



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Die Rolle von Duftstoffen im Fortpflanzungs- und
Explorationsverhalten von Meisen“

verfasst von

Barbara Josefa Weiß

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 439

Studienrichtung lt. Studienblatt: Diplomstudium Biologie/Zoologie

Betreut von: ao. Univ.-Prof. Dr. Hans-Christoph Winkler

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschrift

Einleitung	3
Fragestellung und Ziel der Studie	11
Die Rolle von Duftstoffen im Fortpflanzungserfolg bei Blaumeisen (<i>Cyanistes caeruleus</i>) und Kohlmeisen (<i>Parus major</i>).....	12
1. Einleitung	12
2. Material und Methoden	17
3. Ergebnisse	19
4. Diskussion.....	24
5. Literaturliste	28
Individualität, Neophobie und Exploration bei Blaumeisen (<i>Cyanistes caeruleus</i>).....	31
1. Einleitung	31
2. Material und Methoden	34
2.1 Anpassung an die experimentelle Situation.....	35
2.2 Neophobie	36
2.3 Explorationsverhalten	36
3. Ergebnisse	38
3.1 Anpassung an die experimentelle Situation.....	39
3.2 Neophobie	40
3.3 Explorationsverhalten	42
4. Diskussion.....	44
5. Literaturliste	48
6. Quellennachweis	50
Zusammenfassung	51
Summary.....	54
Danksagung	57
Curriculum Vitae	58
Anhang.....	59

Einleitung

Die Annahme, dass Vögel geruchsblind sind bzw. kaum riechen können und dass Gerüche somit keine Interaktionen zwischen dem Empfänger und ihrer unmittelbaren Umgebung hervorrufen, ist heute noch Bestandteil „allgemeiner“ Kenntnis, da wir aus menschlicher Sicht annehmen, dass Vögel, die einen starren Schnabel und Nasenlöcher besitzen und nicht an Objekten oder an Artgenossen schnüffeln, nicht in der Lage sind, zu riechen (Balthazart & Taziaux, 2009, Roper, 1999). Inzwischen belegen anatomische, elektrophysiologische und verhaltensbiologische Analysen, dass Vögel in der Regel ein gut funktionierendes Geruchssystem haben und dass sie in der Lage sind, Geruchsinformationen in zahlreichen ethologischen Kontexten zu nutzen (Balthazart & Taziaux, 2009). Neuroanatomische und morphologische Nachweise belegen, dass das Ausmaß der Geruchsentwicklung der Vögel etwa jenem der Säugetiere entspricht (Mason Russell & Clark, 2000) und dass sich das Geruchssystem der Vögel in seiner Anatomie nicht stark von jenem der Amphibien, Reptilien und der Säugetiere unterscheidet (Roper, 1999; Balthazart & Taziaux, 2009). Allerdings besitzen Vögel kein Vomeronasalorgan (Jacobson-Organ; Roper, 1999; Mason Russell & Clark, 2000).

Die chemischen Sinne werden in drei Klassen unterteilt: (1) Olfaktion (Geruchssinn; in der Nasenhöhle befinden sich Geruchsrezeptoren, es können schwache aerogene chemische Reize wahrgenommen werden, die weit entfernt von einer Geruchsquelle sind), (2) Gustation (Geschmacksvermögen; ein Nahsinn, d.h. Geschmacksempfindungen werden nur dann ausgelöst, wenn Reize innerhalb bzw. dicht vor der Mundhöhle liegen, so dass es zu einem Kontakt mit der Zunge kommt; die Geschmacksknospen sind im Pharynx lokalisiert und beherbergen die Geschmacksrezeptoren) und (3) Trigeminaler Chemorezeption (Allgemeiner chemischer Sinn, „Chemesthesis“; dem Nervus trigeminus (fünfter Hirnnerv) werden keine spezifischen Sinneszellen zugeordnet; auf die chemischen Reize reagieren freie Nervenendigungen, die sich in den Schleimhäuten der Nasen- und Mundhöhle und im Auge befinden) (Roper, 1999; Mason Russell & Clark, 2000). Aber bei den meisten Verhaltensstudien der Vögel wurde verabsäumt, zwischen diesen drei chemischen Sinnen zu unterscheiden (Roper, 1999).

Die durch paarig angelegte Nasenlöcher eingeatmete Luft gelangt in die Nasenhöhle, die in drei Nasenmuscheln unterteilt ist. In der dritten Nasenmuschel (kaudale N.)

befindet sich das eigentliche Geruchsorgan, das von einem Riechepithel bedeckt wird und von einem Knorpel gestützt wird, welcher eine Einstülpung oder einen Riechtuberkel (*Tuberculum olfactorium*) bildet. Der Riechtuberkel kann sehr verschieden gestaltet sein. In manchen Arten ist er vergrößert oder zusammengerollt, dadurch nimmt die Oberfläche für die Geruchsrezeptoren zu. Die Größe der olfaktorischen Nasenmuschel, das Ausmaß und die Struktur des Epithels unterscheiden sich beträchtlich zwischen den Vogelarten, was auf deutliche Unterschiede in der Geruchsempfindlichkeit und damit in der Reichweite hindeutet (Roper, 1999). Allgemein besteht eine Korrelation zwischen der Fläche des Riechepithels und der Größe des Riechkolbens (*Bulbus olfactorius*) und es wird angenommen, dass die Größe des Epithels die Menge der Geruchsinformationen, die verarbeitet werden können, widerspiegelt (Roper, 1999). Duftmoleküle binden sich an spezifische Rezeptormoleküle, die in der Membran der Riechsinneszellen liegen, und lösen Aktionspotentiale aus, die über paarige Geruchsnerven zum Riechkolben geleitet werden. Der Riechkolben wiederum leitet zu verschiedenen Bereichen des Telencephalons und weiter zu verhaltensrelevanten Bereichen des Gehirns, die die erhaltenen Informationen verarbeiten (Balthazart & Taziaux, 2009). Ob die unterschiedlich geformte Anatomie der Riechtuberkel Auswirkungen auf das Geruchsvermögen der Vögel hat, ist noch nicht hinreichend bekannt.

In den 70ern Jahren des letzten Jahrhunderts wurde durch Bang und Cobb die relative Größe des Riechkolbens von 108 Vogelarten vermessen, dabei wurde das Verhältnis des längsten Durchmessers des Riechkolbens zum längsten Durchmesser der entsprechenden zerebralen Hemisphäre bestimmt (Bang & Cobb, 1968). Die Vermessung des primären olfaktorischen Zentrums (Riechkolben) des Gehirns ergab, dass eine Korrelation zwischen der Fähigkeit zur Geruchswahrnehmung und der relativen Größe des Riechkolbens besteht, was darauf hindeutet, dass in manchen Arten der Geruchssinn von höherer Bedeutung ist, als in anderen (Bang & Cobb, 1968). Die Größe des Riechkolbens in Relation zu der Größe des übrigen Gehirns kann als Index für den Umfang der Geruchskapazitäten in den Vogelarten verwendet werden (Roper, 1999), außer bei Sperlingsvögeln: in dieser Ordnung gibt es keine Korrelation zwischen der Geruchsschärfe und der relativen Größe des Riechkolbens (Clark et al., 1993) und sie besitzen zudem die kleinsten Riechkolben in der gesamten Vogelwelt (Bang & Cobb, 1968). Die Ergebnisse zeigten deutliche Abweichungen in dem Bulbus-zu-Hemisphäre-Verhältnis zwischen einem Höchstwert

von 37 % im Schneesturmvogel (*Pagodroma nivea*) und dem niedrigsten Wert von 3 % in der Schwarzkopfmeise (*Parus atricapillus*; Bang & Cobb, 1968). Dies führte zu der generellen Annahme, dass eine Zunahme in der Größe eines Teils des Gehirns eine Zunahme in der Funktion mit sich bringt (Bang & Cobb, 1968; Bang, 1971). Experimente haben gezeigt, dass bei Arten mit einem hohen Bulbus-zu-Hemisphäre-Verhältnis (über 28 %) die olfaktorische Wahrnehmung von primärer Bedeutung ist (Buitron & Nuechterlein, 1985), während bei Arten mit einem niedrigen Wert, z.B. Sperlingsvögel, Geruch eine untergeordnete Rolle innehatte.

Die molekulare Basis des Geruchsinnes sind die Geruchsrezeptor-Gene (OR). Die OR-Gene werden in den Neuronen der Riechschleimhaut gebildet und sind für die Detektion von Geruchsmolekülen verantwortlich (Niimura & Nei, 2007). Bei Vögeln korreliert die Gesamtanzahl der OR-Gene in einem Genom positiv mit der Anzahl von Gerüchen, die aufgenommen und unterschieden werden können. Die Anzahl der Gene ist somit an die relative Größe des Riechkolbens gekoppelt (Niimura & Nei, 2007; Steiger et al., 2008). Die Untersuchung der OR-Gene in 9 verschiedenen Vogelarten von sieben Ordnungen zeigte, dass die Gesamtanzahl von OR-Genen sehr unterschiedlich ist – sie reicht von 107 bis 667; bei der Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*) lässt sich ein Wert von 218 nachweisen – und dies könnte bedeuten, dass die ökologische Nische einer Art das Repertoire der Geruchsrezeptor-Gene beeinflusst, wie man es bei Säugetieren vermutet (Niimura & Nei, 2007; Steiger et al., 2008). Zwei Spezies, der Südliche Streifenkiwi (*Apteryx australis*) und der Kakapo (*Strigops habrolopus*) haben eine hohe Rezeptoranzahl und es wird angenommen, dass dies als eine Anpassung an ihre Nachtaktivität bewertet werden kann (Steiger et al., 2008; 2009). Durch zahlreiche wissenschaftliche Versuche wurde eindeutig belegt, dass die bereits untersuchten Vogelarten riechen können und dass verschiedene Geruchsreize in unterschiedlichen biologischen Kontexten verwendet werden. Das Wissen, wie Vögel mit Geruchsreizen umgehen, gibt Aufschluss über ihre Verhaltensweisen, allerdings konzentrierten sich die Wissenschaftler lange Zeit auf Arten, die bekannt für ihre Geruchsfähigkeiten sind, z.B. Truthahngerier (*Cathartes aura*). Freilandversuche beschäftigten sich mit der Frage wie Geier Nahrung auffinden, dabei wurde kaum die Thematik über die Natur der Gerüche, über die Verfügbarkeit der relevanten Gerüche in der Atmosphäre und über ihre wahrnehmbare Konzentration über deutliche Entfernungen von der Geruchsquelle reflektiert. Hinsichtlich dieser Fragen können nur eine neue

Herangehensweise und eine Zusammenarbeit zwischen Chemikern, Atmosphärenwissenschaftlern und Verhaltensbiologen eine Beantwortung garantieren (Roper, 1999).

Ab den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden weitere Versuche entwickelt, um die Funktion des Vogelgeruchs in Zusammenhang mit dem Fressverhalten, der Navigation und dem Wiedererkennen der familiären Umgebung zu erkunden. Feldstudien mit verschiedenen Arten von Röhrennasen (*Procellariiformes*) haben gezeigt, dass sie empfindsam auf eine Vielfalt von Gerüchen reagieren, die ihrer primären Beute zugeordnet wird (Nevitt, 2000). Weiters sind die Arbeiten im Zusammenhang mit den europäischen Staren (*Sturnus vulgaris*) und den korsischen Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*) zu erwähnen. Zahlreiche Versuche bestätigen, dass das Starenmännchen und beide Geschlechter der Blaumeise in der Lage sind, gezielt verschiedene aromatische Pflanzenfragmente in ihr Nest einzufügen, die, wie man annimmt, der Gesundheit der Jungtiere dienen, indem z.B. die Entwicklung von Parasiten gehemmt wird.

Ein Parasit (Schmarotzer) ist ein Lebewesen, der auf oder in einem artfremden Organismus lebt und von ihm Nahrung bezieht und ihn schädigt (Lucius & Loos-Frank, 2008). Zwei Großgruppen werden unterschieden: Ektoparasiten (z.B. Zecken, Flöhe), die auf dem Wirtskörper leben, und Endoparasiten (z.B. Nematoden, Trematoden), die im Inneren des Wirts existieren. Auf dem Wirt entwickeln sich die Flöhe (*Siphonaptera*) von der detritusfressenden Larve bis zur blutsaugenden Imago (Bezzel & Prinzing, 1990). Sie sind Nestschmarotzer, die nur zur Nahrungsaufnahme auf den Wirt springen, sie sind lateral stark abgeflacht, flügellos und besitzen einen Chitinpanzer. Meisen, die auf der Suche nach Nisthöhlen sind, versuchen Nistkästen zu vermeiden, die stark verfloht sind. Jungtiere mit Flöhen haben deutlich weniger rote Blutkörperchen, sie sind leichter und ihre Sterblichkeitsrate ist höher, als bei Küken in Nestern ohne Flöhe. Durch den Befall des Nestes mit Flöhen wird die genetische Fitness der Wirtstiere stark vermindert (Lucius & Loos-Frank, 2008). Durch Flohstiche hervorgerufener Juckreiz und Kratzen kann zu Hautverletzungen und zu sekundären bakteriellen Infektionen führen. Es sind etwa 2 500 Floharten bekannt und ungefähr 175 davon befinden sich auch auf Vögeln. In Mitteleuropa ist der Vogelfloh weit verbreitet, besonders bei Höhlenbrütern (Lucius & Loos-Frank, 2008).

Ebenfalls bei höhlenbrütenden Vögeln (Meisen, Sperlingen, Spechten etc.) kommt **in** Mittel- und Nordeuropa häufig *Ixodes arboricola* vor. Die Schildzecken (*Ixodidae*) sind eine Ordnung der Milben. Diese temporären Ektoparasiten besitzen eine lederartig dehnbare Haut und bohren sich mit ihren Mundwerkzeugen in die Haut der Wirtstiere. Durch die zugefügten Wunden können bakterielle Sekundärinfektionen entstehen, oder sie dienen als Eiablageplätze der Fliegen. Bei mehreren Zecken am selben Wirtstier kann ein hoher Blutverlust eintreten, der zur Schwächung des Tieres führen kann (Lucius & Loos-Frank, 2008).

Der Europäische Star fügt während des Nestbaues frische Vegetation ein und er wählt dabei Pflanzen, deren flüchtige organische Stoffe die Schlupfrate der Arthropoden und das Bakterienwachstum hemmen. Die chemischen Bestandteile der verwendeten Pflanzenteilchen könnten als Begasungsmittel gegen Parasiten und gegen Krankheitserreger wirken (Clark & Mason Russell, 1985). Die Ausflugmasse von Flüge gewordenen Staren, die aus Nestern mit Kräutern stammten, war höher als bei Küken aus Nestern ohne Pflanzenbestandteile. Es starben mehr Küken in Nestern, die eine höhere Anzahl von Bakterien oder Milben enthielten. Bei Nestern, die keine Vegetation enthielten, sank die Anzahl der Jungtiere wegen zunehmender Belastung durch Milben, während in Nestern mit Pflanzenteilchen kein Effekt auf die Anzahl der Küken zu sehen war. Der positive Einfluss der Kräuter auf das Wachstum der Nestlinge zeigt, dass jene Kräuter entweder direkt (z.B. als Immunstimulantien) die Kondition der Nestlinge erhöhen und ihnen helfen, mit den schädlichen Auswirkungen der Milben fertig zu werden, oder es wird eine geeignete Nestumgebung hergestellt, die vorteilhaft für die Entwicklung der Tiere ist, indem die Anzahl der Krankheitskeime verringert wird (Gwinner & Berger, 2005). Bei der Untersuchung von Luftproben aus Nistkästen (Star) fanden sich volatile Komponenten (einige auch mit medizinischen Eigenschaften), denen sowohl Küken als auch Parasiten ausgesetzt waren. Kräuter hatten keine hemmende Wirkung auf die Anzahl der Ektoparasiten im Nest, aber sehr wohl auf das Bakterienwachstum. Es zeigte sich, dass Stechmücken Nester mit Kräutern weniger oft anfliegen. Jungtiere von Nestern, die Kräuter beinhalteten, waren schwerer, hatten mehr rote Blutkörperchen und mehr basophile Leukozyten. Die bessere Kondition könnte von den Pflanzenstoffen bewirkt werden, die Elemente des Immunsystems stimulieren und den Jungtieren dabei helfen, leichter mit schädlichen Auswirkungen fertig zu werden (Gwinner & Berger, 2006). Mennerat et al. stellte bei einer Untersuchung an

Blaumeisen fest, dass aromatische Pflanzen die Bakteriengemeinschaften auf Küken erheblich beeinträchtigen (Mennerat et al., 2009).

Tiere sind laufend Umweltveränderungen ausgesetzt, z.B. das ständig wechselnde Nahrungsangebot oder die Interaktion mit anderen Tieren. Die Reaktion auf verschiedene Herausforderungen kann gewichtige Fitnesskonsequenzen haben und entscheidend für das Überleben eines Individuums sein (Mettke-Hofmann et al., 2005). Es gibt immer mehr Belege, dass sich Individuen konsequent in ihrer Reaktion auf Umweltveränderungen unterscheiden. Diese unterschiedlichen Verhaltensstrategien werden als Persönlichkeitsmerkmale, Strategien, Profile, Verhaltenssyndrome, Veranlagungen, Temperamente, Verhaltenstendenzen etc. bezeichnet (Dall et al., 2004; Sih et al., 2004, Groothuis & Carere, 2005). Ein Persönlichkeitsmerkmal wird oft als Abfolge von korrelierten Verhaltensweisen - entweder innerhalb eines bestimmten Verhaltenskontextes (z.B. Korrelation zwischen dem Futtersuchverhalten in verschiedenen Habitaten) oder in unterschiedlichen Kontexten (z.B. Korrelationen zwischen dem Verhalten bei Fütterung, Paarung, Aggressivität und Abwanderungsverhalten) bezeichnet (Verbeek et al., 1994, 1996; Drent & Marchetti 1999, Sih et al., 2004). Einige Individuen können allgemein aggressiver oder aktiver sein, während bei anderen Tieren diese Verhaltensweisen schwächer ausgeprägt sind. Eine mögliche Erklärung für diese Verhaltenskorrelation ist, dass Kompromisse erzielt werden, z.B. ein aggressiver Genotyp könnte in gewissen Situationen, in denen eine hohe Aggressivität von Vorteil ist, begünstigt sein, während in anderen Situationen Tiere, die einen niedrigeren Aggressivitätsgrad besitzen, einen höheren Nutzen erzielen (Sih et al., 2004). Somit könnten Persönlichkeitsmerkmale in der Erhaltung von individuellen Varianten eine große Bedeutung haben und unterschiedliche Persönlichkeiten können in geeigneten Variationen auf lange Sicht nebeneinander bestehen (Sih et al., 2004). Diese individuellen Unterschiede haben eine genetische Komponente (Dingemanse et al., 2002; van Oers et al., 2004) und von einem evolutionären Standpunkt aus wird vermutet, dass das Verhalten adaptiv ist, um auf Veränderungen in der Umwelt zu reagieren (Dingemanse et al., 2003).

Das Explorationsverhalten (Erkundungsverhalten) ist das aktive Eindringen in neue Gebiete oder die Kontaktaufnahme zu neuen unbekannten Objekten in einem bereits bekannten Umfeld. Das erkundende Tier lernt Unbekanntes (z.B. neue Futterquellen) kennen und erweitert gleichzeitig seinen Aktionsradius. Das Explorationsverhalten

wird durch das Drd4-Gen (Dopamin Rezeptor D4 Gen) beeinflusst, das bereits im Menschen und in Vögeln nachgewiesen wurde. An Kohlmeisen wurde festgestellt, dass Individuen mit einer bestimmten Variante dieses Gens ein stärkeres Erkundungsverhalten haben – sie sind „neugieriger“ – als bei Individuen mit anderen Formen des Gens. Handaufgezogene Kohlmeisen (*Parus major*) aus einer natürlichen Population zeigten, dass sich die Individuen konsequent in ihrem Explorationsverhalten unterschieden (Verbeek et al., 1994) und dass eine Korrelation zwischen dem Erkundungsverhalten, der Aggressivität (Drent & Marchetti, 1999) und der Konkurrenzfähigkeit (Verbeek et al., 1994) besteht.

Künstliche Selektion zeigte, dass die Persönlichkeit der Vögel vererbbar ist und dass Komponenten der Persönlichkeit der Kohlmeisen genetisch korreliert sind (van Oers et al., 2004). Variationen im Erkundungsverhalten waren nicht auf das Geschlecht oder auf die Kondition bezogen und die Gruppe um Verbeek vermutet, dass die Variationen verschiedene Strategien sind, wie Individuen mit Veränderungen in ihrer Umwelt umgehen (Verbeek et al., 1994; 1996). Langsam erkundende Kohlmeisen reagieren sensibler auf Veränderungen in ihrer Umwelt (Verbeek et al., 1994, Drent & Marchetti, 1999), aber sie können besser mit sozialem Stress umgehen (Verbeek et al., 1999). Bei der Untersuchung von Variationen im Fortpflanzungserfolg bei Kohlmeisen sind Both et al. der Meinung, dass schnelle Explorer im Gegensatz zu langsamen Artgenossen eher in der Lage sind, ihr Territorium erfolgreicher zu verteidigen oder ein qualitativ hochwertigeres Habitat zu erobern. Langsame Individuen hingegen sind wahrscheinlich bessere Eltern (Both et al., 2005).

Es zeigte sich, dass eine Korrelation zwischen der natalen Ausbreitungsdistanz mit dem elterlichen und dem individuellen Explorationsverhalten besteht. Eltern, die ihr Umfeld schnell erkundeten, hatten Nachkommen, die sich am weitesten von ihrem Geburtsort entfernten. Es könnte sein, dass das elterliche Verhalten das Ausbreitungsverhalten des Nachwuchses beeinflusst, z.B. über das elterliche Verhalten per se (z.B. über Pflege) oder durch Beeinflussung des Phänotyps der Nachkommen (z.B. über ihre Gene; Dingemanse et al., 2002). Es wurde durch zahlreiche Studien belegt, dass eine erbliche Komponente für das Erkundungsverhalten und Kühnheit in einer natürlichen Population (Dingemanse et al., 2002) und in einer gerichteten Selektion in Gefangenschaft besteht. Außerdem liegt eine genetische Korrelation zwischen den Komponenten der Persönlichkeit vor (van Oers et al., 2004).

Die Angst vor fremden Dingen, vor unbekannten Situationen oder vor etwas Neuem wird als Neophobie bezeichnet. Bei einem Vergleich des Neophobie- und Explorationsverhaltens zwischen zwei nah verwandten Grasmückenarten stellte sich heraus, dass die ortsansässige Samtkopfgrasmücke (*Sylvia melanocephala*) weniger ängstlich und ihr Erkundungsverhalten markanter war, als bei der migratorischen Gartengrasmücke (*Sylvia borin*; Mettke-Hofmann et al., 2005). Pyrazin und/oder die Farbe Rot wurde Zebrafinken (*Taeniopygia guttata*) präsentiert, wobei keine Reaktion auftrat, wenn der Geruch alleine dargeboten wurde, aber bei einer Kombination kam es zu einer synergistischen Reaktion (Kelly & Marples, 2004).

Pyrazin ist eine weltweit vorkommende heterocyclische aromatische organische Verbindung, die in zahlreichen Pflanzen und Tieren vorkommt. Es wurden bisher über hundert verschiedene Pyrazinverbindungen registriert. Einige Mitglieder sind fast geruchlos, während andere als starke und hartnäckige Gerüche bekannt sind (Moore & Brown, 1981; Moore et al, 1990). Es wird vermutet, dass in der Natur einige Pyrazine sowohl als intra- als auch als interspezifische Alarmsignale wirken (Woolfson & Rothschild, 1990). Es kommt oft zu einer Assoziation zwischen Pyrazin und aposematischen Insekten, die potentielle Räuber vor giftiger Beute warnen (Rothschild et al., 1984), aber der Geruch kann auch als Signal für reifes Obst für fruchtefressende Vögel dienen (Barnea & Rothschild, 2002).

Die Rolle des Geruchssinnes im Zusammenhang mit der Kommunikation, Reproduktion und Vermeidung von Fressfeinden ist weiterhin noch unklar (Roper, 1999). Die Jahrzehnte andauernde Debatte, ob Vögel riechen können, wurde durch zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen positiv bestätigt, aber wie Gerüche wahrgenommen werden und welche Auswirkungen sie im Alltag der Vögel haben, ist nicht hinreichend bekannt.

Fragestellung und Ziel der Studie

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Freilandversuch entwickelt, der grundlegende Schlüsse über mögliche positive Effekte von Duftstoffen auf das Überleben von Jungtieren der Ordnung Sperlingsvögel – Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*) und Kohlmeise (*Parus major*) – zulassen soll. In diesem Experiment wurde erwartet, dass der Bruterfolg bei Sperlingsvögeln, deren Nistmaterial mit Düften versehen wurde, höher sein würde, als bei der geruchsneutralen Kontrollgruppe. Eine mögliche Auswirkung durch die Beigabe von Gerüchen wird vermutlich durch Schwankungen des Körpergewichtes der Jungtiere reflektiert. Die Ergebnisse dieser Feldstudie, der evolutionäre Hintergrund und eine mögliche funktionelle Relevanz von Gerüchen im Leben von Sperlingsvögeln werden präsentiert und diskutiert.

Der zweite Teil dieser Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob individuelles Verhalten im Zusammenhang mit Gerüchen wichtig ist. Es wurde zu diesem Zweck ein Versuchsaufbau entwickelt, der sich mit Persönlichkeitsmerkmalen von Blaumeisen, die in Gefangenschaft gehalten wurden, auseinandersetzt. Dies ist die erste Studie, welche die Persönlichkeitsmerkmale von Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*) nicht anhand von unbekannten Objekten, sondern anhand von Gerüchen analysiert. In diesem Experiment wurde erwartet, dass sich dies in unterschiedlichen Neophobie- und Explorationsverhalten zeigen würde. Außerdem stellte sich die Frage, ob ähnliche Ergebnisse zu erwarten wären wie bei vergleichbaren Experimenten, bei denen allerdings unbekannte Objekte verwendet wurden.

Die Rolle von Duftstoffen im Fortpflanzungserfolg bei Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*) und Kohlmeisen (*Parus major*)

1. Einleitung

Bis in die zweite Hälfte des letzten Jahrhunderts wurde angenommen, dass die meisten Vogelarten mikrosomatisch bzw. anosmisch seien (Stager, 1967), und dass sie sich eher auf visuelle und akustische Signale verlassen (Roper, 1999). Es wurde allgemein vermutet, dass im Laufe der Vogelevolution eine Verminderung der Wahrnehmung von geruchsaktiven Substanzen einherging mit dem Erwerb eines verbesserten Vestibularapparates, sowie eines verbesserten Seh- und Hörsinnes in Verbindung mit der Flugfähigkeit. Untersuchungen von Zelenitsky et al. (2011) zeigen anhand der Analyse der Ausprägung des Riechkolbens von 157 Arten von Dinosauriern, modernen und ausgestorbenen Vogelarten, dass die Geruchsfähigkeit schon während der frühen Vogelevolution zunahm und das führte zu der Annahme, dass der Geruchssinn von größerer Wichtigkeit im Alltagsleben der Vögel war, als bisher angenommen, auch bei den meisten basalen Arten. Eine Abnahme der relativen Größe des Riechkolbens erfolgte im abgeleitenden Stamm von höheren Neukiefern (Neoaves) und innerhalb dieser Unterklasse der Vögel erfuhr die Ordnung der Sperlingsvögel die größte Reduzierung (Zelenitsky et al., 2011). Durch den Geruchssinn werden spezifische Substanzen, die in der Umwelt vorhanden sind, detektiert. Durch die Interpretation der Sinneserregungen, die von den Chemorezeptoren an das Gehirn weitergeleitet werden, kommt es zu zahlreichen unterschiedlichen Interaktionen des Empfängers mit dem Umfeld.

Elementare Erkenntnisse von Bang und Cobb aus den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts, die die Vermessung des Riechkolbens von 108 Vogelarten durchführten, bewirkten, dass WissenschaftlerInnen sich vermehrt mit der Bedeutung der Geruchseigenschaften der Vögel auseinandersetzten. Durch anatomische, morphologische und verhaltensbiologische Untersuchungen wurde bestätigt, dass viele Arten in der Lage sind, volatile chemische Substanzen in vielen biologisch wichtigen Kontexten zu erfassen: z.B. Nesterkennung, Fortpflanzungsverhalten,

Fressverhalten, Orientierung, Zugehörigkeit, Kommunikation, Räubererkennung (z.B. Ache & Young, 2005), um nur einige zu nennen.

Die Vermessung des Riechkolbens ergab, dass eine Korrelation zwischen der Fähigkeit zur Geruchswahrnehmung und der relativen Größe des primären olfaktorischen Zentrums des Gehirns (Riechkolben) besteht, was darauf hindeutet, dass in manchen Arten der Geruchssinn von höherer Bedeutung ist, als in anderen (Bang & Cobb, 1968). Anhand dieser Erkenntnisse konzentrierte sich die Forschung auf jene Vogelarten, deren Riechkolben in Größe und Funktion anderen überlegen ist, wie z.B. der Truthahngerier (*Cathartes aura*), der mit seinem gut entwickelten Geruchssinn seine Nahrung auffindet (Stager, 1967; Smith, 1986). Verschiedene Meeresvögel der Ordnung *Procellariiformes* können anhand von Geruchsreizen die Erdhöhle, die sich innerhalb einer Kolonie befindet, lokalisieren und die Nutzung des Geruchs ermöglicht auch eine Unterscheidung der Individuen (Bonadonna et al., 2003; Bonadonna & Nevitt, 2004).

Innerhalb der Ordnung der Sperlingsvögel gibt es keine Korrelation zwischen der Geruchsschärfe und der relativen Größe des Riechkolbens (Clark et al., 1993) und sie besitzen die kleinsten Riechkolben in der gesamten Vogelwelt. Deshalb wurde bei ihnen die Bedeutung eines olfaktorischen Sinnes im Alltagsleben unterschätzt, sie wurden daher längere Zeit vernachlässigt und fanden erst mit Untersuchungen an den europäischen Staren (*Sturnus vulgaris*, Clark & Mason Russell, 1985; Gwinner & Berger, 2005) und den korsischen Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*, Lambrechts & Dos Santos, 2000; Petit, 2002) die entsprechende Anerkennung in wissenschaftlichen Kreisen. Beide soeben genannte Arten sind in der Lage, aromatische Pflanzenteile gezielt zu unterscheiden und ihrem Nest beizufügen.

Beide Geschlechter der Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*), eines sekundären Höhlenbrüter, fügen täglich Teile von wohlriechenden Pflanzen mit einem hohen Anteil von aromatischen sekundären Bestandteilen in ihr Nest ein (Lambrechts & Dos Santos, 2000). Die fünf bevorzugten Pflanzen sind: *Achillea ligustica*, *Lavandula stoechas*, *Mentha suaveolens*, *Pulicaria odora* und *Helichrysum italicum* (Petit et al., 2002). Petit et al. (2002) entfernte in einem Experiment aromatische Pflanzenbestandteile aus den Nestern von Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*), die innerhalb kürzester Zeit wieder durch Fragmente der gleichen Art ersetzt wurden. Der Echte Lavendel (*Lavandula angustifolia*) gehört zur Familie der Lippenblütler (*Lamiaceae*). Die Gattung umfasst neben annuellen und krautigen Pflanzen auch

kleine Sträucher mit aromatischen Blättern und violett gefärbten Blüten. Ihre ursprüngliche Heimat ist der Mittelmeerraum, aber die Pflanze, die häufig in der Medizin, in der Heilkunde, der Parfümerie, zur Insektenabwehr und in der Küche eingesetzt wird, ist heute in ganz Südeuropa beheimatet.

Die gemeine Schafgarbe (*Achillea millefolium*) gehört zur Familie der Korbblütler (*Asteraceae*). Die aromatisch riechende krautige Pflanze ist fast global verbreitet, ihre bevorzugten Standorte sind Wiesen, Weiden, Halbtrockenrasen und Wegränder. Die Blütenstände bestehen aus doldenrispig angeordneten Köpfchen. Diese Schafgarbenart wird als Gewürz- und Arzneipflanze verwendet.

Durch zahlreiche Untersuchungen wurde demonstriert, dass durch die chemischen Bestandteile der Pflanzen der Parasitenbefall (Wimberger, 1984; Lafuma et al.; 2001) und die Bakterienzahl auf Nestlingen (Mennerat et al., 2009) vermindert werden können und dass sie sowohl pilztötende (Adam et al.; 1998) als auch anti-mikrobielle (Hanamanthagouda et al., 2010) Eigenschaften besitzen.

Unter Parasiten versteht man keine bestimmte Tiergruppe, sondern man beschreibt eine Lebensweise tierischer oder pflanzlicher Organismen, die sich auf Kosten eines anderen Lebewesens ernähren, ohne normalerweise den Wirt zu töten. Man unterscheidet Ektoparasiten die auf, bzw. Endoparasiten die innerhalb eines Wirtskörpers leben (Bezzel & Prinzinger, 1990). Beide Geschlechter der adulten Flöhe sind Blutsauger, sie sind latero-lateral abgeflacht, sekundär flügellos und besitzen einen Chitinpanzer. Bei stark verflochtenen Nisthöhlen umgeben im Frühjahr Flöhe bereits das Einflugloch, um ihre Wirte anfallen zu können. Diese Nistkästen werden von sekundären Höhlenbrütern gemieden, aber bei Knappheit an Nistmöglichkeiten werden sie angenommen. Die Jungtiere, die von Flöhen befallen sind, haben weniger rote Blutkörperchen, sie sind unruhig, ihr Körpergewicht ist niedriger und die Sterblichkeitsrate ist höher, als beim Nachwuchs aus Nestern ohne Flöhe, d.h. die genetische Fitness der befallenen Wirtstiere wird enorm vermindert (Lucius & Loos-Frank, 2008). Ixodidae-Zecken, z.B. *Ixodes arboricola*, sind häufig in Mittel- und Nordeuropa bei höhlenbrütenden Vögeln (z.B. Meisen, Sperlingen, Spechten etc). zu finden. Diese temporären Ektoparasiten fügen den Tieren Wunden zu, aus denen bakterielle Sekundärinfektionen entstehen können oder die als Ablageplätze für Fliegeneier dienen können. Es kann zu einem hohen Blutverlust kommen, wenn Jungmeisen die nur einige Gramm schwer sind, von mehreren Zecken befallen werden (Lucius & Loos-Frank, 2008).

Blaumeisen können durch die Verwendung des Geruchssinnes eine aromatische Umwelt für ihre Küken bereitstellen und erhalten (Petit et al, 2002). Mennerat (2008) stellte in einer Feldstudie fest, dass Blaumeisen bereits außerhalb der Nesthöhle in der Lage sind, auf Veränderungen in der Geruchszusammensetzung des Nestes zu reagieren (Mennerat et al., 2008) und sie ändern ihr Verhalten, wenn sie den Geruch von Fressfeinden wahrnehmen (Amo et al., 2008). Eine kürzlich durchgeführte Studie liefert Belege, dass Kohlmeisen für volatile Komponenten empfänglich sind, die dem Nest zugefügt wurden (Sperandio, 2011, nicht veröffentlicht).

Der männliche europäische Star (*Sturnus vulgaris*) bindet frische Vegetation in die Nestkonstruktion bis zur Eiablage ein. Er bevorzugt dabei jene Pflanzenarten, die reich an volatilen Bestandteilen sind (Gwinner & Berger, 2005; 2006) und er ist in der Lage, zwischen den unterschiedlichen Geruchsreizen der Pflanzen zu unterscheiden (Clark & Mason Russell, 1985).

Feldexperimente mit der Elster (*Pica Pica*) belegen, dass olfaktorische Reize für das Lokalisieren von verstecktem Futter genutzt werden (Buitron & Nuechterlein, 1985) und junge, gerade flügge gewordene Zebrafinken (*Taeniopygia guttata*) ihr Geburtsnest anhand von individuellen Geruchsreizen erkennen. Dabei bevorzugen sie ihren eigenen Nestgeruch (Caspers & Krause, 2010).

Eine Anzahl verschiedener Hypothesen versucht, dieses Verhalten zu erklären. Die „Nest-Schutz“-Hypothese schlägt vor, dass jene Vogelarten gezielt die sekundären aromatischen Pflanzenbestandteile nutzen, um den Bakterienreichtum innerhalb des Nestes zu vermindern (Mennerat et al., 2009) und um verschiedene Ektoparasiten abzuwehren, zu töten oder in ihrer Entwicklung zu hemmen (Clark & Mason Russell, 1985; Pires et al., 2012). Die „Potpourri“-Hypothese vermutet, dass das Zusammenwirken von mehreren Pflanzengerüchen die Verteidigungseffizienz gegen Parasiten und/oder Krankheitserreger erhöht (Lambrechts & Santos, 2000) und dass sich die Perzeption von Duftstoffen positiv auf die Fitness der Jungtiere auswirkt (Lambrechts & Hossaert-McKey, 2006). Eine mögliche Schlussfolgerung wäre, dass der Geruchssinn der Vögel einer Selektion unterworfen wurde, um auf jene chemische Reize reagieren zu können, die eine höhere Fitness gewährleisten (Lambrechts & Hossaert-McKey, 2006).

Die Wahrnehmung von Gerüchen ist durch zahlreiche Untersuchungen nachgewiesen, auch bei Sperlingsvögeln, die dafür bekannt sind, kleine Riechkolben zu besitzen (Bang & Cobb, 1968), aber sie stellen doch eine Besonderheit in der

Vogelwelt dar, da bei Sperlingsvögeln keine Korrelation zwischen der Geruchsschärfe und der relativen Größe des Riechkolbens besteht (Clark et al, 1993).

Das Ziel der vorliegenden Studie, aufbauend auf den bisherigen Erkenntnissen der Forschung, ist zu untersuchen, ob Geruchsstoffe *Lavandula angustifolia* bzw. *Achillea millefolium* sich positiv auf den Bruterfolg der Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*) und Kohlmeisen (*Parus major*) auswirken.

Es wurden Versuche im Freiland durchgeführt, um einen Beitrag zur methodischen Grundlagenforschung in diesem Bereich zu leisten. Die Freilandversuche fanden in den Monaten März bis Mai 2012 in den Gebieten Kolbeterberg und Buchberg des Biosphärenparks Wienerwald statt, die etwa 1,7 km Luftlinie voneinander entfernt liegen. Zahlreiche Nistkästen wurden in dieser Region für Forschungszwecke in Zusammenarbeit mit dem KLIVV (Konrad-Lorenz-Institut für Vergleichende Verhaltensforschung der Veterinärmedizinischen Universität) und der Veterinärmedizinischen Universität Wien angebracht. Der nordöstliche Teil des Wienerwaldes wird dominiert durch seine Buchen- und Eichen-Hainbuchenwälder und stellt für viele heimische Brutvögel einen bevorzugten Lebensraum dar. Durch die lang andauernde forstwirtschaftliche Nutzung bieten sich wenige geeignete natürliche Brutmöglichkeiten für sekundäre Höhlenbrüter an und durch die Bereitstellung der Nistkästen wurden geeignete Rahmenbedingungen dafür geschaffen.

Die Verwendung von Lavendel ist in diesem Zusammenhang auch noch von anderer Bedeutung. Da spezifische Bestandteile dieser Pflanze auch als effektives Schlangen-Abwehrmittel im Kampf gegen die Braune Nachtbaumnatter (*Boiga irregularis*) auf Guam (Clark & Shivik, 2002) verwendet werden und da die einheimische ungiftige Äskulapnatter (*Elaphe longissima*) vermutlich für einen großen Verlust des Vogelgeleges und von Jungtieren von höhlenbrütenden Vogelarten verantwortlich ist, wurde in diesem Zusammenhang ein mögliches Schlangenrepellent getestet.

2. Material und Methoden

Dieses Experiment wurde in der Brutsaison 2012 in zwei Bereichen des Wienerwaldes in Wien (Austria) durchgeführt. Die Bereiche Kolbeterberg (48.22377°N, 16.24006°E) und Buchberg (48.214167°N, 15.945556°E) befinden sich im nordöstlichen Teil des Wienerwaldes, wo Nistkästen von Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*) und Kohlmeisen (*Parus major*), die zur Familie der Paridae gehören, sehr gern angenommen werden. Beide Meisen bevorzugen Laub- und Laubmischwälder, sie sind sekundäre Höhlenbrüter und ganzjährig in Zentraleuropa anzutreffen. Die in dem Versuch verwendeten Gerüche sind die beiden aromatischen Küchenkräuter Lavendel (*Lavandula angustifolia*) und die gemeine Schafgarbe (*Achillea millefolium*), die von der Blaumeise auf Korsika unter weiteren aromatischen Kräutern regelmäßig dem Nistmaterial zugefügt wird. Es wurden 72 Nester beobachtet, wobei eine Gesamtanzahl von 25 Nestern von frei lebenden Blaumeisen und 32 Nestern von Kohlmeisen nach dem Zufallsprinzip in drei verschiedene experimentelle Gruppen unterteilt wurde. Eine Gruppe (N=18) wurde dem experimentellen Geruch von Lavendel ausgesetzt, die zweite Gruppe (N=19) wurde mit Schafgarbe behandelt, während die letzte als Kontrollgruppe (N=20) diente und nur mit Wasser versehen wurde. In der Untersuchungszeit ging eine Gesamtanzahl von 15 Nestern mit Nestlingen durch verschiedene Fressfeinde verloren und 13 Nester mit Ektoparasiten wurden in den zwei Untersuchungsgebieten gezählt. Außenparasiten leben auf anderen Organismen und dringen mit den Organen, die der Versorgung dienen in den Wirtskörper ein, wie z.B. Flöhe oder Zecken, um Blut aufzunehmen.

Die Nistkästen wurden regelmäßig kontrolliert, um den Anfang des Nestbaues, den Beginn des Eierlegens, die Größe des Vogelgeleges, Datum, Anzahl, die Konstitution der Küken, die schlüpften und flügge wurden, und die Nester, die mit Ektoparasiten befallen waren, zu bestimmen. Die Beigabe der Duftstoffe beinhaltete, dass stets die gleiche Menge (ein Tropfen) von den verschiedenen ätherischen Ölen (Primavera Life GmbH) einem Nest zugefügt wurde. Durch die Beigabe der ätherischen Öle Lavendel (*Lavandula angustifolia*) und Schafgarbe (*Achillea millefolium*) konnten die Versuchsbedingungen genormt werden. Die Kontrollgruppe wurde mit einem Tropfen Wasser versehen. Die Zugabe der Gerüche begann mit dem Schlüpfen der Nestlinge bis zu deren Flüggewerden. Es wurde darauf geachtet, dass die Störung so kurz wie

möglich gehalten wurde und dass die Tiere nicht mit den beigefügten Flüssigkeiten in Berührung kamen.

Die beiden Meisenarten und die zwei Areale des Experiments wurden separat analysiert. Da die untersuchten Daten keiner Normalverteilung entsprachen und da die Stichproben nur eine kleine Größe aufwiesen, wurden nichtparametrische Tests verwendet. Mit dem Kruskal-Wallis-Test wurde getestet, ob ein Gewichtsunterschied zwischen den drei verschiedenen Gerüchen von 10 Tage alten Blaumeisen bzw. Kohlmeisen besteht. Die fixen Faktoren waren Areal, Alter und Art der Meisen, die Testvariable war das Gewicht der Nestlinge, die Gruppenvariable waren die unterschiedlichen Gerüche (0=Kontrolle, 1=Lavendel, 2=Schafgarbe). Mit dem Mann-Whitney-U-Test wurde ermittelt, ob zwischen den einzelnen Geruchsgruppen Unterschiede vorhanden sind. Die Bonferroni-Korrektur wurde berechnet und lautet: $\alpha_3 = 1 - \sqrt[3]{1-0,05} = 0,016952$; $\alpha_3 \sim 0,05:3 = 0,01666$. Es wurden noch weitere Tests angewendet, die ebenfalls immer angegeben werden. Alle statistischen Analysen wurden mittels SPSS-Software (Version 19.0) durchgeführt.

3. Ergebnisse

Tab. 1 Anzahl der Nester an zwei verschiedenen Standorten, die mit Gerüchen versehen wurden, und deren Küken bis zum Flügge werden beobachtet wurden.

		Geruch			
Areal	Art	Kontrolle	Lavendel	Schafgarbe	Gesamt
Buchberg	Blaumeise	8	4	5	17
Buchberg	Kohlmeise	7	4	8	19
Kolbeterberg	Blaumeise	2	5	1	8
Kolbeterberg	Kohlmeise	3	5	5	13
Gesamt		20	18	19	57

Die Versuche fanden an zwei verschiedenen Standorten am Wienerberg statt. Die Gesamtanzahl der Nester (N=57) an beiden Standorten wurden nach dem Zufallsprinzip in drei Geruchsgruppen unterteilt. Am Standort Buchberg betrug die Gesamtanzahl aller Nester, deren Küken gewogen wurden, 36, davon entfielen 17 auf Blaumeisen (Lavendel (N=4), Schafgarbe (N=5) und Kontrolle (N=8)), während 19 Kohlmeisennester (Lavendel (N=4), Schafgarbe (N=8) und Kontrolle (N=7)) beobachtet wurden. Am Kolbeterberg waren es insgesamt 21 Nester. Davon entfielen auf Blaumeisen 8, wovon eine Gruppe mit Lavendel (N=5), die zweite Gruppe mit Schafgarbe (N=1) und die Kontrollgruppe (N=2) mit Wasser behandelt wurde. Die Nester der Kohlmeisen verteilten sich folgendermaßen: Lavendel (N=5), Schafgarbe (N=5) und Kontrolle (N=3).

Tab. 2 Anzahl der Nester an zwei verschiedenen Standorten, die mit Gerüchen versehen wurden und deren Jungvögel diversen Fressfeinden zum Opfer fielen (Chi-Quadrat-Test).

		gefressen	Nicht gefressen	gesamt	p
Areal	Buchberg	4	36	40	0,110
	Kolbeterberg	11	21	32	
Art	Blaumeisen	8	25	33	0,512
	Kohlmeisen	7	32	39	
Geruch	Kontrolle	4	20	24	0,356
	Lavendel	3	18	21	
	Schafgarbe	8	19	27	

Bei einer Gesamtanzahl von 72 beobachteten Nestern wurden 15 Nester mit Jungtieren Beute von Räubern. An erster Stelle liegen 8 Nester, die mit Schafgarbe behandelt wurden, gefolgt von Nestern die als Kontrolle dienten (N=4) und Lavendel (N=3). Am Buchberg wurden insgesamt 4 Nester mit Küken durch Fressfeinde vernichtet (Lavendel: N=2; Schafgarbe: N=2). Am Kolbeterberg waren es 11 Nester, die durch Räuber vernichtet wurden (Kontrolle: N=4; Lavendel: N=1; Schafgarbe: N=6). Resultate zeigen, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Standorten ($p=0,110$), den Meisenarten ($p=0,512$) oder den Gerüchen ($p=0,356$) gibt. Fressfeinde zeigten keine spezifische Präferenz im Kontext des Gebietes, der Meisenarten und der Gerüche.

Tab. 3 Anzahl der Nester an zwei verschiedenen Standorten, die mit Gerüchen versehen wurden und in denen Ektoparasiten gefunden wurden (χ^2 -Test).

		Parasiten	Keine Parasiten	gesamt	p
Areal	Buchberg	5	35	40	0,171
	Kolbeterberg	8	24	32	
Art	Blaumeisen	10	23	33	0,013
	Kohlmeisen	3	36	39	
Geruch	Kontrolle	6	18	24	0,555
	Lavendel	3	17	20	
	Schafgarbe	4	24	28	

Bei einer Gesamtanzahl von 72 beobachteten Nestern waren 13 Nester mit Jungtieren von Außenparasiten befallen. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied bei dem Parasitenbefall zwischen den zwei Meisenarten ($p=0,013$), während kein signifikanter Unterschied zwischen den Arealen ($p=0,171$) und den experimentellen Geruchsgruppen ($p=0,555$) gegeben ist.

Tab. 4 Gewichtsvergleich bei 10 Tage alten Blaumeisen bzw. Kohlmeisen, deren Nester mit verschiedenen Gerüchen (Wasser, Lavendel, Schafgarbe) versehen wurden. Gewicht in Gramm.

	Buchberg			Kolbeterberg		
	Mittelwerte	Minimum	Maximum	Mittelwerte	Minimum	Maximum
Blaumeisen						
Kontrolle (Wasser)	8,90	6,80	10,60	9,38	9,10	9,90
Lavendel	10,20	10,10	10,30	9,93	9,20	10,30
Schafgarbe	9,28	7,90	10,70	10,46	8,70	11,50
Kohlmeisen						
Kontrolle (Wasser)	15,64	12,10	17,40	15,10	14,60	15,80
Lavendel	13,93	12,80	15,10	/	/	/
Schafgarbe	15,33	14,10	16,90	16,29	14,50	17,60

Bei den Blaumeisen wurden die höchsten Mittelwerte bei Schafgarbe (Kolbeterberg) und bei Lavendel (Buchberg) ermittelt. Bei den Kohlmeisen waren die mittleren Höchstwerte bei Schafgarbe bzw. Kontrolle (Wasser). Bei einem Vergleich der Mittelwerte zwischen Kontrolle und einem aromatischen Duft waren meist die Jungtiere, die mit aromatischen Gerüchen in Kontakt kamen, schwerer. Allerdings gab es eine Ausnahme: die Kohlmeisen am Buchberg hatten sowohl bei Lavendel als auch bei Schafgarbe eine niedrigere mittlere Körpermasse im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Das Gewichtsminimum bei Blau- und Kohlmeisen variierte stark in der Kontrollgruppe zwischen beiden Arealen. Vergleicht man das höchste Körpergewicht von 10 Tage alten Meisen, sind die schwersten Tiere bei Schafgarbe zu finden, allerdings mit einer Ausnahme – mit 17,40 Gramm hatten die Kohlmeisen am Buchberg das höchste Gewicht in der Kontrollgruppe im Vergleich zu den aromatischen Gerüchen.

Tab. 5 Untersucht wurde, ob zwischen den Geruchsgruppen (Wasser, Lavendel, Schafgarbe) ein Unterschied bezüglich des Gewichtes bei 10 Tage alten Blaumeisen bzw. Kohlmeisen am Buchberg bzw. am Kolbeterberg besteht. Fixe Faktoren waren Areal, Alter und Meisenart, die Testvariable war Gewicht und die Gruppenvariable Geruch (Kruskal-Wallis-Test). N: Anzahl der Jungtiere, m. R.: mittlerer Rang, d.f.: Freiheitsgrade; Geruch: Kontrolle (Wasser), Lavendel, Schafgarbe.

	Buchberg								Kolbeterberg							
	Blaumeisen				Kohlmeisen				Blaumeisen				Kohlmeisen			
Geruch	N	m. R.	d.f.	p	N	m. R.	d.f.	p	N	m. R.	d.f.	p	N	m. R.	d.f.	p
Kontrolle	32	24,58	2	0,095	20	17,55	2	0,11	5	5,4	2	0,008	6	4,5	1	0,009
Lavendel	2	46,75	2	0,095	3	6,83	2	0,11	13	13,31	2	0,008	0	0	/	/
Schafgarbe	20	30,25	2	0,095	7	13,36	2	0,11	8	18,88	2	0,008	10	10,9	1	0,009

Es besteht kein signifikanter Gewichtsunterschied zwischen den drei experimentellen Geruchsgruppen bei 10 Tage alten Blaumeisen ($p=0,095$) oder bei Kohlmeisen ($p=0,110$) am Buchberg. Am Kolbeterberg besteht allerdings bei beiden Arten (Blaumeise ($p=0,008$) und Kohlmeise ($p=0,009$)) ein signifikanter Gewichtsunterschied zwischen den drei Geruchsgruppen.

Tab. 6 Mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Test wurde untersucht, ob ein Gewichtsunterschied zwischen den 10 Tage alten Blaumeisen bzw. Kohlmeisen bei einem Vergleich zwischen zwei verschiedenen Gerüchen besteht. N: Anzahl der Jungtiere, m. R.: mittlerer Rang.

	Buchberg						Kolbeterberg					
	Blaumeisen			Kohlmeisen			Blaumeisen			Kohlmeisen		
Geruch	N	m. Rang	p	N	m. Rang	p	N	m. Rang	p	N	m. Rang	p
Kontrolle	32	16,67	0,052	20	12,96	0,082	5	4,40	0,011	6	3,50	/
Lavendel	2	30,75		3	5,67		13	11,46		0	0,00	
Kontrolle	32	24,41	0,207	20	15,10	0,223	5	4,00	0,028	6	4,50	0,009
Schafgarbe	20	29,85		7	10,86		8	8,88		10	10,90	
Lavendel	2	17,50	0,170	3	3,17	0,110	13	8,85	0,041	0	0,00	/
Schafgarbe	20	10,90		7	6,50		8	14,50		10	5,50	

Am Buchberg besteht zwischen 10 Tage alten Küken von Blaumeisen und Kohlmeisen innerhalb der experimentellen Geruchsgruppen kein signifikanter Unterschied, d.h. es besteht kein signifikanter Gewichtsunterschied bei den 3 Gruppenvergleichen. Am Kolbeterberg besteht zwischen allen drei untersuchten Geruchsgruppen ein signifikanter Unterschied zwischen Blaumeisen und ein sehr großer Unterschied bei Kohlmeisen ($p=0,009$) beim direkten Vergleich zwischen Kontrolle und Schafgarbe.

Tab. 7 Mit der Bonferroni Methode (Verfahren zur Korrektur der Alphafehlerkumulierung; Korrektur: $\alpha_3 = 1 - \sqrt[3]{1 - 0,05} = 0,016952$; $\alpha_3 \sim 0,05:3 = 0,01666$) wurde untersucht, ob die Nullhypothese beibehalten oder abgelehnt wird. Die Hypothese lautet: Es besteht kein Gewichtsunterschied zwischen den verschiedenen Geruchsgruppen bei 10 Tage alten Blau- bzw. Kohlmeisen am Buchberg bzw. am Kolbeterberg.

Geruch	Buchberg				Kolbeterberg			
	Blaumeisen		Kohlmeisen		Blaumeisen		Kohlmeisen	
	p	Ho	p	Ho	p	Ho	p	Ho
Kontrolle: Lavendel	0,052	bei	0,082	bei	0,011	ab	/	/
Kontrolle: Schafgarbe	0,207	bei	0,223	bei	0,028	bei	0,009	Ab
Lavendel: Schafgarbe	0,170	bei	0,110	bei	0,041	bei	/	/

Die Ergebnisse zeigen, dass am Buchberg sowohl zwischen den Blau- als auch zwischen den Kohlmeisen bei den verschiedenen Geruchsgruppen kein signifikanter Gewichtsunterschied besteht (Nullhypothese wurde beibehalten), während am Kolbeterberg zweimal die Nullhypothese abgelehnt wurde. Es besteht ein signifikanter Gewichtsunterschied bei Blaumeisen (Kontrolle:Lavendel, $p=0,011$) und bei Kohlmeisen (Kontrolle:Schafgarbe, $p=0,009$).

Tab. 8 Mit dem Mann-Whitney-U-Test wurde verglichen, ob zwischen den beiden Arealen Buchberg und Kolbeterberg ein Gewichtsunterschied zwischen 10 Tage alten Nestlingen von Blau- bzw. Kohlmeisen zwischen den drei verschiedenen Geruchsgruppen besteht. Die Testvariable war das Gewicht. N: Anzahl der Nester, m. Rang: mittlerer Rang.

	Blaumeisen					Kohlmeisen				
	Buchberg		Kolbeterberg			Buchberg		Kolbeterberg		
	N	m. Rang	N	m. Rang	p	N	m. Rang	N	m. Rang	p
Kontrolle	32	18,20	5	24,10	0,257	20	15,13	6	8,08	0,047
Lavendel	2	12,00	13	7,38	0,164	3	2,00	0	0,00	/
Schafgarbe	20	11,83	8	21,19	0,006	7	6,29	10	10,90	0,700

Bei der Kontrollgruppe der Blaumeisennestern ($p=0,257$), bei den mit Lavendel versehenen ($p=0,164$) und bei den mit Schafgarbe behandelten Kohlmeisennestern ($p=0,7$) wurde kein Gewichtsunterschied zwischen beiden Standorten festgestellt. Ein sehr großer Unterschied liegt bei Blaumeisen vor, deren Nester mit Schafgarbe versehen wurden. Ein signifikanter Unterschied ($p=0,047$) zeigt sich bei Kohlmeisen, deren Nester als Kontrolle dienten und nur mit Wasser behandelt wurden.

4. Diskussion

Die Frage, ob Vögel riechen können, war über einige Jahrzehnte lang heftig in wissenschaftlichen Kreisen umstritten, wurde aber durch zahlreiche Belege positiv bestätigt. Bei Sperlingsvögel wurde anhand beider Geschlechter der korsischen Blaumeise festgestellt, dass aktiv Fragmente von verschiedenen Pflanzenarten ausgewählt werden, die während der gesamten Brutzeit in das Nest eingefügt werden (Lambrechts & Santos, 2000; Mennerat et al., 2009) und die, wie man annimmt, zur Nestwartung dienen. Ebenso fügt das europäische Starenmännchen bis zur Eiablage Teile von wohlriechenden Pflanzen in das Nistmaterial ein, die reich an sekundären volatilen Bestandteilen sind. Die biologische Funktion dieses Verhaltens verbleibt allerdings weiterhin spekulativ, obwohl einige zur Debatte stehende Ergebnisse verschiedener Untersuchungen belegen, dass die chemische Zusammensetzung von den verwendeten Pflanzenarten die Anzahl von Bakterien (Mennerat et al., 2009) bzw. von Parasiten (Lafuma et al., 2001; Wimberger, 1984) auf Nestlingen reduziert und fungizide (Adam et al., 1998) und/oder anti-mikrobielle (z.B. Hanamanthagouda et al., 2010) Wirkung hat. Die „Nest-Schutz“-Hypothese nimmt an, dass flüchtige Chemikalien, die die Pflanzen beinhalten, die Populationen von Ektoparasiten in den Nestern reduzieren (Lafuma et al., 2001). Die „Potpourri“-Hypothese legt nahe, dass ein Mix von unterschiedlich starken Gerüchen die Abwehreffizienz gegen verschiedene Parasiten und/oder Krankheitserreger erhöht (Lambrechts & Santos, 2000). Dieser Effekt wirkt sich eventuell positiv auf die Nestlingsgesundheit aus, da die körperliche Belastung durch den Rückgang des Parasitenbefalls verringert wird. Unter Berücksichtigung des aktuellen Standes der Forschung in diesem Bereich wurde eine neue methodische Herangehensweise getestet, um zu sehen, ob die Anwesenheit von aromatischen Gerüchen im Nest den Bruterfolg bei Sperlingsvögeln erhöht.

Ein Teil des Experimentes konzentrierte sich auf eine mögliche Bedeutung der aromatischen Gerüche als Schlangen-Abwehrmittel, sodass eine höhere Überlebenschance der Meisenküken in Nestern mit Gerüchen erwartet wurde. Nistkästen werden in diesen Untersuchungsarealen von sekundären Höhlenbrütern als Brutmöglichkeit akzeptiert, was für zahlreiche potentielle Fressfeinde eine leicht erreichbare und zuverlässige Quelle von Nahrungsangebot darstellt, deshalb könnten durch die Verwendung von sekundären Geruchsstoffen potentielle Räuber

abgehalten werden, wie Ergebnisse von Clark und Shivik (2002) im Zusammenhang mit der Braunen Nachtbaumnatter (*Boiga irregularis*) zeigen. Persönliche Beobachtungen legen nahe, dass sowohl die Äskulapnatter (*Elaphe longissima*) als auch Spechte (Spechtlöcher wurden an Nistkästen festgestellt) neben verschiedenen Nagetieren (Eichhörnchen, Mäuse) und Wiesel eine potentielle Bedrohung für das Gelege und die Brut von höhlenbrütenden Meisen darstellen. Laut den Endergebnissen zeigten potentielle Fressfeinde keine eindeutige Bevorzugung im Kontext des Gebietes, der Meisenarten oder der Gerüche. Bei einer Gesamtanzahl von 13 Nestern waren 8 Nester, deren Jungtiere Beute von Räubern wurden, mit Schafgarbe versehen, und man kann deduzieren, dass diese Pflanze nicht als Abwehrmittel gegen potentielle Fressfeinde wirkt. Das Einfügen von Lavendel in das Nestmaterial könnte allerdings nützlich gegen Prädatoren sein (Küken von 3 Nestern wurden gefressen). Am Kolbeterberg befanden sich 5 Nester (zwei dienten als Kontrolle, während drei mit Schafgarbe behandelt wurden), deren Nestlinge gefressen wurden, in unmittelbarer Nähe zueinander, was die Annahme zulässt, dass sich hier ein Gebiet mit einer hohen Schlangendichte befindet (in diesem Bereich wurden tatsächlich zahlreiche Äskulapnattern gesichtet) und somit für Höhlenbrüter extrem gefährlich ist. Allerdings befanden sich in unmittelbarer Nähe noch drei weitere Nester (1 Nest mit Lavendel und 2 mit Wasser), die nicht vernichtet wurden. Es lässt sich schwer beurteilen, ob ein Zusammenhang besteht, ob Jungtiere aus dem mit Lavendel behandelten Nest aufgrund des ätherischen Öles nicht gefressen wurden, ob Äskulapnattern in andere Bereiche des Untersuchungsgebietes abwanderten oder ob genügend anderes Futter vorzufinden war, da die zwei Kontrollnester nicht aufgesucht und vernichtet wurden. Die restlichen Nester, deren Jungen gefressen wurden, waren in beiden Untersuchungsarealen weit voneinander entfernt. Die mögliche Rolle von verschiedenen Gerüchen im Nest in Bezug auf Raubvermeidung kann nicht exakt eruiert werden, obwohl eine Tendenz gegeben ist, dass Jungtiere, deren Nest mit Lavendel behandelt wurde, eine höhere Überlebenschance hatten, da die Stichprobengröße relativ klein war, was ein generelles Problem bei dieser Art von Experimenten ist. Für weitere Untersuchungen, die sich mit diesem Thema befassen, ist es zwingend notwendig, die Stichprobengröße zu erhöhen, um klare Schlussfolgerungen ziehen zu können. Ein zweiter Teil konzentrierte sich auf die Frage, ob Gerüche von wohlriechenden Pflanzen, deren Aromen als Begasungsmittel gegen Parasiten wirken, Einfluss auf

die Anzahl von Parasiten haben. Die „Nest-Schutz“-Hypothese legt nahe, dass die Zugabe aromatischer Pflanzenteilchen im Nistmaterial den Kükenzustand verbessert, da durch einen verminderten Parasitenbefall eine geringere physische Belastung gegeben ist. Bei einer Gesamtanzahl von 13 Nestern an beiden Standorten, die mit Parasiten (Flöhe und Zecken wurden vermerkt) befallen waren, sind fast die Hälfte (46 %) den Kontrollnestern zuzuordnen. Man könnte daraus schlussfolgern, dass sowohl Schafgarbe (N=4) als auch Lavendel (N=3) wirksam gegen einen Parasitenbefall sind. Der Parasitenbefall zwischen den zwei Meisenarten zeigt einen signifikanten Unterschied ($p=0,013$), während keine Signifikanz zwischen beiden Untersuchungsgebieten und den experimentellen Geruchsgruppen gegeben ist. Die Aussagekraft der Endergebnisse ist kritisch zu betrachten auf Grund der sehr geringen Stichprobengröße. Um gehaltvolle Rückschlüsse über den Effekt des Parasitenbefalles bei Verwendung von unterschiedlichen Duftstoffen bei Jungtieren zu erhalten, ist es notwendig, die Stichprobengröße zu erhöhen.

Der dritte Teil beschäftigte sich mit der Frage, ob Gerüche von wohlriechenden Pflanzen, deren Bukett als Begasungsmittel gegen Parasiten wirkt, indirekt der Gesundheit der Nestlinge dienen und ein höheres Körpergewicht bewirken, das wiederum die Überlebenswahrscheinlichkeit des Tieres erhöht. Der Vergleich der Gewichtsmittelwerte bei 10 Tage alten Meisen belegt, dass Jungtiere aus Nestern mit aromatischen Düften - allerdings mit einer Ausnahme (Kohlmeisen/Buchberg) - von vier unterschiedlichen untersuchten Gruppen schwerer sind, als Küken in Nestern, die mit Wasser behandelt wurden. Am Kolbeterberg sind die Mittelwerte bei beiden Meisenarten in Nestern die mit Schafgarbe behandelt wurden, höher (10,46g/Blaumeisen bzw. 16,29g/Kohlmeisen), als bei ihren Artgenossen, die mit Lavendel bzw. Wasser behandelt wurden. Am Buchberg sind die höchsten Mittelwerte bei Lavendel (Blaumeisen) bzw. bei der Kontrollgruppe (Kohlmeise) zu finden. Vergleicht man das Höchstgewicht bei den Tieren, lässt sich feststellen, dass das Maximum an Gewicht bei Meisen aus Nestern mit Schafgarbe zu finden ist. Allerdings trifft das nicht auf Schafgarbe:Kontrolle zu. Die Kohlmeisen am Buchberg, die mit Wasser behandelt wurden, waren schwerer, als ihre Artgenossen, die mit dem Geruch von Schafgarbe in Kontakt kamen. Diese Resultate stimmen mit den Ergebnissen von Gwinner & Berger überein, die eine höhere Ausflugmasse bei Starenküken feststellten, die aus Nestern mit Kräutern stammten, im Gegensatz zu Artgenossen aus Nestern ohne Pflanzen (Gwinner & Berger, 2005). Es ist ebenfalls

anzunehmen, dass ein günstiger Einfluss, auf das Wachstum der Küken durch aromatische Pflanzenbestandteile gegeben ist, z.B. durch die Stärkung des Immunsystems. Dadurch könnten Jungtiere besser mit der Schadwirkung (z.B. bakterielle Infektionen durch Bisse), der Ektoparasiten fertig werden, oder es wird ein günstiges Nestklima durch fungizide oder anti-mikrobielle Wirkung geschaffen.

Bei dem Vergleich des Körpergewichtes zwischen den experimentellen Geruchsgruppen ergab sich am Kolbeterberg ein signifikanter Unterschied sowohl bei Blau- als auch bei Kohlmeisen, während am Buchberg kein Gewichtsunterschied bei 10 Tage alten Meisen zwischen den drei Gerüchen feststellbar war. Bei einem direkten Vergleich zwischen zwei Gerüchen war am Buchberg kein signifikanter Gewichtsunterschied zwischen den drei Gruppenvergleichen gegeben. Am Kolbeterberg allerdings war bei den Blaumeisen zwischen allen drei untersuchten Geruchsgruppen ein signifikanter Unterschied gegeben und bei den Kohlmeisen ein sehr großer Gewichtsunterschied bei einem direkten Vergleich zwischen Kontrolle und Schafgarbe.

In Freilandversuchen ist die Normung von Umweltfaktoren nur begrenzt möglich. Das könnte sich nachteilig auf die Endergebnisse auswirken, da unterschiedlich qualitativ ausgestattete Territorien signifikante Effekte überdecken könnten. Dieser Befund legt nahe, dass Differenzen in der Qualität der Habitate (z.B. Nahrungsangebot, Temperatur, Witterungsverhältnisse) zwischen den zwei Untersuchungsgebieten mögliche Auswirkungen der Gerüche Lavendel und Schafgarbe auf Raubvermeidung, Parasitenbefall und auf das Körpergewicht und somit auf den Bruterfolg sowohl verstärken als auch reduzieren können.

Bei weiteren Untersuchungen ist es zwingend erforderlich, den Versuch mit einer größeren Anzahl von Tieren zu wiederholen.

5. Literaturliste

1. Ache, B.W., Young, J.M. (2005). Olfaction: diverse species, conserved principles. *Neuron* 48, 417-430.
2. Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M. (1998). Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 1739-1745.
3. Amo, L., Galván, I., Tomás, G., Sanz, J.J. (2008). Predator odour recognition and avoidance in a songbird. *Functional Ecology* 22, 289-293.
4. Balthazart, J., Taziaux, M. (2009). The underestimated role of olfaction in avian reproduction? *Behavioural Brain Research* 200, 248-259.
5. Bang, B.G., Cobb, S. (1968). The size of the olfactory bulb in 108 species of birds. *The Auk* 85, 55-61.
6. Bang, B.G. (1971). Functional anatomy of the olfactory system in 23 orders of birds. *Acta Anatomica (Suppl.)* 58, 1-76.
7. Bezzel, E., Prinzinger, R.: *Ornithologie*. Stuttgart, 1990.
8. Bonadonna, F., Cunningham, G.B., Jouventin, P., Hesters, F., Nevitt, G.A. (2003). Evidence for nestodour recognition in two species of diving petrel. *The Journal of Experimental Biology* 206, 3719-3722.
9. Bonadonna, F., Nevitt, G.A. (2004). Partner-specific odour recognition in an Antarctic seabird. *Science* 306, 835.
10. Buitron, D., Nuechterlein, G.L. (1985). Experiments on olfactory detection of food caches by blackbilled magpies. *The Condor* 87, 92-95.
11. Caspers, B.A., Krause, E.T. (2010). Odour-based nest recognition in the zebra finch (*Taeniopygia guttata*) a colony-breeding songbird. *Biology letters* 7 (2), 184-186.
12. Clark, L., Mason Russell, J., (1985). Use of nest material as insecticidal and anti-pathogenetic agents by the European Starling. *Oecologia* 67, 169-176.
13. Clark, L., Avilova, K.V., Bean, N.J. (1993). Odor thresholds in passerines. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 104 (2), 305-312.

14. Clark, L., Shivik, J. (2002). Aerosolized essential oils and individual natural product compounds as brown treesnake repellents. *Pest Management Science* 58, 775-783.
15. Gwinner, H., Berger, S. (2005). European starlings: nestling condition, parasites and green nest material during the breeding season. *Journal of Ornithology* 146, 365-371.
16. Gwinner, H., Berger, S. (2006). Parasite defence in birds: the role of volatiles. *Acta Zoologica Sinica* 52, 280-283.
17. Hanamanthagouda, M.S., Kakkalameli, S. B., Naik, P.M., Nagella, P., Seetharamareddy, H.R., Murthy, H.N. (2010). Essential oils of *Lavandula bipinnata* and their antimicrobial activities. *Food Chemistry* 118, 836-839.
18. Lafuma, L., Lambrechts, M.M., Raymond, M. (2001). Aromatic plants in bird nests as a protection against blood-sucking flying insects? *Behavioural Processes* 56, 113-120.
19. Lambrechts, M.M., Dos Santos, A. (2000). Aromatic herbs in Corsican blue tit nests: The 'Potpourri' hypothesis. *Acta Oecologica* 21 (3), 175-178.
20. Lambrechts, M.M, Hossaert-McKey, M. (2006). Olfaction, volatile compounds and reproduction in birds. *Acta Zoologica Sinica* 52, 284-287.
21. Lucius, R., Loos-Frank, B.: *Parasitologie, Grundlagen für Biologen, Mediziner und Veterinärmediziner*. Heidelberg Berlin, 1997.
22. Lucius, R., Loos-Frank, B.: *Biologie von Parasiten*. Berlin Heidelberg, 2008.
23. Mason Russell, J., Clark, L. (2000). The chemical senses in birds. In: *Sturkie's avian physiology*. 5th edition, Causey Whittow, G. (Ed.), San Diego, Academic Press, 569-596.
24. Mennerat, A. (2008). Blue tits (*Cyanistes caeruleus*) respond to an experimental change in the aromatic plant odour composition of their nest. *Behavioural processes* 79 (3), 189-191.
25. Mennerat, A., Mirleau, P., Blondel, J., Perret, P., Lambrechts, M.M., Heeb, P. (2009). Aromatic plants in nests of the blue tit *Cyanistes caeruleus* protect chicks from bacteria. *Oecologia* 161, 849-855.
26. Mennerat, A., Perret, P., Lambrechts, M.M. (2009). Local individual preferences for nest materials in a passerine bird. *PloS ONE* 4 (4).
27. Nevitt, G.A. (2000). Olfactory Foraging by Antarctic Procellariiform Seabird: Life at High Reynolds Numbers. *The Biological Bulletin* 198: 245-253.

28. Niimura, Y., Nei, M. (2007). Evolutionary dynamics of olfactory and other chemosensory receptor genes in vertebrates. *Journal of human genetics* 51, 505-517.
29. Petit, C., Hossaert-McKey, M., Perret, P., Blondel, J., Lambrechts, M.M. (2002). Blue tits use selected plants and olfaction to maintain an aromatic environment for nestlings. *Ecology Letters* 5, 585-589.
30. Pires, B.A., Belo, A. F., Rabaca, J. E. (2012). Aromatic Plants in Eurasian Blue Tits Nests: The “Nest Protection Hypothesis” Revisited. *The Wilson Journal of Ornithology* 124, 162-165.
31. Roper, T.J. (1999). Olfaction in birds. *Advances in the Study of Behaviour* 28, 247-332.
32. Smith, S.A., Paselk, R.A. (1986). Olfactory sensitivity in the turkey vulture (*Cathartes aura*) to threecarrion-associated odorants. *The Auk* 103 (3), 586-592.
33. Sperandio, M. (2011). Comprehensive observations on olfactory abilities in secondary cavity-breeding Passeriformes. unveröffentlichte Diplomarbeit.
34. Stager, K.E. (1967). Avian olfaction. *American Zoologist* 7 (3), 415-420.
35. Steiger, S.S., Fidler, A.E., Valcu, M., Kempenaers, B. (2008). Avian olfactory receptor gene repertoires: evidence for a well-developed sense of smell in birds? *Proceedings of the Royal Society B* 275, 2309-2317.
36. Steiger, S.S., Fidler, A.E., Valcu, M., Kempenaers, B. (2009). Evidence for Adaptive Evolution of Olfactory Receptor Genes in 9 Bird Species, *Journal of Heredity*, 101(3):325-333.
37. Wimberger, P.H. (1984). The use of green plant material in bird nests to avoid ectoparasites. *The Auk* 101, 615-618.
38. Zelenitsky, D.K., Therrien, F., Ridgely, R.C., McGee, A.R., Witmer, L.M. (2011). Evolution of olfaction in non-avian theropod dinosaurs and birds. *Proceedings of the Royal Society B* 278, 3625-3634.

Individualität, Neophobie und Exploration bei Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*)

1. Einleitung

Ähnlich den Menschen konnten auch Individuen der zahlreichen bereits untersuchten Tierarten (z.B. Schimpansen, Hyänen, Ratten, Schafen, Zebrafinken, Trichter-Web-Spinnen) unterschiedliche Persönlichkeitsmerkmale zugewiesen werden (Gosling & Vazire, 2002). Beim Menschen werden sie als Persönlichkeitstypen (Sih et al., 2004) bezeichnet, bei anderen Taxa als Profile, Verhaltenssyndrome, Veranlagungen, Strategien, Temperamente, Verhaltenstendenzen etc. (Dall et al., 2004; Sih et al., 2004; Groothuis & Carere, 2005). Ein Persönlichkeitsmerkmal wird als Abfolge von korrelierten Verhaltensweisen angesehen, die entweder innerhalb eines bestimmten Verhaltenskontextes (z.B. Korrelationen zwischen dem Verhalten bei der Futtersuche in verschiedenen Habitaten) oder in unterschiedlichen Kontexten (z.B. Korrelationen zwischen dem Verhalten bei Fütterung, Paarung, Aggressivität und Ausbreitung) auftreten (Sih et al., 2004). Individuen können generell aggressiver, aktiver oder kühner sein, während bei anderen diese Verhaltensweisen weniger stark ausgeprägt sind. Das Vorhandensein von Persönlichkeitsmerkmalen schließt Korrelationen zwischen Verhaltensweisen in verschiedenen Kontexten ein: d.h. wie sich ein Individuum in einem bestimmten Kontext verhält ist verbunden mit seinem Verhalten in einem anderen Kontext (Sih et al., 2004). Persönlichkeitsmerkmale könnten eine wichtige Rolle in der Erhaltung von individuellen Variationen im Verhalten spielen. Verschiedene Individuen sollten am besten für unterschiedliche Situationen geeignet sein. Kühne Individuen behaupten sich z.B. in verschiedenen sozialen oder ökologischen Situationen besser, während schüchterne Individuen in anderen Situationen im Vorteil sind. Dadurch kann eine Reihe von unterschiedlichen Persönlichkeiten in gegebenen passenden Variationen langfristig koexistieren (Sih et al., 2004) und zwischen den Verhaltensunterschieden besteht eine signifikante zeitliche Konsistenz (Groothuis & Carere, 2004; Carere et al., 2005).

Das Erkundungsverhalten bzw. Explorationsverhalten eines Tieres ist das aktive Vordringen in unbekannte Gebiete oder auch die Kontaktaufnahme in einem familiären Umfeld zu unbekannten Objekten.

Es besteht eine Korrelation zwischen Explorationsverhalten mit anderen Persönlichkeitsmerkmalen, z.B. Kühnheit gegenüber neuen Gegenständen, Aggressivität und Verhalten bei Futtersuche, sowohl in sozialen und nicht-sozialen Situationen (Verbeek et al. 1994, 1996; Drent & Marchetti 1999; Marchetti & Drent, 2000).

Untersuchungen an Kohlmeisen (*Parus major*) haben gezeigt, dass sich die Individuen konsequent in ihrem Explorationsverhalten unterscheiden (Verbeek et al., 1994) und dass eine Korrelation zwischen Exploration und Aggression besteht, z.B. handaufgezogene juvenile männliche Kohlmeisen, die schnell aber oberflächlich im Erforschen der neuen Umgebung waren, neigten dazu, sich schneller einem neuen Objekt zu nähern und waren meist die ersten, die in Konfrontationen aggressives Verhalten zeigten, im Gegensatz zu langsamen und gründlich erforschenden Kohlmeisen (Verbeek et al., 1996). Both et al. untersuchte Fortpflanzungsparameter bei Kohlmeisen in Verbindung mit dem Explorationsverhalten in einer neuen Umgebung und die Gruppe rund um Both vermutet, dass schnell erforschende Individuen besser in der Verteidigung oder im Erhalten eines qualitativ hochwertigen Territoriums sind, während langsame Individuen bessere Eltern sind (Both et al., 2005). Bei einem Experiment, das die Abwanderung vom Geburtsort mit Explorationsverhalten in einer neuen Umgebung untersuchte, wurde eine positive Korrelation zwischen der natalen Verbreitung mit dem elterlichen und dem individuellen explorativen Verhalten festgestellt. Eltern, die schnelle Erkunder waren, hatten Nachkommen, die sich am weitesten verbreiteten. Dies lässt vermuten, dass elterliches Verhalten das Ausbreitungsverhalten der Jungtiere beeinflusst, entweder über das elterliche Verhalten per se (z.B. über Pflege) oder durch Einwirkung auf den Phänotyp der Nachkommen (z. B. über ihre Gene) (Dingemanse et al., 2002).

Ein wichtiger Teil dieser individuellen Unterschiede basiert auf der Variation der zugrunde liegenden Gene. Durch Untersuchungen wurde bestätigt, dass eine erbliche Komponente für das Explorationsverhalten und Kühnheit in einer gerichteten Selektion in Gefangenschaft (Drent et al, 2003) und in einer natürlichen Population (Dingemanse et al, 2002; Drent et al., 2003) besteht. Bei einer genetischen Analyse zwischen zwei Kohlmeisenlinien, die über vier Generationen nach der Ausprägung ihrer Neugier ausgewählt wurden, zeigten sich deutliche Differenzen. Es wurde belegt, dass die Persönlichkeit der Vögel erblich ist und dass Komponenten der Persönlichkeit genetisch korrelieren. (van Oers et al., 2004).

Das Dopamin Rezeptor D4 (Drd4) Gen beeinflusst das Erkundungsverhalten einer ganzen Reihe von Spezies, einschließlich des Menschen und der Vögel. Kohlmeisen (*Parus major*) mit einer bestimmten Variante des Drd4-Gens zeigen ein größeres Neugier- und ausgeprägteres Erkundungsverhalten, als Individuen mit anderen Genvarianten. Bei den interessierteren Kohlmeisen entdeckten sie im Drd4-Gen 73 Polymorphismen (davon 66 Einzelnukleotid-Polymorphismen, SNPs). Eine Assoziation besteht zwischen der Variante SNP830 und der Neugierde (Fiedler et al., 2007).

Die Angst vor etwas Neuem, vor neuartigen Dingen oder unbekannten Situationen, in diesem Fall vor neuen Gerüchen, wird als Neophobie bezeichnet. Zwischen zwei verwandten Grasmückenarten wurde Neophobie und Exploration untersucht. Die ortsansässige Samtkopfgrasmücke (*Sylvia melanocephala*) war weniger ängstlich und ihr Explorationsverhalten war stärker ausgeprägt als bei der migratorischen Gartengrasmücke (*Sylvia borin*; Mettke-Hofmann et al., 2005). Untersuchungen an Zebrafinken (*Taeniopygia guttata*), die der Ordnung der Sperlingsvögel (*Passeriformes*) angehören, wurden mit Pyrazin und/oder mit einer neuen Farbe (rot) kontaktiert. Es wurde keine Reaktion verzeichnet, wenn der Geruch alleine präsentiert wurde, aber die Kombination Pyrazin/rote Farbe führte zu einer synergistischen Reaktion (bei Präsentation beider Reize kommt es zu einer größeren Wirkung als bei einer individuellen Darstellung; Kelly & Marples, 2004). Die existenzielle Bedeutung des Geruchssinnes für die Vögel wurde lange Zeit verkannt und es wurde angenommen, dass die Vogelwelt mit einigen Ausnahmen kaum riechen kann bzw. geruchsblind sei und sich daher auf visuelle und akustische Signale verlasse (Roper, 1999). Nach Vermessungen von der relativen Größe des Riechkolbens von 108 verschiedenen Vogelarten wurde angenommen, dass eine Größenzunahme des Riechkolbens eine Verbesserung der Riechschärfe mit sich bringt (Bang und Cobb, 1968; Bang, 1971). Die Annahme war, dass der Geruchssinn bei Arten, deren relativer Bulbus olfactorius unter 9,7 % liegt, eine unbedeutende Rolle spielen würde, wie bei den Sperlingsvögeln, was allerdings durch zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen widerlegt wurde (Roper, 1999; Mennerat, 2008). Zahlreiche Untersuchungen bestätigen, dass beide Geschlechter der Blaumeise auf der Insel Korsika und das Starenmännchen regelmäßig Pflanzenbestandteile in ihr Nistmaterial einbauen. Unter den fünf häufigsten Pflanzenarten befindet sich

Lavendel, der für anti-mikrobielle (Hanamanthagouda et al., 2010) und fungizide (Adam et al., 1998) Aktivitäten bekannt ist.

Das weltweit vorkommende Pyrazin ist eine aromatische heterocyclische organische Verbindung mit der chemischen Formel $C_4H_4N_2$, die sowohl in der Pflanzenwelt als auch in zahlreichen Tierarten anzufinden ist (Woolfson & Rothschild, 1990). Heutzutage sind bereits über hundert verschiedene Pyrazinprodukte nachgewiesen, welche auch in aposomatischen Insekten zu finden sind (Moore and Brown, 1981; Moore et al., 1990). Es wurde spekuliert, dass in der Natur Pyrazin in einigen Fällen als intra- und interspezifisches Alarmsignal gilt, es dient sowohl als Abwehrmittel gegen potentielle Räuber als auch als Lockstoff (Woolfson & Rothschild; 1990). Der Geruch von Pyrazin kann Einfluss auf physiologische Prozesse haben (Katz, 1999; Barnea, 2002) und es zeigte sich, dass Küken von Haushühnern eine neophobische warnende Reaktion entwickeln, wenn sie Wasser vermischt mit 2-Methoxy-3-Isobutylpyrazin zum Trinken dargeboten bekamen (Guilford et al., 1987).

Die zwei Gerüche (Lavendel, Pyrazin) haben unterschiedliche Funktionsweisen und werden sich beim Persönlichkeitstest durch unterschiedliche Verhaltensmuster der Versuchstiere zeigen.

2. Material und Methoden

Die Versuchsreihe bestand aus drei verschiedenen Experimenten und wurde im Dezember 2012 in zwei separaten Räumen (5,84 x 2,77 x 2,20 m) des KLIVV (Konrad-Lorenz-Institut für Vergleichende Verhaltensforschung der Veterinärmedizinischen Universität) an acht gefangenen Blaumeisen beiderlei Geschlechts ausgeführt. Eine Woche vor den eigentlichen Versuchen wurden die Blaumeisen aus einer Freivoliere in zwei Beobachtungsräume mit einer Zimmervoliere, die in vier Einzelkäfige unterteilt war, gesperrt, um sie an die neue Umgebung zu gewöhnen. Die vier Käfige befanden sich an der gegenüberliegenden Seite der Zimmertür. Jeder Einzelkäfig hatte die Maße 1,8 x 0,5 x 0,4 m und wurde durch zwei seitlich befindliche, bewegliche Trennwände unterteilt. Somit hatte der Versuchskäfig die Maße 0,9 x 0,5 x 0,4 m. Der Käfig hatte einen soliden Boden, Decke, Seiten- und Hinterwand, die Vorderseite bestand aus einem Drahtgeflecht, an dem ein austauschbarer Futternapf, ein Trinkbehälter und ein Badebehälter befestigt waren. Der Innenraum des Käfigs bestand aus drei Holzsitzstangen, in der Mitte

befanden sich verschiedene Äste, die als weitere Sitzgelegenheiten dienten, und eine am Boden befindliche Futterschüssel mit handelsüblichem Heimtierfutter. Die Meisen hatten akustischen Kontakt, sie wurden unter künstlichem Licht gehalten, Futter und Wasser wurden ad libitum bereitgestellt. Ein geöffnetes Fenster hinter den Käfigen sorgte für Frischluft. Vor dem eigentlichen Versuch wurden die Blaumeisen durch die bewegliche Trennwand in den separaten Teil des Käfigs gelockt, der Futternapf konnte mit neuem Futter und einem Tropfen des benötigten Geruches versehen und wieder an das Drahtgeflecht angebracht werden, ohne dass die Vögel das Geschehen beobachten konnten. Nach der Bereitstellung des Futters (Mehlwürmer und Samen), das ein Teil der morgendlichen Routine war, wurden sie wieder in den vorhergesehen Teil des Käfigs gelockt und die Versuchstiere wurden für 60 Minuten beobachtet. Die Beobachtungen wurden von einer einzigen Person durchgeführt, fanden zwischen 8 und 11 Uhr statt und die Zeit (in Sekunden) wurde mit einer Stoppuhr gemessen. Um den Stress der isolierten Blaumeisen zu reduzieren, wurden vier Versuchstiere gleichzeitig aus einer Entfernung von etwa einem Meter beobachtet, und Anflüge und die Zeitdauer, die sie in unmittelbarer Nähe des Geruches (Lavendel, Pyrazin oder als Kontrollgruppe Wasser) verbrachten, wurden dokumentiert. Nach Beendigung des Tests wurden die Vögel nochmals durch die geöffnete Trennwand in den zusätzlichen Raum gelockt, die Futterschalen entleert, gewaschen und durch trockene Behälter mit frischem Futter ersetzt, die Trennwand wieder geöffnet und die Blaumeisen konnten wieder in ihre gewohnte Umgebung zurückkehren.

Die Gerüche, die getestet wurden, waren das für den Menschen fast geruchlose Pyrazin ($C_4H_4N_2$; VWR International, LLC) und das ätherische Öl Lavendel (*Lavendula Angustifolia*; Primavera Life GmbH). Die Versuchsbedingungen konnten dadurch genormt werden. Als Kontrolle diente Wasser.

2.1 Anpassung an die experimentelle Situation

Die erste Phase dauerte acht Tage (die Blaumeisen wurden 5 Tage beobachtet, es wurde dann eine Pause von drei Tagen eingelegt und die Tiere wurden für weitere drei Tage beobachtet). In dieser Phase wurde den Tieren kein Geruch dargeboten. Nach der Bereitstellung von neuem Futter, das ein Teil der morgendlichen Routine war, wurden die Tiere für 60 Minuten beobachtet und alle Anflüge auf den Rand des

Futterbehälters, der am Drahtgeflecht befestigt war, wurden aufgezeichnet. In dieser Phase wurde die Aktivität der Blaumeisen getestet, dabei wurden die Latenzzeiten vom Beginn der Beobachtung bis zum ersten Anflug auf den Futterbehälter gemessen.

2.2 Neophobie

Dieser Test wurde auf vier aufeinander folgenden Tagen ausgeführt. Diesmal wurde mit der morgendlichen Bereitstellung des Futters ein Tropfen Wasser (Kontrolle) und entweder Lavendel oder Pyrazin an den Rand der Futterschüssel angebracht, aber es wurde darauf geachtet, dass die Flüssigkeiten nicht mit der Tiernahrung in Kontakt kamen. Am ersten Tag wurden Wasser oder Lavendel bereitgestellt, am nächstfolgenden Tag Wasser oder Pyrazin – diese Reihenfolge wiederholte sich. Es wurde darauf geachtet, dass die Versuchstiere nur einem neuen Geruch pro Versuchstag ausgesetzt waren. Die Blaumeisen wurden 60 Minuten beobachtet und alle Anflüge auf den Rand der Futterschüssel wurden aufgezeichnet. Die Latenzzeit in dieser Phase wurde als die Zeit zwischen dem Einbringen des Futters zusammen mit dem unbekannten Geruch und dem ersten Zeitpunkt, in dem der Vogel zum Futterbehälter flog, gemessen. Die Latenzzeit in der Neophobie-Phase kann ein Indiz dafür sein, wie angstvoll ein Individuum auf einen neuen Geruch reagiert, oder aber die Unterschiede in den Latenzzeiten können von der Aktivität des einzelnen Tieres abhängen. In der Neophobiephase kommt es zu einer Konfliktsituation zwischen dem Wunsch, zu fressen und dem Bedürfnis, Unbekanntes zu vermeiden (Mettke-Hofmann et al., 2005).

2.3 Explorationsverhalten

Um zu bestimmen, ob sich Individuen in ihrem Explorationsverhalten unterscheiden, wurde das individuelle Verhalten in einem familiären Umfeld, das mit einem neuen Geruch versehen wurde, erfasst. Sechs aufeinander folgende Tage dauerte der letzte Test dieser Versuchsreihe, und den Meisen wurde als Teil der morgendlichen Routine frisches Futter angeboten und ein Tropfen des Geruches wurde an einem neutralen Ort innerhalb des Käfigs aufgetragen. Am ersten Tag wurden Wasser oder

Lavendel bereitgestellt, am nächstfolgenden Tag Wasser oder Pyrazin, diese Reihenfolge wiederholte sich. Es wurde darauf geachtet, dass die Versuchstiere nur einem neuen Geruch pro Versuchstag ausgesetzt waren. Die Blaumeisen wurden 60 Minuten beobachtet. Es wurden alle Anflüge und die Zeitdauer, die sie in unmittelbarer Nähe des unbekannten Geruches verbrachten, aufgezeichnet. Im Explorationstest wurde die Latenzzeit als die Zeit zwischen dem Einbringen des Geruches an einem neutralen Ort im Käfig und der ersten Annäherung gemessen, und zusätzlich die erste Zeitdauer, die die Blaumeisen in unmittelbarer Nähe der Geruchsquelle verbrachten. Vögel, die sich innerhalb von einem Zeitraum von 60 Minuten der Geruchsquelle nicht annäherten, bekamen eine Latenzzeit von 3600 Sekunden zugewiesen. Ein Explorationswert wurde für jedes Individuum aus dem Mittelwert der beiden Latenzen berechnet. Die Latenzzeit in der Explorations-Phase kann anzeigen, wie sehr sich ein Individuum für die Veränderungen in seiner Umwelt interessiert, oder sie werden durch unterschiedliche Aktivität verursacht. Bei der Exploration ist das Tier nicht gezwungen, sich dem neuen Objekt anzunähern, sondern das Objekt kann aus eigenem Antrieb untersucht werden. Hier kann sowohl Annäherungs- als auch Vermeidungsverhalten hervorgerufen werden (Mettke-Hofmann et al., 2005).

Die Analyse der Testergebnisse erfolgte mittels eines nichtparametrischen Tests (Kruskal-Wallis-Test, Mann-Whitney-U-Test), da die vergleichenden Stichproben keiner normalverteilten Grundgesamtheit entstammen. Alle statistischen Analysen wurden mittels SPSS-Software (Version 19.0) durchgeführt.

3. Ergebnisse

Der Aktivitäts-, Neophobie- und Explorationswert jeder einzelnen Blaumeise wurde berechnet. In der Aktivitätsphase wurde die Latenz als die Zeit vom Beginn der Beobachtung bis zum ersten Anflug auf den Futterbehälter gemessen. Die Latenzzeit in der Neophobiephase wurde als die Zeit zwischen dem Einbringen des Futters zusammen mit dem unbekannten Geruch und dem ersten Zeitpunkt, in dem der Vogel zum Futterbehälter flog, gemessen. Im Explorationstest wurde die Latenzzeit als die Zeit zwischen dem Einbringen des Geruches an einem neutralen Ort im Käfig und der ersten Annäherung an die Geruchsquelle gemessen und zusätzlich die erste Zeitdauer, die die Blaumeisen in unmittelbarer Nähe der Geruchsquelle verbrachten. Vögel, die sich innerhalb eines Zeitraumes von 60 Minuten der Geruchsquelle nicht annäherten, bekamen eine Latenzzeit von 3600 Sekunden zugewiesen. Ein Explorationswert wurde für jedes Individuum aus dem Mittelwert der beiden Latenzen berechnet.

Die Verhaltensvariationen der 8 Blaumeisen bei den Aktivitätswerten reichten von 10 bis 45 Sekunden, bei den Neophobiewerten reichten sie in der Kontrollgruppe von 8 bis 27 Sekunden, bei Lavendel 8 bis 34 Sekunden und bei Pyrazin 10 bis 37 Sekunden. Hohe Neophobiewerte zeigen eine Vermeidungsreaktion gegenüber dem neuen Geruch an – es kommt zu einer längeren Wartezeit, um an das Futter zu gelangen. Dies zeigt deutlich die Angst vor etwas Neuem an. Die Explorationswerte lagen in der Kontrollgruppe zwischen 1 Minute 18 Sekunden bis zu einer Stunde, bei Lavendel 32 Sekunden bis 6 Minuten 34 Sekunden, bei Pyrazin 2 Minuten bis 36 Minuten 57 Sekunden. Bei diesem Test wurden das Annäherungsverhalten und die Untersuchung des neuen Geruches getestet. Wenn das Tier sich rasch annäherte, was bei Lavendel stärker als bei Pyrazin der Fall war, rief der Geruch beim Tier eine stärkere Reaktion hervor. Individuen mit kurzen Zeiten im Neophobietest zögerten in der Explorationsphase länger, um sich den Gerüchen anzunähern. Blaumeisen mit einem niedrigen Neophobiewert zeigten somit weniger Angst und große Explorationswerte bedeuten, dass Tiere auf Neuerungen schwächer reagieren. Eine Korrelation zwischen allen drei Werten (Aktivität:Neophobie:Exploration) in der Kontrollgruppe war gegeben ($p=0,001$). Ein Zusammenhang zwischen den Neophobiewerten und den Explorationswerten bei der Lavendelgruppe ($p=0,001$) war

nachzuweisen, aber es ergab sich keine Wechselbeziehung zwischen den beiden Phasen bei Pyrazin ($p=0,170$).

Tab. 1 Das Minimum und das Maximum bei der Anzahl der Anflüge bei allen drei Behandlungsmethoden und bei den drei verwendeten Substanzen wurden angegeben. Weiters ist bei dem Explorationsverhalten die niedrigste und die längste Zeitspanne ersichtlich, die eine Blaumeise in der Nähe des unbekannten Geruches bzw. des Kontrollgeruches verbrachte. Die Zeitdauer ist in Sekunden angegeben. min: Minimum; max: Maximum. Die Kontrollgruppe wurde mit Wasser behandelt.

	Aktivität		Neophobie						Exploration					
	Kontrolle		Kontrolle		Lavendel		Pyrazin		Kontrolle		Lavendel		Pyrazin	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Anflüge	7	121	12	196	21	101	21	90	0	70	0	101	0	89
Zeitdauer	/	/	/	/	/	/	/	/	0	1178	0	513	0	660

Die Anflüge auf den Futternapf lagen in der ersten Phase zwischen 7 und 121 innerhalb von 60 Minuten. Bei der Kontrollgruppe in der Neophobiephase ist sowohl die niedrigste (12) als auch die höchste (196) Anflugzahl zu finden. In der Erkundungsphase liegt das Minimum der Anflüge bei 0 (betrifft alle drei Geruchsgruppen) und erreicht ihren Höchststand bei 101 Anflügen (Lavendel). Die Zeitdauer, die die Blaumeisen in der Nähe des Geruches verbrachten, reicht von 0 Sekunden (bei allen drei Gerüchen) bis zu 19 Minuten und 38 Sekunden (Kontrolle), gefolgt von Pyrazin (11 Minuten) und Lavendel (8 Minuten 33 Sekunden).

3.1 Anpassung an die experimentelle Situation

Tab. 2 Es wurde ermittelt, ob in der Aktivitätsphase Unterschiede in der Latenzzeit (vom Einbringen des Geruches bis zum ersten Anflug) bzw. in der Anzahl der Anflüge zwischen den 8 Blaumeisen bestehen, während in der Neophobie und der Explorationsphase geprüft wurde, ob Unterschiede in der Latenzzeit bzw. in der Anzahl der Anflüge zwischen den drei Geruchsgruppen bei den 8 Blaumeisen vorhanden sind. Gruppenvariable: Geruch.

p					
Aktivität		Neophobie		Exploration	
Latenz	Anflüge	Latenz	Anflüge	Latenz	Anflüge
0,342	0,000	0,495	0,224	0,658	0,649

In der Aktivitätsphase, in der den Blaumeisen kein Geruch dargeboten wurde, gab es in der Latenzzeit zwischen den 8 Versuchstieren keinen signifikanten Unterschied, während die Anzahl der Anflüge zwischen den Meisen stark variierte ($p=0,000$). Sowohl bei der Neophobie als auch bei der Exploration ist bei beiden Untersuchungen keine Signifikanz zwischen den verschiedenen Geruchsgruppen gegeben.

3.2 Neophobie

Tab. 3 Neophobie: Latenz und Anzahl der Anflüge wurden bei den Geruchsgruppen zwischen den Geschlechtern verglichen. Testvariable: Latenz und Anzahl der Anflüge; Gruppenvariable: Geschlecht. m. Rang: mittlerer Rang, d.f.: Freiheitsgrade.

		Männchen	Weibchen		
	Geruch	m. Rang	m. Rang	d.f	P
Latenz	Kontrolle	7,92	8,33	1	0,879
	Lavendel	4,80	2,00	1	0,105
	Pyrazin	4,83	2,17	1	0,072
Anzahl/Anflüge	Kontrolle	8,38	6,50	1	0,516
	Lavendel	5,00	1,50	1	0,053
	Pyrazin	3,33	3,67	1	0,827

Sowohl bei der Latenzzeit als auch bei der Anzahl der Anflüge besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern innerhalb der drei Geruchsgruppen.

Tab. 4 Repräsentative Datenanalyse der Zeitdifferenzen während der ersten 10 Anflüge in drei experimentellen Geruchsgruppen innerhalb der Testphase (Tag 1-4).

		Mittelwert	Median	Standardabweichung	Varianz
		(sek)	(sek)	(sek)	(sek ²)
Tag 1	Kontrolle	190,38	82,50	268,105	71880,189
	Lavendel	80,70	34,00	123,784	15322,523
Tag 2	Kontrolle	218,48	33,50	469,843	220752,360
	Pyrazin	438,75	95,50	664,715	441845,370
Tag 3	Kontrolle	114,40	32,00	237,861	56577,887
	Lavendel	172,53	41,50	355,219	126180,770
Tag 4	Kontrolle	70,33	38,00	92,704	8594,071
	Pyrazin	159,95	51,50	378,014	142894,920

Der Vergleich der ersten 10 Anflüge an den einzelnen Tagen der Studie zeigt, dass die mittleren Zeitabstände am Tag 2 zwischen den ersten 10 Anflügen bei Pyrazin bedeutend länger sind, als bei der Kontrollgruppe – die Meisen zögerten länger, um zum Futterbehälter zu gelangen – was vermuten lässt, dass die Blaumeisen versuchten, den Pyrazingeruch zu vermeiden. Während am Tag 4 die Zeitabstände zwischen den ersten 10 Anflügen bedeutend verkürzt waren - was vermuten lässt, dass eine Gewöhnung eingetreten war. Bei Lavendel wurde das Gegenteil festgestellt. Am ersten Tag waren die Zeitabstände bei Lavendel bedeutend kürzer. Dies beinhaltet, dass sie den Fütterungsbehälter öfter aufsuchten. Der Vergleich der Latenzzeiten zeigt, dass sie am Tag 1 zwischen den verschiedenen Gerüchen ($p=0,381$) konstant sind und zwischen den experimentellen Gruppen am zweiten ($p=0,767$), am dritten ($p=0,617$) bzw. am vierten Tag ($p=0,234$) ebenfalls nicht variieren.

3.3 Explorationsverhalten

Tab. 5 Repräsentative Datenanalyse der Zeit, die die Blaumeisen während der ersten 10 Annäherungen innerhalb der Testphase (Tag 1-6) in der Nähe des experimentellen Geruchs verbrachten.

		Mittelwert	Median	Standardabweichung	Varianz
		(sek)	(sek)	(sek)	(sek ²)
Tag 1	Kontrolle	17,95	3,5	48,15	2318,62
	Lavendel	1,83	1,0	2,18	4,75
Tag 2	Kontrolle	3,00	2,0	3,27	10,67
	Pyrazin	44,56	4,0	102,30	10463,91
Tag 3	Kontrolle	3,67	2,0	4,06	16,46
	Lavendel	6,54	3,0	8,61	74,10
Tag 4	Kontrolle	64,29	3,0	172,38	29716,15
	Pyrazin	7,47	1,0	14,40	207,37
Tag 5	Kontrolle	7,39	3,0	13,65	186,43
	Lavendel	7,65	2,0	10,06	101,29
Tag 6	Kontrolle	73,63	1,5	257,55	66332,16
	Pyrazin	5,96	3,0	7,37	54,35

Der Vergleich der mittleren Zeiten, die in der Nähe des experimentellen Geruchs an einzelnen Tagen der Studie verbracht wurden, zeigt, dass der Mittelwert am Tag 2 in der Pyrazingruppe bedeutend länger war, als bei den nachfolgenden Tagen (4 und 6). Das beinhaltet, dass das Erforschungsverhalten stark ausgeprägt war, während an den darauf folgenden Tagen es zu einer Reduzierung kam. Bei Lavendel zeigt sich am ersten Tag der Geruchspräsentation das Gegenteil. An den darauf folgenden Tagen kommt es wiederum zu einer Annäherung der mittleren Zeiten zwischen den beiden Gerüchen.

Der Vergleich der Latenzzeiten zwischen den drei Geruchsgruppen zeigt, dass sie an fünf Tagen zwischen den Gerüchen konstant sind (erster Tag: $p=0,237$; zweiter Tag: $p=0,309$; dritter Tag: $p=0,386$; fünfter Tag: $p=1,000$ und sechster Tag: $p=0,386$). Sie variieren allerdings am vierten Tag ($p=0,021$).

Tab. 6 Explorationsphase: Zeiten, die die Blaumeisen in der Nähe des Geruches verbrachten, Latenz und Anzahl der Anflüge wurden zwischen den Geschlechtern verglichen. m.R.: mittlerer Rang, Freiheitsgrade: 1.

	Kontrolle			Lavendel			Pyrazin		
	m. Rang		p	m. Rang		p	m. Rang		P
	Männchen	Weibchen		Männchen	Weibchen		Männchen	Weibchen	
Zeit	132,64	164,15	0,100	191,79	127,76	0,020	82,36	67,21	0,270
Latenz	11,82	12,50	0,832	4,00	7,00	0,121	4,57	7,67	0,138
Anzahl/Anflüge	13,18	8,67	0,158	6,50	2,00	0,020	6,57	3,00	0,083

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern in der Zeit, die sie in der Nähe des Lavendelgeruches verbringen und bei der Anzahl der Anflüge – ebenfalls bei Lavendel.

4. Diskussion

Um die Rolle des Geruchssinns bei einem Mitglied der Sperlingsvögel zu untersuchen, wurde eine Versuchsreihe entwickelt, die die Empfindlichkeit der Blaumeisen zu flüchtigen Verbindungen durch die Beigabe von Geruchsstoffen am Rand des Futterbehälters bzw. an einem neutralen Ort innerhalb des Käfigs durch Verhaltensveränderungen dokumentiert. Diese Verhaltensveränderungen konnten beim Menschen (Persönlichkeitstypen) und bei Individuen zahlreicher verschiedener Tierarten festgestellt werden - sie werden als Strategien, Temperamente, Verhaltenssyndrome, Verhaltenstendenzen, Veranlagungen etc. bezeichnet (Dall et al., 2004; Sih et al., 2004, Groothuis & Carere, 2005). Der Ablauf von korrelierten Verhaltensweisen, die entweder innerhalb eines bestimmten Verhaltenskontextes oder in unterschiedlichen Kontexten bestehen, wird als Persönlichkeitsmerkmal angesehen (Sih et al., 2004).

Das Nahrungsspektrum der Blaumeisen ist eng mit den saisonalen und zufälligen Schwankungen des Nahrungsangebotes korreliert. Sie bevorzugen tierische Nahrung wie Insekten und Spinnen, aber auch verschiedene Obstsorten, wie z.B. Beeren. Nahrungsverfügbarkeit ist ein wichtiges Kriterium im Leben eines Vogels, nicht nur für den reproduktiven Erfolg, sondern auch für das individuelle Überleben (Martin, 1987). Es ist anzunehmen, dass der Geruchssinn eine bedeutende Rolle beim Aufspüren von Beute spielt. Die in Europa beheimatete Blaumeise, die dafür bekannt ist, Geruchsveränderungen bereits außerhalb des Nistkastens festzustellen (Mennerat, 2008), könnte auf die von Nahrungsmittel stammende Geruchsreize reagieren, was ihnen einen Vorteil beim Nahrungserwerb gewährleistet.

Durch die Nahrungssuche kommen Vögel in Kontakt mit dem omnipräsenten Pyrazin, das in verschiedenen Pflanzen- und Tierarten, vor allem in Käfern und Schmetterlingen vorzufinden ist (Moore et al, 1990). Pyrazingeruch kann sowohl als Lockstoff als auch als Abschreckmittel fungieren und kann das Vorhandensein von genießbarer bzw. ungenießbarer Nahrung anzeigen. Man könnte davon ausgehen, dass eine Verbindung zwischen Insektivoren und ihrer Beute besteht, da Pyrazin ein Geruchssignal ausströmt, das von futtersuchenden Vögeln aufgenommen wird und anzeigt, ob potentielle Beute in ihrer Umgebung vorhanden ist. Diese Tatsache könnte von großer Bedeutung für das Überleben der Vögel sein, die sich mit ständig neuen Umweltbedingungen arrangieren müssen.

Lavendel ist in einem anderen Zusammenhang wichtig, da Blaumeisen gezielt Pflanzenfragmente dieser wohlriechenden Pflanze ins Nistmaterial einfügen, um die sekundären volatilen Bestandteile der Pflanze für die Gesundheit der Nestlinge zu nutzen. Die chemischen Verbindungen verschiedener Pflanzenarten belegen, dass sowohl die Parasitenanzahl (Lafuma *et al.*, 2001) als auch die Quantität der Bakterien (Mennerat, 2009) auf Nestlingen zurückgehen und dass sie fungizide (Adam *et al.*, 1998) und anti-mikrobielle (Hanamanthagouda *et al.*, 2010) Wirkung zeigen. Bei einer Untersuchung zeigte sich, dass nach einer experimentellen Veränderung der olfaktorischen Zusammensetzung des Nestes die Blaumeisen länger vor dem Einflug in die Nesthöhle zögerten (Mennerat, 2008).

Dass Tiere, ähnlich dem Menschen, Persönlichkeit besitzen, ist in zahlreichen Verhaltensstudien an unterschiedlichen Taxa festgestellt worden. Bei Vögeln wurde vor allem die Kohlmeise in dieser Hinsicht sehr gut untersucht und es zeigt sich, dass die unterschiedlichen Charaktereigenschaften miteinander in Korrelation stehen. Das Explorationsverhalten steht in Korrelation mit anderen Verhaltenszügen, wie z.B. Aggression, Futtersuche und andere. Schnelle Explorer haben eine aktive Bewältigungsstrategie: sie sind aggressiv, mutig, unempfindlich gegenüber äußeren Reizen und verlassen sich auf Routinen, während langsame Explorer eine passive Bewältigungsstrategie verwenden. Sie sind eher nicht aggressiv, schüchtern in der Erkundung, sie reagieren sensibel auf äußere Reize und passen ihr Verhalten schnell an Veränderungen in ihrer Umwelt an (Verbeek *et al.* 1996, 1999; Marchetti & Drent 2000; Dingemanse *et al.*, 2004). Die individuellen Unterschiede haben eine genetische Komponente (van Oers *et al.*, 2004). Es wird angenommen, dass aus evolutionärer Sicht verschiedene Persönlichkeitsmerkmale unter unterschiedlichen Umweltbedingungen anpassungsfähig sind (Dingemanse *et al.*, 2003).

In dieser Studie wurde untersucht, ob Blaumeisen unterschiedliche Verhaltensreaktionen bei unbekannten Gerüchen zeigen und ob sie als Teil der Persönlichkeit angesehen werden können. Der Test bestand darin, die Blaumeisen einer Neophobie auslösenden und einer Annäherung auslösenden Situation auszusetzen.

In der ersten Phase, in der sich die Blaumeisen an die experimentelle Situation gewöhnen sollten, wurde eine stark voneinander abweichende Anzahl der Anflüge an den Futternapf festgestellt, was auf unterschiedliche Aktivitätsgrade und auf Persönlichkeiten der Individuen hindeutet.

Die Neophobiewerte unterschieden sich nicht stark zwischen den beiden experimentellen Gerüchen. Hohe Neophobiewerte zeigen eine Vermeidungsreaktion gegenüber dem neuen Geruch an – es kommt zu einer längeren Wartezeit, um an das Futter zu gelangen und dies zeigt deutlich die Angst vor etwas Neuem an. Die Gerüche Lavendel und Pyrazin, die neben dem Futterbehälter präsentiert wurden, lösten kein exploratives Verhalten aus, was darauf hindeutet, dass in dieser Situation die neuen Gerüche Vermeidungsreaktionen auslösen. Diese Resultate stimmen mit Mettke-Hofmann et al. (2005) überein, die Persönlichkeitsmerkmale in zwei unterschiedlichen Grasmückenarten untersuchte, denen neue Objekte dargeboten wurden. In der Neophobiephase wurde eine Verhaltensabweichung zwischen den Gerüchen innerhalb der ersten 10 Anflüge (danach wurde ein Gewöhnungseffekt vermutet) festgestellt. Die Reaktion der Meisen auf Pyrazin, das erstmals präsentiert wurde, beinhaltete weniger Anflüge und zeigt, dass die Vögel diesem Geruch ängstlich gegenüber standen. Bei der erstmaligen Präsentation von Lavendel zeigte sich das Gegenteil. Bei der zweiten Präsentation der gegensätzlichen Gerüche wurde eine Annäherung festgestellt, sodass vermutet wird, dass ein Gewöhnungseffekt vorhanden war.

Die Explorationswerte reichen bei Lavendel von 32 bis 454 und bei Pyrazin von 121 bis 2217. Bei diesem Test wurden sowohl das Annäherungsverhalten als auch die Untersuchung des neuen Geruches getestet. Wenn das Tier sich rasch annäherte, was bei Lavendel stärker als bei Pyrazin der Fall war, rief der Geruch beim Tier eine stärkere Reaktion hervor. Blaumeisen mit einem niedrigen Neophobiewert zeigen somit weniger Angst und große Explorationswerte bedeuten, dass Tiere auf Neuerungen schwächer reagieren. In der Explorationsphase zeigte sich, dass die Zeit, die in der Nähe des Pyrazingeruches verbracht wurde, am ersten Tag deutlich über dem Durchschnitt lag während bei Lavendel das Gegenteil zutraf. Der persistente Pyrazingeruch, löste bei den Blaumeisen ein starkes Erkundungsverhalten aus.

Diese Untersuchung zeigte eine Korrelation zwischen den Neophobiewerten und den Explorationswerten bei Lavendel ($p=0,001$), allerdings wurde keine Korrelation bei Pyrazin ($p=0,170$) festgestellt. Bei den präsentierten Vergleichen zwischen den Geschlechtern konnte innerhalb der Aktivitäts-, der Neophobie- und der Explorationswerte bei allen drei Gerüchen kein klarer Unterschied festgestellt werden ($p=0,317$ bis $1,000$). In der Neophobiephase besteht zwischen den Geschlechtern

bei der Latenzzeit und bei der Anzahl der Anflüge ebenfalls kein signifikanter Unterschied innerhalb der drei Geruchsgruppen. In anderen Untersuchungen zeigte sich, dass das Geschlecht keine Rolle spielt, sowohl bei den Neophobie- als auch bei den Explorationswerten (Mettke-Hofmann et al., 2005; Drent & Marchetti; 1999). Allerdings wurde in der Explorationsphase ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern bei der Zeit, die sie in der Nähe des Geruchsstoffes Lavendel verbrachten, und bei der Anflugzahl (Lavendel) festgestellt.

Bestandteile von Lavendel werden von der Blaumeise auf Korsika aktiv in ihr Nest eingebaut und dienen der Nestwartung. Untersuchungen belegen, dass Blaumeisen bereits außerhalb des Nistkastens Veränderungen am Nestgeruch wahrnehmen können (Mennerat, 2008), während Pyrazin, das weltweit in Tieren (z.B. Käfern und Schmetterlingen) und Pflanzen vorkommt, sowohl als Lockstoff als auch als Abschreckmittel dienen kann. Bei einer Untersuchung an Zebrafinken zeigte sich, dass Pyrazingeruch, der alleine präsentiert wurde, keine Reaktion hervorrief, während bei der Kombination des Geruches mit der Farbe rot ein starker Effekt hervortrat (Kelly & Marples, 2004).

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass Blaumeisen unterschiedlich auf die Gerüche reagierten, was eine weitere Bestätigung für das Riechvermögen ist, obwohl Blaumeisen kleine Riechkolben besitzen und keine Korrelation zwischen der Geruchsschärfe und der relativen Größe des Bulbus olfactorius besteht (Bang & Cobb, 1968). Es zeigten sich unterschiedliche Charaktereigenschaften und eine Korrelation zwischen den Neophobiewerten und Explorationswerten bei Lavendel, allerdings nicht bei Pyrazin.

Es ist zu berücksichtigen, dass die Anzahl der beobachteten Blaumeisen äußerst gering und das Geschlechterverhältnis nicht ausgewogen war. Die Reaktionen der Blaumeisen könnten durch verschiedene Faktoren beeinflusst worden sein, wie z.B. durch die Jahreszeit (Winter) bzw. durch Lärm. Die Anpassungszeit an die neue Umgebung war zu kurz oder die Tiere waren einem zu hohen Stresslevel ausgesetzt, da sie in Einzelkäfigen untergebracht waren.

Es ist mehr Forschung notwendig, und dabei ist es wichtig, den Versuch mit einer größeren Anzahl von Individuen zu untersuchen und andere Duftstoffe zu verwenden.

5. Literaturliste

1. Adam, K., Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., Arsenakis, M. (1998). Antifungal activities of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 1739-1745.
2. Bang, B.G., Cobb, S. (1968). The size of the olfactory bulb in 108 species of birds. *The Auk* 85, 55-61.
3. Bang, B.G. (1971). Functional anatomy of the olfactory system in 23 orders of birds. *Acta Anatomica (Suppl.)* 58, 1-76.
4. Barnea, A., Rothschild, M. (2002). The odour of pyrazine increases the egg mass of domestic chickens (*Gallus gallus domesticus* L.). *Journal of Zoology* 257 (3), 411-416.
5. Both, C., Dingemanse, N. J., Drent, P. J. & Tinbergen, J. M. (2005). Pairs of extreme avian personalities have highest productive success. *Behavioral Ecology*, 74, 667-674.
6. Carere, C., Drent, P.J., Privitera, L., Koolhaas, J.M., Groothuis, T.G.G. (2005). Personalities in great tits (*Parus major*): stability and consistency. *Anim. Behav.* 70, 795–805.
7. Dall, S.R.X., Houston, A.I. & McNamara, J.M. (2004). The behavioural ecology of personality: consistent individual differences from an adaptive perspective. — *Ecol. Lett.* 7: 734-739.
8. Dingemanse, N.J., Both, C., Drent, P.J., van Oers, K. & van Noordwijk, A.J. (2002). Repeatability and heritability of exploratory behavior in great tits from the wild, 64, 929–938.
9. Dingemanse, N.J., Both, C., van Noordwijk, A.J., Rutten, A.L., Drent, P.J., (2003). Natal dispersal and personalities in great tits (*Parus major*). *Proc. R. Soc. Lond. B* 270, 741–747.
10. Dingemanse, N.J., Both, C., Drent, P.J. & Tinbergen, J.M. (2004). Fitness consequences of avian personalities in a fluctuating environment.—*Proc. R. Soc. Lond. B* 271: 847-852.
11. Drent, P. J. & Marchetti, C. (1999). Individuality, exploration and foraging in hand raised juvenile great tits. In *Proc. 22nd Int. Ornithol. Congr.*, Durban (ed.

- N. J. Adams & R. H. Slotow), pp. 896–914. Johannesburg: BirdLife South Africa.
12. Drent, P.J., van Oers, K. & van Noordwijk, A.J. (2003). Realized heritability of personalities in the great tit (*Parus major*). *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 270, 45–51.
 13. Fidler, A., von Oers, K, Drent., P. J., Kuhn, S., Mueller, J. C., Kempenaers B. (2007). *Drd4* gene polymorphisms are associated with personality variation in a passerine bird. *Proc. R. Soc. Lond. B.*, 274, 1685–1691.
 14. Gosling, S. D. & Vazire, S. (2002). Are we barking up the right tree? Evaluating a comparative approach to personality. *J. Res. Personality* 36, 607–614.
 15. Groothuis TGG, Carere C (2005). Avian personalities: characterization and epigenesis. *Neurosci Biobehav Rev* 29: 137–150.
 16. Guilford, T., Nicol, C., Rotschild, M., Moore, B.P. (1987). The biological role of pyrazines: evidence for a warning odour function. *Biological Journal of the Linnean Society* 31 (2), 113-128.
 17. Hanamanthagouda, M.S., Kakkalameli, S. B., Naik, P.M., Nagella, P., Seetharamareddy, H.R., Murthy, H.N. (2010). Essential oils of *Lavandula bipinnata* and their antimicrobial activities. *Food Chemistry* 118, 836-839.
 18. Katz, A., Gvoryahu, G., Robinson, B., Snapir, N., Barnea, A. (1999). The Effect of Pyrazine Odor on Body Weight and the Weight of Various Organs in Chicks (*Gallus gallus domesticus*). *Poultry Science* 78, 1786-1789.
 19. Kelly, D., Marples, N. M. (2004). The effects of novel odour and colour cues on food acceptance by the zebra finch, *Taeniopygia guttata*. *Animal Behaviour* 68, 1049-1054.
 20. Marchetti, C. & Drent, P. J. (2000). Individual differences in the use of social information in foraging by captive great tits. *Anim. Behav.* 60, 131–140.
 21. Martin, T.E. (1987): Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective. *Annual review of ecological systems* 18, 453-487.
 22. Mennerat, A. (2008). Blue tits (*Cyanistes caeruleus*) respond to an experimental change in the aromatic plant odour composition of their nest. *Behavioural processes* 79 (3), 189-191.
 23. Mettke-Hofmann C, Ebert C, Schmidt T, Steiger S, Stieb S. (2005). Personality traits in resident and migratory warbler species. *Behaviour* 142 (Part 9-10): 1357-1375 (DOI 10-1163/156853905774539427).

24. Moore, B.P., Brown, W.V. (1981). Identification of warning odour components, bitter principles and antifeedant in an aposematic beetle *Metriorhynchus rhipidius* (Coleoptera: Lycidae). *Insect Biochemistry* 11, 493-499.
25. Moore, B.P., Brown, W.V., Rothschild, M. (1990). Methylalkylpyrazines in aposematic insects, their host plants and mimics. *Chemoecology* 1, 43-51.
26. Roper, T.J. (1999). Olfaction in birds. *Advances in the Study of Behavior* 28, 247-332.
27. Rothschild, M.; Moore, B. P.; Brown, W. V. (1984): Pyrazines as warning odour components in the monarch butterfly, *Danaus plexippus*, and in moths of the genera *Zygaena* and *Amata* (Lepidoptera). *Biological Journal of the Linnean Society* 23 (4): 375-380.
28. Sih, A., Bell, A.M., Johnson J.C., Ziemba R.E. (2004). Behavioral syndromes: an integrative overview. *Q Rev Biol* 79, 241–79.
29. van Oers K, Drent PJ, de Jong J, van Noordwijk AJ. (2004). Additive and nonadditive genetic variation in avian personality traits. *Heredity*, 93,496–503.
30. Verbeek, M.E.M., Drent, P.J. & Wiepkema, P.R. (1994). Consistent individual differences in early exploratory behaviour of male great tits. — *Anim. Behav.* 48: 1113-1121.
31. Verbeek, M.E.M., Boon, A. & Drent, P.J. (1996). Exploration, aggressive behaviour and dominance in pair-wise confrontations of juvenile male great tits. — *Behaviour* 133: 945-963.
32. Verbeek, M. E. M., de Goede, P., Drent, P. J. & Wiepkema, P. R. (1999). Individual behavioural characteristics and dominance in aviary groups of great tits. *Behaviour* 136, 23–48.
33. Woolfson, A., Rothschild, M. (1990). Speculating about pyrazines. *Proceedings: Biological Sciences* 242, no. 1304, 113-119.

Quellennachweis:

1. Karte Buchberg: KLIVV (Konrad-Lorenz-Institut für Vergleichende Verhaltensforschung der Veterinärmedizinischen Universität).
2. Karte Kolbeterberg: KLIVV (Konrad-Lorenz-Institut für Vergleichende Verhaltensforschung der Veterinärmedizinischen Universität).

Zusammenfassung

Der Geruchssinn dient der Wahrnehmung von volatilen chemischen Substanzen. Eine unterschiedlich stark ausgeprägte Riechfähigkeit ist in allen Wirbeltieren vorzufinden und erlaubt eine Wechselbeziehung und einen kommunikativen Austausch mit der Umwelt in zahlreichen biologischen und ökologischen Kontexten. Diese Behauptung wurde jahrzehntelang den meisten Vertretern der Vogelwelt abgesprochen, mit einigen Ausnahmen, die dafür bekannt sind, einen bemerkenswert gut entwickelten Geruchssinn zu besitzen, wie z.B. Truthahngerier und Kiwi.

Allerdings konnten diese Zweifel an der nicht vorhandenen bzw. geringen Geruchsfähigkeit der Vögel durch neuroanatomische, morphologische und verhaltensbiologische Untersuchungen widerlegt werden, selbst bei den Sperlingsvögeln, deren Riechkolben die kleinsten im gesamten Vogelreich sind. Zusätzlich besteht bei ihnen keine Korrelation zwischen der Riechschärfe und der relativen Größe des Riechkolbens. Die Anzahl der OR-Gene (Geruchsrezeptorgene) in den bereits untersuchten Vogelarten ist bedeutend größer, als vermutet und dies gilt als Beleg, dass der Geruchssinn von höherer Bedeutung ist, als bisher angenommen. Studien bei Säugetieren lassen vermuten, dass eine positive Korrelation zwischen der Anzahl der unterschiedlichen Gerüche, die wahrgenommen werden, und der Anzahl der funktionellen OR-Gene besteht (Steiger, 2008). Einige Sperlingsvogelarten sind dafür bekannt, wohlriechende Bestandteile von verschiedenen Pflanzenarten in ihr Nest einzuweben, um eine optimale Nestpflege zu garantieren. Dadurch sollte die Gesundheit der Jungen erhöht werden, indem die Anzahl von verschiedenen Ektoparasiten und Krankheitskeimen durch die sekundären chemischen Bestandteile der Kräuter verringert wird. Trotzdem sind weitere Experimente unerlässlich, da in der Ornithologie noch sehr viele Fragen in Bezug auf die Verwendung von Pflanzenbestandteilen in zahlreichen Kontexten zu beantworten sind und dies könnte eine völlig neue Sicht auf die Rolle der Gerüche im Alltagsleben eines Vogels liefern.

Persönlichkeitsmerkmale, die eine klare genetische Grundlage haben, sind bei Individuen in verschiedenen bereits untersuchten Taxa nachgewiesen und man kann sie mit der Persönlichkeit der Menschen vergleichen. Tiere werden mit Umweltveränderungen konfrontiert und ihre Reaktion auf diese Herausforderungen kann sich auf ihre Fitness auswirken. Exploratives Verhalten spielt eine wichtige

Rolle in der Nahrungssuche, z.B. wenn Tiere in einem neuen Habitat sind oder wenn bekannte Futterquellen aufgebraucht sind (Drent & Marchetti, 1999).

Bei Untersuchungen der Persönlichkeitsmerkmale konzentrierte man sich dabei auf neue Objekte (z.B. Baumwollmop, Schlauch), die den Tieren präsentiert wurden, während sich diese Arbeit mit der Wechselwirkung zwischen Blaumeisen und neuen Gerüchen beschäftigt.

Ziel der Feldstudie war es, einerseits neue Erkenntnisse über die Funktion von Gerüchen im Zusammenhang mit Prädatorenvermeidung, Parasitenanzahl und der Auswirkung auf das Körpergewicht der Jungen von Blaumeisen (*Cyanistes caeruleus*) und Kohlmeisen (*Parus major*) und somit des Bruterfolges zu erhalten, andererseits eine verhaltensökologische Untersuchung durchzuführen, um die ökologische Relevanz von Gerüchen im Leben von Blaumeisen zu erforschen.

Die Untersuchungen im Freiland lieferten keine Belege, dass verschiedene Gerüche als Abwehrmittel sowohl gegen potentielle Fressfeinde (Äskulapnatter) als auch gegen Parasiten wirken. Am Kolbeterberg wurden zwischen den verschiedenen Geruchsgruppen Gewichtsunterschiede festgestellt, die am Buchberg nicht gegeben waren, und zwischen beiden Untersuchungsgebieten gab es Gewichtsunterschiede zwischen Blaumeisen (Schafgarbe) und zwischen Kohlmeisen (Kontrolle: $p=0,047$; Schafgarbe: $p=0,700$). Es konnte belegt werden, dass das mittlere Gewicht bei 10 Tage alten Jungtieren beider Meisenarten, deren Nester mit aromatischen Gerüchen Lavendel bzw. Schafgarbe versehen wurden – allerdings mit einer Ausnahme (Kohlmeisen am Buchberg) – höher war, als bei Artgenossen, deren Nester als Kontrollgruppe (Wasser) dienten. Vergleicht man das Gewichtsmaximum der Meisen, lässt sich feststellen, dass Küken aus Nestern mit Schafgarbe schwerer waren, als Jungtiere aus Nestern mit Lavendel. Bei dem Vergleich des Maximums an Gewicht bei Schafgarbe:Kontrolle waren Kohlmeisen am Buchberg, die mit Wasser behandelt wurden, schwerer, als ihre Artgenossen, die mit dem Geruch von Schafgarbe in Kontakt kamen. Während der Untersuchungszeit kam es zur Verschlechterung der Wetterlage und die Stichprobe war relativ klein, was möglicherweise einen Einfluss auf die Endergebnisse hatte.

Das zweite Experiment liefert einen Beitrag zu Entwicklung neuer Methoden im Zusammenhang mit dem individuellen Verhalten bei gefangenen Blaumeisen und es zeigt sich, dass ein experimenteller Aufbau in dieser Anordnung funktionieren kann. Die Untersuchung zeigte, dass nach einer experimentellen Veränderung der

olfaktorischen Umgebung Blaumeisen ihr Verhalten anpassten. Es zeigte sich individuelles Verhalten und es war eine Korrelation zwischen Neophobie und Exploration bei Lavendel gegeben. Zwischen den Geschlechtern zeigte sich kein signifikanter Unterschied außer in der Explorationsphase, wo eine Differenz in der Zeit, die in der Nähe des Lavendelgeruchs verbracht wurde, und in der Anzahl der Anflüge, ebenfalls bei Lavendel, festgestellt wurde. In anderen Untersuchungen zeigte sich, dass das Geschlecht keine Rolle spielt, sowohl bei Neophobie- als auch bei Explorationswerten (Mettke-Hofmann et al., 2005).

Dies ist ein weiterer Beleg für die Wahrnehmung volatiler Substanzen bei den Blaumeisen (Sperlingsvögel) und zeigt, dass die Größe des olfaktorischen Zentrums nicht entscheidend für die Geruchswahrnehmung ist.

Die Bedeutung der eingefügten aromatischen Pflanzenbestandteile und des Geruchssinns bei Sperlingsvögeln bleibt in der Wissenschaft weiterhin der Spekulation überlassen. Allerdings sind in beiden Bereichen noch zahlreiche Experimente zu tätigen, um Klarheit über die Bedeutung und Auswirkungen von Gerüchen im Alltagsleben von einem Singvogel zu liefern.

Summary

The olfaction serves the perception of volatile chemical substances. A sense of smell of varying degrees can be found in all vertebrates and it allows a correlation as well as a communicative exchange with the environment in many biological and ecological contexts. This claim has been denied for most of the representatives in the world of birds with some exceptions which are known for their remarkably well developed olfaction, for example the turkey buzzard and the kiwi.

However, this doubt about the birds' non-existent or small ability to smell could be disproved by neuroanatomical, morphological and behavioural studies even for passerine birds, whose olfactory bulbs are the smallest within the world of birds. Also, no correlation exists between the olfactory acuity and the relative size of the olfactory bulb among them. The number of OR-genes (olfactory receptor genes) within the previously studied bird species is significantly bigger than had been assumed, and this is regarded as evidence that the olfaction is of bigger importance than expected.

Studies performed in mammals suggest that there is a positive correlation between the quantity of the different perceived odours and the number of the functional OR-genes (Steiger, 2008). Some passerine bird species are known for weaving in fragrant components of different plant species into their nests in order to guarantee ideal nest maintenance. The secondary chemical components of the herbs should increase the health of the nestlings by reducing the quantity of several ectoparasites and germs. Nevertheless, further experiments are necessary because numerous questions concerning the use of plants' components within many contexts are yet to be answered in ornithology. This could offer completely new perspectives on the role of olfactory cues in the everyday life of a bird.

Personality traits with a clear genetic basis have been detected in individuals from several previously studied taxa. They can be compared to human character traits. The animals are being confronted with environmental changes and their reactions to these challenges could potentially have an effect on their fitness. Explorative behaviour is important for foraging, for example if animals move to a new habitat or if the old, known food sources are depleted (Drent & Marchetti, 1999).

Studies of personality traits have focused presenting the animals with new objects (cotton mop, flexible tube), while this work is concerned with the correlation between blue tits and new odours.

The aim of the field study was to obtain new insights into the function of odours in the context of predator avoidance, the number of parasites and the effects on the body weight of the offsprings of blue tits (*Cyanistes caeruleus*) and great tits (*Parus major*), and consequently on the breeding success on the one hand, and on the other hand to conduct a behavioural study in order to obtain the ecological relevance of odours in the life of blue tits.

The outdoor studies didn't provide any evidence that various odours function as repellents against potential natural enemies (*Elaphe longissima*) or against parasites. Differences in weight between several groups of odours have been observed at Kolbeterberg, which didn't exist at Buchberg. Differences in weight exist between blue tits (milfoil) and between great tits (control: $p=0,047$; milfoil: $p=0,700$) in both of the examined areas. It could be proved that the middleweight of 10 days old chicks of both bird kinds from nests with lavender or milfoil was higher than that of chicks from nests without odours. There was, however, one exception: great tits at Buchberg.

A direct comparison of the maximum weight of both bird kinds shows that the chicks from nests with milfoil were heavier than those from the nests with lavender. A maximum weight comparison for milfoil:control group shows that the control group of great tits at Buchberg were heavier than the great tits in the nests with milfoil odour.

During the investigation period the weather conditions worsened and the samples were relatively small, which might have caused an impact on the final results.

The second experiment contributes to the development of new methods in the context of individual behaviour of captured blue tits and it shows that this experimental setup can work. The experiment showed that blue tits adjust their behaviour after an experimental change of the olfactory surroundings. They showed individual conduct and there was correlation between neophobia and exploration in case of lavender.

No significant difference appeared between the sexes, except in the exploration phase, where a difference of the time spent near the lavender and the number of approaches to it has been noticed. Other studies showed that the sex doesn't matter, neither for the neophobia nor for the exploration values (Mettke-Hofmann et al., 2005).

This is another proof for the perception of volatile substances among blue tits (passerine birds), and it shows that the size of the olfactory centre isn't crucial to the perception of odours.

The importance of the inserted aromatic components of plants and of the olfaction of passerine birds is still left to speculation in science. Certainly, both fields still have to conduct numerous experiments to provide clarity about the importance and impact of odours in the everyday life of a songbird.

Danksagung

Ich möchte mich beim Herrn ao. Univ.-Prof. Dr. Hans-Christoph Winkler für das Gelingen dieser Diplomarbeit bedanken.

Weiters gilt mein Dank Frau Dr. Mareike Stöwe für die Bereitstellung der Daten.

Für das Korrekturlesen bedanke ich mich bei Frau Mag. Carmen Baumschlager und Frau Mag. Nadine Lewin.

Abschließend möchte ich mich bei allen bedanken, die direkt oder indirekt zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Curriculum Vitae

Persönliche Daten:

Name: Barbara Josefa Weiß

Geburtsort: Zwettl/NÖ

Schul- und weitere Ausbildung:

Volksschule, Hauptschule, Handelsschule, Bundesrealgymnasium für

Berufstätige am Henriettenplatz

Diplomstudium Biologie, Studienzweig Zoologie an der Universität Wien,
2004-2013

Diplomarbeit im Bereich Ornithologie

Beruf:

Tätigkeiten im Verkauf und Büro, Auslandsaufenthalt in England

Anhang



