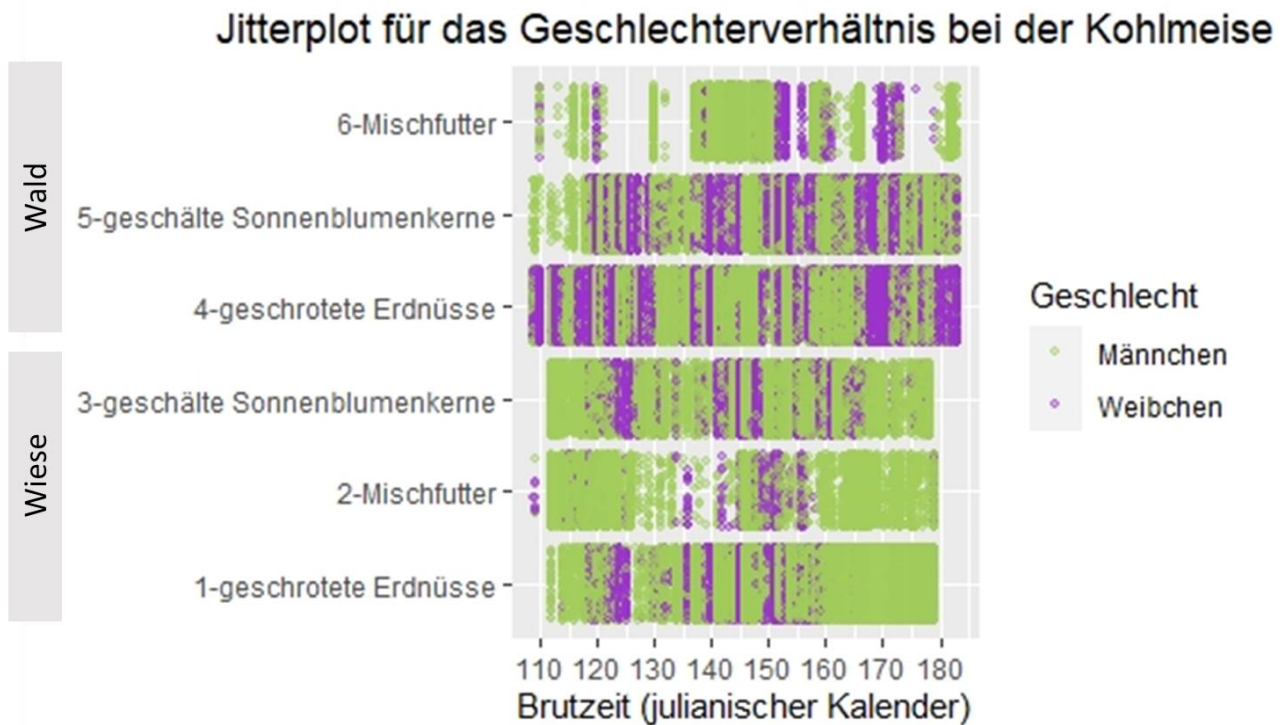


Abbildung 19: Futterstellenbesuche der Kohlmeise im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender). Insgesamt wurden in jedem Habitat (Wiese/Wald) neun Kohlmeisen verzeichnet und gesamt 15 Individuen. In der Wiese besuchten alle neun Kohlmeisen (zwei Weibchen, sieben Männchen) alle drei Futtersäulen. Im Wald fraßen alle vier Weibchen von den geschroteten Erdnüssen und nur drei Weibchen von Futtersäule 5&6. Drei Männchen pickten von Futtersäule 4&6 und fünf Männchen von den geschälten Sonnenblumenkernen.

Für die Berechnungen des Verhältnisses zwischen den Futtersäulenbesuchen wurden die Daten bis 28.06.22 verwendet, da so alle Futtersäulen das gleiche Ende der Datenaufnahme haben (Tabelle 6). Die Sumpfmeisen (nicht bestimmbares Geschlecht) machen bei allen Futtersäulen weniger als 8% der Besuche aus. Nur bei Futtersäule 6 mit Mischfutter besuchen Sumpfmeisen die Säule mehr als Blaumeisen (Sumpfmeisen 6,83%, Blaumeisen 1,63%). Im Wald sind es aufgrund der verkürzten Zeit acht Kohlmeisen anstelle von neun Kohlmeisen. Ein Kohlmeisen Männchen besuchte erst nach dem 28.06.22 die Futtersäule 5. Die Individuenzahlen stimmen ansonsten mit den Graphiken überein (Abbildung 18, Abbildung 19, im Anhang Abbildung 35).

Die sieben Blaumeisen im Wald wiesen prozentual weniger Futtersäulenbesuche als die acht Kohlmeisen auf (Tabelle 6). Besonders wenig Besuche zeigen die Blaumeisen im Wald bei Futtersäule 4&6 (4: 16,24%, 6: 1,63%), wohingegen die Kohlmeisen mehr als die Hälfte der Besuche ausmachten.

Auf der Wiese wiesen die fünf Blaumeisen auch weniger Futtersäulenbesuche als die neun Kohlmeisen auf, aber sie machten mehr als ein Viertel der jeweiligen Futtersäulenbesuche aus (1: 37,42%, 2: 42,09%, 3: 47,53%). Die neun Kohlmeisen auf der Wiese zeigten pro Futtersäule mindestens die Hälfte der gesamten Besuche auf.

Tabelle 6: prozentuale Verhältnis der Futtersäulenbesuche (GE=geschrotete Erdnüsse, MI=Mischfutter, GS=geschälte Sonnenblumenkerne) zwischen Kohl- und Blaumeise getrennt nach Geschlechtern (Männlich, Weiblich) und Sumpfmeisen (Geschlecht nicht bestimmbar).

Habitat	Wiese			Wald		
Futtersäule:	1 (GE)	2 (MI)	3 (GS)	4 (GE)	5 (GS)	6 (MI)
Blaumeise:						
Männlich	13,72%	35,15%	24,56%	15,2%	12,85%	1,46%
Weiblich	23,70%	6,94%	22,97%	1,04%	16,59%	0,17%
Summe:	37,42%	42,09%	47,53%	16,24%	29,44%	1,63%
Kohlmeise:						
Männlich	44,38%	45,98%	37,22%	48,81%	34,88%	76,75%
Weiblich	14,58%	3,99%	12,84%	30,05%	31,00%	14,79%
Summe:	58,96%	49,97%	50,06%	78,86%	65,88%	91,54%
Sumpfmeisen:	3,61%	7,94%	2,41%	4,9%	4,68%	6,83%
Abs. Gesamt	66.536	14.069	23.730	84.933	51.314	8.934

5.3 Vergleich der Bruten zwischen Zufütterung und keiner Zufütterung

Für folgende Berechnungen wurden die Daten von den Zweitbruten in den Nistkästen W38 und W15 entfernt. Bei der Brut im Nistkasten X24 war nur das Männchen getaggt. Das Männchen besuchte während der Brut im Nistkasten X24 die Futtersäulen. Deswegen wurden die Daten von dieser Brut für die Berechnungen und den Vergleich mit den Vorjahren entfernt.

Außerdem hat die Brut in W02 nicht nur Zufütterung durch das in der Studie verwendete Futter erhalten, sondern befand sich in räumlicher Nähe zu Gartenbesitzern mit einer Ganzjahresfütterung. Durch diese Nähe ist es wahrscheinlich, dass das Brutpaar auch die Zufütterung mit anderem Futter wie z.B. Meisenknödel, Rosinen und das Streufutter des Herstellers GEVO angenommen hat.

Nistkastenbesuche am 4.Lebenstag der Jungen

Am vierten Lebenstag der Jungen wurde eine Frontplatte angebracht, welche die Nistkastenbesuche der Elternvögel (Männlich, Weiblich) aufnahm. Die Anzahl der Nistkastenbesuche im Vergleich zwischen Zufütterung und keiner Zufütterung, sowie der Vogelarten (Blau- und Kohlmeise) mit den jeweiligen Geschlechtern ist in Abbildung 20 gezeigt. Es sind nur die Bruten dargestellt, bei denen beide Geschlechter der Altvögel bekannt sind. Pro Barplot wurde die Anzahl der Bruten gegen die Anzahl der gesamten Jungen notiert, um ein Vergleich zwischen den Nistkastenbesuchen zu ermöglichen. Es sind zwei Blaumeisen mit je acht Jungen mit und ohne Zufütterung dargestellt. Bei beiden Bruten besuchte das Weibchen den Nistkasten weniger als das Männchen (keine Zufütterung bei W33, Weibchen: 174, Männchen: 271; mit Zufütterung bei X05, Weibchen: 184, Männchen: 267). Die meisten Besuche wiesen die drei Kohlmeisen Männchen ohne Zufütte-

rung auf (Männchen in W29, W35, W37: 644), welche gesamt 20 Junge zu versorgen hatten. Die beiden Kohlmeisenbruten in den Nistkästen W02 und W48 erhielten Zufütterung und hatten gesamt zwölf Junge zu füttern. Die beiden Weibchen dieser Bruten besuchten die Nistkästen fast so viel wie die drei Kohlmeisen Weibchen ohne Zufütterung (keine Zufütterung: 251; mit Zufütterung: 229).

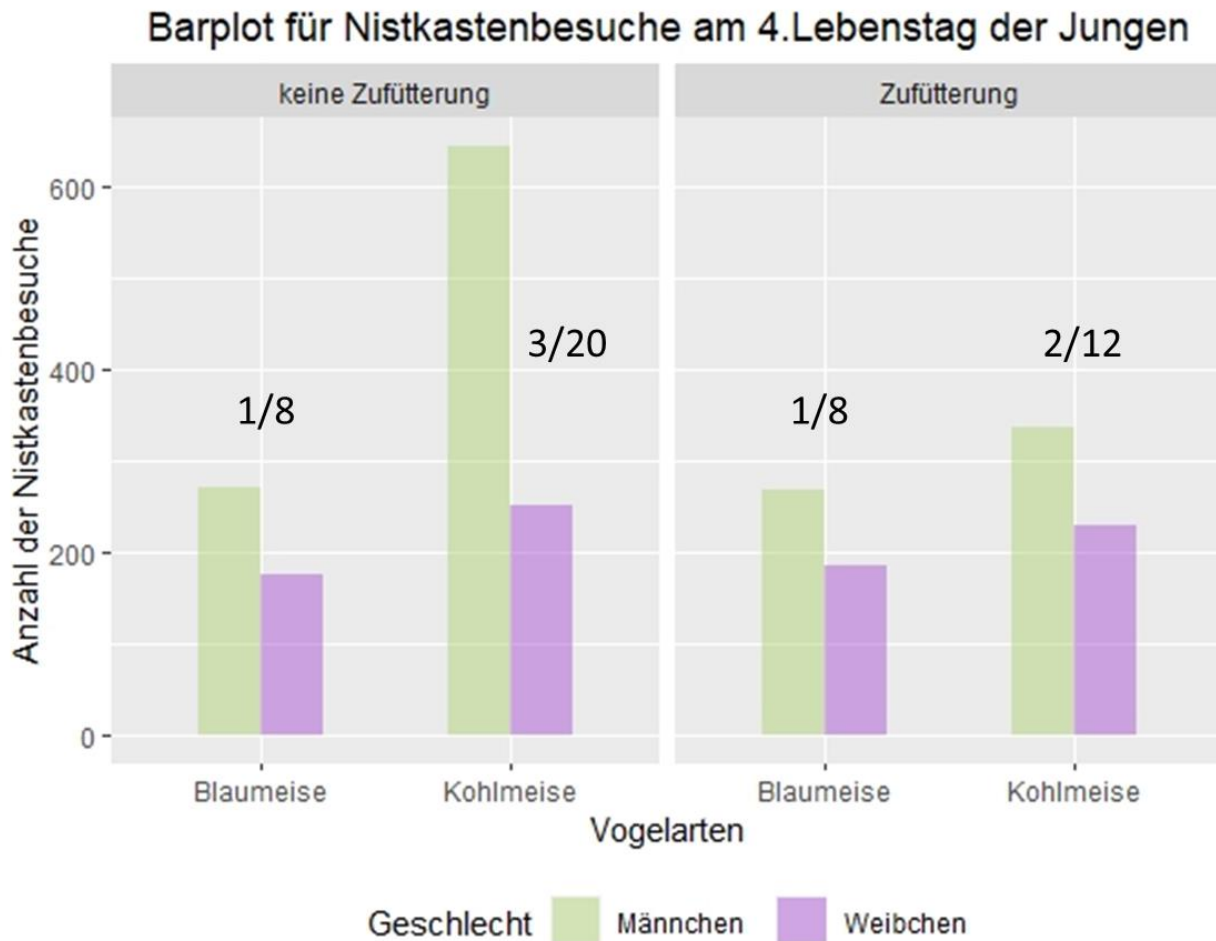


Abbildung 20: Anzahl der Nistkastenbesuche am 4. Lebenstag der Jungen mit und ohne Zufütterung.

Die Anzahl der Nistkastenbesuche steht in Abhängigkeit zu den miteinander verglichenen Bruten (nur Bruten mit beiden getaggen Geschlechtern) und deren Anzahl an Jungen (Anzahl Bruten/ Gesamtanzahl der Jungen). Die höchsten Nistkastenbesuche wiesen die drei Kohlmeisen Männchen ohne Zufütterung auf (Männchen in W29, W35, W37 mit 20 Jungen: 644 Besuche). Die Blaumeisenbruten mit je acht Jungen zeigen eine ähnliche Anzahl an Nistkastenbesuchen auf (keine Zufütterung bei W33, Weibchen: 174, Männchen: 271; mit Zufütterung bei X05, Weibchen: 184, Männchen: 267).

Es ist zu beachten, dass bei diesen Nistkastenbesuchen unterschiedliche Tagesbedingungen herrschten. Der vierte Lebenstag wird als Datum mit den tagesaktuellen Wetterbedingungen in Tabelle 7 dargestellt. Die Bruten W33 bis W48 hatten den vierten Lebenstag der Jungen in derselben Woche mit teils ähnlichen Wetterbedingungen. Unter anderem regnete es am 05.05.22 (37 mm, vierten Lebenstag der Jungen von W29 und W35) und hatte nächtliche Tiefsttemperaturen von 10°C. Am Tag zuvor waren die Jungen im Nistkasten W33 vier Tage alt und hatten noch kühlere nächtliche Temperaturen (6,5°C).

Die Brut, welche ab Mitte Mai startete, hatte wärmere Nächte und keinen Niederschlag (14°C, 0 mm). Ebenso stiegen die nächtlichen Tiefsttemperaturen im Juni für die Brut in W02 weiter an (16,5°C).

Tabelle 7: Tagesaktuelle Wetterbedingungen am vierten Lebenstag der Bruten mit und ohne Zufütterung, aufgeteilt nach Vogelarten. Die Wetterdaten wurden aus der Abbildung 29 entnommen.

	Keine Zufütterung				Zufütterung		
	Blaumeise	Kohlmeise			Blaumeise	Kohlmeise	
Nistkasten:	W33	W29	W35	W37	X05	W02	W48
Datum:	04.05.22	05.05.22	05.05.22	06.05.22	16.05.22	19.06.22	06.05.22
Julianische Tagnummer:	124	125	125	126	136	170	126
Nächtliche Tiefsttemperaturen [°C]:	6,5°C	10°C	10°C	10°C	14°C	16,5°C	10°C
Niederschlag [mm]:	0	37	37	5	0	0	5

Jungengewichte am 15. Lebenstag

Für die folgenden Darstellungen wurde das Jungengewicht der zwei Blaumeisen-Erstbruten ausgeschlossen.

Die Jungengewichte am 15. Lebenstag der Kohlmeisenbruten der Erstbruten wurden als Boxplots gegenübergestellt (Abbildung 21). Die Brut im Nistkasten W48 erhielt Zufütterung (blau umkreist, Abbildung 21). Die Brut im Nistkasten W02 erhielt Zufütterung durch die Futtersäulen im Wald und durch nachbarliche Ganzjahresfütterung. Die Brut im Nistkasten W43 wurde am 16. Lebenstag der Jungen gewogen und das Gewicht ist nach Literaturwerten gering höher als die Gewichte am 15. Lebenstag. Die Jungengewichte vom 16. Lebenstag mussten nicht angepasst werden, da die Jungen die Gewichtsentwicklung weitestgehend mit dem 14. Lebenstag abgeschlossen haben (4.2.7). Die Jungengewichte am 15. Lebenstag können nicht wegen zu weniger Bruten zwischen den Habitaten miteinander verglichen werden, sondern nur zwischen keiner und Zufütterung. In der Abbildung 21 ist die Anzahl an Junge mitangeben, um einen besseren Vergleich zu ermöglichen (N= Anzahl der Junge pro Brut).

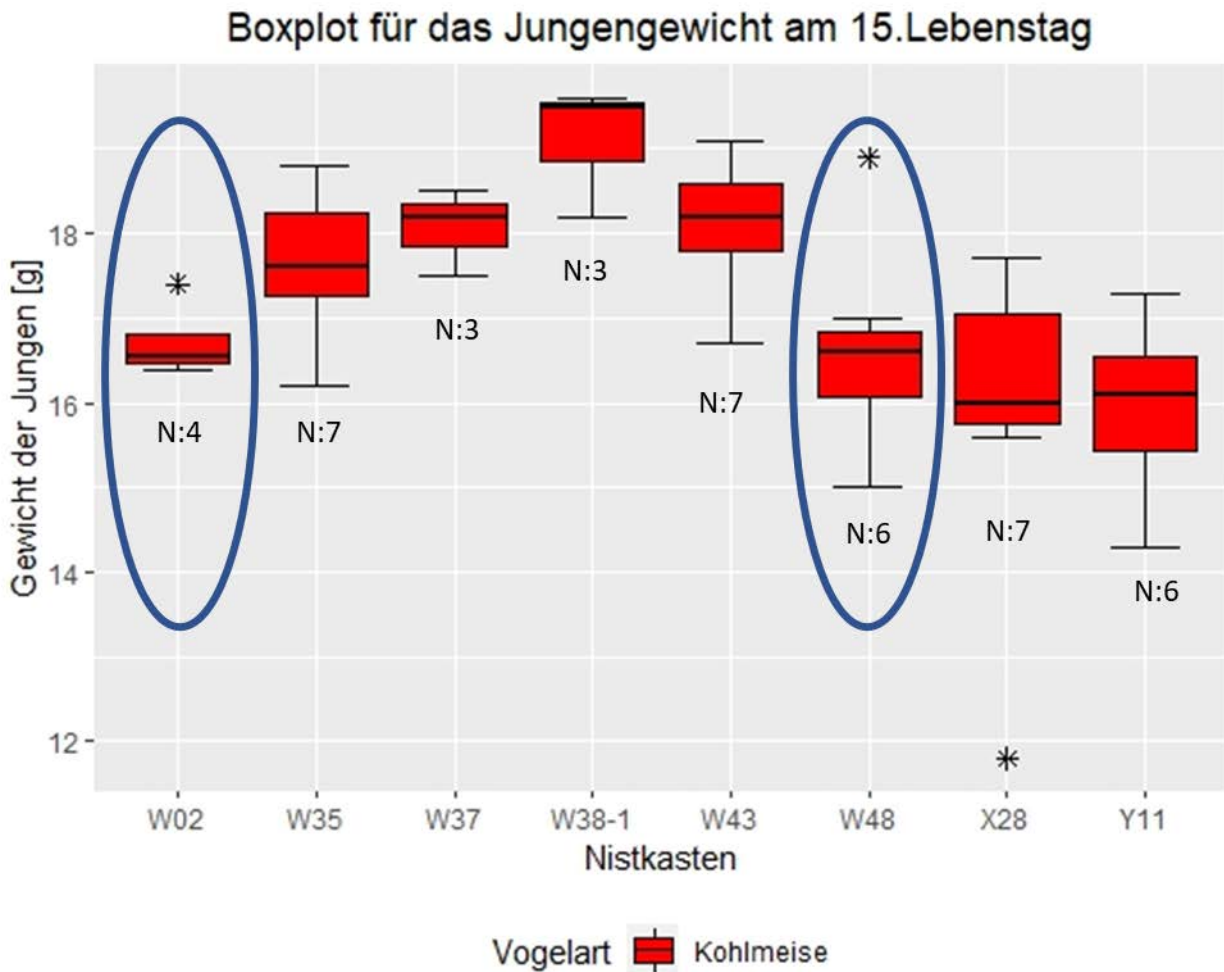


Abbildung 21: Boxplot für das Jungengewicht am 15. Lebenstag der Erstbruten der Kohlmeisen.

Die Gewichte der Kohlmeisen Jungen wurden als Boxplots pro Brut errechnet (* Ausreißer) und die Anzahl der Jungen pro Brut (N) dazu notiert. Die Bruten im Nistkasten W02 und W48 erhielten Zufütterung (blaue Umkreisung) durch die Futtersäulen im Wald und die Brut in W02 fraß vermutlich auch von der nachbarschaftlichen Ganzjahresfütterung. Die anderen Bruten erhielten keine Zufütterung (keine Umkreisung). Die Brut im Nistkasten W43 wurde am 16. Lebenstag der Jungen gewogen und kann verglichen werden, da die Gewichtsentwicklung nach Literaturangaben weitestgehend ab dem 14. Lebenstag abgeschlossen ist.

Für das Verhältnis zwischen Jungen pro Brut zum mittleren Gewicht der Jungen wurden die Kohlmeisenbruten in den Nistkästen X24 und Zweitbrut in W38 und die Blaumeisen Bruten ausgeschlossen (Abbildung 22).

Die Regressionslinie ($y \sim x$) zeigte einen Trend zwischen Anzahl der Jungen und dem mittleren Gewicht. Je weniger Junge die Brut umfasste, desto höher war das mittlere Gewicht der Jungen. Zwei Bruten mit jeweils sieben Jungen wiesen im Vergleich zu den Bruten mit sechs oder acht Jungen ein höheres mittlere Jungengewicht auf (W35 mit 17,7 g, W43 mit 18,1 g, X28 mit 15,87 g). Die leichtere Brut mit sieben Jungen befand sich im Nadelwald, wohingegen die Brut W35 im Laubmischwald war.

Die größte Brut umfasste acht Junge im Nistkasten W48, welche Zufütterung im Laubmischwald erhielt. Die schwerste Brut hatte drei Jungen und ein mittleres Jungengewicht von 19,1 g (im Nistkasten W38). Die zweite Brut mit drei Jungen hat ein mittleres Gewicht von 18,1 g. Beide Bruten hatten sechs Eier und nur drei Jungen, die den 15. Lebenstag erreichten und ausflogen. Es wurde keine Prädation nach dem Wiegen am 15. Lebenstag verzeichnet. Zumal folgte der Erstbrut im Nistkasten W38 eine Zweitbrut.

Verhältnis zwischen mittlerem Jungengewicht und Jungenanzahl

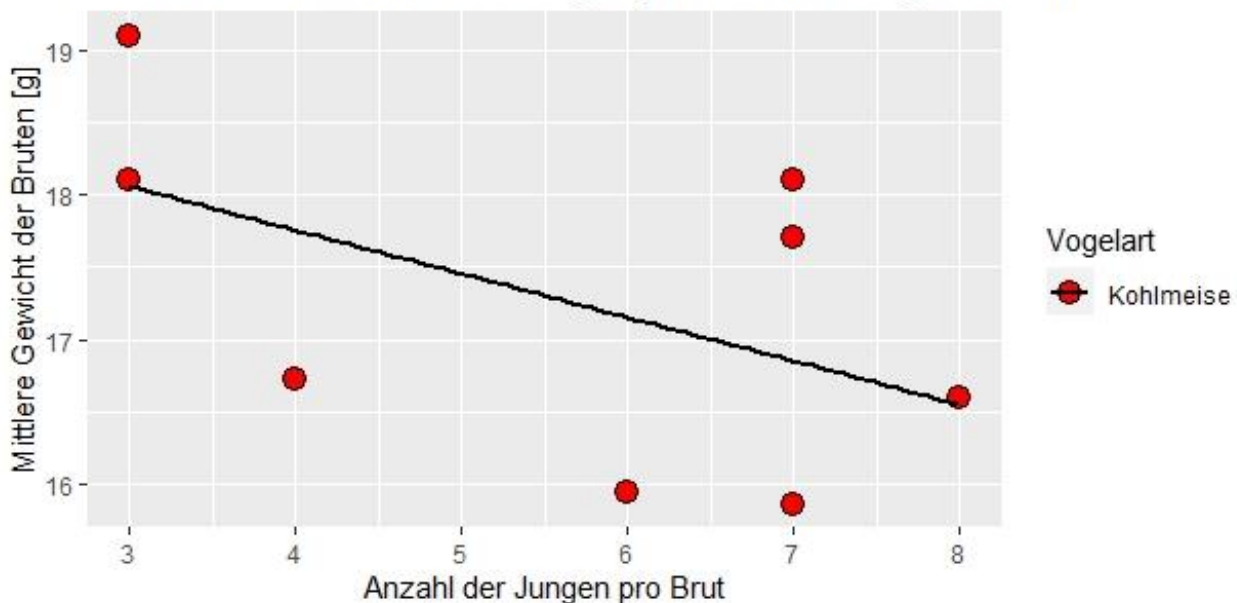


Abbildung 22: Mittlere Jungengewicht gegen die Anzahl der Jungen pro Brut.

Für das Verhältnis zwischen Jungen pro Brut zum mittleren Gewicht der Jungen wurden die Kohlmeisenbruten in den Nistkästen X24 und die Zweitbrut in W38 und die Blaumeisen Bruten ausgeschlossen. Die Brut in Nistkasten W48 mit Zufütterung ist mit acht Jungen die größte Brut. Die Regressionsline ($y \sim x$) weist ein Absinken des mittleren Gewichts der Bruten gegen die Anzahl an Jungen auf.

Bei dem Vergleich der einzelnen Jungengewichte [g] pro Brut wurden nur die Kohlmeisen-Erstbruten verwendet. Abbildung 23 zeigt die beiden Bruten in W02 und W48, welche Zufütterung (schwarz ausgefüllte Punkte) und Bruten die keine Zufütterung (weiß ausgefüllte Punkte) erhalten haben.

Die Erstbruten ohne Zufütterung wiesen alle mit Ausnahme der Brut im Nistkasten Y11 ein leichteres Junges auf, welche mitausgeflogen waren. Das leichteste Junge in der größten Brut (acht Junge) im Nistkasten W48 wog 15 g und das schwerste Junge wog 18,9 g. Das leichteste Junge aller gezeigten Bruten befand sich im Nistkasten X28 und hatte ein Gewicht von 11,8 g.

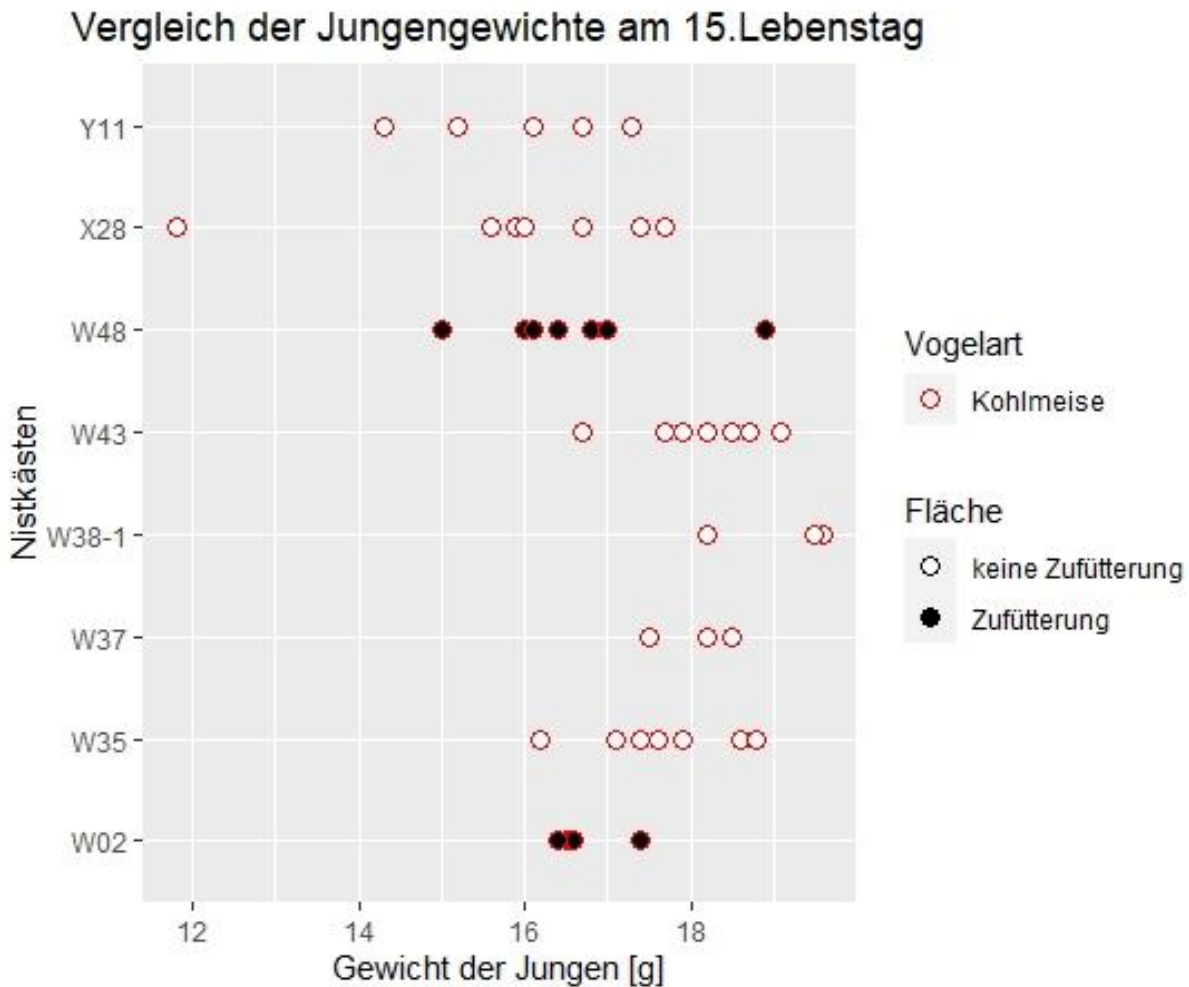


Abbildung 23: Vergleich der einzelnen Jungengewichte [g] pro Brut der Erstbruten der Kohlmeisen mit und ohne Zufütterung.
Die Bruten im Nistkasten W02 und W48 erhielten Zufütterung (schwarz ausgefüllte Punkte) durch die Füttersäulen im Wald und die Brut in W02 fraß vermutlich auch von der nachbarschaftlichen Ganzjahresfütterung. Es wurden die Erstbruten ohne Zufütterung (weiß ausgefüllte Punkte) der Kohlmeise verwendet. Diese Erstbruten wiesen mit Ausnahme der Brut in Y11 ein leichteres Junges auf, welche mitausgeflogen waren.

Das Jungengewicht [g] aller Kohlmeisen-Erstbruten ohne und mit Zufütterung wurden in einen jeweiligen Boxplot zusammengefasst (Abbildung 24). Für den Boxplot ohne Zufütterung wurden sechs Bruten mit insgesamt 33 Jungen verwendet. Damit für den Boxplot mit Zufütterung nicht nur eine Brut den sechs Bruten ohne Zufütterung gegenübersteht, wurde die Brut mit Zufütterung im Nistkasten W02 dazugerechnet. Somit befinden sich in dem Boxplot mit Zufütterung zwei Bruten (W02 und W48) mit gesamt zwölf Jungen. Die Jungengewichte am 15. Lebenstag unterscheiden sich nicht zwischen Zufütterung und keiner Zufütterung.

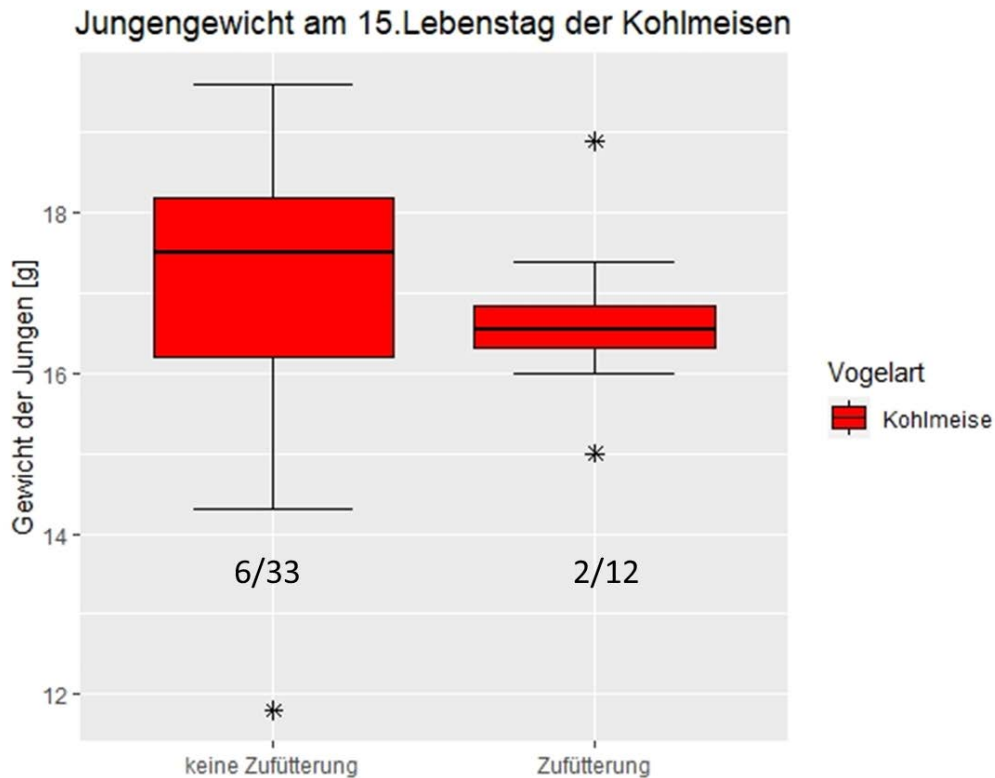


Abbildung 24: Gewicht der Jungen (g) der Kohlmeisenbruten mit und ohne Zufütterung.
Es wurden sechs Kohlmeisenbruten mit gesamt 33 Jungen ohne Zufütterung gegen zwei Kohlmeisenbruten mit zwölf Jungen mit Zufütterung gestellt (Ausreißer). Die Gewichte der Jungen unterscheiden sich nicht zwischen den beiden Gruppen.*

Vergleich des Bruterfolgs zwischen keiner und mit Zufütterung

Der Bruterfolg liegt bei 1,0, wenn aus allen gelegten Eiern Junge geschlüpft und ausgeflogen sind. Dies war der Fall bei vier Bruten, wovon zwei Bruten eine Zufütterung erhalten haben (Abbildung 25). Die Blaumeisenbrut hatte einen Bruterfolg von 0,75. Zwei Kohlmeisenbruten hatten einen Bruterfolg von 0,5, da die Hälfte der gelegten Eier zu keinen ausgeflogenen Jungen geführt haben. Bei beiden Bruten wurden sechs Eier gelegt und es schlüpften fünf Junge, wovon drei Junge bis zum 15. Lebenstag überlebten. Zwei weitere Kohlmeisenbruten in den Nistkästen W29 und X33, die keine Zufütterung erhielten, wurden geräubert. Außerdem wurde eine Brut im Nistkasten X11 mit Zufütterung ebenfalls geräubert und hatte einen Bruterfolg von 0. Der Bruterfolg von der Brut im Nistkasten W02, welche in der Nähe einer Ganzjahresfütterung durchgeführt wurde, hatte einen Bruterfolg von 0,8.

Der Bruterfolg der diesjährigen Studie (2022) kann mit dem Bruterfolg der Vorjahre verglichen werden. Der Bruterfolg von 2022 wird deshalb als Boxplot in Abbildung 26 nochmals dargestellt.

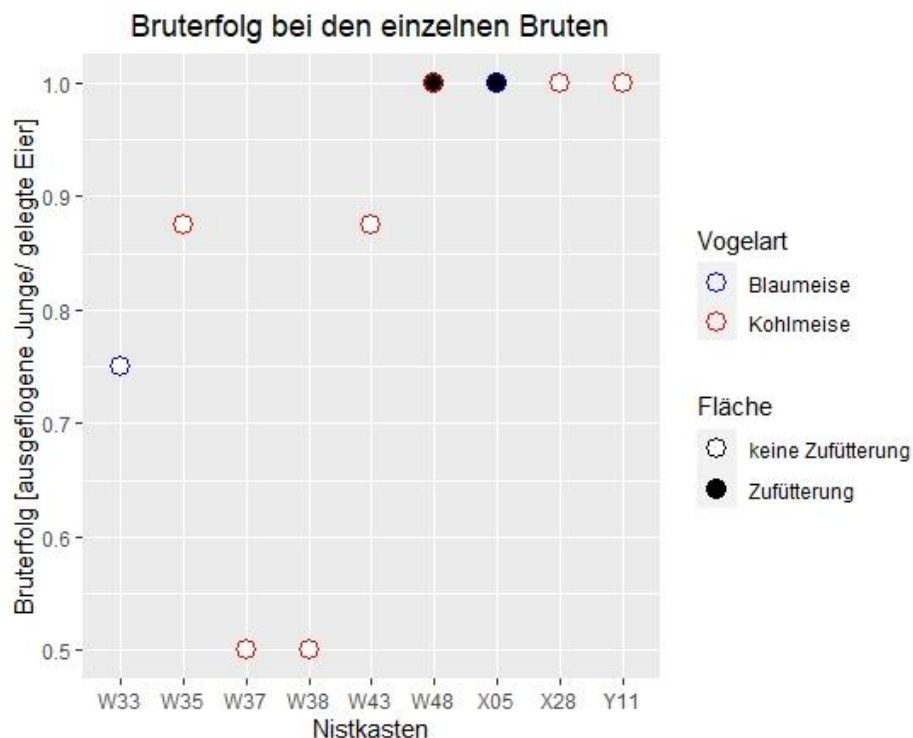


Abbildung 25: Bruterfolg der einzelnen Brutten von Blau- und Kohlmeise mit und ohne Zufütterung.

Der Bruterfolg liegt bei 1, wenn aus allen gelegten Eiern Junge geschlüpft und ausgeflogen sind. Den Bruterfolg von 1,0 erreichten vier Brutten (eine Blaumeisenbruten, zwei Brutten mit Zufütterung). Die Hälfte des Bruterfolges erreichten zwei Kohlmeisenbruten ohne Zufütterung. Drei weitere Kohlmeisenbruten in den Nistkästen W29, X11 und X33 (hier nicht dargestellt) hatten einen Bruterfolg von 0, da die Jungen geräubert wurden.

5.4 Vergleich mit den Vorjahren

Die Daten aus den Vorjahren stammen aus einer Studie von Wild und Aplin (unveröffentlicht).

Die Besatzungsrate errechnet sich aus den begonnenen Brutten, die mindestens ein Ei gelegt hatten. Im Jahr 2020 lag die Besatzungsrate bei 28%, davon waren sieben Blaumeisenbruten, 20 Kohlmeisenbruten und eine Tannenmeisenbrut (Abbildung 26). Es wurde eine Blaumeisenbrut durch Prädation beendet und drei Brutten (zwei Kohlmeisenbruten, eine Blaumeisenbrut) scheiterten.

2021 lag die Besatzungsrate bei 35% (davon dargestellt sind 7 Blaumeisenbruten, 26 Kohlmeisenbruten, Abbildung 26). Davon wurden drei Brutten durch Prädation beendet und sieben Brutten scheiterten oder wiesen mehrere tote Junge auf (z.B. Brut in Nistkasten X30 mit fünf toten Jungen). Die Kohlmeisenbrut aus Nistkasten Y13 wurde aus den Daten entfernt, da mehr ausgeflogenen Junge als geschlüpfte Junge vermerkt wurden. Die Kohlmeisenbrut in Nistkasten X18 war eine Zweitbrut nach einer gescheiterten Erstbrut und wurde aus den nicht veröffentlichten Daten entfernt. Deswegen sind von den 35 Brutten nur 33 Brutten dargestellt.

Für die weitere Darstellung wurde die einzelne Tannenmeisenbrut aus den Daten der Vorjahre entfernt, um einen Vergleich zwischen den Jahren zu ermöglichen. Als Vergleich wurde der Bruterfolg mit den Brutten ohne Zufütterung und ohne Zweitbruten aus der diesjährigen Studie verwendet. Die Brut im Nistkasten X24 wurde aus den Daten von 2022 entfernt, da das getaggte Männchen auch die Futtersäulen besucht hatte. Es gab im Jahr 2022 Brutten, welche vor dem Schlüpfen der Jungen aufgegeben wurden und nicht in der Abbildung widerspiegelt werden.

In Abbildung 26 sind auch die Daten aus 2022 der Bruten mit Jungen, die keine Zufütterung erhalten haben. Dies Daten umfassen eine Blaumeisenbrut (W33) und acht Kohlmeisenbruten (W29, W35, W37, W38, W43, X28, X33, Y11).

Die Besatzungsrate im Jahr 2022 mit den Erstbruten lag bei 19% und mit bestätigten Zweitbruten bei 22%. Die Bruten in den Nistkästen X08, X14, X25, Y07 und W32 hatten nur Eier und keine Inkubation.

Die Tabelle 8 zeigt eine Übersicht über die Anzahl der Erstbruten ohne die Zweibruten (in den Nistkästen W15, W30, W38). Abgesehen von der aufgezeigten Prädation fanden weitere Prädationen über die Nacht mit ausruhenden Meisen statt (Y08, X22, W19). Die Anzahl der erfolgreichen Bruten, deren Junge den 15. Lebensstag erreichten und ausflogen, lag bei elf Bruten.

Tabelle 8 Übersicht über die Anzahl der Erstbruten, die gestartet (Eier gelegt), nicht inkubierte, geräubert (als Eier oder Junge) oder erfolgreich waren (keine Zweitbruten) in dem Jahr 2022.

	Gestartete Bruten	Nicht inkubierte Bruten	Bruten mit Jungen	Geräuberte Bruten	Erfolgreiche Bruten
Kontrollfläche	W29, W32, W33, W35, W37, W38, X25, X28, X33, Y07, Y11	W32, X25, Y07	W29, W33, W35, W37, W38, X28, X33, Y11	W29, X25, X33, Y07	W33, W35, W37, W38, X28, Y11
Versuchsfläche	W48, X05, X08, X11, X14	X08, X14	W48, X05, X11	X08, X11	W48, X05
Ausnahme	W02, W43, X24		W02, W43, X24		W02, W43, X24
Gesamt:	19	5	14	6	11

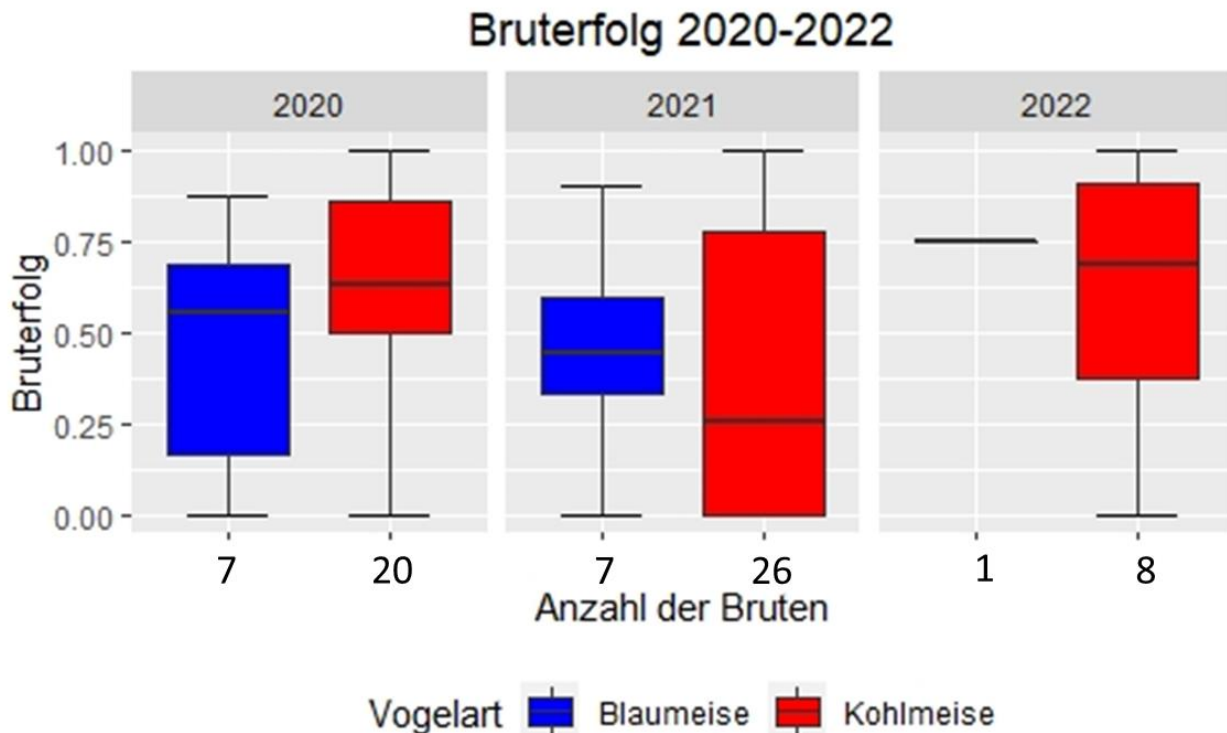


Abbildung 26: Bruterfolg im Vergleich zwischen den Bruten von 2020 bis 2022.

Die Besetzungsrate betrug 28% im Jahr 2020, davon abgebildete sieben Blaumeisenbruten und 20 Kohlmeisenbruten (nicht abgebildet eine Tannenmeisenbrut). Eine Blaumeisenbrut wurde durch Prädation gestoppt und drei Bruten (zwei Kohlmeisenbruten, eine Blaumeisenbrut) scheiterten. Im Jahr 2021 betrug die Besetzungsrate 35%, davon abgebildete sieben Blaumeisenbruten und 26 Kohlmeisenbruten (nicht abgebildet Kohlmeisenbrut Y13, Zweitbrut in X18). Bei drei Bruten (nur Kohlmeisenbruten) fand Prädation statt und sieben Bruten scheiterten. Die Besetzungsrate betrug 19% im Jahr 2022, davon abgebildet eine Blaumeisenbrut und sechs Kohlmeisenbruten. Es werden keine Zweitbruten oder Bruten mit Zufütterung dargestellt. Es fand bei sechs Bruten nach Eiablage Prädation statt, davon drei Bruten mit Jungen. Der Bruterfolg der einen Blaumeisenbrut beträgt 0,75, die acht Kohlmeisenbruten umfassen einen Bruterfolg von 0 bis 1,0.

Die Jungengewichte am 15. Lebenstag wurden auch in den vorherigen Jahren aufgenommen und konnten mit den Gewichten aus dieser Studie verglichen werden. Die Abbildung 27 enthält dabei alle vorhandenen Nestlingsdaten aus den vorherigen Jahren 2020 und 2021. Die unveröffentlichten Daten aus 2020 umfassten 18 Kohlmeisenbruten und fünf Blaumeisenbruten, und damit weniger Bruten als bei den Daten mit dem Bruterfolg aus den Vorjahren. Die unveröffentlichten Daten aus 2021 wiesen 15 Kohlmeisenbruten und sechs Blaumeisenbruten auf (nicht abgebildet Kohlmeisenbrut Y13, Zweitbrut in X18). Auch diese Daten zeigten weniger Bruten im Vergleich zu den Daten mit Bruterfolg auf. Es wurden, wie bei dem Bruterfolg dieselben Bruten betrachtet (sieben Bruten: W33, W35, W37, W38, W43, X28, Y11). Zwei der zuvor gezeigten Kohlmeisenbruten in den Nistkästen W29 und X33 hatten einen Bruterfolg von 0 und sind somit in der Darstellung der Jungengewichte nicht enthalten.

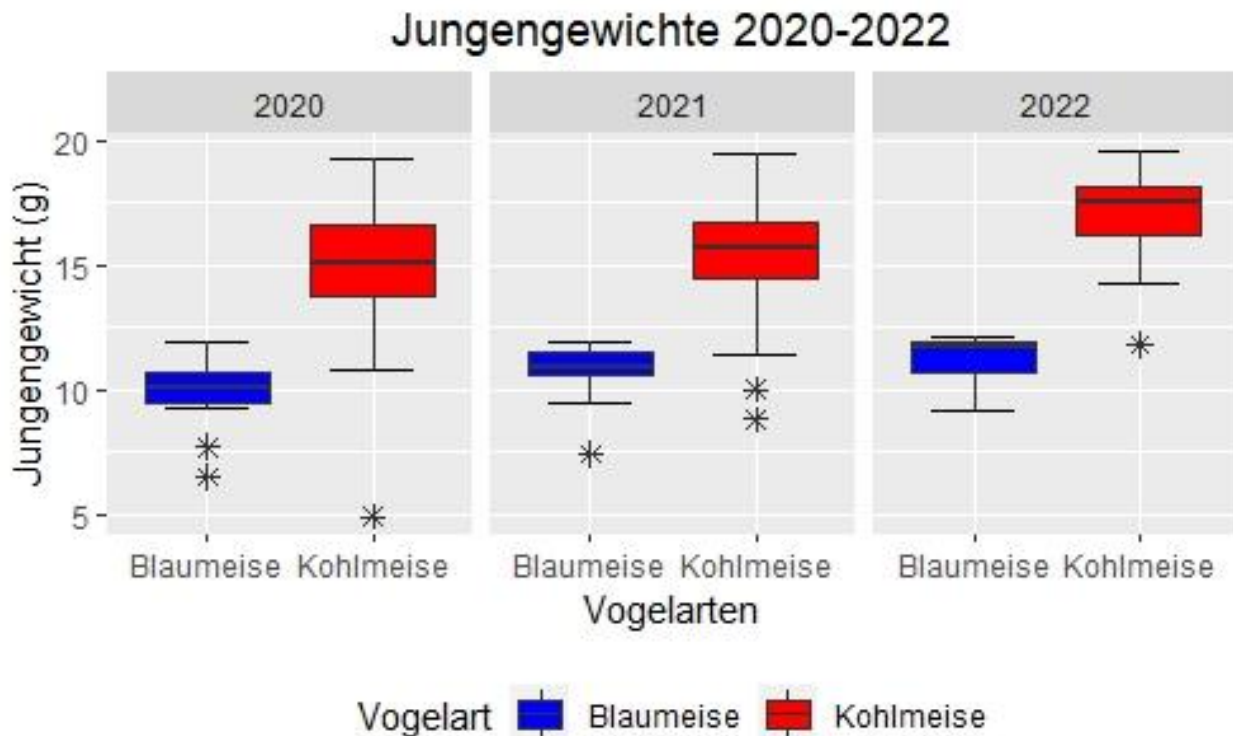


Abbildung 27: Vergleich der Jungengewicht zwischen den Jahren 2020 bis 2022.

Die unveröffentlichten Daten der Nestlingsgewichte von 2020 (18 Kohlmeisenbruten, fünf Blaumeisenbruten), sowie von 2021 (15 Kohlmeisenbruten, sechs Blaumeisenbruten; nicht abgebildet Kohlmeisenbrut Y13, Zweitbrut in X18) wurden mit den Daten dieser Studie in Bezug gesetzt (eine Blaumeisenbrut, sechs Kohlmeisenbruten).

5.5 Wetterdaten

Die Brutzeit von April bis Anfang Juli begann mit einem Kälteeinbruch. Danach sorgte ein Tief für Dauerniederschlag in Süddeutschland (Deutscher Wetterdienst 2022a). Die Daten von der Wetterstation in Konstanz zeigten auf, dass die ersten Tage im April durch kühlere Temperaturen und Niederschlag geprägt waren. In der zweiten Aprilhälfte stiegen die Höchsttemperaturen an, bevor sie gegen Ende des Monats wieder absanken (Abbildung 29A).

Im Mai stiegen die Höchsttemperaturen weiter an. Jedoch sorgten einige kräftige Gewitter für lokale starke Niederschläge (Deutscher Wetterdienst 2022c). Vor allem am 5.05. (julianische Tagnummer 125) und 23.05.2022 (julianische Tagnummer 143) wurden zwischen 30 und 37 mm Niederschlag in Konstanz gemessen (Abbildung 29B). Der Deutsche Wetterdienst bezeichnetet im Vergleich zur Bezugsperiode (1991 – 2020) den Mai als „zu warm und überwiegend zu trocken“ (Deutscher Wetterdienst 2022c).

Der Juni zeichnete sich durch Höchsttemperaturen von 18-35°C aus. Süddeutschland wurde durch „Schauer[n], die von Sturmböen, Hagel und Starkregen bis in den Unwetterbereich begleitet wurden“, geprägt (Deutscher Wetterdienst 2022b). Wie in Abbildung 29 B zu erkennen ist, wurden an vielen Junitagen Niederschläge in Konstanz gemessen.

Die nächtlichen Tiefsttemperaturen erreichten in der Brutzeit ihr Minimum am 11.04.2022 (julianische Tagnummer 101) mit -1°C (Abbildung 28). Die Brut im Nistkasten X14 wurde nach dem Legen von vier Eiern abgebrochen. Die vier Eier wurden am 12.04.2022 mit vollständig gebautem

Nest gefunden. Eine weitere Brut wurde nach dem Legen von einem Ei abgebrochen (Nistkasten W33, Legedatum spätestens am 05.04.).

Bis Anfang Mai lagen die nächtlichen Tiefsttemperaturen unter 10°C mit Ausnahme des 16.04.2022 (julianische Tagnummer 106, ca. 12°C). Ab Anfang Mai lagen die nächtlichen Tiefsttemperaturen durchschnittlich über 10°C und erreichten am 20.06.2022 (julianische Tagnummer 171) den Höhepunkt mit über 18°C (Abbildung 28). Am 30.05.2022 (julianische Tagnummer 150) wurde eine nächtliche Tiefsttemperatur von unter 6°C verzeichnet. Am nächsten Tag (31.05.2022) hätten beispielsweise die Blaumeisen Jungen aus dem Nistkasten X05 ausfliegen können, diese waren aber erst am 2.06.22 (julianische Tagnummer 153) ausgeflogen.

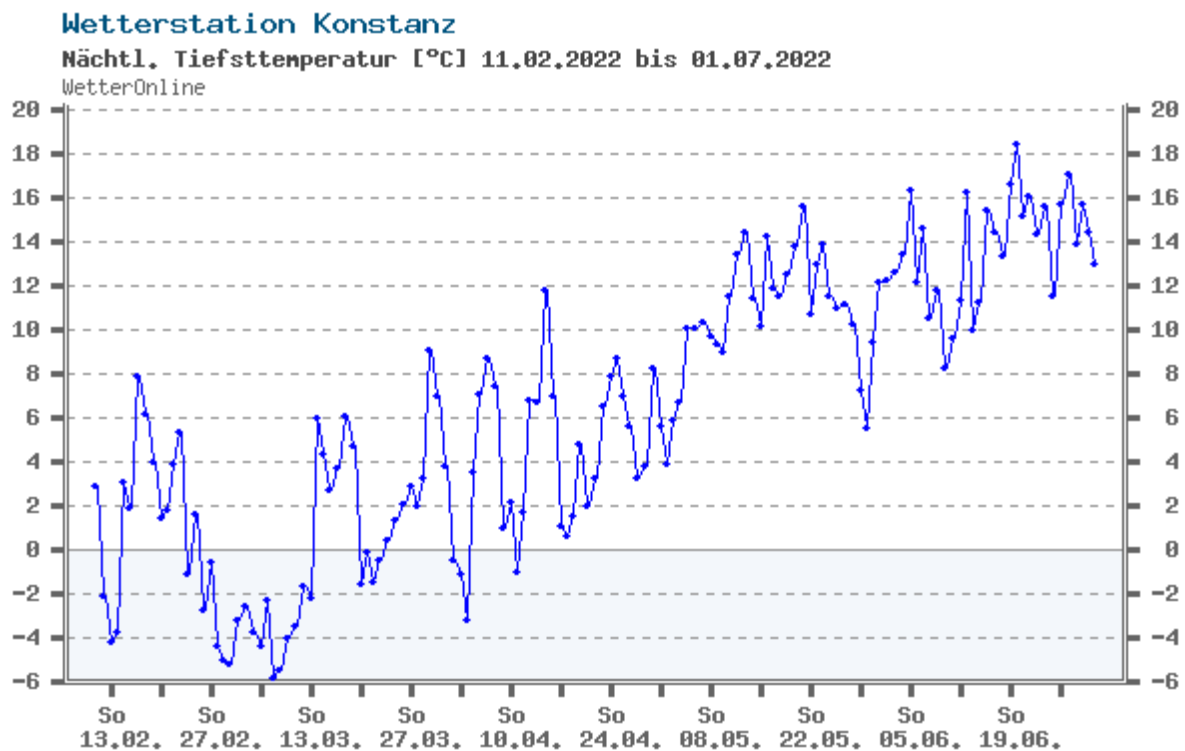
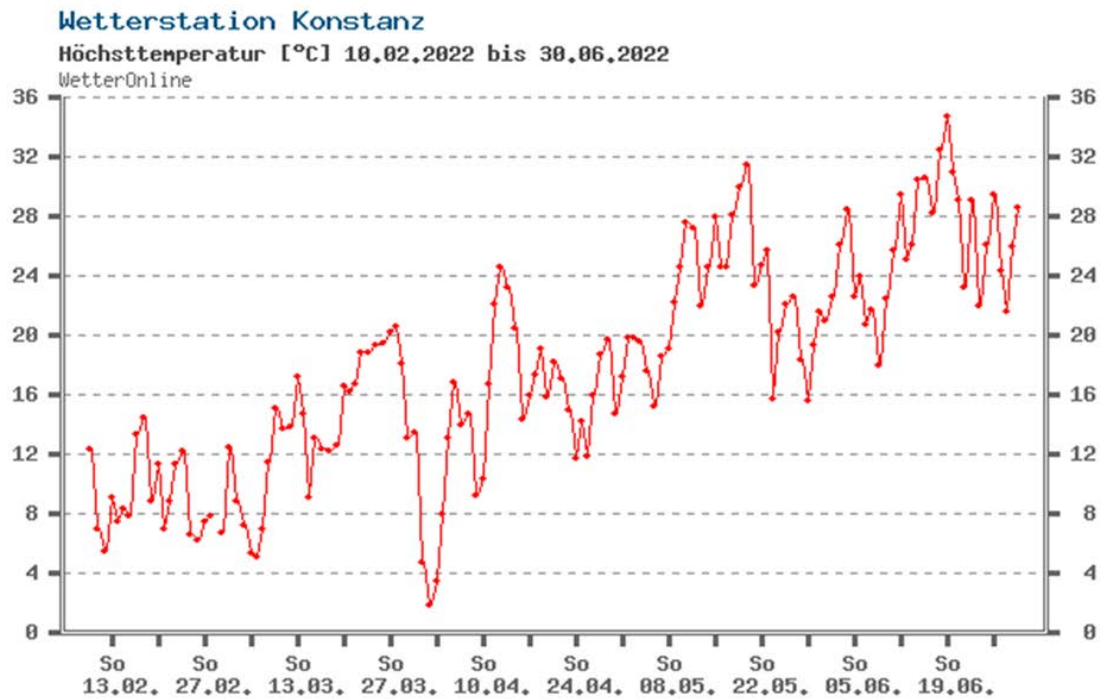


Abbildung 28: Nächtliche Tiefsttemperaturen [°C] für die Vormonate (Februar, März) und die Brutzeit von April bis Juni im Jahr 2022. Die Graphik wurde von WetterOnline (2022) erstellt und stellt die nächtlichen Tiefsttemperaturen von 11.02.2022 bis 01.07.2022 dar.

Nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes zählte der Vormonat März 2022 in Baden-Württemberg „zu den niederschlagsreichsten sowie den sonnenscheinreichen Bundesländern“ (Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - Monatlicher Klimastatus Deutschland - Rückblick und Vorschau 2022). Gegen Ende März wurden die warmen Tage durch einen Kälteeinbruch mit Neuschnee unterbrochen. Im Februar 2022 lagen die Höchsttemperaturen über 4 °C und es wurde nur geringe Niederschlagsmengen verzeichnet. Somit war der Februar deutschlandweit zu warm (Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - Monatlicher Klimastatus Deutschland - Rückblick und Vorschau 2022).

A



B

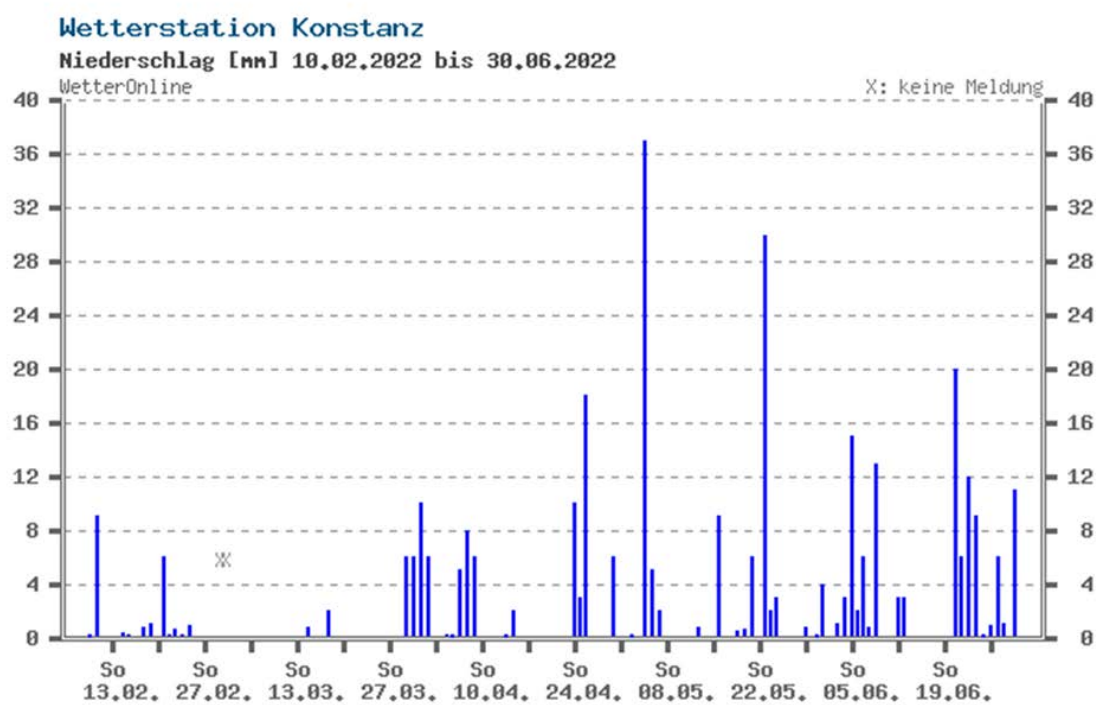


Abbildung 29: Wetterdaten für die Vormonate (Februar, März) und die Brutzeit von April bis Juni im Jahr 2022.

Die Graphik wurde von WetterOnline (2022) erstellt und stellt (A) die Höchsttemperatur [°C] und (B) die Niederschlagsmengen [mm] vom 10.02. bis 30.06.2022 dar.

6. Diskussion

6.1 Besetzungsrate im Jahr 2022

Geringe Besetzungsrate und andere Nistkastenbewohner

Um den Effekt der Brutzeitfütterung auf die Entwicklung der Jungen zu überprüfen, sollten genügend Daten (Gelegegröße, Jungengewicht, Bruterfolg) von mindestens drei Erstbruten pro Habitat mit und ohne Zufütterung aufgenommen werden. Dafür wurde die Besetzungsrate aus den begonnenen Bruten errechnet, die mindestens ein Ei gelegt hatten. Die errechnete Besetzungsrate lag im Jahr 2022 ohne Zweitbruten bei 19 % (22 % mit Zweitbruten). Die Untersuchung zeigt, dass die Besetzungsrate im Jahr 2022 niedriger als in den Vorjahren war (2020 bei 28 %; 2021 bei 35 %). In einer siebenjährigen Studie von Solonen (2001) stabilisiert sich die Besetzungsrate nach den ersten zwei Jahren nach dem Aufhängen der Nistkästen, somit wurde dies in dieser Studie erwartet. Diese niedrigere Besetzungsrate könnte durch den Kälteeinbruch und Dauerniederschlag zu Beginn der Brutsaison beeinflusst worden sein. Denn die mittlere Umgebungstemperatur im März scheint einen Einfluss auf die Gelegegröße zu haben und dies auch indirekt über die Populationsdichte der Meisen (Solonen 2001). Durch Kälteeinbrüche können begonnene Bruten aufgegeben werden, wie beispielsweise die Brut im Nistkasten X14. Die Brut in diesem Nistkasten wurde nach dem Legen von vier Eiern unterbrochen und nicht wieder aufgenommen. Die begonnene Brut wurde nicht aus dem Nistkasten entfernt, da eine Wiederaufnahme möglich gewesen wäre. Eine weitere Brut im Nistkasten W33 wurde nach dem Legen von einem Ei abgebrochen, welches bei der ersten Begehung (05. April 2022) schon vorhanden war und womöglich ebenfalls aufgrund des Dauerregens abgebrochen wurde. Es liegen die Daten der Gelegegröße von 17 Bruten vor, wobei die Gelegegröße der beiden Blaumeisenbruten acht Eier und die der Kohlmeisenbruten ebenfalls maximal acht Eier umfasst (Gelegegröße=7,11; SD= 0,93.). Im Vergleich zu den Literaturdaten sind die Gelegegrößen in der vorliegenden Arbeit kleiner (Blaumeise: neun bis elf Eier; Kohlmeise: sieben bis zehn Eier) (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). Dies kann durch die mittleren Umgebungstemperaturen im April beeinflusst worden sein, denn die mittlere Umgebungstemperatur im April wirkt sich auf das Futterangebot und die Qualität der Eiablage aus (Solonen 2001). Allerdings kann auch die Zufütterung bei den drei Bruten in den Nistkästen W02 (5 Eier), W48 (8 Eier), X05 (8 Eier) und X11 (6 Eier) für ein geringeres Gelege gesorgt haben, da in der Studie von Harrison et al. (2010) die Gelegegröße nach Zufütterung signifikant geringer war. Auf der anderen Seite haben die Territorien der Meisen einen signifikanten Effekt sowohl auf die Gelegegröße als auch auf die mittleren Ausfluggewichte (Jungengewichte am 15. Lebens- tag), aber keinen Effekt auf das Legedatum oder die Eiergewichte (Wilkin et al. 2006).

Außerdem könnte die Gelegegröße abhängig von Bedingungen der Versuchsfläche sein, deshalb wurden die Gelegegröße der Vorjahre berechnet (2020: MW= 7,74; SD= 1,48 und 2021: MW= 6,90; SD= 1,59). Dabei umfassten die Gelege drei bis zehn Eier im Jahr 2020 und 2021, wohingegen das größte Gelege im Jahr 2022 acht Eier umfasste. Die Daten der Gelegegröße im Vergleich zwischen der diesjährigen Studie und den Vorjahren unterscheiden sich nicht (im Anhang Abbildung 37). Dies könnte daran liegen, dass die Meisen aufgrund des territorialen und standortstreuenden Verhalten wie in der Studie von Hutfluss und Dingemanse (2019) vermutet wird, somit von Jahr zu Jahr eine reversible Anpassung der Gelegegröße an die Umweltbedingungen haben. Au-

ßerdem ist die Versuchsfläche von Wanderwegen durchzogen (Abbildung 1), die Störungen durch den Menschen (z.B. Hund ausführen, Joggen) für die Meisen hervorrufen und die Gelegegröße verringern können (Hutfluss und Dingemanse 2019). Demnach vermeiden Meisen es nach Hutfluss und Dingemanse (2019) in der Nähe von Wegen zu brüten, da die Reproduktionsparameter abhängig von der Entfernung der Störung und vom Erholungsdruck des Weibchens zu sein scheinen.

Zusätzlich zu den Wetterbedingungen liegen auch Daten von anderen Nistkastenbewohnern vor, wie beispielsweise, die Haselmäuse von Beginn der Brutsaison in Nistkästen wohnten. Die Konkurrenz um die Nistkästen steigt mit den höheren Temperaturen Ende Mai und im Juni weiter an, da nun auch Siebenschläfer, Hornissen und Wespen zusätzlich weitere Nistkästen bewohnten. Letztendlich machen diese Nistkastenbewohner 18 % aus, 19 % der Nistkästen wurden von Vögeln bewohnt und die restlichen Nistkästen blieben unbewohnt. Jedoch begannen unbekannte Vögel in 23 Nistkästen den Nestbau und vollendeten diesen auch teils (Neststadium 1-4), legten aber keine Eier.

Verteilung der besetzten Nistkästen

Die Verteilung der besetzten Nistkästen ist ungleichmäßig, denn die höchste Dichte an Bruten befand sich in den Flächen ohne Zufütterung (Kontrollflächen) im Habitat Laubmischwald (sechs Bruten & eine gestartete Brut mit Eiern). Auf der anderen Seite ist die Dichte im Laubmischwald mit Zufütterung gering, da dort nur drei Brutpaare brüteten (Nistkästen: W02, W15, W48), womit mehr Daten in der Kontrollfläche im Laubmischwald aufgenommen werden konnten. Die Verteilung der Besetzung kann durch die Ausrichtung der Nistkästen bei Kohlmeisen und auch durch das Vorkommen des natürlichen Futtervorkommens beeinflusst werden, deshalb wurden wahrscheinlich Nistkästen wie z.B. W01 nicht besetzt (Goodenough et al. 2008). Die Ausrichtung des Nistkasteneingangs hat dabei Auswirkungen auf die Temperatur und das Mikroklima im Nistkasten, dabei vermeiden Kohlmeisen Nistkästen mit einer Süd-Südwest Ausrichtung (Ardia et al. 2006; Goodenough et al. 2008). Allerdings weisen Blaumeisen keine Präferenzen der Ausrichtung der Nistkästen auf, wie die Brut im Nistkasten W33 zeigt (Goodenough et al. 2008). Allerdings liegen dieser Arbeit Daten von Kohlmeisenbruten mit einer Süd-Südwest Ausrichtung des Nistkastens vor, wie beispielsweise die Brut im Nistkasten X33 im Nadelwald. Es sind Daten von acht Bruten im Nadelwald vorhanden, wovon fünf in der Fläche ohne Zufütterung und drei in der Fläche mit Zufütterung gebrütete haben. Die geringe Dichte der Bruten im Nadelwald liegt womöglich an der erhöhten Anzahl an beendeten Bruten durch Prädation im Vergleich zum Laubmischwald.

Außerdem liegt eine Erstbrut mit Zufütterung im Laubmischwald vor, welche eine weitere Zufütterung durch einen privaten Haushalt erhielt. Durch die weitere Zufütterung durch den privaten Haushalt, welcher ganzjährig Vogelfutter bereitstellt, kann bei dieser Brut nicht der vollständige Einfluss des angebotenen Vogelfutters (geschrotete Erdnüsse, geschälte Sonnenblumenkerne, Mischfutter) auf den Bruterfolg und die Jugendentwicklung gemessen werden. Zumal startete die Brut nicht wie die meisten im Mai, sondern erst im Juni mit vielen Niederschlägen. Spätere Bruten haben den Nachteil, dass das natürliche Vorkommen der Nahrung abnimmt und dass die späten Bruten von Blau- und Kohlmeisen gefährdeter sind als frühe Bruten (Dunn 1977).

Von den Bruten in der Wirtschaftswiese mit Hecken- und Baumumrandung liegt dieser Arbeit nur ein Datensatz der Jugendentwicklung und des Bruterfolgs vor, da die weiteren begonnen Bruten durch Prädation gestoppt wurden. Die Jungengewichte dieser erfolgreichen Blaumeisenbrut im Nistkasten X05 wurden durch die Formel zum Berechnen des vergleichbaren Jungengewichts (siehe 4.2.7) an das Jungengewicht der Kohlmeisenbruten angepasst, allerdings lagen die Jun-

engewichte der Kohlmeisenbruten dennoch in anderen Grammbereichen. Deshalb wurden die veränderten Blaumeisengewichte nicht weiterverwendet.

Das Material und die Farbe der Nistkästen scheinen nach der Studie von Browne (2006) einen Einfluss auf die Verteilung der Besetzung zu haben. Die Meisen (*Parus spp.*) brüteten vermehrt in „woodcrete“ (Holzbeton = Mischung aus Sägemehl und Zement) als hölzernen Nistkästen (woodcrete 64%, hölzern 36%) und in grünen (72%) häufiger als in braunen (28%) Nistkästen. In dieser Studie wurden die Nistkästen des Typs Nisthöhle 2M (Schwegler, Schorndorf) wiederverwendet, die für eine frühere Studie von Wild und Aplin (unveröffentlicht) aufgehängt wurden.

Prädation

Die höchste Prädation liegt im Nadelwald und den Versuchsflächen vor, von den insgesamt 19 Erstbruten wurden sechs Bruten durch Prädation gestoppt und elf Bruten waren erfolgreich mit Ausflug der Jungen. Die Untersuchung zeigt, dass adulte Meisen vor und während der Brutzeit in Nistkästen übernachten und durch Prädatoren verletzt und/oder getötet werden können. Dieses Verhalten ist vor allem bei Blaumeisen in Höhlen und v.a. im Winter bekannt (Bauer, H.-G., Bezel, E., Fiedler, W. 2005).

Für das Weibchen birgt besonders die Zeit der Inkubation der Eier ein Risiko zur Prädation. Obwohl die Weibchen sich auch nach dem Schlüpfen der Jungen bei kühlen Außentemperaturen und v.a. in der Nacht zur Brut in den Nistkasten begeben, liegen dieser Arbeit keine Nachweise für ein Töten eines getaggtten Weibchens ab dem vierten Lebenstag der Jungen vor (Andreasson et al. 2016). Alle getaggtten Weibchen und Männchen wurden bis zum Entfernen der RFID-Frontplatten und RFID-Antennen an den Futterstellen immer wieder registriert. Allerdings erfassen diese RFID-Daten nur die getaggtten Meisen. Das Brutpaar (X33) war die erste Brut und nicht getaggt, allerdings wurde deren Brut geräubert. Bei frühen Bruten, z.B. im Nistkasten X33 nehmen die Vorteile wie ein höheres natürliches Futterangebot bei steigenden Prädationsraten ab (Abbey-Lee und Dingemanse 2019). Dabei wird erläutert, dass Meisen sich durch eine individuelle Variation in der phänotypischen Plastizität sich an die Gegebenheiten wie Prädationen anpassen können, indem sie den Brutzeitpunkt verändern. Die im Vergleich späte Brut in W02 wurde beispielsweise nicht geräubert, obwohl diese für Prädatoren leicht zugänglich gewesen wäre.

Die Brut im Nistkasten X11 im Nadelwald mit Zufütterung bekam zur Aufnahme der Jungenfütterung eine RFID-Frontplatte. Allerdings konnte kein Dach aus einer Polycarbonatplatte zum Schutz angebracht werden, da der Nistkasten an einem Baum angebracht war, der Klettermöglichkeiten für Prädatoren aufwies. Die Brut wurde vermutlich nachts nach dem letzten Besuch des Weibchens am 13. Lebenstag der Jungen durch einen Prädatör getötet bzw. aus dem Nest entfernt. In der Studie von Nilsson und Nord (2017) gingen nach vorheriger simulierter Prädation (ohne Tötung der Jungen) nur 53% der Sumpfmeisen Weibchen (in der Studie Kontrollgruppe) in den Nistkasten zurück, um die Jungen zu wärmen. Das getaggte Weibchen der Brut im Nistkasten X11 besuchte nach der Prädation den Nistkasten und wurde somit nicht durch den Prädatör getötet. Das Brutpaar von der Brut im Nistkasten X11 hat in den untersuchten Nistkästen keine Zweitbrut begonnen.

6.2 Gestartete Bruten mit Jungen

Meisenbesuche durch RFID-System

Durch die Registrierung der PIT-Tags in den Plastikringen an den Beinen der Meisen durch die RFID-Antennen an den Futterstellen und den Nistkasteneingängen ist die Messung der Besuche möglich gewesen. Somit können Meisen ohne diese Plastikringe mit integrierten PIT-Tags an den Futterstellen nicht registriert werden. Aber, da in den Vorjahren häufig adulte Meisen und Nestlinge beringt und getaggt wurden, sind auf der untersuchten Fläche fast alle Meisen beringt und getaggt. Außerdem mussten die Daten der RFID-Antennen an den Futterstellen und Nistkästen erst bereinigt werden, da ein Lesefehler und verschiedene unbekannte Nummern bzw. Geschlechter von Kohlmeisen mitaufgezeichnet wurden. Die unbekannten Geschlechter der beiden Kohlmeisen kommen daher, dass in den Vorjahren auch Nestlinge ohne Anmerkungen zu den Geschlechtern beringt und getaggt wurden. Wenn ein Nestling im späteren Verlauf des Lebens nicht nochmal bei einer Beringung gefangen wurde, ist das Geschlecht unbekannt.

Nistkastenbesuche am vierten Lebenstag

Die Nistkastenbesuche am vierten Lebenstag der Jungen sind abhängig von den Tagesbedingungen. Die beiden Blaumeisenbruten mit der gleichen Anzahl an Jungen im Nest hatten ähnliche Tagesbedingungen (kein Niederschlag) und weisen eine ähnliche Anzahl an Nistkastenbesuchen auf (keine Zufütterung bei W33, Weibchen: 174, Männchen: 271; mit Zufütterung bei X05, Weibchen: 184, Männchen: 267). Die Weibchen besuchten den Nistkasten weniger häufig. Dies lag wahrscheinlich an den nächtlichen Tiefsttemperaturen, bei denen die Weibchen zum Wärmen der Jungen ins Nest gehen (Andreasson et al. 2016).

Bei einer Untersuchung von Fütterungsraten von Kohlmeiseneltern lag die Fütterungsrate pro Nestling beim Männchen über dem des Weibchens, wie auch die vorliegenden Daten der Kohlmeisenbruten mit und ohne Zufütterung zeigen (Pagani-Núñez und Senar 2013). Zusätzlich regnete es bei zwei Kohlmeisenbruten mehr (37 mm Niederschlag), bei zwei Kohlmeisenbruten weniger (5 mm Niederschlag) und bei einer Brut mit Zufütterung gar nicht. Durch die verschiedenen höheren Intensitäten an Niederschlägen können die Nistkastenbesuche beeinflusst werden, denn Kohlmeisen Weibchen reduzieren signifikant die Besuche am Nistkasten bei verschiedenen Intensitäten an Niederschlägen, wohingegen die Männchen keine Änderung aufweisen (Radford et al. 2001). Bei Niederschlägen benötigen die Jungen in den frühen Nestlingsstadien (bis zum siebten Lebenstag) die Weibchen zur Thermoregulation im Nest, deshalb wirken sich die Niederschläge in den ersten sieben Lebenstagen der Jungen negativ auf das Ausfluggewicht aus (Radford et al. 2001). Bei den Daten der vorliegenden Arbeit werden die Nistkastenbesuche am vierten Lebenstag betrachtet, sodass die Kohlmeisenjungen die Weibchen zur Thermoregulation im Nest benötigten. Bei der diesjährigen Studie sind die Besuche der Weibchen am vierten Lebenstag geringer und dies vor allem bei den drei Bruten ohne Zufütterung mit Niederschlägen. Außerdem nimmt die Intensität der Jungenfütterung der Eltern von 7 bis 14 Uhr von Kohlmeisen ab (Pagani-Núñez und Senar 2013).

Zweitbruten

Es wurden drei Zweitbruten festgestellt, wovon eine Zweitbrut im gleichen Nistkasten wie die Erstbrut desselben Brutpaares gelegt wurde. Meist werden Zweitbruten aufgrund von Flöhen in einem neuen Nistkasten begonnen, denn Vögel meiden befallene Nistkästen (Du Feu 1992). Außerdem werden 50 % der Zweitbruten im selben Nistkasten wie die Erstbruten begonnen (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). Zweitbruten können auch bei Brutpaaren in Höhlen vorkommen und werden in einer neuen Höhle begonnen, allerdings meist nach dem Verlust einer Erstbrut (Bauer,

H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). Zweitbruten können aber auch nach früheren Legedaten vorkommen und finden vermehrt unter Zufütterung statt (Robb et al. 2008a). Die zu den Zweitbruten gehörigen Erstbruten der vorliegenden Arbeit fütterten ihre Jungen im selben Zeitraum (Jungenfütterung der Erstbruten in den Nistkästen W37 & W48: 06.05.-20.05.2022; W38: 05.05.-19.05.2022). Die drei Zweitbruten wurden erst im Juni gefüttert, wobei zwei Bruten gegen Ende des Monats zu Füttern begannen. Die Erfolgchancen der Zweitbruten ist abhängig von dem Futterangebot, welches die Chancen erhöht, desto länger Futter verfügbar ist (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). Dementsprechend könnte das natürliche Futterangebot im Laubmischwald ohne Zufütterung ausgereicht haben, da dort zwei Zweitbruten von dortigen Erstbruten begonnen wurden (W37 zu W30; W38 in W38). Auch die Zweitbrut im Laubmischwald mit Zufütterung wurde im selben Gebiet gestartet und lässt vermuten, dass durch die Zufütterung und das Habitat nutzbare Gegebenheiten zur Jungenfütterung vorlagen (W48 zu W15).

Die Nistkastenbesuche am vierten Lebenstag der Jungen sind wie erwartet bei den Erstbruten höher als bei den Zweitbruten, da die Weibchen nach Erstbrut Gewicht verlieren und somit Energie für die Erstbrut verbraucht haben (LAET und DHONDT 1989). Denn die Fitness der Weibchen nimmt nach der Eiproduktion und Inkubation der Eier ab und dies stärker bei größeren Bruten (Visser und Lessells 2001). Deswegen werden die Daten von den drei Zweitbruten nicht mit den Daten der Erstbruten verglichen, da die Jungenfütterung unterschiedlich ist.

Jungengewichte am 15. Lebenstag

Die Jugendentwicklung der Meisen wird als Jungengewicht am 15. Lebenstag dargelegt, denn das Jungengewicht kann auf den Ausflug und das nachfolgende Überleben der Jungen hinweisen (Tinbergen und Boerlijst 1990). Die Jugendentwicklung von acht Erstbruten der Kohlmeisen sind vorhanden, davor wurden jedoch drei weitere Bruten mit Jungen geräubert (W29, X11 und X33). Drei der acht Bruten befanden sich in benachbarten Nistkästen mit zwei weiteren geräuberten Bruten (W29, W33, W35, W37 und Erstbrut in W38), welche nach der Studie von Nicolaus et al. (2009) in Konkurrenz zu einander stehen. Dabei haben vor allem vergrößerte Bruten einen Nachteil in Flächen mit hoher Konkurrenz und dies wirkt sich negativ auf Flügellänge und Ausflugsge-
wicht aus. Diese fünf Bruten können aufgrund einer zeitlichen Überlappung der Jungenfütterung in Konkurrenz zueinanderstehen, wobei die größten Bruten acht Junge (W33 und W35) umfassen. Jedoch weisen die Jungengewichte der benachbarten Bruten keine Unterschiede zu den anderen Bruten ohne benachbarte Bruten auf, da zwei der Kohlmeisenbruten (W37 und W38-1) eine kleinere Brut mit nur drei Jungen hatten. Die Bruterfolge der benachbarten Bruten liegen auf der anderen Seite unter 0,9 und somit niedriger als zwei Kohlmeisenbruten ohne benachbarte Bruten. Die vorliegenden Daten der Bruten sind somit zu klein, um den beschriebenen Effekt der Konkurrenz zwischen den Bruten zu erkennen.

Die Jungengewichte der Bruten weisen einen Trend zwischen dem mittleren Gewicht und der Jungenanzahl auf. Die Jungenanzahl pro Brut schwankt zwischen drei und sieben Jungen am 15. Lebenstag. Das Verhältnis zwischen dem mittleren Jungengewicht und der Anzahl an Jungen bei den Erstbruten der Kohlmeisen zeigt, dass das mittlere Jungengewicht mit Jungenanzahl abnimmt. Diesen Trend bestätigt auch eine Studie mit künstlich verkleinerten und vergrößerten Blaumeisenbruten (Andreasson et al. 2016). Die Blaumeisenjungen in künstlich verkleinerten Bruten waren schwerer als Jungen in künstlich vergrößerten Bruten (Andreasson et al. 2016). Allerdings steigt auf der anderen Seite der Energieverbrauch (DEE) des Weibchens je größer die Brut pro Ei ist (Tinbergen und Dietz 1994; Heij et al. 2008). Eine weitere Studie verweist aber auf das Gegenteil, sodass der Energieverbrauch der Weibchen ab einem Jungenalter von zwölf Tagen nicht mehr davon abhängig ist (Sanz et al. 2000). Somit könnte der Energieverbrauch des Weibchens bis zum zwölften Lebenstag der Jungen abhängig von den Jungen im Nest sein.

Die Kohlmeisenbruten weisen mit Ausnahme der Brut im Nistkasten Y11 ein leichteres Junges auf. Bei Studien mit Taggen und Beringen der Jungen werden die zu leichten Kohlmeisenjungen (<15 g) nicht getaggt (McCleery et al. 2015). Die Jungen können aber auch um einer Prädation vorzubeugen, früher am 13. Lebenstag gewogen werden (Pollock et al. 2017). Die Gewichtsentwicklung steigt von 13. Lebenstag auf 14. Lebenstag noch um 0,3 g an (Rheinwald 1975). Die leichtesten Jungen der Bruten flogen aus, wobei der Zusammenhang zwischen Jungengewicht und Ausflug auch ein Hinweis auf das Überleben der Jungen geben kann (Tinbergen und Boerlijst 1990).

Das Jungengewichte der Brut im Nistkasten W43, welche am 16. Lebenstag gewogen wurden, sind größtenteils geringer als die schwersten Jungen im Nistkasten W48 und die schwersten Jungen im Nistkasten W38. Die Boxplots der Jungengewichte von W43, W37 und W35 unterscheiden sich allerdings nicht (Abbildung 21).

Die Jungengewichte der Bruten im Nistkasten W02 und W48 mit Zufütterung überschneiden sich bei den Boxplots. Es ist erkennbar, dass ein Junges im Nistkasten W48 mehr (18,9 g) und ein Junges weniger (15 g) im Vergleich zu den Jungen im Nistkasten W02 wog. Die Gewichtsunterschiede lassen sich aber auch durch die Geschlechter der Jungen erklären, in der Studie von Nicolaus et al. (2009) waren die männlichen Jungen ab dem 14. Lebenstag größer und schwerer als die weiblichen Jungen (mittlere Masse bei Männchen: 16,13 g; bei Weibchen: 15,45 g). Somit können sich die Ausreißer der verschiedenen Bruten auch durch unterschiedliche Geschlechter der Jungen erklären lassen.

6.3 Vergleich mit und ohne Zufütterung

Habitat- und Futterstellenvergleich

Es wurde erwartet, dass in nahrungsreichen Habitaten wie dem Laubmischwald eine geringere Fütterungsfrequenz und somit weniger Futterstellenbesuche im Vergleich zu nahrungsarmen Habitaten wie der Wirtschaftswiese verzeichnet werden. Die absoluten Futterstellenbesuche, sowie die Quotienten (Summe der Futterstellenbesuche /Individuenzahl pro Futtersäule) der Varianten geschrotete Erdnüsse und geschälte Sonnenblumenkerne wurden in beiden Habitaten mehr besucht. Deswegen konnte unter der Annahme, dass die Futtersäulenvarianten gesamt über die Brutzeit nicht gleich häufig besucht werden, ein Test durchgeführt werden. Durch einen Chi-Quadrat Anpassungstest konnte gezeigt werden, dass die Futtersäulenvarianten in keiner unterstellten 1/3-Verteilung gefressen wurden und somit für die Vögel nicht gleich beliebt gewesen waren (χ^2 -test = 100408, df = 2, p-Wert < 0,001). Daraus resultiert die Annahme, dass die Futtersäulenvarianten einen Einfluss auf die Futterstellenbesuche haben. Des Weiteren konnte mittels eines Binomialtests nachgewiesen werden, dass über die Brutzeit mehr als die Hälfte der Futterstellenbesuche bei geschroteten Erdnüssen im Vergleich zur Grundgesamtheit waren. Erdnüsse sind für viele Vögel ein attraktives Futter, denn sie enthalten Öle und Eiweiße (Schäffer und Schäffer 2006). Es gehören aber auch Fette und Sonnenblumenkerne zu den beliebten Vogelfuttersäulenvarianten (Berthold und Mohr 2021).

Dies wird auch durch die prozentualen Verhältnisse der Futtersäulenbesuche deutlich. Es lassen sich unterschiedliche Präferenzen der Vogelarten erkennen, da die Kohlmeisen am meisten im Vergleich zu den anderen Vogelarten die geschroteten Erdnüsse (58,96 %) und die geschälten Sonnenblumenkerne (50,06 %) fraßen. Die Blaumeisen hingegen besuchten die geschälten Sonnenblumenkerne (47,53 %) häufiger als das Mischfutter (42,09 %) und die geschroteten Erdnüsse in der Wiese. Somit lassen sich geringe unterschiedliche Präferenzen der Vogelarten bezüglich der drei Futtersäulenvarianten darstellen. Die Sonnenblumenkerne gehören nach Berthold und Mohr (2021) auch zu den wichtigsten Futterarten, vor allem geschälte Sonnenblumenkerne, welche die

Vögel keine Zeit durch das Öffnen der Kerne kosten. In dem Mischfutter, welches die Blaumeisen hingegen häufiger als geschrotete Erdnüsse in der Wiese besuchten, waren allerdings ungeschälte schwarze Sonnenblumenkerne enthalten. Jedoch besuchten die Blaumeisen am häufigsten die geschälten Sonnenblumenkerne.

Auch die Quotienten, die das Verhältnis der gesamten Futterstellenbesuche pro Vogelart über die Brutzeit in den Habitaten darstellen, weisen einen vermehrten Besuch der Vögel bei den Erdnüssen auf. Im zeitlichen Verlauf ist erkennbar, dass der Quotient in beiden Habitaten bei den Kohlmeisen ab dem 130-ten Tag und bei den Blaumeisen ab dem 140-ten Tag ansteigt. Dies könnte zum einen daran liegen, dass die meisten Altvögel die Nestlinge im Mai 2022 fütterten (von Schlupf bis 15. Lebenstag). Außerdem flogen einige Jungen nach dem 140-ten Tag aus und bleiben auch danach noch für ein paar Wochen bei den Eltern (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). Der starke Anstieg des Quotienten könnte aber auch mit den Wetterbedingungen und dem damit verbundenen natürlichen Nahrungsangebot zusammenhängen, da die Messungen des Deutschen Wetterdienstes zeigen, dass der Mai im Vergleich zu früheren Jahren zu warm und zu trocken war (Deutscher Wetterdienst 2022c).

Der Einbruch des Quotienten um den 156-ten Tag (5. Juni) im Laubmischwald kann durch die starken Niederschläge erklärt werden (Radford et al. 2001). Im Juni herrscht zusätzlich teils wie im Winter auch eine hohe Nahrungsknappheit, da die Zugvögel wie der Trauerschnäpper anwesend sind und seine Jungen noch teils gefüttert werden müssen (Schäffer und Schäffer 2017). Dies würde den Anstieg der Individuenzahl der Blaumeisen um den 160-ten Tag an den Futtersäulen im Laubmischwald erläutern, jedoch nicht das Absinken der Individuenzahl und des Quotienten um den 170-ten Tag. Dieses Absinken ist bei den Kohlmeisen in beiden Habitaten nicht der Fall, dafür aber bei den Blaumeisen in der Wiese. Dies könnte daran liegen, dass die Jungen der Blaumeisenbrut (X05) bis dahin ausgeflogen und weitergezogen sind. Jedoch sinkt auch der Quotient bei den Sumpfmeisen um diesen Tag ab, was eher ein Verdrängen der anderen Meisen durch die Kohlmeisen als dominierende Art vermuten lässt (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). Der Quotient der Sumpfmeisen liegt über die Brutzeit mit einer Ausnahme ab dem 174-ten Tag unter 200. Dies bestätigten auch die Futterstellenbesuche der Sumpfmeisen, da diese einen geringen Prozentsatz in beiden Habitaten ausmacht, wobei die wenigsten Besuche bei den geschälten Sonnenblumenkernen auf der Wiese vorkamen.

Insgesamt wurde jede Futtersäule durch drei Sumpfmeisen besucht, wobei von den drei Futtersäulen auf der Wiese erst ab dem 130-ten Tag von den Sumpfmeisen gefressen wurden, da diese Futterstellen den Individuen womöglich noch nicht bekannt waren. Insgesamt wurden fünf Individuen verzeichnet, wovon ein Individuum bei allen sechs Futtersäulen war. Die Futtersäule mit den geschroteten Erdnüssen im Wald wurde am kontinuierlichsten von den Sumpfmeisen besucht, die anderen beiden Stellen im Wald wurden teils mit zeitlich großen Lücken besucht. Dabei weist die Futtersäule 6 die größte Lücke von ca. 30 Tagen auf (130-160-ten julianischen Tag), wohingegen die Futtersäule 4 im Laubmischwald sehr häufig besucht wurde. Deswegen könnte auch für die Sumpfmeisen die Position der Futtersäule 6 eine Rolle gespielt haben. Zusätzlich wurden Eichhörnchen als Prädatoren auch an den Futtersäulen beobachtet. Die Anwesenheit von Prädatoren an den Futtersäulen könnte für die Meisen abschreckend gewesen sein, jedoch wurden Eichhörnchen auch an Futtersäule 4 gesichtet. Die Sumpfmeisen weisen insgesamt keine Präferenz für eine Futtervariante auf, da alle Varianten gefressen wurden und dies auch auf der Wiese ab dem 130-ten Tag gleich kontinuierlich.

Durch die Darstellung der Futterstellenbesuche als Jitterplots und als prozentuale Verhältnisse der Besuche sollten die möglichen unterschiedlichen Präferenzen der Geschlechter der Blau- und Kohlmeise gezeigt werden. Dabei ist zu beachten, dass die Futterstellen auf der Wiese früher abgebaut wurden (bis 179 Tag) und die Futtersäulen im Wald länger aufgrund der späten Brut im

Nistkasten W02 angebracht blieben (bis 183 Tag). Es wurde dabei erwartet, dass die Weibchen durch die Eiproduktion eine energieaufwändige Brutzeit haben und dafür viel Kalzium benötigen (Schäffer und Schäffer 2006). Dabei enthalten Erdnüsse und Sonnenblumenkerne beide geringe Mengen an Kalzium und andere Mineralstoffe (Institut für Ernährungsinformation 2022a, 2022b).

Die Blaumeisen Weibchen fraßen im Vergleich zu den Männchen mehr geschrotete Erdnüsse (23,70 %), geschälte Sonnenblumenkerne (22,97 %) und am wenigsten das Mischfutter, welches die Männchen am meisten in der Wiese fraßen. Die Weibchen nutzten die Zeitersparnis durch die geschälten Sonnenblumenkerne (Berthold und Mohr 2021).

Im Wald fraßen die Weibchen fast nur noch geschälte Sonnenblumenkerne (16,59 %) und die Männchen änderten ihre Besuchsraten hinzu den Erdnüssen (15,2 %) und Sonnenblumenkernen (12,85 %). Dies könnte an den Positionen der Futtersäulen liegen, da die Futtersäulen im Wald verteilt waren. Das Mischfutter wurde insgesamt im Wald am wenigsten besucht, da die Futtersäule 6 möglicherweise durch die Hanglage und den Ast unter der Futterstelle unzugänglicher für die Meisen hing. Allerdings besuchten beide Geschlechter der Kohlmeise die Futtersäule 6 im Wald mit 91,54 % am häufigsten von allen untersuchten Vogelarten. Jedoch machen die Kohlmeisen die meisten Futterstellenbesuche bei allen Futtersäulen aus, wobei die Männchen im Vergleich zu den Kohlmeisen Weibchen mehr Besuche verzeichneten. Es wurden aber auch mehr Kohlmeisen Männchen (drei bis sieben) als Weibchen (zwei bis vier) an der Futtersäulen beobachtet. Insgesamt konnten auch mehr Kohlmeisen Individuen (15 Individuen) als Blaumeisen (acht Individuen) oder Sumpfmeisen (fünf Individuen) gemessen werden.

Die beiden Blaumeisen Weibchen besuchten beide Habitate, aber besuchten die drei Futtersäulen in der Wiese vermehrt. Die Weibchen besuchten kontinuierlich über die Brutzeit die Futterstelle 1 mit den geschroteten Erdnüssen. Die anderen beiden Futtersäulen auf der Wiese wurden ca. ab dem 165-ten Tag unregelmäßiger als davor besucht, wobei beiden Futtervarianten noch zwei bis drei einzelne Besuche abgestattet wurden. In den folgenden Wochen nach diesem Tag (14.06.22) gab es einige Tage mit Niederschlägen und schwankenden Höchsttemperaturen. Durch die vielen Niederschläge und Gewitter ab dem 172-ten Tag (21.06.22) kann die Schutzhülle um den Koffer mit der RFID-Technik durchnässen und zur RFID-Technik kann Feuchtigkeit eindringen, welche die Datensicherung unterbrechen kann. Allerdings widerspricht dieser Annahme, dass die Datenaufnahme von der Futtersäule 1 nicht unterbrochen wurde. Somit ist die Abnahme der Futterstellenbesuche nicht nur auf die Feuchtigkeit, sondern auch auf das Verhalten der Blaumeisen zurückzuführen. In der Studie von García-Navas und Sanz (2010) wurden die Unterschiede der Fütterungshäufigkeit durch eine Veränderung der Suchtaktik des Brutpaares erklärt. Dabei passte sich das Brutpaar an die geänderte Brutgröße an, indem sie sich auf leichter verfügbare Nahrung konzentrierten (García-Navas und Sanz 2010). Dies legt die Vermutung nahe, dass die geschroteten Erdnüsse bei hoher Feuchtigkeit zwar verklumpen können, aber durch regelmäßiges Auswechseln von feuchtem zu trockenem Futter für die Meisen weiterhin verfügbar bleiben. Die geschälten Sonnenblumenkerne können auch verklumpen, jedoch gibt es keine Unterbrechung der Futterstellenbesuche dieser Futtervariante im Wald.

Außerdem wurden die Futterstellen in der Wiese um den julianischen Tag 130 nur vereinzelt besucht. An diesem Tag fiel kein Regen und es wurden tagsüber mehr als 22 °C gemessen. Das stellt nicht zwangsweise ein anderes Verhalten bei den Meisen ein. Im Laubmischwald ist besonders auffällig, dass die geschroteten Erdnüsse vor allem durch fünf Männchen gefressen wurde und nur ein Weibchen ab dem 155 julianischen Tag davon fraß. Auch die fünf Männchen ließen diese Futtersäule fast fünf Tage unberührt. Erstaunlicherweise fiel in diesen fünf Tagen kaum Regen, allerdings fielen die nächtlichen Tiefsttemperaturen auf 6 °C am 150-ten Tag (30.05.2022). Jedoch weisen die drei Futtersäulen auf der Wiese diese Lücke nicht auf. Es lässt sich keine Präferenz für eine Futtervariante zwischen den beiden Geschlechtern der Blaumeisen nachweisen,

da zum Beispiel die Männchen vermehrt die geschroteten Erdnüsse im Laubmischwald und die Weibchen auf der Wiese fraßen. Das Mischfutter wurde aber vor allem im Wald kaum besucht, was dafür sprechen würde, dass die Futtersäule 6 keinen guten Standort im Laubmischwald hatte.

Die beiden Kohlmeisen Geschlechter weisen weder ab dem 150-ten Tag noch ab dem 172-ten Tag Lücken bei den Futterstellenbesuchen der Futtersäulen 1-5 auf. Die Futterstellen 1-5 wurden alle regelmäßig durch eine verschiedene Anzahl an Individuen kontinuierlich über die Brutzeit besucht. Die Ausnahme bildet dabei auch wie bei den Blaumeisen die Futtersäule 6 mit dem Mischfutter im Wald, denn diese wies unregelmäßige und Lücken an Futterstellenbesuchen auf. Eine Lücke an Futterstellenbesuchen lag zwischen dem 120-ten und 130-ten julianischen Tag, in dieser Zeit wurde die Futtersäule weder durch Weibchen noch durch Männchen der Kohlmeisen besucht. Die Blaumeisen Männchen und die Sumpfmeisen besuchten hingegen während dieser Zeit die Futtersäule. Es gibt Mischtrupps bei Meisen, die eine Rangordnung haben und die Kohlmeise als dominierende Art gilt, gefolgt von Blaumeise und Sumpfmeise (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). An manchen Tagen (ab 170-ten Tag) fraßen weder die Kohlmeisen Weibchen und Männchen noch die Blaumeisen und die Sumpfmeisen viel von dem Mischfutter. Dies könnte bei allen drei Vogelarten an den Niederschlägen in dieser Zeit liegen und an den möglichen Teilausfällen der RFID-Datensicherung.

Vergleich der erfolgreichen Bruten mit und ohne Zufütterung

Aufgrund der geringen Datenmenge kann kein statistischer Vergleich des Bruterfolgs zwischen den nahrungsreichen und nahrungsarmen Habitaten durchgeführt werden. Es konnte aufgrund von Prädation nur von einer Brut in der Wirtschaftswiese die Jungengewichte am 15. Lebenstag aufgenommen werden. Diese konnte trotz mathematischer Annäherung des Jungengewichts der Blaumeisenbrut an die Kohlmeisenbruten nicht miteinbezogen werden, wodurch die Stichprobengröße von drei auf zwei Bruten mit Zufütterung sinkt.

Aufgrund dieser geringen Datenmenge und der ungleichen Verteilung der Bruten ist ein statistischer Vergleich nicht möglich (zwei Bruten mit Zufütterung, sechs Bruten ohne Zufütterung). Die Gewichte der Jungen der Kohlmeisen mit und ohne Zufütterung unterscheiden sich nicht.

Die erwarteten erhöhten Jungengewichte der Bruten mit Zufütterung unterscheiden sich deskriptiv nicht von den Jungengewichten ohne Zufütterung. Das Jungengewicht und der Ausflugerfolg kann einer jährlichen Variation unterliegen, welche in der Studie von Plummer et al. (2013a) als ein signifikanter Effekt der Winterfütterung auf die folgende Brutsaison bei Meisen festgestellt wurde. Die Jungengewichte der Bruten mit Zufütterung entsprechen nicht den Ergebnissen der Studie von Voigt-Heucke et al. (2017), bei der die Jungengewichte unter Zugabe von Vogelfutter höher waren, als jene ohne Zufütterung.

Die beiden Kohlmeisenbruten mit Zufütterung weisen einen Bruterfolg von 1,0 auf, was den Erwartungen eines erhöhten Bruterfolgs unter Zufütterung entspricht. Die Blaumeisenbrut ohne Zufütterung weist hingegen einen Bruterfolg von 0,75 auf. Dieser ist geringer als der Bruterfolg der Blaumeisenbrut mit Zufütterung. Der 1:1-Vergleich würde den Erwartungen entsprechen, ist aber nur eine Einzelbetrachtung. Den Erwartungen entsprechen aber nicht zwei Kohlmeisenbruten ohne Zufütterung im Nadelwald mit einem Bruterfolg von 1,0 und eine Kohlmeisenbrut mit Zufütterung und Ganzjahresfütterung im Laubmischwald mit einem Bruterfolg von 0,8, da dieser geringer als die beiden anderen Bruten ohne Zufütterung ist. Die vier Kohlmeisenbruten ohne Zufütterung im Laubmischwald hatten einen geringeren Bruterfolg, dies könnte aufgrund der erhöhten Konkurrenz der nachbarlichen Brutpaare sein. Der Vergleich des Bruterfolgs zwischen den Bruten mit und ohne Zufütterung wird zusätzlich durch die ungleichmäßige Verteilung der Bruten über die Habitate und somit die jeweiligen natürlichen Futtersituationen erschwert. Die beiden Kohlmei-

senbruten ohne Zufütterung können nicht mit der begonnenen Brut mit Zufütterung (X11) im Nadelwald verglichen werden, da die Jungen dieser Brut durch einen Prädator getötet wurden. Es kann unter Berücksichtigung des kleinen Datensatzes vermutet werden, dass die Zufütterung für einen vollständigen Bruterfolg bei zwei Bruten gesorgt hatte, jedoch hatten auch zwei Bruten ohne Zufütterung einen Bruterfolg von 1,0. Dieser Bruterfolg könnte die Folge von genügendem natürlichem Futterangebot im Nadelwald gewesen sein, allerdings kamen dort keine Zweitbruten vor, die ein zeitlich gesehen längeres Vorkommen an Futter voraussetzen.

6.4 Vergleich mit den Vorjahren (2020 bis 2022)

Der Bruterfolg im Vergleich mit den Vorjahren (2020 und 2021) unterscheidet sich nicht von dem Bruterfolg ohne Zufütterung (2022). Die Besetzungsrate unterscheidet sich zwischen den Jahren und sollte bei der Betrachtung des Bruterfolgs beachtet werden. Die höchste Besetzungsrate ist im Jahr 2021 und somit dem zweiten Jahr nach Anbringung der Nistkästen. Die niedrigere Besetzungsrate (28 %) im ersten Jahr mit angebrachten Nistkästen könnte durch suchende Meisen nach einem Nistplatz beeinflusst sein. Im zweiten und dritten Jahr können die möglichen Nistplätze für die dortige Meisenpopulation bekannt sein, da Meisen territoriale und ortstreue Arten sind (Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. 2005). Die Territorien der Meisen haben einen signifikanten Effekt auf die mittleren Ausflugs Gewichte (15. Lebenstag der Jungen) und eine erhöhte Dichte in der Umgebung hat Auswirkungen auf den Bruterfolg (Wilkin et al. 2006). Über die Jahre hinweg korrelieren bei der Studie von Wilkin et al. (2006) auch die Gelegegröße negativ mit der Meisendichte, wenn die Weibchen beispielsweise über die Jahre im selben Territorium brüten. Die Gelegegröße unterscheiden sich aber zwischen den Vorjahren und der diesjährigen Arbeit nicht.

Allerdings sinkt die Besetzungsrate im Jahr 2022 auf den niedrigsten Stand von 22 % mit Zweitbruten (19 % nur Erstbruten) über die drei Jahre. Diese Reduktion lässt sich zum einen durch die erhöhte Prädation von gestarteten Bruten mit Eiern und zum anderen durch die Wetterbedingungen erklären. Die Besetzungsrate und der Schlupferfolg unterliegen in der vorliegenden Arbeit einer jährlichen Variation, wohingegen diese signifikant keiner jährlichen Variation unterliegen sollten (Plummer et al. 2013a). Der Bruterfolg der Kohlmeisen umfasst von keinem bis vollständigen Bruterfolg verschiedene Stufen über die Jahre 2020 bis 2022.

Die Jungengewichte der Blaumeisen unterscheiden sich über die drei Jahre nicht, auch nicht die Jungengewichte der Kohlmeisen. Allerdings unterscheiden sich die Anzahl der dargestellten Bruten der Blaumeisen sehr (fünf Bruten in 2020; sechs Bruten in 2021; eine Brut in 2022). Die Anzahl der Kohlmeisenbruten ist vergleichbarer, da in jedem Jahr mehr als sechs Bruten beobachtet wurden. Außerdem ist die unterschiedliche Anzahl an Bruten zwischen der Darstellung des Bruterfolgs und der Jungengewichte zu beachten, da manche Jungen gestorben sind und somit nicht gewogen werden konnten. Beim Bruterfolg können aber gescheiterte Bruten miteingerechnet werden, da diese dann einen Bruterfolg von 0 (kein Junges ausgeflogen) haben. Das Überleben und das Wachstum von Jungen variiert auch in einer anderen Studie über drei Jahre hinweg (Nicolaus et al. 2009).

6.5 Fazit

Dieser Arbeit liegen nur wenige Bruten vollständig mit dem Jungengewicht am 15. Lebenstag vor. Die geringe Besetzungsrate im Vergleich zu den Vorjahren erschweren die Aussagekraft der vorliegenden Arbeit weiter. Dieser Parameter kann durch den Kälteeinbruch zu Beginn der Brutsaison beeinträchtigt worden sein und die womöglich daraus resultierenden geringeren Futterangebote in dieser Zeit ebenso. Diese Studie zeigt weiterhin eine Besetzungsrate von 19 % an, welche auf die Konkurrenz um die Kästen mit anderen Nistkastenbewohnern wie Siebenschläfer, Hornissen und Wespen zurückzuführen ist. Die Verteilung der Nistkästen mit Bruten über die Habitate (Laubmischwald, Nadelwald, Wirtschaftswiese) und Flächen (mit und ohne Zufütterung) war nicht gleichmäßig verteilt, sondern zeigt einen Schwerpunkt im Laubmischwald ohne Zufütterung auf. Die dortige hohe Überschneidung der Territorien der Meisen beeinflusst auch die Gelegegrößen und Ausfluggewichte der Bruten. Nichtsdestotrotz liegen drei Bruten mit Zufütterung vollständig vor, wobei eine dieser Bruten zusätzlich eine Zufütterung durch einen privaten Haushalt erhielt.

Die Nistkastenbesuche der Weibchen sind geringer als die der Männchen, da die Weibchen einige Zeit im Nest zum Wärmen der Eier und Jungen sind. Außerdem reduzieren Regenfälle weiter die Nistkastenbesuche beider Geschlechter.

Die Jugendentwicklung (Jungengewichte am 15. Lebenstag) der Kohlmeisen weisen keine Unterschiede zwischen Zufütterung und keiner Zufütterung auf, jedoch weisen die Bruten einen Zusammenhang zwischen der Jungenanzahl und dem mittleren Jungengewicht der Brut auf. Das mittlere Jungengewicht nimmt mit der Jungenanzahl ab, wie auch bei einer anderen Studie (Andreasson et al. 2016). Auch die beiden Jungen der Kohlmeisenbruten mit Zufütterung wiegen nicht wie erwartet mehr als die Bruten ohne Zufütterung. Der Bruterfolg weist ein gemischtes Bild auf, da nicht alle Bruten mit Zufütterung einen höheren Bruterfolg als die Bruten ohne Zufütterung haben. Eine Erklärung könnte das Vorkommen an natürlichen Futterangeboten in den Habitaten sein oder auch die Konkurrenz der in der Nähe brütenden Brutpaare. Aufgrund der geringen Datenmengen kann jedoch kein statistischer Test die Forschungsfrage bezüglich des Effekts der Brutzeitfütterung auf den Bruterfolg und die Jugendentwicklung beantworten.

Von den angebotenen Futtervarianten waren mehr als die Hälfte der Futterstellenbesuche bei den geschroteten Erdnüssen und wurden zu 60,7 % im Vergleich zu den anderen Varianten gefressen. Außerdem resultiert aus einem Chi-Quadrat Anpassungstest die Annahme, dass die Futtervarianten einen Einfluss auf die Futterstellenbesuche haben. Der Quotient (Verhältnis der gesamten Futterstellenbesuche pro Individuum über die Brutzeit) über die Brutzeit bestätigt die vermehrte Aufnahme von Erdnüssen durch die drei Vogelarten, wobei der Quotient abhängig von dem Alter der Nestlinge, Wetterbedingungen und womöglich auch von dem Ankommen der Zugvögel zu sein scheint.

Die Geschlechter der Blau- und Kohlmeise weisen keine Präferenz für eine der drei Futtervarianten auf, da alle Futtervarianten von beiden Geschlechtern gefressen wurden. Jedoch scheinen die verschiedenen Positionen der Futtersäulen in den beiden Habitaten einen Unterschied auszumachen, denn die geschroteten Erdnüsse im Laubmischwald wurden beispielsweise vor allem durch die Blaumeisen Männchen im Vergleich zu den Weibchen gefressen. Das Mischfutter auf der anderen Seite scheint einen ungünstigen Standort im Wald für alle drei Vogelarten zu haben. Auch die Sumpfmehlschnecken wiesen keine Präferenz für ein Futter auf, da diese vor allem ab dem Auffinden der Futtersäulen auf der Wiese regelmäßig bis zum Abbau der Säulen gefressen wurden. Abschließend kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob Brutzeitfütterung einen Einfluss auf den Bruterfolg und die Jugendentwicklung hat. Damit bleibt weiterhin die Frage offen, ob Brutzeitfütterung sinnvoll ist oder nicht.

7. Ausblick

Durch die jährliche Variation in Besatzungsrate und Gelegegröße könnte eine Wiederholung des Versuchs bessere Einblicke in die Brutzeitfütterung ermöglichen. Bei der Wiederholung sollte eine größere Anzahl Nistkästen untersucht und dafür mehr Flächen mit Zufütterung einbezogen werden. Die Flächen sollten dafür möglichst im selben Gebiet liegen. Durch mehr Nistkästen könnte die Besatzungsrate vergrößert werden, da die Meisen mehr Brutmöglichkeiten haben. Die Gelegegröße kann nicht kontrolliert werden, da sie unter anderem vom Wetter beeinflusst wird. Jedoch scheinen die Gelegegröße und auch die Jungenanzahl im Nest von den Konditionen der Eltern abzuhängen, welche durch eine Erweiterung der Datenaufnahme ergänzt werden kann. Diese könnten durch eine frühere Fütterung möglicherweise verbessert werden, damit die Konditionen der Eltern während der Brutzeit besser sind. Allerdings könnte die Fragestellung, welchen Einfluss die Brutzeitfütterung auf den Bruterfolg und die Jugendentwicklung von Meisen hat, nicht beantwortet werden. Deshalb darf die Zufütterung bei der Wiederholung nicht vor der Brutzeit beginnen. Die Füttersäule 6 könnte zusätzlich an einen zugänglicheren Standort im Laubmischwald gesetzt werden, damit die Futterstellenbesuche vergleichbarer sind. Außerdem sollte vor dem Beginn der Wiederholung die adulten Meisen wieder beringt und getaggt werden, da die Nestlinge am 15. Lebenstag im Jahr 2022 nicht beringt und getaggt wurden. Ein früheres Wiegen der Jungen könnte die Stichprobe zusätzlich vergrößern, da die Jungen meist um den 13. Lebenstag herum durch Prädatoren verletzt oder getötet wurden. Allerdings sollten die Jungen nicht früher gewogen werden, wenn die Studie über mehrere Jahre fortgeführt werden sollte. Denn die Jungen haben mit dem 13. Lebenstag noch nicht das Gewicht zum Taggen und Beringen erreicht.

8. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die durch ihre persönliche Unterstützung bei der Anfertigung der vorliegenden Masterarbeit beigetragen haben.

Insbesondere möchte ich meinem betreuenden Dozenten Prof. Dr. Hanno Schäfer für seinen offenen Blick und zuverlässige Unterstützung bei der Entwicklung und Ausarbeitung der vorliegenden Arbeit bedanken. Ich bin dankbar, dass er von Seiten der Technischen Universität München diese Arbeit ermöglicht hat.

Ich möchte mich auch bei Prof. Dr. Franz Bairlein nicht nur für seine ornithologische Expertise bei der Planung und Durchführung, sondern auch für die Ermöglichung des Aufenthalts am Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie bedanken.

Außerdem möchte ich dem LBV und insbesondere seinem Vorsitzenden Dr. Norbert Schäffer für die vielen fachlichen Diskussionen und Denkanstöße danken.

Ebenso danke ich dem Team vom Max-Planck-Institut für Verhaltensbiologie in Radolfzell. Dort unterstützten mich Dr. Lucy Aplin und Dr. Wolfgang Fiedler, denen ich beiden meinen Dank für Ihren fachlichen Input vor Ort aussprechen möchte. Daneben bedanke ich mich auch bei Dr. Sonja Wild und Gustavo Alarcon-Nieto für die praktische Einarbeitung und ihre Erklärungen. Ich möchte auch Heidi Schmid meinen Dank für Ihren Beistand und tatkräftigen Einsatz bei der Durchführung aussprechen.

Darüber hinaus möchte ich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich in den letzten Monaten gestärkt haben und mir beigestanden sind.

9. Literaturverzeichnis

- Abbey-Lee, Robin N.; Dingemanse, Niels J. (2019): Adaptive individual variation in phenological responses to perceived predation levels. In: *Nature Communications (Nat Commun)* 10 (1), S. 1601. DOI: 10.1038/s41467-019-09138-5.
- Andreasson, Fredrik; Nord, Andreas; Nilsson, Jan-Åke (2016): Brood size constrains the development of endothermy in blue tits. In: *The Journal of experimental biology* 219 (Pt 14), S. 2212–2219. DOI: 10.1242/jeb.135350.
- Ardia, Daniel R.; Pérez, Jonathan H.; Clotfelter, Ethan D. (2006): Nest box orientation affects internal temperature and nest site selection by Tree Swallows. In: *Journal of Field Ornithology* 77 (3), S. 339–344. DOI: 10.1111/j.1557-9263.2006.00064.x.
- Bauer, H.-G., Bezzel, E., Fiedler, W. (2005): Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Wiebelsheim: AULA-Verlag GmbH. Online verfügbar unter <https://doc1.bibliothek.li/aaq/flma151082.pdf>.
- Bechstein, Johann Matthäus (1868): The Natural History of Cage Birds. Their Management, Habits, Food, [etc.]: Groombridge and Sons.
- Becker, Daniel J.; Streicker, Daniel G.; Altizer, Sonia (2015): Linking anthropogenic resources to wildlife-pathogen dynamics: a review and meta-analysis. In: *Ecology letters* 18 (5), S. 483–495. DOI: 10.1111/ele.12428.
- Berthold, Peter; Mohr, Gabriele (2021): Vögel füttern, aber richtig. Das ganze Jahr füttern, schützen und sicher bestimmen: Kosmos.
- Blotzheim, Urs N. Glutz von; Bauer, Kurt M. (1993): HANDBUCH DER VÖGEL MITTELEUROPA. Passeriformes (4. Teil): Muscicapidae – Paridae. Wiesbaden: AULA-Verlag GmbH.
- Browne, Stephen J. (2006): Effect of nestbox construction and colour on the occupancy and breeding success of nesting tits *Parus* spp. In: *Bird Study* 53 (2), S. 187–192. DOI: 10.1080/00063650609461432.
- BUND Naturschutz in Bayern e.V. (BN) (2022): Vögel füttern im Winter. Online verfügbar unter <https://www.bund-naturschutz.de/oekologisch-leben/tieren-helfen/voegel-fuettern-im-winter>, zuletzt aktualisiert am 22.09.2022, zuletzt geprüft am 22.09.2022.
- Chamberlain, D. E.; CANNON, A. R.; TOMS, M. P.; Leech, D. I.; HATCHWELL, B. J.; GASTON, K. J. (2009): Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis. In: *Ibis* 151 (1), S. 1–18. DOI: 10.1111/j.1474-919X.2008.00899.x.
- Cowie, R. J.; Hinsley, S. A. (1988a): Feeding Ecology of Great Tits (*Parus major*) and Blue Tits (*Parus caeruleus*), Breeding in Suburban Gardens. In: *The Journal of animal ecology* 57 (2), S. 611. DOI: 10.2307/4928.
- Cowie, Richard J.; Hinsley, Shelley A. (1988b): The provision of food and the use of bird feeders in suburban gardens. In: *Bird Study* 35 (3), S. 163–168. DOI: 10.1080/00063658809476985.
- Crates, Ross A.; Firth, Josh A.; Farine, Damien R.; Garroway, Colin J.; Kidd, Lindall R.; Aplin, Lucy M. et al. (2016): Individual variation in winter supplementary food consumption and its consequences for reproduction in wild birds. In: *J Avian Biol* 47 (5), S. 678–689. DOI: 10.1111/jav.00936.
- Deutscher Wetterdienst (2022a): Monatlicher Klimastatus Deutschland April 2022. Offenbach: Deutscher Wetterdienst Bildungszentrum (Selbstverlag). Online verfügbar unter www.dwd.de/klimastatus.

Deutscher Wetterdienst (2022b): Monatlicher Klimastatus Deutschland Juni 2022. Offenbach: Deutscher Wetterdienst Bildungszentrum (Selbstverlag). Online verfügbar unter www.dwd.de/klimastatus.

Deutscher Wetterdienst (2022c): Monatlicher Klimastatus Deutschland Mai 2022. Offenbach: Deutscher Wetterdienst Bildungszentrum (Selbstverlag). Online verfügbar unter www.dwd.de/klimastatus.

Du Feu, C. R. (1992): How tits avoid flea infestation at nest sites. In: *Ringling & Migration* 13 (2), S. 120–121. DOI: 10.1080/03078698.1992.9674030.

Dunn, Euan (1977): Predation by Weasels (*Mustela nivalis*) on Breeding Tits (*Parus* spp.) in Relation to the Density of Tits and Rodents. In: *The Journal of animal ecology* 46 (2), S. 633. DOI: 10.2307/3835.

Fiedler, Dr. Wolfgang; Fünfstück, Hans-Joachim (2021): Die Vögel Mitteleuropas. Das große Foto-bestimmungsbuch. Unter Mitarbeit von Hans-Heiner Bergmann. Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co.

Forsman, J. T.; Thomson, R. L.; Seppanen, J.-T. (2007): Mechanisms and fitness effects of inter-specific information use between migrant and resident birds. In: *Behavioral Ecology* 18 (5), S. 888–894. DOI: 10.1093/beheco/arm048.

García-Navas, Vicente; Ferrer, Esperanza S.; Sanz, Juan José Sanz (2022): Prey selectivity and parental feeding rates of Blue Tits *Cyanistes caeruleus* in relation to nestling age. Online verfügbar unter <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00063657.2012.662939>, zuletzt aktualisiert am 11.08.2022, zuletzt geprüft am 11.08.2022.

García-Navas, Vicente; Sanz, Juan José (2010): Flexibility in the Foraging Behavior of Blue Tits in Response to Short-Term Manipulations of Brood Size. In: *Ethology*, no-no. DOI: 10.1111/j.1439-0310.2010.01788.x.

Goodenough, Anne E.; Maitland, David P.; Hart, Adam G.; Elliot, Simon L. (2008): Nestbox orientation: a species-specific influence on occupation and breeding success in woodland passerines. In: *Bird Study* 55 (2), S. 222–232. DOI: 10.1080/00063650809461526.

Harrison, Timothy J. E.; Smith, Jennifer A.; Martin, Graham R.; Chamberlain, Dan E.; Bearhop, Stuart; Robb, Gillian N.; Reynolds, S. James (2010): Does food supplementation really enhance productivity of breeding birds? In: *Oecologia* 164 (2), S. 311–320. DOI: 10.1007/s00442-010-1645-x.

Heij, Maaïke E. de; Ubels, Richard; Visser, G. Henk; Tinbergen, Joost M. (2008): Female Great Tits *Parus major* Do Not Increase Their Daily Energy Expenditure When Incubating Enlarged Clutches. In: *Journal of Avian Biology* 39 (2), S. 121–126. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/30244414>.

Hutfluss, A.; Dingemanse, N. J. (2019): Human recreation reduces clutch size in great tits *Parus major* regardless of risk-taking personality. In: *Behavioral Ecology* 30 (6), S. 1751–1760. DOI: 10.1093/beheco/arz145.

Institut für Ernährungsinformation (2022a): Erdnuss | Kalorien | Nährwerte | Analyse | Lebensmittel - ernaehrung.de. Online verfügbar unter <https://www.ernaehrung.de/lebensmittel/de/H110000/Erdnuss.php>, zuletzt aktualisiert am 10.10.2022, zuletzt geprüft am 10.10.2022.

Institut für Ernährungsinformation (2022b): Sonnenblumenkern | Kalorien | Nährwerte | Analyse | Lebensmittel - ernaehrung.de. Online verfügbar unter <https://www.ernaehrung.de/lebensmittel/de/H430000/Sonnenblumenkern.php>, zuletzt aktualisiert am 10.10.2022, zuletzt geprüft am 10.10.2022.

Jones, Darryl N.; James Reynolds, S. (2008): Feeding birds in our towns and cities: a global research opportunity. In: *J Avian Biol* 39 (3), S. 265–271. DOI: 10.1111/j.0908-8857.2008.04271.x.

Källander, Hans (1981): The Effects of Provision of Food in Winter on a Population of the Great Tit *Parus major* and the Blue Tit *P. caeruleus*. In: *Ornis Scandinavica (Scandinavian Journal of Ornithology)* 12 (3), S. 244. DOI: 10.2307/3676087.

Kals, Elisabeth; Freund, Susanne; Zieris, Patricia (2020): LBV-Präventionsprojekt: Alle Vögel sind schon da – Vogelbeobachtung in vollstationären Pflegeeinrichtungen. Abschlussbericht der wissenschaftlichen Begleitstudie. Eichstätt-Ingolstadt. Online verfügbar unter <https://www.lbv.de/umweltbildung/fuer-seniorenheime/das-projekt-idee-hintergrund/>, zuletzt geprüft am 27.10.2022.

Kehrling, Uwe (2022): Artikelliste von 01.01. bis 31.12.2022, 14.09.2022. E-Mail an Isabel Rohde.

LAET, JENNY F. de; DHONDT, ANDRÉ A. (1989): Weight loss of the female during the first brood as a factor influencing second brood initiation in Great Tits *Parus major* and Blue Tits *P. caeruleus*. In: *Ibis* 131 (2), S. 281–289. DOI: 10.1111/j.1474-919X.1989.tb02771.x.

lbv.de (2022a): Die Stunde der Wintervögel in Bayern | LBV. Online verfügbar unter <https://www.lbv.de/mitmachen/stunde-der-wintervoegel/>, zuletzt aktualisiert am 15.09.2022, zuletzt geprüft am 15.09.2022.

lbv.de (2022b): LBV-Projekte in Seniorenheimen. Online verfügbar unter <https://www.lbv.de/umweltbildung/fuer-seniorenheime/>, zuletzt aktualisiert am 23.09.2022, zuletzt geprüft am 23.09.2022.

LBV-Naturshop (2022): Vogelfutter. Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. Online verfügbar unter <https://www.lbv-shop.de/voegel/futter/?p=2>, zuletzt aktualisiert am 18.09.2022, zuletzt geprüft am 18.09.2022.

McCleery, Robin; Gosler, Andy; Quinn, John; Cole, Ella (2015): Tit Breeding Season Protocol.

Michler, Stephanie P.M.; Bleeker, Maarten; van der Velde, Marco; Both, Christiaan; Komdeur, Jan; Tinbergen, Joost M. (2010): Parental provisioning in relation to offspring sex and sex ratio in the great tit (*Parus major*). In: *Behaviour* 147 (10), S. 1355–1378. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/20799550>.

NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. (2022a): Ergebnisse der Stunde der Wintervögel in Karte und Tabelle - NABU. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/aktionen-und-projekte/stunde-der-wintervoegel/ergebnisse/21784.html>, zuletzt aktualisiert am 16.07.2022, zuletzt geprüft am 16.07.2022.

NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. (2022b): Stunde der Gartenvögel - Ergebniskarte und -tabelle - NABU. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/tiere-und-pflanzen/aktionen-und-projekte/stunde-der-gartenvoegel/ergebnisse/15767.html>, zuletzt aktualisiert am 12.09.2022, zuletzt geprüft am 12.09.2022.

NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. (2022c): Der NABU gibt Tipps zur Vogelfütterung. Online verfügbar unter <https://www.nabu.de/tiere-und->

pflanzen/voegel/helfen/vogelfuetterung/index.html, zuletzt aktualisiert am 22.09.2022, zuletzt geprüft am 22.09.2022.

Newton, Ian (1998): Population limitation in birds. London, San Diego: Academic Press.

Nicolaus, Marion; Bouwman, Karen M.; Dingemanse, Niels J. (2008): Effect of PIT Tags on the Survival and Recruitment of Great Tits *Parus major*. In: *Ardea* 96 (2), S. 286–292. DOI: 10.5253/078.096.0215.

Nicolaus, Marion; Michler, Stephanie P. M.; Ubels, Richard; van der Velde, Marco; Komdeur, Jan; Both, Christiaan; Tinbergen, Joost M. (2009): Sex-specific effects of altered competition on nestling growth and survival: an experimental manipulation of brood size and sex ratio. In: *Journal of Animal Ecology* 78 (2), S. 414–426. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2008.01505.x.

Nilsson, Jan-Åke; Nord, Andreas (2017): The use of the nest for parental roosting and thermal consequences of the nest for nestlings and parents. In: *Behavioral Ecology and Sociobiology* 71 (12), S. 1–9. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/44857264>.

Nisthöhle 2M » Schwegler Natur (2022). Online verfügbar unter https://www.schwegler-natur.de/portfolio_1408366639/nisthoehle-2m/, zuletzt aktualisiert am 16.07.2022, zuletzt geprüft am 16.07.2022.

Nord, Andreas; Nilsson, Johan F.; Nilsson, J-Å (2011): Nocturnal body temperature in wintering blue tits is affected by roost-site temperature and body reserves. In: *Oecologia* 167 (1), S. 21–25. DOI: 10.1007/s00442-011-1972-6.

Nord, Andreas; Nilsson, Johan F.; Sandell, Maria I.; Nilsson, Jan-Ake (2009): Patterns and dynamics of rest-phase hypothermia in wild and captive blue tits during winter. In: *J Comp Physiol B* 179 (6), S. 737–745. DOI: 10.1007/s00360-009-0357-1.

Ornithology, British Trust for (2019): Boom time at Britain's bird feeders. Online verfügbar unter <https://www.bto.org/press-releases/boom-time-britains-bird-feeders>, zuletzt aktualisiert am 18.06.2019, zuletzt geprüft am 13.09.2022.

Pagani-Núñez, E.; Valls, M.; Senar, J. C. (2015): Diet specialization in a generalist population: the case of breeding great tits *Parus major* in the Mediterranean area. In: *Oecologia* 179 (3), S. 629–640. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/43671694>.

Pagani-Núñez, Emilio; Senar, Juan Carlos (2013): One Hour of Sampling is Enough: Great Tit *Parus major* Parents Feed Their Nestlings Consistently Across Time. In: *Acta Ornithologica* 48 (2), S. 194–200. DOI: 10.3161/000164513X678847.

Pfeifer, Robert (2022): Preisverleihung-Wuest-Preis-2022. In: *Ornithologischer Anzeiger* (60. Band, Heft 3), S. 329–330. Online verfügbar unter <https://www.og-bayern.de/wp-content/uploads/2022/04/Preisverleihung-Wuest-Preis-2022.pdf>, zuletzt geprüft am 16.09.2022.

Plummer, K. E.; Bearhop, S.; Leech, D. I.; Chamberlain, D. E.; Blount, J. D. (2013a): Winter food provisioning reduces future breeding performance in a wild bird. In: *Sci Rep* 3 (1), S. 2002. DOI: 10.1038/srep02002.

Plummer, Kate E.; Bearhop, Stuart; Leech, David I.; Chamberlain, Dan E.; Blount, Jonathan D. (2013b): Fat provisioning in winter impairs egg production during the following spring: a landscape-scale study of blue tits. In: *Journal of Animal Ecology* 82 (3), S. 673–682. DOI: 10.1111/1365-2656.12025.

- Pollock, Christopher J.; Capilla-Lasheras, Pablo; McGill, Rona A. R.; Helm, Barbara; Dominoni, Davide M. (2017): Integrated behavioural and stable isotope data reveal altered diet linked to low breeding success in urban-dwelling blue tits (*Cyanistes caeruleus*). In: *Sci Rep* 7 (1), S. 5014. DOI: 10.1038/s41598-017-04575-y.
- Radford, A. N.; McCleery, R. H.; Woodburn, R.J.W.; Morecroft, M. D. (2001): Activity patterns of parent Great Tits *Parus major* feeding their young during rainfall. In: *Bird Study* 48 (2), S. 214–220. DOI: 10.1080/00063650109461220.
- Rheinwald, Goetz (1975): Gewichtsentwicklung einiger nestjunger Höhlenbrüter. In: *J Ornithol* 116 (1), S. 55–64. DOI: 10.1007/BF01643075.
- Robb, Gillian N.; McDonald, Robbie A.; Chamberlain, Dan E.; Bearhop, Stuart (2008a): Food for Thought: Supplementary Feeding as a Driver of Ecological Change in Avian Populations. In: *Frontiers in Ecology and the Environment* 6 (9), S. 476–484. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/20440990>.
- Robb, Gillian N.; McDonald, Robbie A.; Chamberlain, Dan E.; Reynolds, S. James; Harrison, Timothy J. E.; Bearhop, Stuart (2008b): Winter feeding of birds increases productivity in the subsequent breeding season. In: *Biology letters* 4 (2), S. 220–223. DOI: 10.1098/rsbl.2007.0622.
- Ruffino, Lise; Salo, Pälvi; Koivisto, Elina; Banks, Peter B.; Korpimäki, Erkki (2014): Reproductive responses of birds to experimental food supplementation: a meta-analysis. In: *Front Zool* 11 (1), S. 80. DOI: 10.1186/s12983-014-0080-y.
- Rytkönen, Seppo; Krams, Indrikis (2003): Does Foraging Behaviour Explain the Poor Breeding Success of Great Tits *Parus major* in Northern Europe? In: *Journal of Avian Biology* 34 (3), S. 288–297. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/3677478>.
- Sanz, Juan José; Tinbergen, Joost M.; Moreno, Juan; Orell, Markku; Verhulst, Simon (2000): Latitudinal Variation in Parental Energy Expenditure during Brood Rearing in the Great Tit. In: *Oecologia* 122 (2), S. 149–154. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/4222527>.
- Schäffer, Anita (2017): Positionspapier- Vogelfütterung-LBV. Online verfügbar unter https://www.lbv.de/files/user_upload/Dokumente/Positionen%20und%20Politika/Vogelfuetterung/Positionspapier-%20Vogelfuetterung-LBV-2017-10.pdf, zuletzt geprüft am 12.09.2022.
- Schäffer, Anita; Schäffer, Norbert (2006): Gartenvögel rund ums Jahr. Beobachte - Füttern - Ansiedeln. Wiebelsheim: AULA-Verlag GmbH & Co.
- Schäffer, Anita; Schäffer, Norbert (2017): Vögel füttern im Garten: Ganzjährig und naturnah. Stuttgart (Hohenheim): Eugen Ulmer KG.
- Shutt, Jack D.; Trivedi, Urmi H.; Nicholls, James A. (2021): Faecal metabarcoding reveals pervasive long-distance impacts of garden bird feeding. In: *Proceedings. Biological sciences* 288 (1951), S. 20210480. DOI: 10.1098/rspb.2021.0480.
- Solonen, Tapio (2001): Breeding of the Great Tit and Blue Tit in urban and rural habitats in southern Finland: *Ornis Fennica*. Online verfügbar unter https://lintulehti.birdlife.fi:8443/pdf/artikkelit/347/tiedosto/of_78_49-60_artikkelit_347.pdf.
- Specht, Diana (2022): Güttingen. Online verfügbar unter <https://www.radolfzell.de/guettingen>, zuletzt aktualisiert am 16.07.2022, zuletzt geprüft am 16.07.2022.
- Svensson, L. (1992): Identification guide to European passerines. Stockholm.

Svensson, L. (2018): Vogelführer. Unter Mitarbeit von Killian Mullarney und Dan Zetterström. 2. Auflage, aktualisierte Ausgabe 2018. Stuttgart: Kosmos.

Tinbergen, J. M.; Boerlijst, M. C. (1990): Nestling Weight and Survival in Individual Great Tits (*Parus major*). In: *The Journal of animal ecology* 59 (3), S. 1113. DOI: 10.2307/5035.

Tinbergen, J. M.; Dietz, M. W. (1994): Parental Energy Expenditure During Brood Rearing in the Great Tit (*Parus major*) in Relation to Body Mass, Temperature, Food Availability and Clutch Size. In: *Functional Ecology* 8 (5), S. 563. DOI: 10.2307/2389916.

T-Träger » Schwegler Natur (2022). Online verfügbar unter https://www.schwegler-natur.de/portfolio_1487146324/t-traeger/, zuletzt aktualisiert am 16.07.2022, zuletzt geprüft am 16.07.2022.

Uekötter, Frank (2020): Von Vögeln, Mächten und Bienen. Die Geschichte des Landesbunds für Vogelschutz in Bayern. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht Verlag.

Visser, M. E.; Lessells, C. M. (2001): The costs of egg production and incubation in great tits (*Parus major*). In: *Proceedings. Biological sciences* 268 (1473), S. 1271–1277. DOI: 10.1098/rspb.2001.1661.

Voigt-Heucke, Silke L.; Schlag, Lena; Voigt, Christian C.; Landgraf, Conny; Cyrach, Melanie; Keyserlingk, Jennifer von et al. (2017): Getting to the fat of the matter: The consequences of supplementing garden birds with fat-rich food.

Westphal, Uwe; Schmidt, Christopher (2021): Das große Buch der Gartenvögel. Unsere Vögel im Garten erleben, fördern, schützen. Unter Mitarbeit von Christopher Schmidt. 4th ed. Darmstadt, Ann Arbor, Michigan: Pala Verlag; ProQuest. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=6609393>.

Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst - Leistungen - Monatlicher Klimastatus Deutschland - Rückblick und Vorschau (2022). Online verfügbar unter https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.html, zuletzt aktualisiert am 16.07.2022, zuletzt geprüft am 16.07.2022.

WetterOnline (2022): Wetter Rückblick Radolfzell - Wetterdaten weltweit - WetterOnline. Online verfügbar unter https://www.wetteronline.de/wetterdaten/radolfzell?pcid=pc_rueckblick_data&gid=z4660&pid=p_rueckblick_diagram&sid=StationHistory&iid=10929&metparaidd=RR24&period=4&month=04&year=2022, zuletzt aktualisiert am 09.08.2022, zuletzt geprüft am 09.08.2022.

Wilcoxon, Travis E.; Horn, David J.; Hogan, Brianna M.; Hubble, Cody N.; Huber, Sarah J.; Flamm, Joseph et al. (2015): Effects of bird-feeding activities on the health of wild birds. In: *Conservation physiology* 3 (1), cov058. DOI: 10.1093/conphys/cov058.

Wild, Sonja; Aplin, Lucy M. (unveröffentlicht): unveröffentlichte Daten zum Brutverhalten von Meisen aus den Jahren 2020 und 2021. Radolfzell.

Wildvogelhilfe.org (2021): Vergiftungen - Wildvogelhilfe.org, zuletzt aktualisiert am 13.04.2021, zuletzt geprüft am 14.09.2022.

Wilkin, Teddy A.; Garant, Dany; Gosler, Andrew G.; Sheldon, Ben C. (2006): Density effects on life-history traits in a wild population of the great tit *Parus major*: analyses of long-term data with GIS techniques. In: *The Journal of animal ecology* 75 (2), S. 604–615. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2006.01078.x.

10. Anhang

a) R-Skript mit Beispielrechnungen und Kommentaren:

```
#working directory setzen
setwd("~/Master-TUM/Masterarbeit/Daten")
#Packages installieren und laden
install.packages("ggplot2")
library(stats)
library(dplyr)
library(readr)
library(readxl)
library(ggplot2)
library(lubridate)
library(purrr)
library(tidyr)
library(magrittr)
```

Einlesen der Felddaten der diesjährigen Studie

```
#Einlesen der Daten der diesjährigen Studie
# Gewicht der Jungen
Tag15_Wiegen <- read_excel("Tag15-Wiegen-2022.xlsx")
```

```
#Anzahl ausgeflogener Junge und Bruterfolg
Ausflug <- read_excel("Tag15-Wiegen-2022.xlsx", sheet = "Ausflug")
```

```
# Bruterfolg mit allen Bruten mit Jungen
Bruterfolg <- read_excel("Tag15-Wiegen-2022.xlsx", sheet = "Bruterfolg")
```

```
#Einlesen der RFID-Daten der Futtersäulen 1-6
#Beispielsweise Futtersäule 1 in der Wiese
F1Wiese <- read_table2("Feeders/28.06.22/RFIDLOG-wiese-erdnuss.txt", col_names = FALSE)
names(F1Wiese) <- c("Datum", "Logger", "PIT-Tag")
#doppele Zeiten werden entfernt, da Vogel länger sitzt und es nur ein Besuch war; Vogel kann
auch noch ein/ausfliegt
F1Wiese <- F1Wiese %>% filter(!duplicated(Datum))
F1Wiese <- F1Wiese %>% select(`Datum`, `PIT-Tag`) # interessante Spalten selektieren
F1Wiese <- F1Wiese %>% filter(!grepl("3B001921B9", `PIT-Tag`)) ##Test-Tag wird entfernt
F1Wiese <- F1Wiese %>% filter(!grepl("3B00185E3B", `PIT-Tag`)) ##Test-Tag wird entfernt
```

```
F1Wiese %>% count(`PIT-Tag`) ##listet alle registrierten PIT-Tags an der Futtersäule auf
```

Einlesen der Frontplattendaten

```
W29 <- read.table("Frontplates/Prädierte-Nistkästen/W29-antenna1505-geräubert/C1505RT-
8.05.22.txt", header=TRUE, sep="t", row.names = NULL, fill = TRUE, na.strings = NA)
W29 <- W29 %>% select(Date, TagID_hex) ###Spalten selektieren
W29 %>% count(`TagID_hex`) #gibt PIT-Tags des Brutpaares aus (ggf. anderer getaggter Vögel)
W29 <- W29 %>% filter(TagID_hex %in% c("0700EDA27D", "0700EDE656"), `Date` < "2022-05-
09 00:00:01") ##nach Tags selektieren & Daten nur noch vom 8.5.
Bei Nistkästen mit Bruten in Flächen mit Zufütterung wurden über mehrere Tage RFID-Daten auf-
genommen und zu einem Dataframe zusammengefügt (z.B. bei Brut im Nistkasten X05)
```

###Zusammenführen der Frontplattendaten von Tag 4-9

```
X05_4_7 <- rbind(X05_4, X05_7)
```

```
X05_4_8 <- rbind(X05_4_7, X05_8)
```

#Vorbereiten auf Join

```
W29$Date_clean <- ymd_hms(W29$Date)#Datum anpassen
```

```
W29 <- W29 %>% select(-Date)# altes Datum entfernen
```

```
W29 <- W29 %>% mutate(Nistkasten= "W29")#in neuer Spalte Nistkastenbezeichnung ergänzen
```

```
W29 <- W29 %>% mutate(Ort= "Nistkasten")#in neuer Spalte Nistkasten ergänzen
```

```
W29 <- W29 %>% mutate(Fläche= "Kontrolle")#in neuer Spalte Fläche ergänzen
```

```
W29 <- W29 %>% mutate(Geschlecht = "NA")#in neuer Spalte Geschlechter der Vögel ergänzen
```

```
W29 <- W29 %>% mutate(Geschlecht = (recode(W29$`TagID_hex`, "0700EDA27D" ="W",  
"0700EDE656"= "M")))
```

RFID-Daten der Futtersäulen 1-6 für die Auswertung vorbereiten

Futtersäulendaten für das Zusammenfügen in eine Datei und für die Auswertung aufbereiten

Format des Datums vereinheitlichen

```
F1Wiese$Date_clean <- ymd_hms(F1Wiese$Datum)
```

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% select(-Datum) #entfernen des alten Datumsformats
```

#Datum in julianischen Kalender umrechnen, gibt aber nur den Tag ohne Uhrzeit an

```
F1Wiese$Julian <- yday(F1Wiese$Date_clean)
```

Spalte mit Futtersäulenbezeichnung integrieren, um Futtersäule nach dem Zusammenfügen zu erkennen

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Futtersaeule= "1-geschrotete Erdnüsse")
```

Spalte mit der Futtervariante integrieren

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Futter= "Erdnüsse")
```

#Spalte einfügen für die Aufteilung nach den Habitaten

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Habitat= "Wiese")
```

```
F4Wald <- F4Wald %>% mutate(Habitat= "Wald")
```

Geschlecht und Vogelart zufügen

Geschlecht und Vogelart den Tags zu weisen und das in einer neuen Spalte

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Geschlecht = "NA") #erst leere Spalte mit NAs
```

#Männchen=M, Weichen=W, unbekanntes Geschlecht bei den Sumpfmeisen=NA

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Geschlecht = (recode(F1Wiese$`PIT-Tag`, "3B0018BF48" =  
"W", "0700EE142A" = "M", "3B00181E80" = "M", "0700EE1F17" = "M", "0700EDB1AC" = "W",  
"3B0018685F" = "M", "0700EDFC18" = "W", "0700EDFE99" = "M", "0110176EB3" = "W",
```

#bis hier Brutvögel

```
"0700EDD39B" = "M", "0700EDD3C7" = "M", "0700EDFBF8" = "M", "0110178062" = "W",
```

```
"0700EDB9D3" = "M", "3B004A1216" = "M", "0700EE1FAC" = "M", "0700EE10A8" = "W",
```

```
"0700EE3579" = "NA", "0700EDC165" = "NA", "0110179988" = "NA")))
```

#3B004D739D unbekannter Vogel wird rausgenommen und weitere werden ebenfalls entfernt

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% filter(!grepl("3B004D739D", `PIT-Tag`))
```

```
F1Wiese %>% count(`Geschlecht`)
```

Vogelart hinzufügen, Blaumeise=B, Kohlmeise=K

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Vogelart = "NA") #erst leere Spalte mit NAs
```

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Vogelart = (recode(F1Wiese$`PIT-Tag`, "0110178062" = "B",
"0700EDFBF8" = "B", "3B0018BF48" = "B", "0700EE142A" = "B", "3B00181E80" = "K",
"0700EE1F17" = "K", "0700EDB1AC" = "K", "3B0018685F" = "K", "0700EDFC18" = "K",
"0700EDFE99" = "K", "0110176EB3" = "K", "0700EDD39B" = "K", "0700EDD3C7" =
"K", "0700EDB9D3" = "K", "3B004A1216" = "K", "0700EE1FAC" = "K", "0700EE10A8" = "K",
"0700EE3579" = "Sumpfmelise", "0700EDC165" = "Sumpfmelise", "0110179988" = "Sumpfmelise")))
F1Wiese %>% count(`Vogelart`)
```

Nistkasten und Geschlechter des Brutpaares zuweisen, wenn vorhanden. Ohne Nistkasten NAs. Es wurde die erste Brut verwendet, falls eine zweite Brut in einem anderen Nistkasten begonnen wurde.

```
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Nistkasten = "NA")
F1Wiese <- F1Wiese %>% mutate(Nistkasten = (recode(F1Wiese$`PIT-Tag`, "3B0018BF48" =
"X05-W", "0700EE142A" = "X05-M", "0110176EB3" = "X11-W", "3B00181E80" = "X24-M",
"0700EE1F17" = "Y11-M", "3B0018685F" = "W02-M", "0700EDB1AC" = "W02-W", "0700EDE656"
= "W29-M", "0700EDA27D" = "W29-W", "011017A7AF" = "W33-M", "011017A358" = "W33-W",
"0700EDEA33" = "W35-M", "0700EDC712" = "W35-W", "3B004B49EE" = "W37-M", "0700EDF2F2" =
"W37-W", "0700EDDD34" = "W43-W", "0700EDFE99" = "W48-M", "0700EDFC18" = "W48-W"))))
F1Wiese %>% count(`Nistkasten`)
```

dann Dataframes zusammenfügen

#gemeinsames Ende der Datenaufnahme am 28.06.22

#Futtersäulen im Wald wurden später abgebaut wegen der letzten Brut in W02

Futtersäulendaten 4-6 wurden für den Vergleich der absoluten Zahlen bis 28.06.22 gefiltert

```
F1Wiesek <- filter(F1Wiese, `Date_clean` < "2022-06-28 03:00:00")
F2Wiesek <- filter(F2Wiese, `Date_clean` < "2022-06-28 03:00:00")
F3Wiesek <- filter(F3Wiese, `Date_clean` < "2022-06-28 03:00:00")
```

```
F4Waldk <- filter(F4Wald, `Date_clean` < "2022-06-28 03:00:00")
F5Waldk <- filter(F5Wald, `Date_clean` < "2022-06-28 03:00:00")
F6Waldk <- filter(F6Wald, `Date_clean` < "2022-06-28 03:00:00")
```

#Dataframes zusammenfügen – Datenaufnahme bis 28.06.22

```
Futtersäulen_k <- rbind(F1Wiesek, F2Wiesek)
Futtersäulen_k <- rbind(Futtersäulen_k, F3Wiesek)
Futtersäulen_k <- rbind(Futtersäulen_k, F4Waldk)
Futtersäulen_k <- rbind(Futtersäulen_k, F5Waldk)
Futtersäulen_k <- rbind(Futtersäulen_k, F6Waldk)
```

#Dataframes zusammenfügen – komplette Datenaufnahme

```
Futtersäulen <- rbind(F1Wiese, F2Wiese)
Futtersäulen <- rbind(Futtersäulen, F3Wiese)
Futtersäulen <- rbind(Futtersäulen, F4Wald)
Futtersäulen <- rbind(Futtersäulen, F5Wald)
Futtersäulen <- rbind(Futtersäulen, F6Wald)
```

Aufteilung der Futtersäulen Daten nach Habitaten und Vogelarten für die Darstellung

Aufteilung nach Habitaten

```
Futtersaeulen_Wald <- filter(Futtersäulen, `Habitat` == "Wald")
```

```

Futtersaeulen_Wiese <- filter(Futtersaeulen, `Habitat` == "Wiese")

## Aufteilung nach Vogelarten
Futtersaeulen_Blau <- filter(Futtersaeulen, `Vogelart` == "B") #nur Blaumeisen
Futtersaeulen_Kohl <- filter(Futtersaeulen, `Vogelart` == "K") #nur Kohlmeisen
Futtersaeulen_Sumpf <- filter(Futtersaeulen, `Vogelart` == "Sumpfmiese") #nur Sumpfmiesen

## Aufteilung in den Habitaten nach Vogelarten
Futtersaeulen_Wald_Blau <- filter(Futtersaeulen_Wald, `Vogelart` == "B")
Futtersaeulen_Wald_Kohl <- filter(Futtersaeulen_Wald, `Vogelart` == "K")
Futtersaeulen_Wald_Sumpf <- filter(Futtersaeulen_Wald, `Vogelart` == "Sumpfmiese")

Futtersaeulen_Wiese_Blau <- filter(Futtersaeulen_Wiese, `Vogelart` == "B")
Futtersaeulen_Wiese_Kohl <- filter(Futtersaeulen_Wiese, `Vogelart` == "K")
Futtersaeulen_Wiese_Sumpf <- filter(Futtersaeulen_Wiese, `Vogelart` == "Sumpfmiese")
Zahlen für die Tabelle XX berechnen lassen (für jede Vogelart in jedem Habitat mit jedem Futter)
# Analyse des Verhältnisses in Wiese für Blaumeise
Futtersaeulen_Wiese_Blau_1 <- filter(Futtersaeulen_Wiese_Blau, `Futtersaeule` == "1-geschrotete
Erdrüsse")
Futtersaeulen_Wiese_Blau_1 %>% count(`PIT-Tag`) #gibt Liste Besuche der Blaumeisen an Fut-
tersaeule 1

Vorbereitung für das Zusammenfügen von RFID-Daten der Futtersäulen und Nistkästen
#Für das Zusammenfügen mit den Frontplatten noch den Ort angeben
Futtersaeulen <- Futtersaeulen %>% mutate(Ort="Futtersaeule(n)") #alle Futtersäulen gemeinsame
Spalte zur Unterscheidung zu den Frontplatte an den Nistkästen
View(Futtersaeulen) #Zeigt die Tabelle an und die Spalten können kontrolliert werden
str(Futtersaeulen) #gibt aus, welches Format die Daten haben

Vorbereiten der Felddaten der RFID-Daten der Frontplatten auf den Nistkästen
# JOIN mit den Kontrollflächen
# W29, W33, W35, W37, w38-1, (X33-nicht getaggt,) X28
W29 <- filter(W29, `Date_clean` > "2022-05-08 12:30:00")
W29 <- W29 %>% mutate(Vogelart= "K")
W30 <- filter(W30, `Date_clean` > "2022-06-27 12:30:00") ##wurde um 10:30 Uhr aufgehängt
W30 <- W30 %>% mutate(Vogelart= "K")
W33 <- filter(W33, `Date_clean` > "2022-05-07 12:30:00")
W33 <- W33 %>% mutate(Vogelart= "B")
W35 <- filter(W35, `Date_clean` > "2022-05-08 12:30:00")
W35 <- W35 %>% mutate(Vogelart= "K")
W37 <- filter(W37, `Date_clean` > "2022-05-09 12:30:00")
W37 <- W37 %>% mutate(Vogelart= "K")
X24 <- filter(X24_gesamt, `Date_clean` > "2022-06-08 12:30:00")
X24 <- X24 %>% mutate(Vogelart= "K")
X24 <- filter(X24, `Date_clean` < "2022-06-09 00:00:01")

# 4. Lebenstag der Jungen ohne Zufütterung
Test1 <- W29 %>% full_join(W33, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche",
"TagID_hex", "Vogelart"))
Test2 <- Test1 %>% full_join(W35, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht",
"Fläche", "TagID_hex", "Vogelart"))

```

```

Test3 <- Test2 %>% full_join(W37, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht",
"Fläche", "TagID_hex", "Vogelart"))
Test4 <- Test3 %>% full_join(W30, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht",
"Fläche", "TagID_hex", "Vogelart"))
Kontrolle <- Test4 %>% full_join(X24, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Flä-
che", "TagID_hex", "Vogelart"))

```

4. Lebenstag der Jungen mit Zufütterung

```

W48_4_B <- filter(w48_gesamt, `Date_clean` < "2022-05-10 00:00:01")
W48_4_B <- filter(W48_4_B, `Date_clean` > "2022-05-09 12:30:00")
W15_4_B <- filter(W15_4, `Date_clean` > "2022-07-02 12:30:00") # 4. Lebenstag der Zweitburt in
W15
W02_4 <- filter(W02_gesamt, `Date_clean` < "2022-06-20 00:00:01")
W02_4 <- filter(W02_4, `Date_clean` > "2022-06-19 12:30:00")
X05_4 <- filter(X05_gesamt, `Date_clean` < "2022-05-17 00:00:01")
X05_4 <- filter(X05_4, `Date_clean` > "2022-05-16 12:30:00")
X11_4 <- filter(X11_gesamt, `Date_clean` < "2022-05-28 00:00:01")
X11_4 <- filter(X11_4, `Date_clean` > "2022-05-27 12:30:00")
#Join: Zusammenführen der Daten in ein Dataframe
V1 <- W48_4_B %>% full_join(X05_4, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Flä-
che", "TagID_hex", "Vogelart"))
V2 <- V1 %>% full_join(W02_4, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche",
"TagID_hex", "Vogelart"))
Erstbruten <- V2 %>% full_join(Test3, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Flä-
che", "TagID_hex", "Vogelart"))
V3 <- V2 %>% full_join(W15_4_B, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche",
"TagID_hex", "Vogelart"))
V4 <- V3 %>% full_join(X11_4, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche",
"TagID_hex", "Vogelart"))

```

Einlesen der Felddaten der Vorjahre

```
#### Vorjahre
```

```
#2020
```

```

Nest_Grid_2020_8_ <- read_excel("Nest_Grid_2020 (8).xlsx", sheet = "active_nests")
Nest_Grid_2020_8_ <- Nest_Grid_2020_8_ %>% select(`box`, `Species`, `Final Clutch size`,
`Fledged any`, `Bruterfolg`)
Nest_Grid_2020_8_ <- Nest_Grid_2020_8_ %>% filter(!grepl("CT", `Species`)) #CT= coal tit also
Tannenmeise wurde für den Vergleich entfernt

```

```
#2021
```

```

NestGrid2021 <- read_excel("C:/Users/IsaRo/OneDrive/Masterarbeit-2/Daten/Vorjahre-
Sonja/NestGrid2021.xlsx", sheet = "active_nests")
NestGrid2021 <- NestGrid2021 %>% select(`Box_No`, `Species`, `Final Clutch size`, `Fledged`,
`Bruterfolg`)
NestGrid2021 <- NestGrid2021 %>% filter(!grepl("Y13", `Box_No`)) #falsche Angabe der gelegten
Eier
NestGrid2021 <- NestGrid2021 %>% filter(!grepl("X18", `Box_No`)) #Zweitbrut
NestGrid2021 %>% count(`Species`)

```

Vergleich des Bruterfolgs und Gelegegröße im Jahr 2022 mit den Vorjahren

```
#Bruterfolg
names(NestGrid2021) <- c("box", "Vogelart", "Final Clutch size", "Fledged any", "Bruterfolg")
#Spaltennamen gleich benennen
Bruterfolg2021 <- NestGrid2021 %>% mutate(Vogelart = (recode(NestGrid2021$`Vogelart`,
"BLUTI"= "B", "GRET1"="K")))# Vogelarten gleich benennen
Bruterfolg2021 <- Bruterfolg2021 %>% mutate(Jahr="2021") #zur Unterscheidung Jahreszahl hin-
zufügen
names(Nest_Grid_2020_8_) <- c("box", "Vogelart", "Final Clutch size", "Fledged any", "Bruterfolg")
#Spaltennamen gleich benennen
Bruterfolg2020 <- Nest_Grid_2020_8_ %>% mutate(Vogelart = (reco-
de(Nest_Grid_2020_8_$`Vogelart`, "BT"= "B", "GT"="K")))# Vogelarten gleich benennen
Bruterfolg2020 <- Bruterfolg2020 %>% mutate(Jahr="2020")#zur Unterscheidung Jahreszahl hin-
zufügen

VorjahreBruterfolg <- rbind(Bruterfolg2020, Bruterfolg2021) #Zusammenfügen der Daten unterei-
nander

Bruterfolg2020 %>% count(`Final Clutch size`) #Gelegegröße anzeigen
mean(Bruterfolg2020$`Final Clutch size`)#mittlere Gelegegröße
sd(Bruterfolg2020$`Final Clutch size`)#Standardabweichung der mittleren Gelegegröße
Bruterfolg2021 %>% count(`Final Clutch size`) #Gelegegröße anzeigen
mean(Bruterfolg2021$`Final Clutch size`)#mittlere Gelegegröße
sd(Bruterfolg2021$`Final Clutch size`)#Standardabweichung der mittleren Gelegegröße

#Bruterfolg 2022, um diesen hinzuzufügen, muss der Datensatz angepasst werden
Bruterfolg_Gruppe <- Bruterfolg %>% filter(!grepl("W02", `Nistkasten`)) #Sonderfall
Bruterfolg_Gruppe <- Bruterfolg_Gruppe %>% filter(!grepl("X24", `Nistkasten`)) #Sonderfall
Bruterfolg_Gruppe <- Bruterfolg_Gruppe %>% filter(!grepl("W38-2", `Nistkasten`)) #Zweitbruten
raus
Bruterfolg_Gruppe <- Bruterfolg_Gruppe %>% filter(!grepl("W15", `Nistkasten`)) #Zweitbruten raus
Bruterfolg_Gruppe <- Bruterfolg_Gruppe %>% filter(!grepl("W48", `Nistkasten`)) #Zufütterung
Bruterfolg_Gruppe <- Bruterfolg_Gruppe %>% filter(!grepl("X05", `Nistkasten`)) #Zufütterung
Bruterfolg_Gruppe <- Bruterfolg_Gruppe %>% filter(!grepl("X11", `Nistkasten`)) #Zufütterung

Bruterfolg_Gruppe %>% count(`Anzahl Eier`) #Gelegegröße anzeigen
mean(Bruterfolg_Gruppe$`Anzahl Eier`)#mittlere Gelegegröße
sd(Bruterfolg_Gruppe$`Anzahl Eier`)#Standardabweichung der mittleren Gelegegröße

Bruterfolg2022 <- Bruterfolg_Gruppe %>% select(`Nistkasten`, `Vogelart`, `Anzahl Ausflug`, `An-
zahl Eier`, `Anzahl Ausflug`, `Bruterfolg`)
names(Bruterfolg2022) <- c("box", "Vogelart", "Fledged any", "Final Clutch size", "Bruterfolg")
#Spaltennamen angleichen
Bruterfolg2022 <- Bruterfolg2022 %>% mutate(Vogelart = (recode(Bruterfolg2022$`Vogelart`,
"Blaumeise"= "B", "Kohlmeise"="K"))
Bruterfolg2022 <- Bruterfolg2022 %>% mutate(Jahr="2022") #zur Unterscheidung Jahreszahl hin-
zufügen
VorjahreBruterfolg22 <- rbind(VorjahreBruterfolg, Bruterfolg2022) #Zusammenfügen von Daten
des Bruterfolgs aus 2022 mit Vorjahren
```

Vergleich der Jungengewichte am 15. Lebenstag im Jahr 2022 mit den Vorjahren

```
#Jungengewichte aus den Vorjahren: Daten einlesen und vorbereiten
Banding_data_2022_05 <- read_excel("Kopie von Banding data_2022_05.xlsx")
Banding_data_2022_05 <- Banding_data_2022_05 %>% select(`Adult/Nestling`, `Box_Number`,
`Weight (g)`, `Species`, `Date`)
Banding_data_2022_05 <- Banding_data_2022_05 %>% filter(!grepl("A", `Adult/Nestling`)) #alle
anderen Vögel raus, bis nur noch Nestlingsgewichte in Tabelle enthalten sind
Banding_data_2022_05 <- Banding_data_2022_05 %>% filter(!grepl("J", `Adult/Nestling`))
Banding_data_2022_05 <- Banding_data_2022_05 %>% filter(!grepl("D", `Adult/Nestling`))
Banding_data_2022_05 <- Banding_data_2022_05 %>% filter(!grepl("4", `Adult/Nestling`))
Banding_data_2022_05 <- filter(Banding_data_2022_05, `Date` > "2019-06-18") #Vor-Vorjahre
entfernt

#2020
Gewicht2020 <- filter(Banding_data_2022_05, `Date` < "2020-07-20") #nach 2020 filtern
Gewicht2020 <- filter(Gewicht2020, `Box_Number` > "W01") #richtigen Nistkästen auswählen
Gewicht2020 <- Gewicht2020 %>% filter(!grepl("COATI", `Species`)) #Tannenmeise entfernen,
nur Kohl- und Blaumeise für den Vergleich
Gewicht2020 <- Gewicht2020 %>% mutate(Jahr="2020") #dem Datensatz die Jahreszahl als
Spalte hinzufügen
Gewicht2020 %>% count(`Box_Number`) #wie viele Bruten gewogen

#2021
Gewicht2021 <- filter(Banding_data_2022_05, `Date` > "2020-07-20") #nach 2021 filtern
Gewicht2021 <- filter(Gewicht2021, `Box_Number` > "W01") #richtigen Nistkästen auswählen
Gewicht2021 <- Gewicht2021 %>% filter(!grepl("Y13", `Box_Number`)) #falsche Angabe der ge-
legten Eier, also entfernen
Gewicht2021 <- Gewicht2021 %>% filter(!grepl("X18", `Box_Number`)) # Zweitbrut entfernen
Gewicht2021 <- Gewicht2021 %>% mutate(Jahr="2021") #dem Datensatz die Jahreszahl als
Spalte hinzufügen
Gewicht2021 %>% count(`Box_Number`) #wie viele Bruten gewogen

Vorjahre <- rbind(Gewicht2020, Gewicht2021) #Zusammenfügen der Datensätze aus den Vorjah-
ren
Vorjahre <- Vorjahre %>% select(`Box_Number`, `Jahr`, `Species`, `Weight (g)`) #nötige Spalten
auswählen
names(Vorjahre) <- c("Nistkasten", "Jahr", "Vogelart", "Original-Gewicht") #Spalten umbenennen
für den Vergleich mit 2022
Vorjahre <- Vorjahre %>% mutate(Vogelart = (recode(Vorjahre$`Vogelart`, "BLUTI"= "B", "GRE-
TI"="K"))) #Vogelarten umbenennen

#Um Daten von 2022 hinzuzufügen, muss der Datensatz Tag15_Wiegen bearbeitet werden
Gewicht2022 <- Tag15_Wiegen %>% filter(!grepl("W02", `Nistkasten`)) #nur Vergleich mit keiner
Zufütterung
Gewicht2022 <- Gewicht2022 %>% filter(!grepl("W48", `Nistkasten`)) #raus, da mit Zufütterung
Gewicht2022 <- Gewicht2022 %>% filter(!grepl("X05", `Nistkasten`)) #raus, da mit Zufütterung
Gewicht2022 <- Gewicht2022 %>% filter(!grepl("X24", `Nistkasten`)) # auch bei Bruterfolg raus,
da Sonderfall
Gewicht2022 <- Gewicht2022 %>% filter(!grepl("W38-2", `Nistkasten`)) # raus, da Zweitbrut
Gewicht2022 <- Gewicht2022 %>% select(`Nistkasten`, `Original-Gewicht`, `Vogelart`) #nötige
Spalten auswählen
Gewicht2022 <- Gewicht2022 %>% mutate(Jahr="2022") #dem Datensatz die Jahreszahl als
Spalte hinzufügen
```

```
Gewicht2022 %>% count(`Nistkasten`) #wie viele Bruten gewogen
```

```
Vorjahre22 <- rbind(Vorjahre, Gewicht2022) #Zusammenfügen der Daten der Vorjahre und der Daten aus 2022
```

Darstellung der Daten nach Abbildungen

```
#Vorbereitung für die Abbildungen, dafür wurde den Futtervarianten Farben zugewiesen
FarbeWald <- c("4-geschrotete Erdnüsse" = "orange", "5-geschälte Sonnenblumenkerne" = "azure4", "6-Mischfutter" = "coral3")
FarbeWiese <- c("1-geschrotete Erdnüsse" = "orange", "2-Mischfutter" = "coral3", "3-geschälte Sonnenblumenkerne" = "azure4")
FarbeWW <- c("1-geschrotete Erdnüsse" = "orange", "2-Mischfutter" = "coral3", "3-geschälte Sonnenblumenkerne" = "azure4", "4-geschrotete Erdnüsse" = "orange", "5-geschälte Sonnenblumenkerne" = "azure4", "6-Mischfutter" = "coral3")
```

Abbildung 14: Futterstellenbesuche als Quotient (Summe der Futterstellenbesuche / Individuenzahl pro Füttersäule) aller Vogelarten über die Brutzeit (bis 28.06.22).

#Futterstellenbesuche über die gesamte Brutzeit an einer Füttersäule

```
FS_Brutzeit <- Füttersäulen_k %>%
  group_by(Füttersäule, Futter) %>%
  summarise(count=n())#gesamt Anzahl der einzelnen Füttersäulen
names(FS_Brutzeit) <- c("Füttersäule", "Futter", "Summe")
```

```
FS_Brutzeit_I <- Füttersäulen_k %>%
  group_by(Füttersäule, Futter, `PIT-Tag`) %>%
  summarise(count=n()) %>%
  group_by(Füttersäule, Futter) %>%
  summarise(count=n())#Anzahl der Individuen pro Füttersäule
names(FS_Brutzeit_I) <- c("Füttersäule", "Futter", "Individuen")
```

#Zusammenfügen

```
FS_Brutzeit_Join <- FS_Brutzeit %>% full_join(FS_Brutzeit_I, by= c("Füttersäule", "Futter"))
```

#Quotient berechnen: Gesamtvogelbesuche/Anzahl der Vogelindividuen

```
FS_Brutzeit_Join <- FS_Brutzeit_Join %>% mutate(Quotient=Summe/Individuen)
```

#Darstellen

```
FS_Brutzeit_Join$Füttersäule = factor(FS_Brutzeit_Join$Füttersäule, levels = c('1-geschrotete Erdnüsse', '4-geschrotete Erdnüsse', '3-geschälte Sonnenblumenkerne', '5-geschälte Sonnenblumenkerne', '2-Mischfutter', '6-Mischfutter'))
```

#Graphik

```
ggplot(FS_Brutzeit_Join, aes(x= `Füttersäule`, y=`Quotient`, fill=Futter))+
  geom_col()+
  geom_text(aes(label=`Individuen`), position = position_stack(vjust= 0.5), colour= "white", size =3, check_overlap = TRUE)+
  labs(x="Füttersäulen", y="Quotient (Summe/Individuen)", title = "Säulendiagramm der Vogelbesuche über die Brutzeit")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position = "bottom")+
  scale_fill_manual(labels=c("Erdnüsse", "Mischfutter", "Sonnenblumenkerne"), values = c("orange", "coral3", "azure4"))+
  scale_x_discrete("Füttersäulen", labels= c("1-geschrotete Erdnüsse" = "1", "2-Mischfutter"= "2", "3-geschälte Sonnenblumenkerne"= "3", "4-geschrotete Erdnüsse"= "4", "5-geschälte Sonnenblumenkerne"= "5", "6-Mischfutter"= "6"))
```

Abbildung 15: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Füttersäule & Tag) der Blau- (A) und Kohlmeise (B) im Wald.

#nachträgliches Ergänzen durch Microsoft PowerPoint

A)

#Blaumeise im Wald

```
FS_Wald_B <- Füttersäulen_Wald_Blau %>%
  group_by(Julian, Futter) %>%
  summarise(count=n()) #count ist Anzahl der FS-Besuche gesamt
names(FS_Wald_B) <- c("Julian", "Futter", "gesamt-FS")
```

```
FS_Wald_B2 <- Füttersäulen_Wald_Blau %>%
  group_by(Julian, Futter, `PIT-Tag`) %>%
  summarise(count=n()) %>%
  group_by(Julian, Futter) %>%
  summarise(count=n()) #count ist die Anzahl der Individuen
names(FS_Wald_B2) <- c("Julian", "Futter", "Individuen")
```

#Zusammenfügen

```
FS_Wald_B_Join <- FS_Wald_B %>% full_join(FS_Wald_B2, by= c("Julian", "Futter"))
```

#Quotient berechnen: gesamt Vogelbesuche/Anzahl der Vogelindividuen

```
FS_Wald_B_Join <- FS_Wald_B_Join %>% mutate(Quotient=`gesamt-FS`/Individuen)
```

#Darstellen

```
ggplot(FS_Wald_B_Join, aes(x= `Julian`, y=`Quotient`, fill=Futter))+
  geom_col(width = 0.8)+
  geom_text(aes(label=`Individuen`), position = position_stack(vjust= 0.5), colour= "black", size
=2, check_overlap = TRUE)+
  ylim(c(0, 1000))+
  labs(x="Brutzeit (julianischer Kalender)", y="Quotient", title = "Verhältnis der gesamten FS-
Besuche pro Blaumeise")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position = "bottom")+
  scale_fill_manual(labels=c("Erdnüsse", "Mischfutter", "Sonnenblumenkerne"), values =
c("orange", "coral3", "azure4"))
```

B)

#Kohlmeise im Wald

```
FS_Wald_K <- Füttersäulen_Wald_Kohl %>%
  group_by(Julian, Futter) %>%
  summarise(count=n()) #count ist Anzahl der FS-Besuche gesamt
names(FS_Wald_K) <- c("Julian", "Futter", "gesamt-FS")
```

```
FS_Wald_K2 <- Füttersäulen_Wald_Kohl %>%
  group_by(Julian, Futter, `PIT-Tag`) %>%
  summarise(count=n()) %>%
  group_by(Julian, Futter) %>%
  summarise(count=n()) #count ist die Anzahl der Individuen
names(FS_Wald_K2) <- c("Julian", "Futter", "Individuen")
```

#Zusammenfügen

```
FS_Wald_K_Join <- FS_Wald_K %>% full_join(FS_Wald_K2, by= c("Julian", "Futter"))
```

#Quotient berechnen: gesamt Vogelbesuche/Anzahl der Vogelindividuen

```
FS_Wald_K_Join <- FS_Wald_K_Join %>% mutate(Quotient=`gesamt-FS`/Individuen)
```

#Darstellen

```
ggplot(FS_Wald_K_Join, aes(x= `Julian`, y=`Quotient`, fill=Futter))+
  geom_col(width = 0.8)+
```

```

  geom_text(aes(label=`Individuen`), position = position_stack(vjust= 0.5), colour= "black", size
=2, check_overlap = TRUE)+
  ylim(c(0, 1500))+
  labs(x="Brutzeit (julianischer Kalender)", y="Quotient", title = "Verhältnis der gesamten FS-
Besuche pro Kohlmeise")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position = "bottom")+
  scale_fill_manual(labels=c("Erdnüsse", "Mischfutter", "Sonnenblumenkerne"), values =
c("orange", "coral3", "azure4"))

```

Abbildung 16: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Futtersäule & Tag) der Blau- (A) und Kohlmeise (B) auf der Wiese.

#nachträgliches Ergänzen durch Microsoft PowerPoint

A)

Blaumeisen in der Wiese

```
FS_Wiese_B <- Futtersaeulen_Wiese_Blau %>%
```

```
  group_by(Julian, Futter) %>%
```

```
  summarise(count=n()) #count ist Anzahl der FS-Besuche gesamt
```

```
names(FS_Wiese_B) <- c("Julian", "Futter", "gesamt-FS")
```

```
FS_Wiese_B2 <- Futtersaeulen_Wiese_Blau %>%
```

```
  group_by(Julian, Futter, `PIT-Tag`) %>%
```

```
  summarise(count=n()) %>%
```

```
  group_by(Julian, Futter) %>%
```

```
  summarise(count=n()) #count ist die Anzahl der Individuen
```

```
names(FS_Wiese_B2) <- c("Julian", "Futter", "Individuen")
```

#Zusammenfügen

```
FS_Wiese_B_Join <- FS_Wiese_B %>% full_join(FS_Wiese_B2, by= c("Julian", "Futter"))
```

#Quotient berechnen: gesamt Vogelbesuche/Anzahl der Vogelindividuen

```
FS_Wiese_B_Join <- FS_Wiese_B_Join %>% mutate(Quotient=`gesamt-FS`/Individuen)
```

#Darstellen

```
ggplot(FS_Wiese_B_Join, aes(x= `Julian`, y=`Quotient`, fill=Futter))+
```

```
  geom_col(width = 0.8)+
```

```
  #geom_text(aes(label=`Individuen`), position = position_stack(vjust= 0.5), colour= "black", size
=2, check_overlap = TRUE)+
```

```
  ylim(c(0, 1500))+
```

```
  labs(x="Brutzeit (julianischer Kalender)", y="Quotient", title = "Verhältnis der gesamten FS-
Besuche pro Blaumeise")+
```

```
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position = "bottom")+
```

```
  scale_fill_manual(labels=c("Erdnüsse", "Mischfutter", "Sonnenblumenkerne"), values =
c("orange", "coral3", "azure4"))
```

B)

#Futterstellenbesuche im Verhältnis zu der Anzahl an Vögeln

#Kohlmeise in der Wiese

```
FS_Wiese <- Futtersaeulen_Wiese_Kohl %>%
```

```
  group_by(Julian, Futter) %>%
```

```
  summarise(count=n()) #count ist Anzahl der FS-Besuche gesamt pro julianischer Tag
```

```
names(FS_Wiese) <- c("Julian", "Futter", "gesamt-FS")
```

```
FS_Wiese4 <- Futtersaeulen_Wiese_Kohl %>%
```

```
  group_by(Julian, Futter, `PIT-Tag`) %>%
```

```
  summarise(count=n()) %>%
```

```
  group_by(Julian, Futter) %>%
```

```

  summarise(count=n()) #count ist die Anzahl der Individuen pro julianischer Tag
names(FS_Wiese4) <- c("Julian", "Futter", "Individuen")
#Zusammenfügen
FS_Wiese_Join <- FS_Wiese %>% full_join(FS_Wiese4, by= c("Julian", "Futter"))
#Quotient berechnen: gesamt Vogelbesuche/Anzahl der Vogelindividuen
FS_Wiese_Join <- FS_Wiese_Join %>% mutate(Quotient=`gesamt-FS`/Individuen)
#Darstellen
ggplot(FS_Wiese_Join, aes(x= `Julian`, y=`Quotient`, fill=Futter))+
  geom_col(width = 0.8)+
  geom_text(aes(label=`Individuen`), position = position_stack(vjust= 0.5), colour= "black", size
=2, check_overlap = TRUE)+
  ylim(c(0, 600))+
  labs(x="Brutzeit (julianischer Kalender)", y="Quotient", title = "Verhältnis der gesamten FS-
Besuche pro Kohlmeise")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position = "bottom")+
  scale_fill_manual(labels=c("Erdnüsse", "Mischfutter", "Sonnenblumenkerne"), values =
c("orange", "coral3", "azure4"))

```

Abbildung 17: Quotient (Futterstellenbesuche/ Individuenzahl pro Futtersäule & Tag) der Sumpfmeisen im Wald und auf der Wiese.

#nachträgliches Ergänzen durch Microsoft PowerPoint

A)

Sumpfmeise im Wald

```

FS_Wald_S <- Futersaeulen_Wald_Sumpf %>%
  group_by(Julian, Futter) %>%
  summarise(count=n()) #count ist Anzahl der FS-Besuche gesamt
names(FS_Wald_S) <- c("Julian", "Futter", "gesamt-FS")

```

```

FS_Wald_S2 <- Futersaeulen_Wald_Sumpf %>%
  group_by(Julian, Futter, `PIT-Tag`) %>%
  summarise(count=n()) %>%
  group_by(Julian, Futter) %>%
  summarise(count=n()) #count ist die Anzahl der Individuen
names(FS_Wald_S2) <- c("Julian", "Futter", "Individuen")
#Zusammenfügen
FS_Wald_S_Join <- FS_Wald_S %>% full_join(FS_Wald_S2, by= c("Julian", "Futter"))
#Quotient berechnen: gesamt Vogelbesuche/Anzahl der Vogelindividuen
FS_Wald_S_Join <- FS_Wald_S_Join %>% mutate(Quotient=`gesamt-FS`/Individuen)
#Darstellen
ggplot(FS_Wald_S_Join, aes(x= `Julian`, y=`Quotient`, fill=Futter))+
  geom_col(width = 0.8)+
  geom_text(aes(label=`Individuen`), position = position_stack(vjust= 0.5), colour= "black", size
=2, check_overlap = TRUE)+
  ylim(c(0, 700))+
  labs(x="Brutzeit (julianischer Kalender)", y="Quotient", title = "Verhältnis der gesamten FS-
Besuche pro Sumpfmeise")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position = "bottom")+
  scale_fill_manual(labels=c("Erdnüsse", "Mischfutter", "Sonnenblumenkerne"), values =
c("orange", "coral3", "azure4"))

```

B)

Sumpfmeise in der Wiese

```

FS_Wiese_S <- Futersaeulen_Wiese_Sumpf %>%

```

```

group_by(Julian, Futter) %>%
  summarise(count=n()) #count ist Anzahl der FS-Besuche gesamt
names(FS_Wiese_S) <- c("Julian", "Futter", "gesamt-FS")

FS_Wiese_S2 <- Futtersaeulen_Wiese_Sumpf %>%
  group_by(Julian, Futter, `PIT-Tag`) %>%
  summarise(count=n()) %>%
  group_by(Julian, Futter) %>%
  summarise(count=n()) #count ist die Anzahl der Individuen
names(FS_Wiese_S2) <- c("Julian", "Futter", "Individuen")
#Zusammenfügen
FS_Wiese_S_Join <- FS_Wiese_S %>% full_join(FS_Wiese_S2, by= c("Julian", "Futter"))
#Quotient berechnen: gesamt Vogelbesuche/Anzahl der Vogelindividuen
FS_Wiese_S_Join <- FS_Wiese_S_Join %>% mutate(Quotient=`gesamt-FS`/Individuen)
#Darstellen
ggplot(FS_Wiese_S_Join, aes(x= `Julian`, y=`Quotient`, fill=Futter))+
  geom_col(width = 0.8)+
  geom_text(aes(label=`Individuen`), position = position_stack(vjust= 0.5), colour= "black", size
=2, check_overlap = TRUE)+
  ylim(c(0, 600))+
  labs(x="Brutzeit (julianischer Kalender)", y="Quotient", title = "Verhältnis der gesamten FS-
Besuche pro Sumpfbeise")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position = "bottom")+
  scale_fill_manual(labels=c("Erdnüsse", "Mischfutter", "Sonnenblumenkerne"), values =
c("orange", "coral3", "azure4"))

```

Abbildung 18: Futterstellenbesuche der Blaumeisen im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender).

```

#nachträgliches Ergänzen durch Microsoft PowerPoint
Futtersaeulen_Blau %>% ggplot(aes(x=Julian, y=Futtersaeule, color= Geschlecht))+
  geom_jitter(width= 0.1, size=1, alpha= 0.4)+ #Jitterplot
  labs(x="Brutzeit", y="", title = "Jitterplot für das Geschlechterverhältnis bei der Blaumeise")+
  scale_x_continuous(breaks = seq(100, 190, 10))+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))+
  scale_color_manual(labels=c("Männchen", "Weibchen"), values = c("darkolivegreen3", "darkor-
chid3"))

```

Abbildung 19: Futterstellenbesuche der Kohlmeise im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender).

```

#nachträgliches Ergänzen durch Microsoft PowerPoint
Futtersaeulen_Kohl %>% ggplot(aes(x=Julian, y=Futtersaeule, color= Geschlecht))+
  geom_jitter(width= 0.1, size=1, alpha= 0.4)+ #Jitterplot
  labs(x="Brutzeit", y="", title = "Jitterplot für das Geschlechterverhältnis bei der Kohlmeise")+
  scale_x_continuous(breaks = seq(100, 190, 10))+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))+
  scale_color_manual(labels=c("Männchen", "Weibchen"), values = c("darkolivegreen3", "darkor-
chid3"))

```

Abbildung 35: Futterstellenbesuche der Sumpfbeisen im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender).

```

#nachträgliches Ergänzen durch Microsoft PowerPoint

```

```
Futtersaeulen_Sumpf %>% ggplot(aes(x=Julian, y=Futtersaeule, color= Geschlecht))+
  geom_jitter(width= 0.1, size=1, alpha= 0.4)+ #Jitterplot
  labs(x="Brutzeit", y="", title = "Jitterplot der Sumpfmeise")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))+
  scale_x_continuous(breaks = seq(100, 190, 10))+
  scale_color_manual(labels=c("Nicht bestimmbar"), values = c("darkorange3"))
```

Abbildung 20: Anzahl der Nistkastenbesuche am 4. Lebenstag der Jungen mit und ohne Zufütterung.

4. Lebenstag der Jungen mit Zufütterung

```
W48_4_B <- filter(w48_gesamt, `Date_clean` < "2022-05-10 00:00:01")
```

```
W48_4_B <- filter(W48_4_B, `Date_clean` > "2022-05-09 12:30:00")
```

```
W15_4_B <- filter(W15_4, `Date_clean` > "2022-07-02 12:30:00") # 4. Lebenstag der Zweitbrut in W15
```

```
W02_4 <- filter(W02_gesamt, `Date_clean` < "2022-06-20 00:00:01")
```

```
W02_4 <- filter(W02_4, `Date_clean` > "2022-06-19 12:30:00")
```

```
X05_4 <- filter(X05_gesamt, `Date_clean` < "2022-05-17 00:00:01")
```

```
X05_4 <- filter(X05_4, `Date_clean` > "2022-05-16 12:30:00")
```

```
X11_4 <- filter(X11_gesamt, `Date_clean` < "2022-05-28 00:00:01")
```

```
X11_4 <- filter(X11_4, `Date_clean` > "2022-05-27 12:30:00")
```

#Join: Zusammenführen der Daten in ein Dataframe

```
V1 <- W48_4_B %>% full_join(X05_4, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche", "TagID_hex", "Vogelart"))
```

```
V2 <- V1 %>% full_join(W02_4, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche", "TagID_hex", "Vogelart"))
```

```
Erstbruten <- V2 %>% full_join(Test3, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche", "TagID_hex", "Vogelart"))
```

#nachträgliches Einfügen der Zahlen von Anzahl Bruten/ Anzahl Junge mit Microsoft PowerPoint

```
Erstbruten %>% ggplot(aes(x=Vogelart, fill= Geschlecht))+
```

```
  geom_bar(position = "dodge", width = 0.5, alpha= 0.4)+
```

```
  labs(x="Vogelart", y="Anzahl der Nistkastenbesuche", title = "Barplot für Nistkastenbesuche am 4.Lebenstag der Jungen")+
```

```
  facet_wrap(~ Fläche)+
```

```
  theme(plot.title = element_text(hjust=0.5), legend.position = "bottom")+
```

```
  scale_fill_manual(labels=c("Männchen", "Weibchen"), values = c("darkolivegreen3", "darkorchid3"))
```

Abbildung 21: Boxplot für das Jungengewicht am 15. Lebenstag der Erstbruten der Kohlmeisen.

```
Tag15_Kohl <- Tag15_Wiegen_Groupen %>% filter(`Vogelart` == "K")
```

```
Tag15_KohlErst <- Tag15_Kohl %>% filter(!grepl("W38-2", `Nistkasten`))
```

```
ggplot(Tag15_KohlErst, aes(y= `Gewicht-J`, x= `Nistkasten`, fill=Vogelart)) +
```

```
  stat_boxplot(geom = 'errorbar', width=0.5)+
```

```
  geom_boxplot(color= "black", outlier.size = 2, outlier.shape = 8)+
```

```
  labs(x="Nistkasten", y="Gewicht der Jungen [g]", title = "Boxplot für das Jungengewicht am 15.Lebenstag")+
```

```
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position= "bottom")+
```

```
  scale_fill_manual(labels=c("Kohlmeise"), values = c("red"))
```

Abbildung 22: Mittlere Jungengewicht gegen die Anzahl der Jungen pro Brut.

```
Ausflug_Groupen <- Ausflug %>% filter(!grepl("X24", `Nistkasten`)) #Sonderfall
```

```
Ausflug_Groupen <- Ausflug_Groupen %>% filter(!grepl("W38-2", `Nistkasten`)) #Zweitbruten raus
```

```
Ausflug_Kohlmeisen <- Ausflug_Gruppen %>% filter(!grepl("Blaumeise", `Vogelart`)) #nur Kohlmeisenbruten
Ausflug_Kohlmeisen %>% ggplot(aes(y = `MW Gewicht`, x = `Anzahl Junge`, fill = Vogelart)) +
  geom_point(shape= 21, size=4, colour = "black") +
  stat_smooth(method = lm, se = FALSE, colour= "black")+
  labs(x="Anzahl der Jungen pro Brut", y="Mittlere Gewicht der Bruten [g]", title = "Verhältnis zwischen mittlerem Jungengewicht und Jungenanzahl")+
  theme(plot.title = element_text(hjust=0.5))+
  scale_fill_manual(labels=c("Kohlmeise"), values = c("red"))
```

Abbildung 23: Vergleich der einzelnen Jungengewichte [g] pro Brut der Erstbruten der Kohlmeisen mit und ohne Zufütterung.

```
Tag15_Kohl <- Tag15_Wiegen_Gruppen %>% filter(`Vogelart` == "K")
Tag15_Kohl1 <- Tag15_Kohl %>% filter(!grepl("W38-2", `Nistkasten`)) #ohne Zweitbrut
Tag15_Kohl1 %>% ggplot(aes(y = `Nistkasten`, x = `Gewicht-J`, color=Vogelart, fill=Fläche))+
  geom_point(shape = 21, size=3)+
  labs(x="Gewicht der Jungen [g]", y="Nistkästen", title = "Vergleich der Jungengewichte am 15.Lebenstag")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))+
  scale_color_manual(labels=c("Kohlmeise"), values = c("red"))+
  scale_fill_manual(values = c("white", "black"))
```

Abbildung 24: Gewicht der Jungen (g) der Kohlmeisenbruten mit und ohne Zufütterung.

```
Tag15_Kohl <- Tag15_Wiegen_Gruppen %>% filter(`Vogelart` == "K")
Tag15_Kohl1 <- Tag15_Kohl %>% filter(!grepl("W38-2", `Nistkasten`)) #ohne Zweitbrut
Tag15_Kohl2 <- Tag15_Kohl1 %>% filter(!grepl("W02", `Nistkasten`)) #ohne Sonderfall
Tag15_Kohl2 %>% ggplot(aes(y = `Gewicht-J`, x = `Fläche`, fill=Vogelart))+
  stat_boxplot(geom = 'errorbar', width=0.5)+
  geom_boxplot(color= "black",outlier.size = 2, outlier.shape = 8)+
  labs(x="", y="Gewicht der Jungen [g]", title = "Jungengewicht am 15.Lebenstag der Kohlmeisen")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))+
  scale_fill_manual(labels=c("Kohlmeise"), values = c("red"))
```

Abbildung 25: Bruterfolg der einzelnen Bruten von Blau- und Kohlmeise mit und ohne Zufütterung.

```
Ausflug_Gruppen <- Ausflug %>% filter(!grepl("W02", `Nistkasten`)) #Sonderfall
Ausflug_Gruppen <- Ausflug_Gruppen %>% filter(!grepl("X24", `Nistkasten`)) #Sonderfall
Ausflug_Gruppen <- Ausflug_Gruppen %>% filter(!grepl("W38-2", `Nistkasten`)) #Zweitbruten raus
Ausflug_Gruppen <- Ausflug_Gruppen %>% filter(!grepl("W15", `Nistkasten`)) #Zweitbruten raus
ggplot(Ausflug_Gruppen, aes(y= `Bruterfolg`, x= `Nistkasten`, color=Vogelart, fill = Fläche)) +
  geom_point(shape = 21, size = 4)+
  labs(y="Bruterfolg [ausgeflogene Junge/ gelegte Eier]", title = "Bruterfolg bei den einzelnen Bruten")+
  theme(plot.title = element_text(hjust=0.5))+
  scale_color_manual(labels=c("Blaumeise", "Kohlmeise"), values = c("blue", "red"))+
  scale_fill_manual(values = c("white", "black"))
```

Abbildung 26: Bruterfolg im Vergleich zwischen den Bruten von 2020 bis 2022.

```
## Vergleich des Bruterfolgs zwischen 2020 bis 2022
# nachträgliches Hinzufügen der Anzahl der Bruten in Microsoft PowerPoint
VorjahreBruterfolg22 %>% ggplot(aes(y=`Bruterfolg`, x= `Vogelart`, fill=Vogelart))+
  stat_boxplot(geom = 'errorbar', width=0.5)+
```

```
geom_boxplot(outlier.size = 2, outlier.shape = 8)+
facet_wrap(~ Jahr)+
labs(x="Vogelarten", y="Bruterfolg", title = "Bruterfolg 2020-2022")+
theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position= "bottom")+
scale_fill_manual(labels=c("Blaumeise", "Kohlmeise"), values = c("blue", "red"))+
scale_x_discrete("Anzahl der Bruten", labels=c("B"= "", "K"= ""))
```

Abbildung 27: Vergleich der Jungengewicht zwischen den Jahren 2020 bis 2022.

Vergleich von 2020 bis 2022

```
Vorjahre22 %>% ggplot(aes(y=`Original-Gewicht`, x=`Vogelart`, fill=Vogelart))+
  stat_boxplot(geom = 'errorbar', width=0.5)+
  geom_boxplot(outlier.size = 2, outlier.shape = 8)+
  facet_wrap(~ Jahr)+
  labs(x="Vogelarten", y="Jungengewicht (g)", title = "Jungengewichte 2020-2022")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position= "bottom")+
  scale_fill_manual(labels=c("Blaumeise", "Kohlmeise"), values = c("blue", "red"))+
  scale_x_discrete("Vogelarten", labels=c("B"="Blaumeise", "K"="Kohlmeise"))
```

Abbildung 34: Futterstellenbesuche alle Vogelarten über die Brutzeit bis 28.06.2022.

```
#Sortieren der Säulen der Futterstellenbesuche aller Vogelarten in der kompletten Brutzeit
Futtersäulen_k$Futtersaeule = factor(Futtersäulen_k$Futtersaeule, levels = c('1-geschrotete Erd-
nüsse', '4-geschrotete Erdnüsse', '3-geschälte Sonnenblumenkerne', '5-geschälte Sonnenblumen-
kerne', '2-Mischfutter', '6-Mischfutter'))
ggplot(Futtersäulen_k, aes(x= `Futtersaeule`, fill=Futter)) + #gekürzte Zeit bei Wald Futtersäulen,
gleiche Endzeit
  geom_bar(stat = "count")+
  stat_count(geom = "text", colour = "white", size = 3.5,
    aes(label = ..count..), position=position_stack(vjust=0.5))+
  labs(x="Futtersäulen", y="Vogelbesuche", title = "Barplot der Vogelbesuche über die Brutzeit")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position= "bottom")+
  scale_fill_manual(labels=c("Erdnüsse", "Mischfutter", "Sonnenblumenkerne"), values =
c("orange", "coral3", "azure4"))+
  scale_x_discrete("Futtersäulen", labels=c("1-geschrotete Erdnüsse"= "1", "2-Mischfutter"= "2",
"3-geschälte Sonnenblumenkerne"= "3", "4-geschrotete Erdnüsse"= "4", "5-geschälte Sonnenblu-
menkerne"= "5", "6-Mischfutter"= "6"))
```

Statistik Test: Chi-Quadrat Anpassungstest und Binominaltest

Chi-Quadrat Anpassungstest

#Häufigkeitstabelle der kategoriellen Variable Futter

```
obs <- table(Futtersäulen_k$Futter)
```

```
obs #Erdnüsse(151469), Mischfutter(23003), Sonnenblumenkerne(75038)
```

#unterstellte Gleichverteilung als neuer Vektor

```
exp <- c(1/3, 1/3, 1/3) #drei Ausprägungen, jede Gleichverteilt also 1/3-Verteilung
```

```
chisq.test(x = obs, p = exp)
```

```
#data: obs
```

```
#X-squared = 100408, df = 2, p-value < 2.2e-16
```

Bei diesem Test wurde die Nullhypothese, dass die drei Futterarten (kategoriale Variablen) gleich häufig gefressen wurden. Wenn die Nullhypothese verworfen wird ($p < 0,05$) dann sind die Futterarten nicht gleich häufig (nicht gleich beliebt).

```

#Zweiter Test: Binominal Test
#Daten auf Test vorbereiten
Futtersäulen_k <- Futtersäulen_k %>% mutate(ErdTest = "NA")
Futtersäulen_k <- Futtersäulen_k %>% mutate(ErdTest = (recode(Futtersäulen_k$`Futter`, "Erd-
nüsse" = "1", "Mischfutter" = "0", "Sonnenblumenkerne" = "0")))

p<-0.5 #Erfolgswahrscheinlichkeit von 50 %
n<- sum(Futtersäulen_k$ErdTest>=0, na.rm = TRUE) # Gesamtheit der Beobachtungen/ FS-
Besuchen
#n= 249510
x<- sum(Futtersäulen_k$ErdTest>=1, na.rm = TRUE) #zählen der Erdnussbeobachtungen
#x= 151469
binom.test(x, n, p)
#p-value < 2.2e-16 - H0: Stichprobe und Grundgesamtheit sich nicht unterscheiden (Gleich), H0
muss bei Signifikanz verworfen werden
#probability of success: 0.6070658 Anteil der Erdnüsse von Gesamtheit also 60,7% Erdnüsse
gefressen

binom.test(x, n, p, alternative = "greater") #HA: von einem höheren Anteil der Erdnüsse als
Grundgesamtheit aus
#p-value < 2.2e-16 also signifikant, kleiner als 0,05, lehnen H0 ab, HA wird angenommen
#probability of success: 0.6070658

```

Abbildung 36: Vergleich der Nistkastenbesuche zwischen den Erst- und Zweitbruten in verschie-
denen Nistkästen.

```

#Zweitbruten (beide Zweitbruten in einem anderen Nistkasten als die erste Brut)
Z2 <- W15_4 %>% full_join(W30, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche",
"TagID_hex"))
#Zweitbrut im Vergleich zur Ersten Brut
Z2uE <- Z2 %>% full_join(W37, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht", "Fläche",
"TagID_hex"))
Z2uE <- Z2uE %>% full_join(W48_4_B, by= c("Ort", "Date_clean", "Nistkasten", "Geschlecht",
"Fläche", "TagID_hex"))
#Daten vorbereiten
Z2uE$Nistkasten = factor(Z2uE$Nistkasten, levels = c('W48', 'W15', 'W37', 'W30'))
Z2uE %>% ggplot(aes(x=Nistkasten, fill= Geschlecht))+ #geom_bar bei kategoriellen Variablen
  geom_bar(width = 0.5, alpha= 0.4)+
  labs(x="Nistkästen", y="Anzahl der Nistkastenbesuche", title = "Barplot für Nistkastenbesuche
am 4.Lebenstag der Jungen")+
  theme(plot.title = element_text(hjust=0.5))+
  scale_fill_manual(labels=c("Männchen", "Weibchen"), values = c("darkolivegreen3", "darkorch-
id3"))

```

Abbildung 37: Vergleich der Gelegegröße zwischen den Jahren 2020 bis 2022.

```

#Zusammenhang zwischen Gelegegröße und Jahren
ggplot(VorjahreBruterfolg22, aes(x= `Jahr`, y=`Final Clutch size`))+
  stat_boxplot(geom = 'errorbar', width=0.5)+
  geom_boxplot(color= "black", outlier.size = 2, outlier.shape = 8)+
  labs(x="Jahr", y="Gelegegröße", title = "Vergleich der Gelegegröße zwischen den Jahren")+
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))

```

b) Weitere Abbildungen

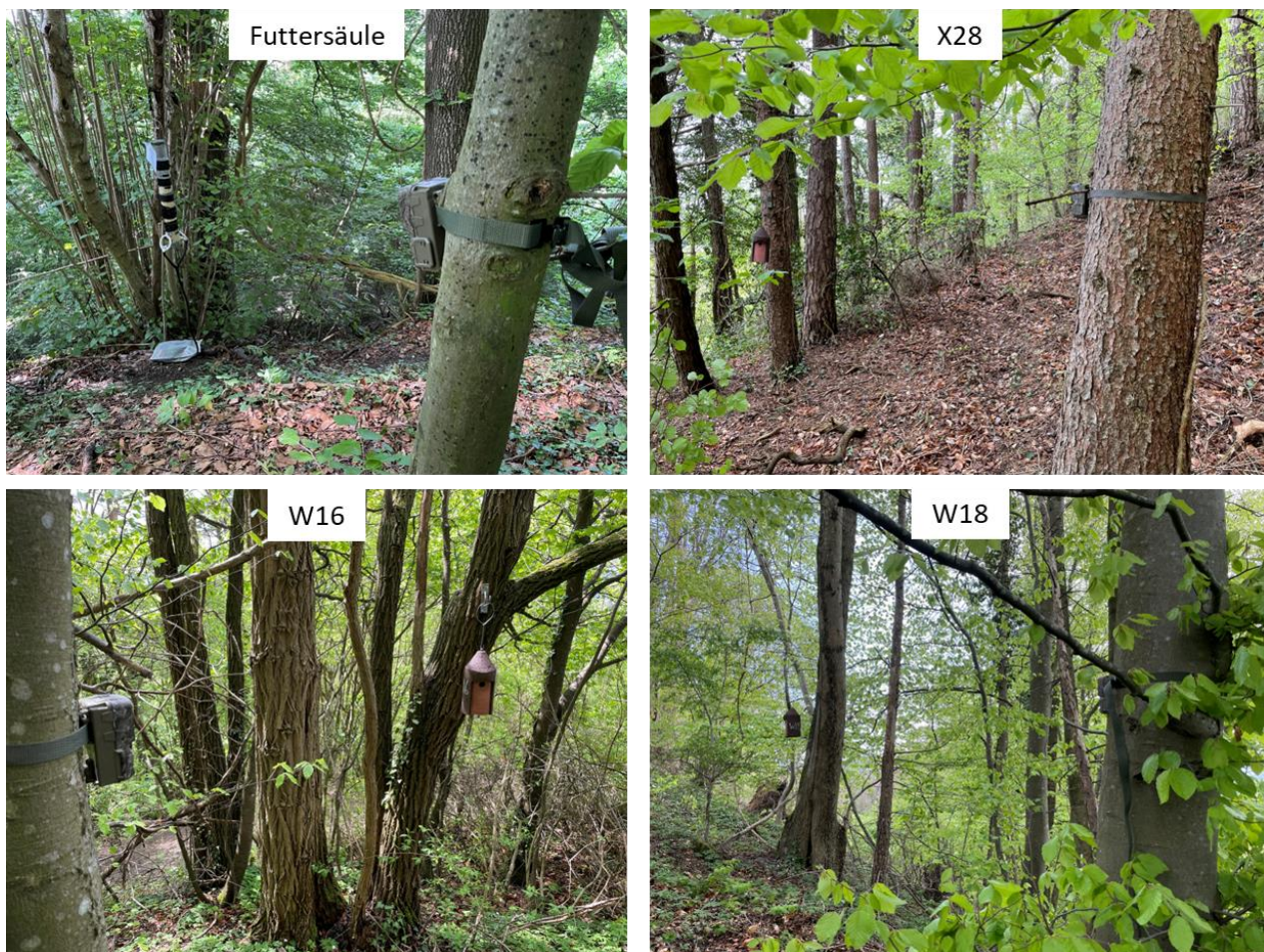


Abbildung 30: Angebrachte Wildtierkameras für Aufnahme von möglichen Prädatoren am Nistkasten und den Besuchern an der Futtersäule mit Erdnüssen im Laubmischwald.

Drei Wildtierkameras wurden mit Ausrichtung auf die Nistkästen W16, W18 und X28 angebracht, in deren Umgebung Prädation stattgefunden hat und Nestbau begonnen wurde. Die Besucher der Futtersäule 4 wurden dokumentiert.



Abbildung 31: Geöffnete Löcher der Futtersäulen durch Wildtiere.

Die verschlossenen Löcher durch Panzertape wurden durch Eichhörnchen und Spechte geöffnet, welche durch eine angebrachte Wildtierkamera aufgenommen wurden.

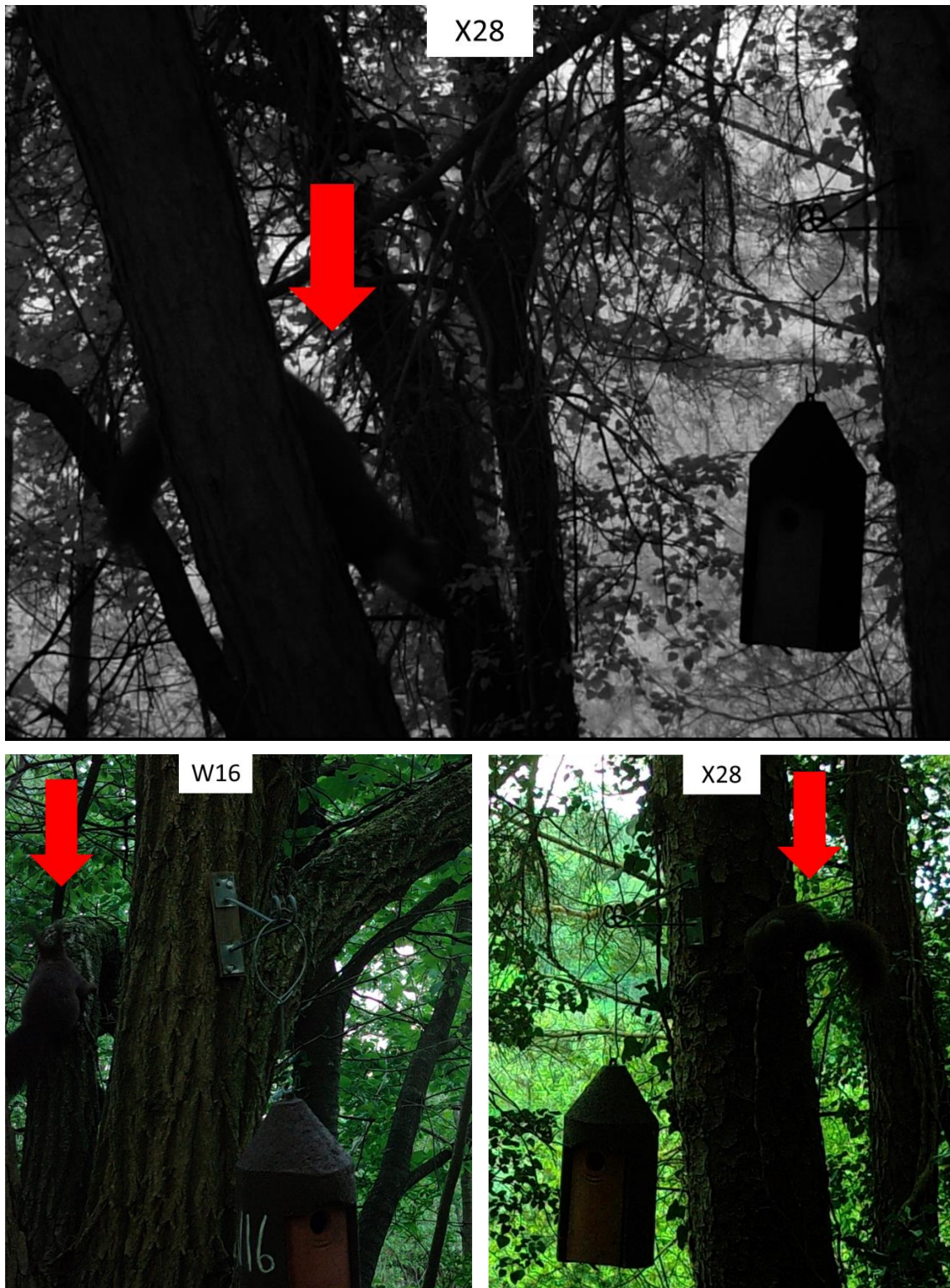


Abbildung 32: Bilder von den Nistkästen W16 und X28 mit Annäherung durch mögliche Prädatoren (Eichhörnchen und Baummarder).
Annäherung der Nistkästen W16 und X28 durch mögliche Prädatoren wie Eichhörnchen und bei Nistkästen X28 auch durch einen Baummarder. Die Bilder entstanden als noch keine Eier/ Jungen im Nistkasten X28 waren.

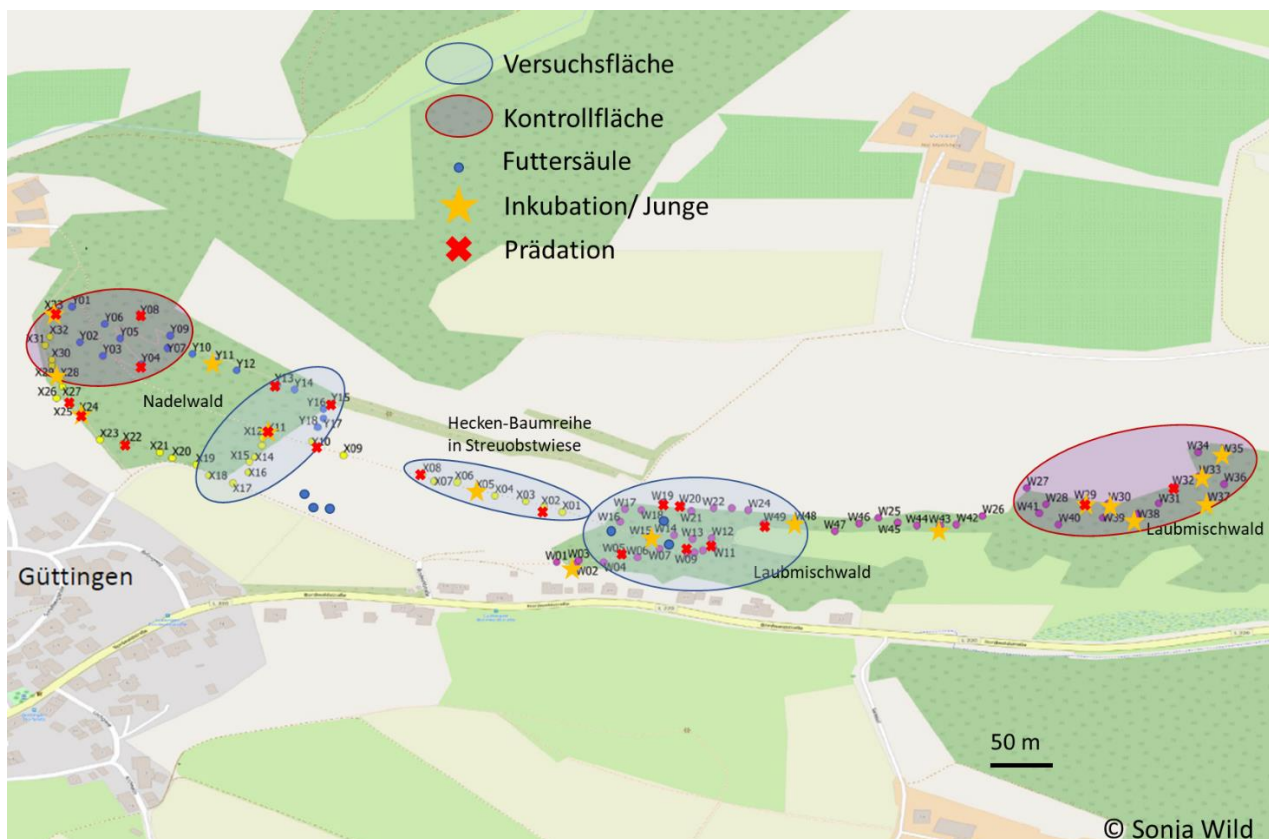


Abbildung 33: Einteilung in Versuchs- und Kontrollflächen unter Angabe der Nistkästen mit Prädation und inkubierten Bruten.

Die Kontrollflächen (rote Kreise) und Versuchsflächen (blaue Kreise) umfassten jeweils mindestens 15 Nistkästen (Ausnahme Streuobstwiese mit acht Nistkästen). Die Futtersäulen (blaue Punkte) wurden im Laubmischwald und am Rande der Streuobstwiese mit umgebener Viehweide aufgehängt. Die Bruten mit Inkubation der Eier und Jungen sind markiert (gelbe Sterne), diese wurden aber teils durch Prädation beendet (rote Kreuze). Außerdem sind die Positionen der Nistkästen markiert (rote Kreuze), in denen Prädation von Meisen (Nestlinge oder Adulte) vermerkt wurde.

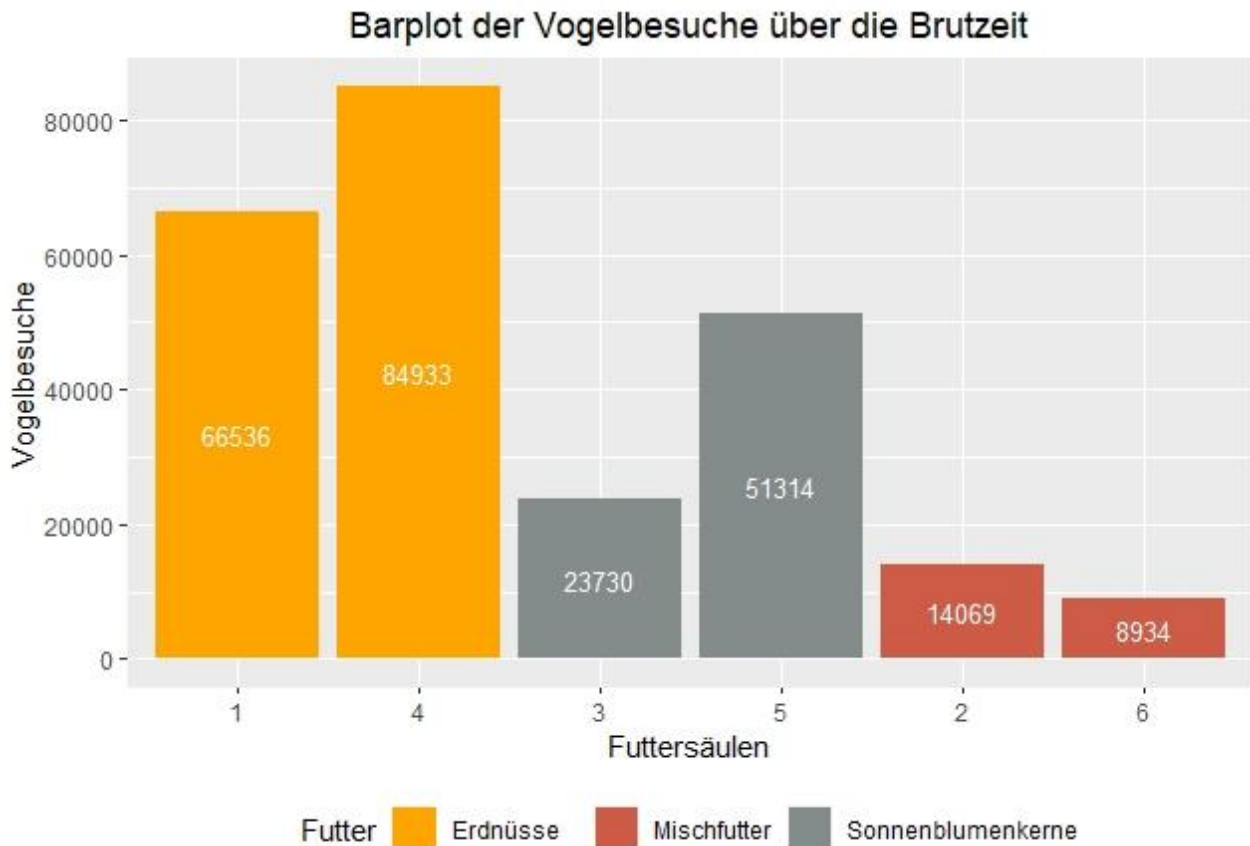


Abbildung 34: Futterstellenbesuche alle Vogelarten über die Brutzeit bis 28.06.2022.

Es wurden insgesamt die Futterstellen 1 und 4 mit geschroteten Erdnüssen mehr besucht (Futtersäule 1: 66536, Futtersäule 4: 84933). Die geringsten Besuche wiesen die beiden Futterstellen mit Mischfutter auf (Futtersäule 2: 14069; Futtersäule 6: 8934). Die Futterstelle 5 mit geschälten Sonnenblumenkernen im Laubmischwald wurde häufiger von als Futterstelle 3 in der Wiese besucht. Bei mehr als der Hälfte der Futterstellenbesuche wurden Erdnüsse gefressen (Alternativhypothese angenommen, p -Wert $< 0,001$; Erfolgswahrscheinlichkeit bei 60,7 %). Die drei Futterarten weisen keine 1/3-Verteilung auf, da die Futterarten nicht gleich beliebt sind (X^2 -test = 100408, $df = 2$, p -Wert $< 0,001$).

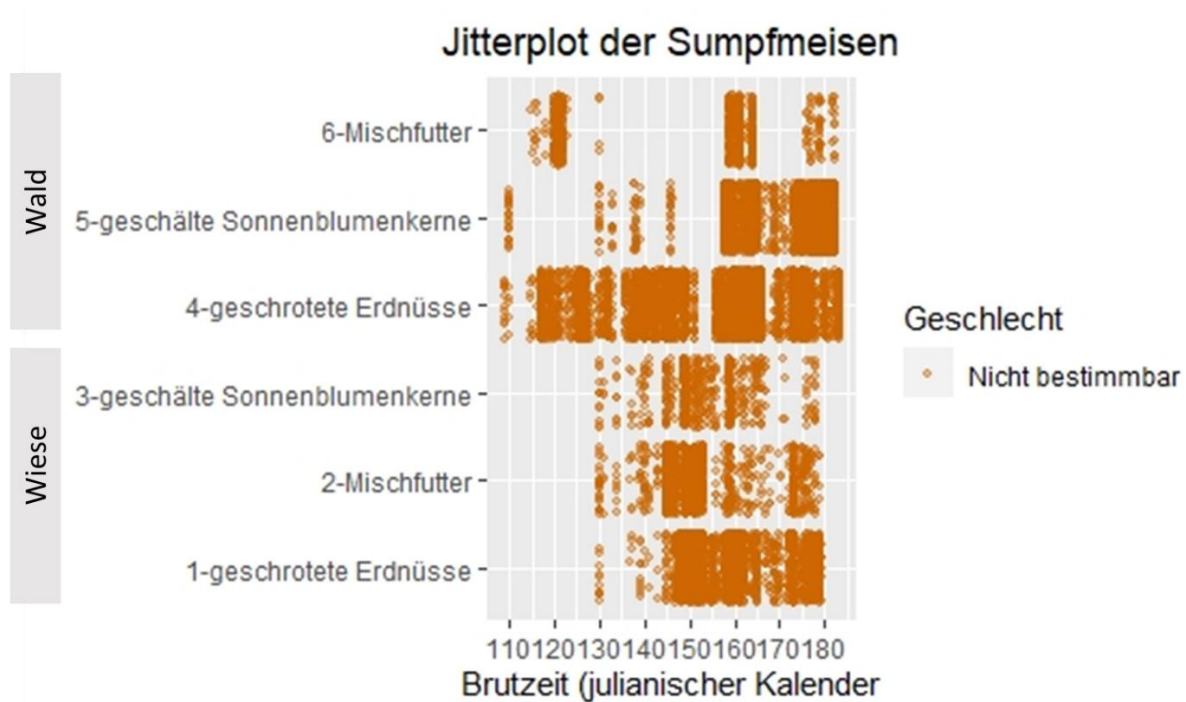


Abbildung 35: Futterstellenbesuche der Sumpfmeisen im Wald und auf der Wiese als Jitterplot über die Brutzeit (julianischer Kalender).

Insgesamt wurden fünf Individuen mit nicht bestimmbarem Geschlecht festgestellt. Jede Futtersäule wurde von drei Sumpfmeisen über die Brutzeit besucht.

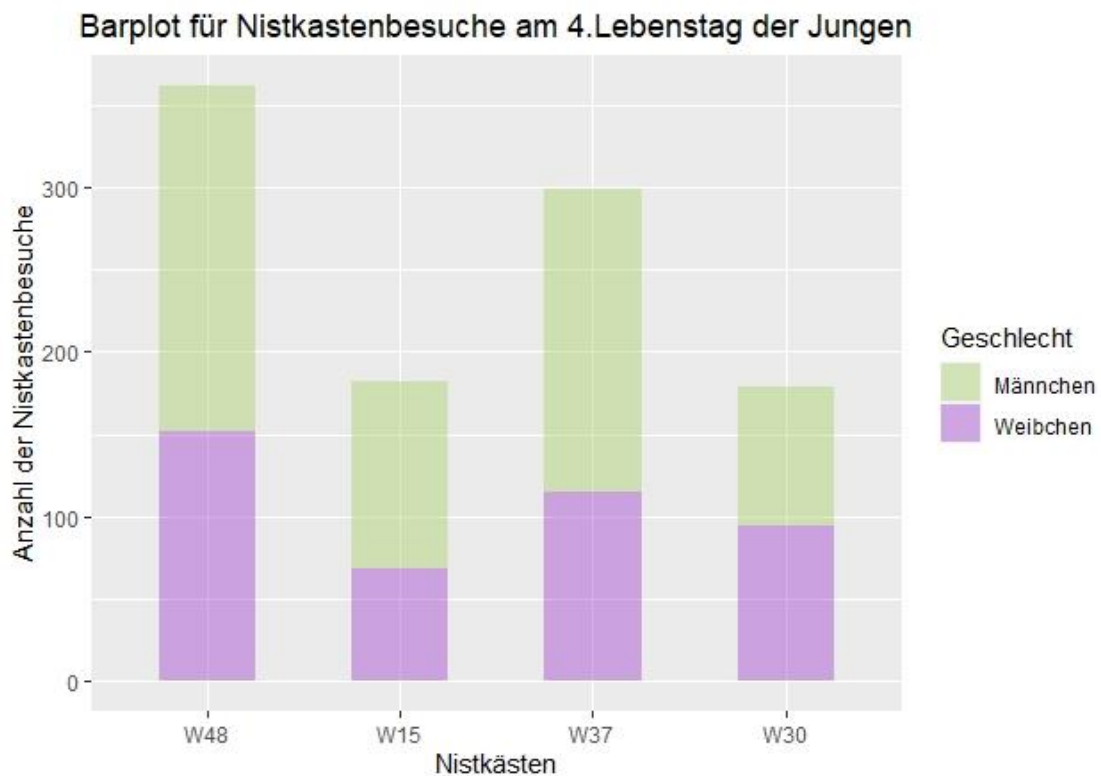


Abbildung 36: Vergleich der Nistkastenbesuche zwischen den Erst- und Zweitbruten in verschiedenen Nistkästen.

Nach bestätigter erfolgreicher Erstbrut wurde die Zweitbrut begonnen, wofür die Brutpaare gleich zusammengesetzt blieben. Die Erstbruten wurden häufiger als die Zweitbruten von beiden Eltern am vierten Lebenstag besucht, ansonsten wurden keine Unterschiede festgestellt.

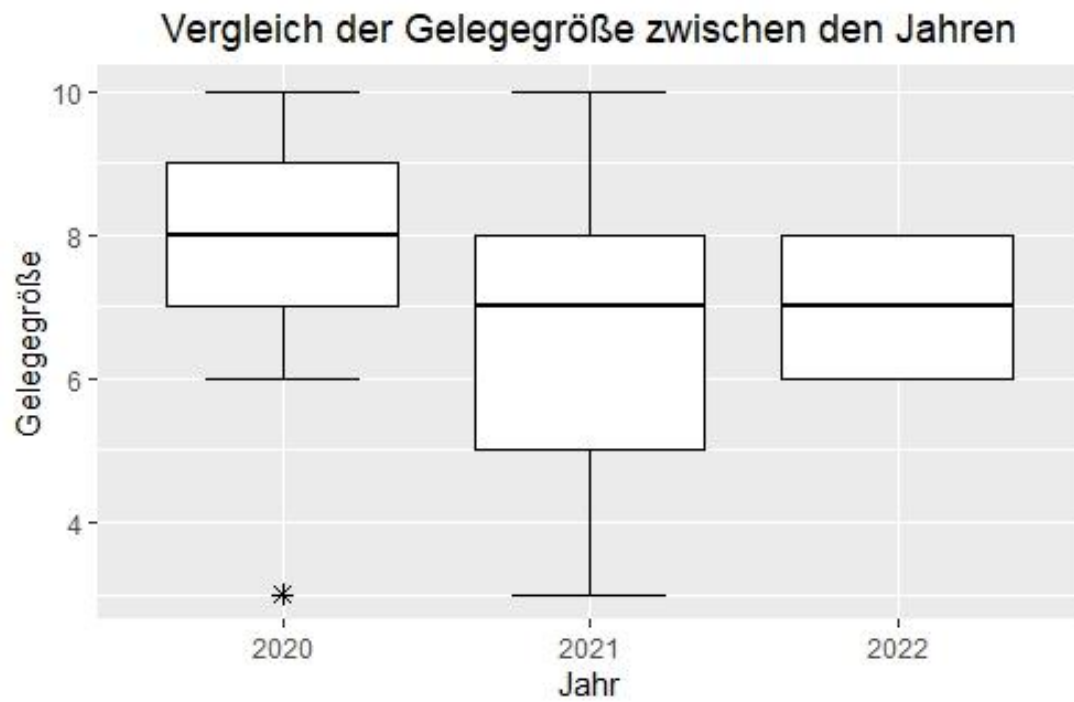


Abbildung 37: Vergleich der Gelegegröße zwischen den Jahren 2020 bis 2022.
Die Gelegegröße unterscheiden sich nicht über die Jahre.

11. Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die von mir eingereichte Abschlussarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

München, 28.10.2022 J. Rohde

Ort, Datum, Unterschrift